

中華民國第 55 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 化學科

第三名

030216

先「磁」得電 • 「氫」而易得

- 磁場對電解水產氫效率之研究

學校名稱：新北市立中山國民中學

作者： 國二 蔡昀叡 國二 謝予翔 國一 曾子恩	指導老師： 曾祥佑 范瑛芬
---	-----------------------------

關鍵詞：電解水、磁場、電流的化學效應

摘要

經過實驗我們發現：磁場作用下溶液的流動方向符合安培右手定則判定溶液的流動方向，而且磁鐵越靠近電極會造成的磁作用較大，溶液流動越快，造成的磁場擾動會影響反應的進行。電解水產氫不同濃度的溶液使用適當強度的磁場，可以提昇產氫的速率。探討磁場對於產氫速率的影響，以粒子碰撞學說模型，「燃燒煽風供氧」比喻加以說明，必須同時思考溶液的「離子濃度效應」和「磁場擾動效應」才能達到最佳值。加入磁鐵作用下實驗結果，可有效減省電能，本實驗在 10V 電解 0.5MNaOH 將磁鐵放置負極下方、N 極向上產生 30 毫升的氫氣，產氫速率增加 20.9%，並可有效減省 24.8%的電能。

壹、研究動機

氫具有再生性，可由化學反應產生電能或熱並生成水，而水又可以再由電解轉化為氫與氧，過程中不會產生二氧化碳等溫室效應的氣體，對於環境保護及產能的優勢，未來相當具有發展潛力。理化課本中有提到，載流導線在磁場中會受力而發生偏移，而導線是靠著自由電子導電，我們也知道電解質溶液是靠著離子導電，查到文獻中「離子」在磁場下也會受磁力作用而偏折。我們想瞭解在外加磁場下會因離子的受力而如何影響電解水產生氫氣和氧氣的反應，決定以國中理化課程中「離子」、「電解水產生氫和氧」、「電流的化學反應」與「磁場」做為我們科展的研究主題，進行一系列的探究實驗，希望這次科展能讓我們對於理化課程中相關的主題能夠進一步的瞭解與研究。

貳、研究目的




本實驗探討電解質溶液在磁場中導電時影響溶液的導電性，觀察溶液擾動與離子的運動情形，進一步利用不同磁場來探討溶液導電和電化學反應的影響。並探討電解水產氫實驗，利用加入磁場的影響來提高電能電解效率運用的可行性。研究目的如下：

- 一、 探討外加磁場如何影響通電時外加不同電壓和濃度溶液的電流
- 二、 探討外加磁場如何影響水電解時的產氫速率與耗電的差異
- 三、 探討外加磁鐵如何影響水電解時的產氫速率
- 四、 探討外加磁場如何影響通電時溶液的擾動情況
- 五、 探討利用磁場提升電解水產氫的電能效率之可行性

參、研究設備及器材

- 一、 實驗藥品：硝酸鉀、硫酸銅、硫酸、氫氧化鈉、蒸餾水、銅片、石墨棒、溴鉀酚紫酸鹼指示劑、氨水。
- 二、 實驗器材：量筒、量瓶、錐形瓶、滴管、燒杯、直流電流供應器、高斯計、毫安培計、伏特計、強力磁鐵、去離子水。

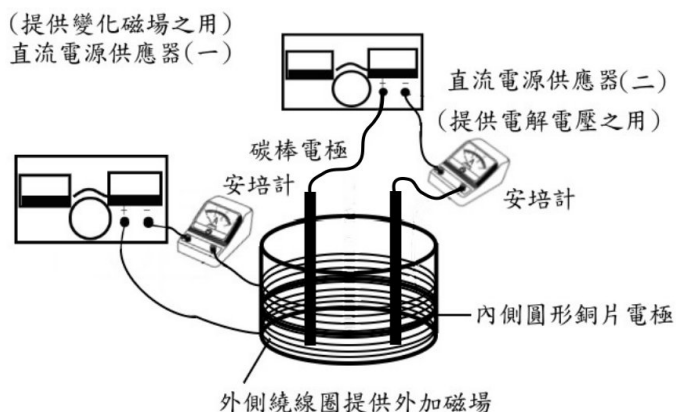


		
電解水產氣裝置	觀察電解水產氣實驗	測量電解水轉動速率實驗

肆、研究過程或方法

一、探討外加磁場如何影響通電時外加不同電壓和濃度溶液的電流

- (一)取 0.1M、500ml 的氫氧化鈉溶液倒入圓形電解槽中。
- (二)利用塑膠注射針筒自製的電解水產氣器置入圓形電解槽中，並利用另一支注射針筒吸取溶液至滿，以排水集氣法收集氫氣和氧氣。
- (三)利用調整直流電源供應器(一)來控制固定的電流，以產生外加磁場。
- (四)再調整直流電源供應器(一)來改變固定的電流，以產生不同大小的外加磁場，並重覆步驟(一)至(四)。
- (五)調整直流電源供應器(二)，以 10V 的外加電壓，進行電解水反應，每 30 秒測量氫氣和氧氣的體積，並利用安培計紀錄電流。
- (六)利用直流電源供應器來調整不同的電壓，並測量電流。
- (七)改變氫氧化鈉溶液濃度 0.1M、0.5M 和 1.0M，重覆實驗，整理表格畫出外加磁場影響電解電壓與電流的變化圖。



二、探討外加磁場如何影響水電解時產氫速率與耗電的差異

- (一)承步驟一，改變氫氧化鈉溶液濃度 0.1M、0.5M 和 1.0M，重覆實驗，並整理表格畫出不同的外加磁場強度下，產氫速率和耗電的關係圖。

三、探討外加磁鐵如何影響水電解時的產氫速率

- (一) 使用實驗一的電解水實驗裝置，以外加強力磁鐵來產生磁場。
- (二) 溶液：0.1M NaOH，外加電解電壓 10V
- (三) 改變磁鐵位置和磁極方向：未加磁鐵、中心處 N 極向上、中心處 S 極向上、靠近正極 N 極向上、靠近負極 N 極向上。
- (四) 比較不同的磁鐵位置和方向，產生氫氣速率的變化。
- (五) 改成 0.5M NaOH 溶液，再改變磁鐵位置和磁極方向，重覆步驟(一)至(四)。

四、探討外加磁場如何影響通電時溶液的擾動情況

1. 在圓形白色紙碗內置入 0.5M 硝酸鉀溶液，先加入幾滴稀硫酸溶液，使溶液呈微酸性，並加入溴甲酚紫酸鹼指示劑，溶液呈黃色。
2. 以碳棒為電極，改變外加磁場的狀況，接上電源電解，觀察並以攝影機記錄動態的顏色變化和溶液流動情形。
3. 分析觀察的溶液流動和顏色變化與磁鐵位置情形的關係

五、探討如何利用磁場的作用，來提升電解水反應產氫的電能效率之可行性。

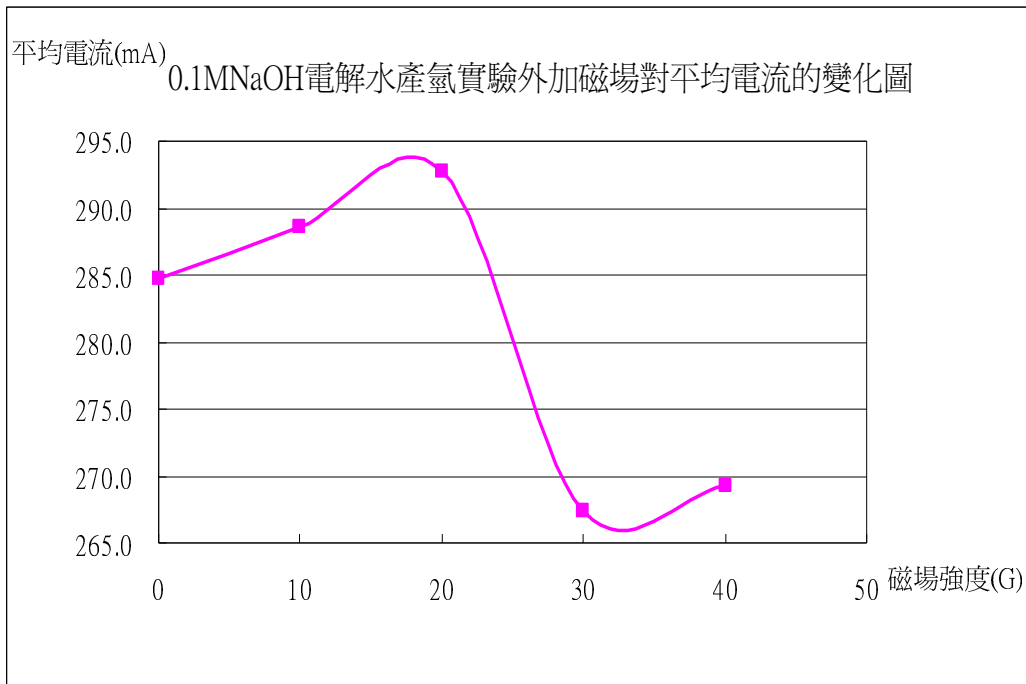
- (一) 以外加強力磁鐵來產生磁場，放置於電解水實驗裝置附近。
- (二) 比較不同的磁鐵位置和方向，整理數據成表格和關係圖，找出產生氫氣電能效率的最佳化。

伍、研究結果

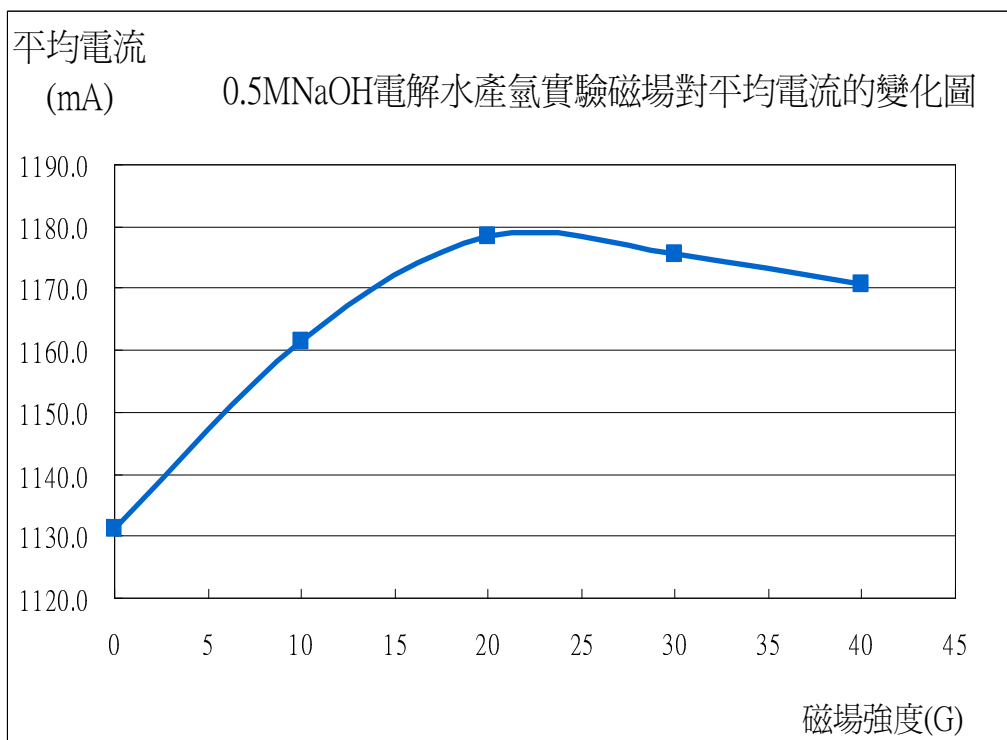
一、瞭解外加磁場如何影響通電時外加不同電壓和濃度的電流

(一)比較不同濃度，在相同電解電壓下的電流

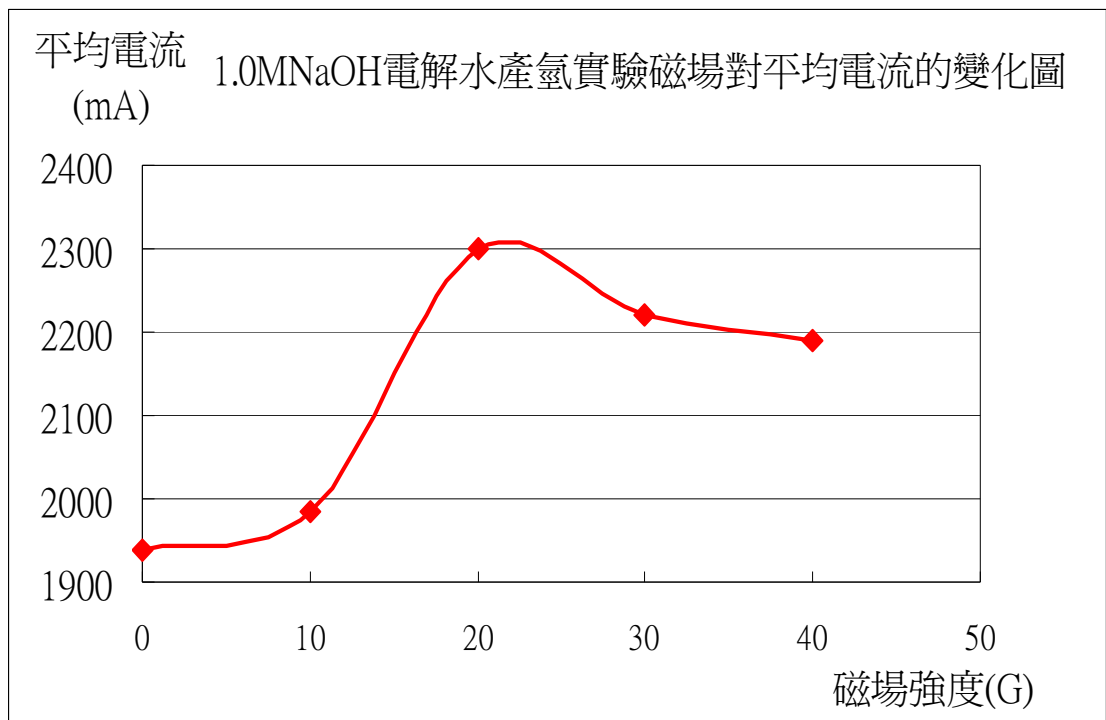
1.電壓 10V，電解 0.1MNaOH 溶液



2.電壓 10V，電解 0.5MNaOH 溶液

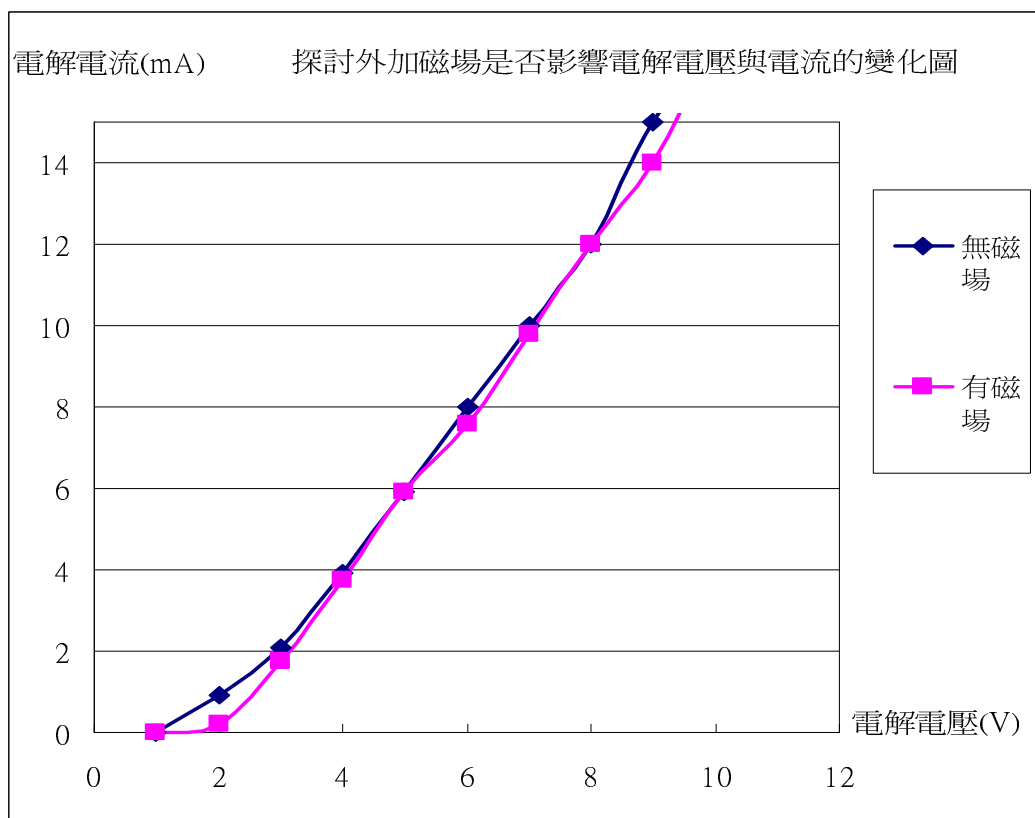


3.電壓 10V，電解 1.0MNaOH 溶液

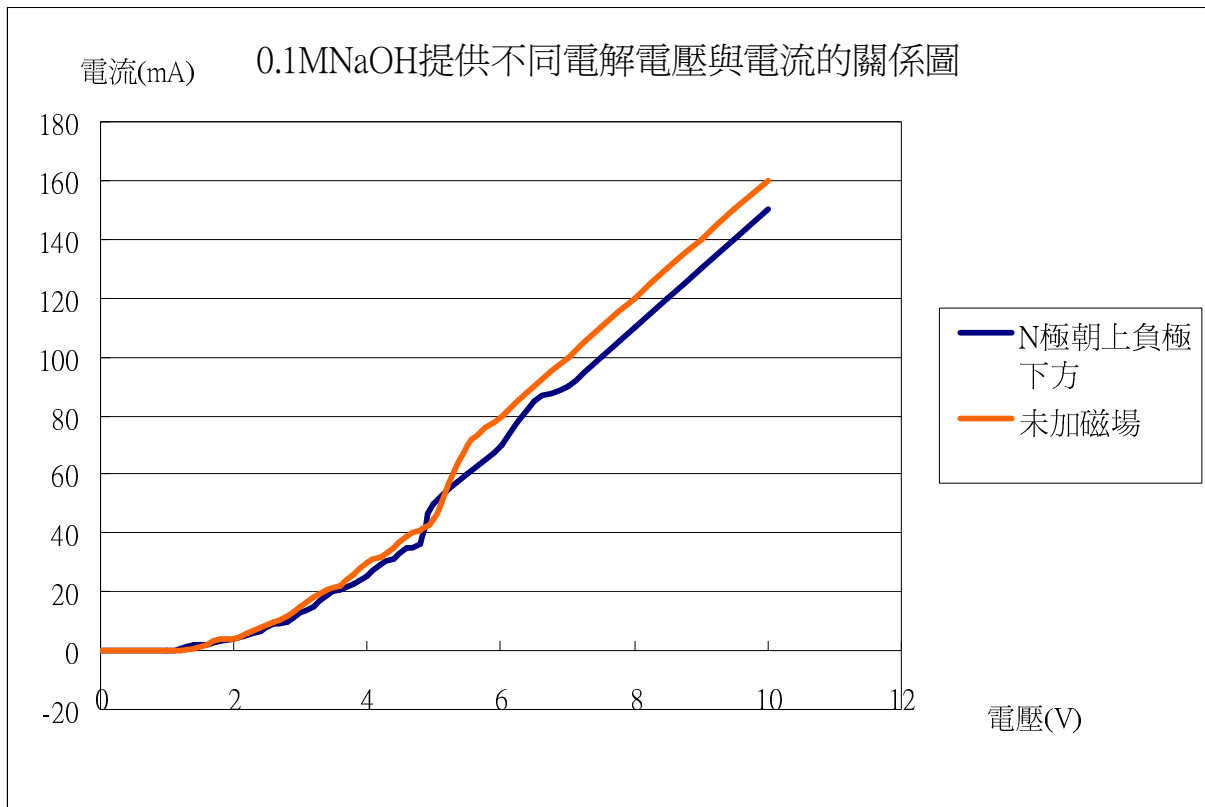


(二)探討改變不同電壓影響電流的變化

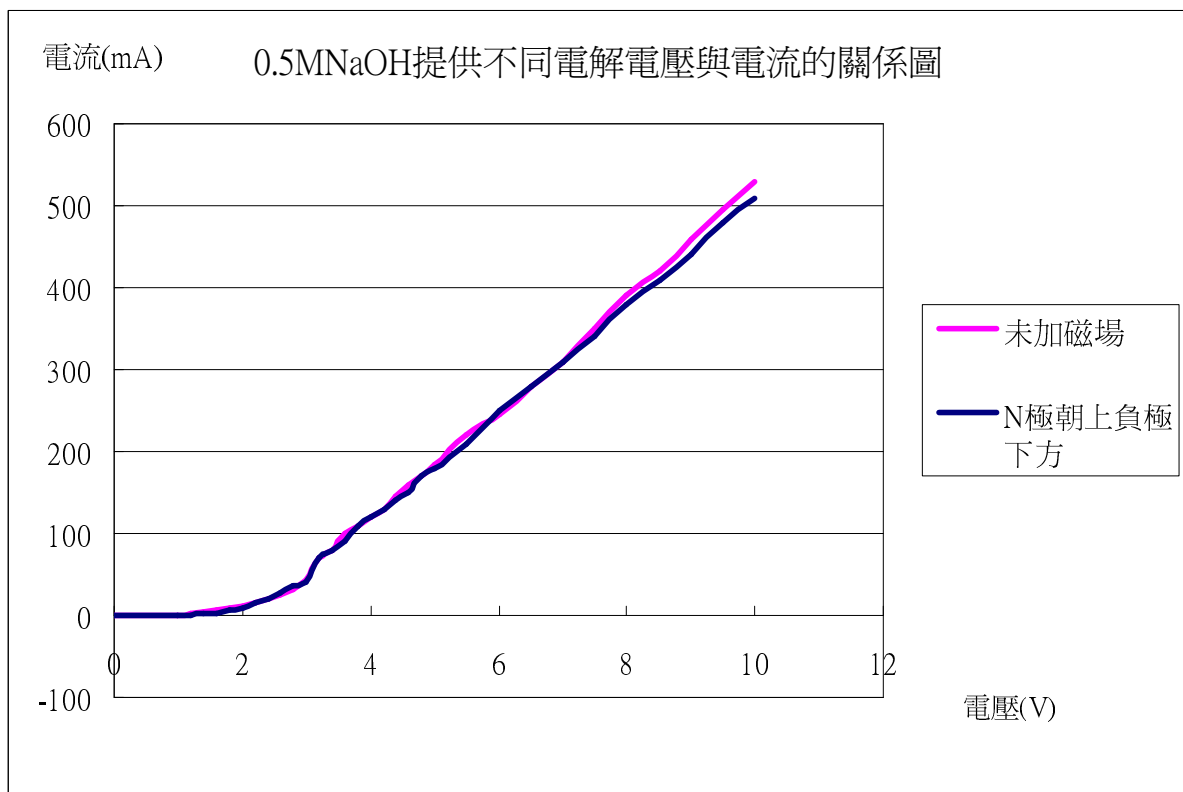
1.長管電解槽的電壓與電流關係



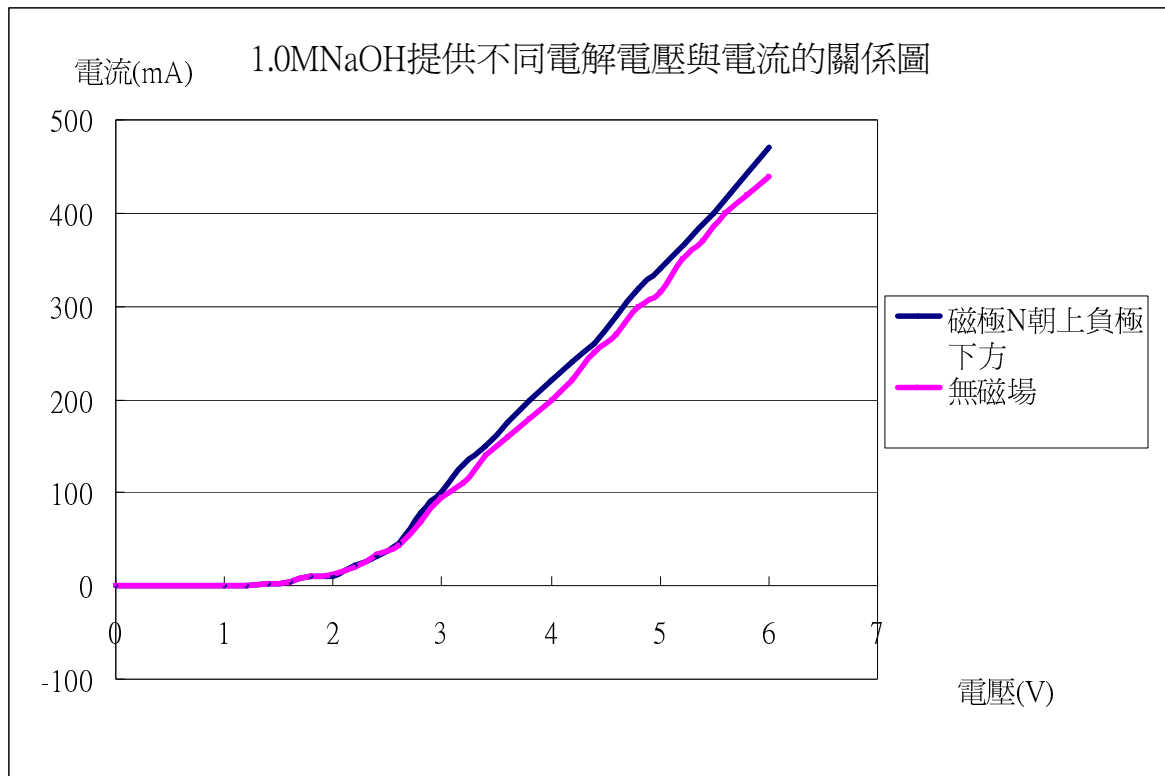
2. 0.1MNaOH 的電壓與電流關係



2. 0.5MNaOH 的電壓與電流關係



2. 1.0MNaOH 的電壓與電流關係

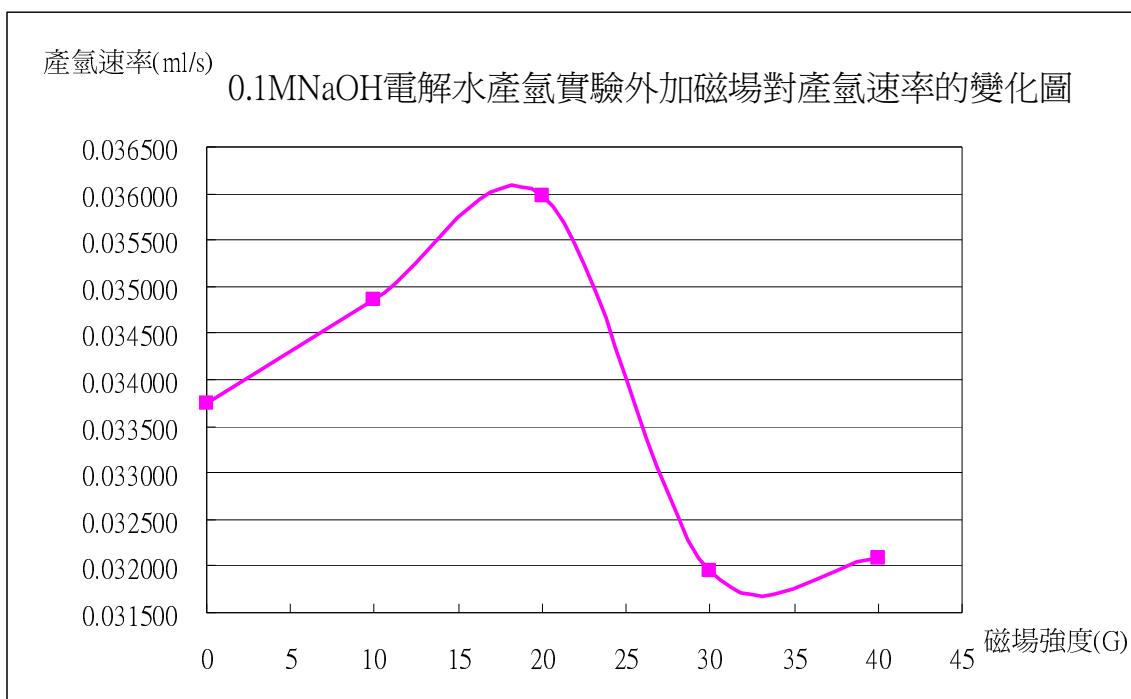


- 1.加入磁場，電解的分解電壓會升高，提供 3V 才觀察到電流產生。
- 2.加入磁場濃度較大，電流較大。但當電解的電流小時，加入磁場會使電流反而較小。
- 3.思考不同的電壓和濃度對於磁場影響的效應程度不同，磁場對於反應速率影響亦不同。

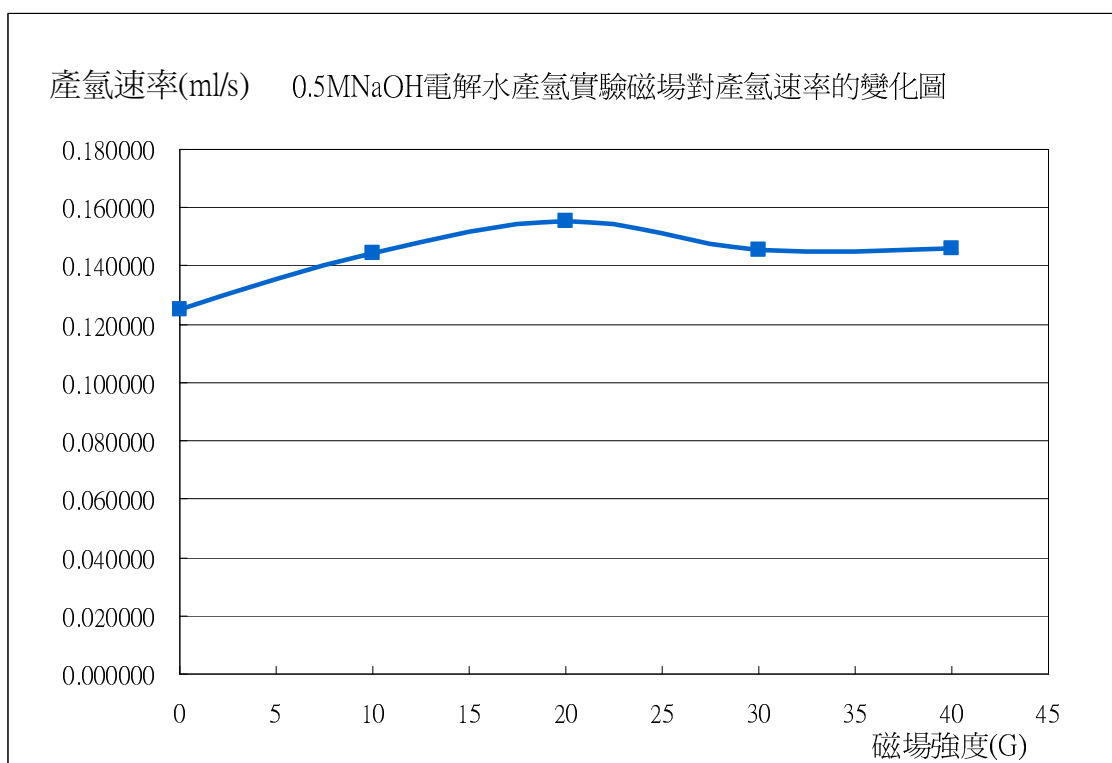
二、探討外加磁場如何影響水電解時的產氫速率與耗電的差異

(一)電壓 10V 下，電解 0.1M、0.5M 和 1.0MNaOH，比較加入磁場對產氫速率的差異

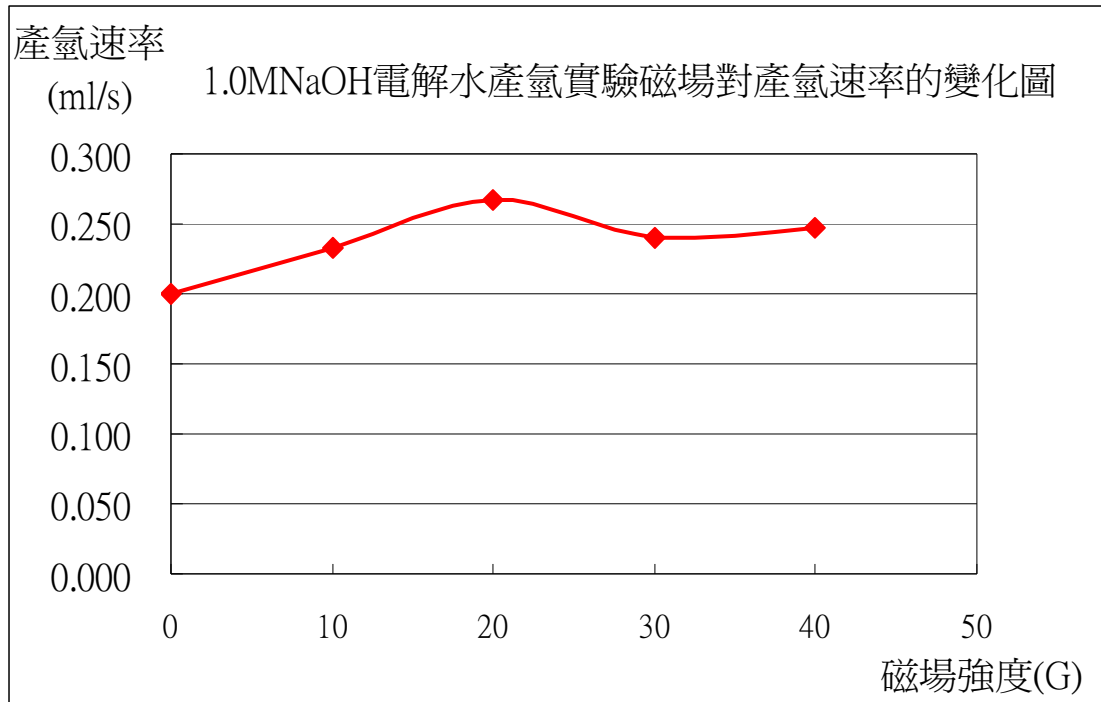
1.電壓 10V，電解 0.1MNaOH 溶液



2.電壓 10V，電解 0.5MNaOH 溶液



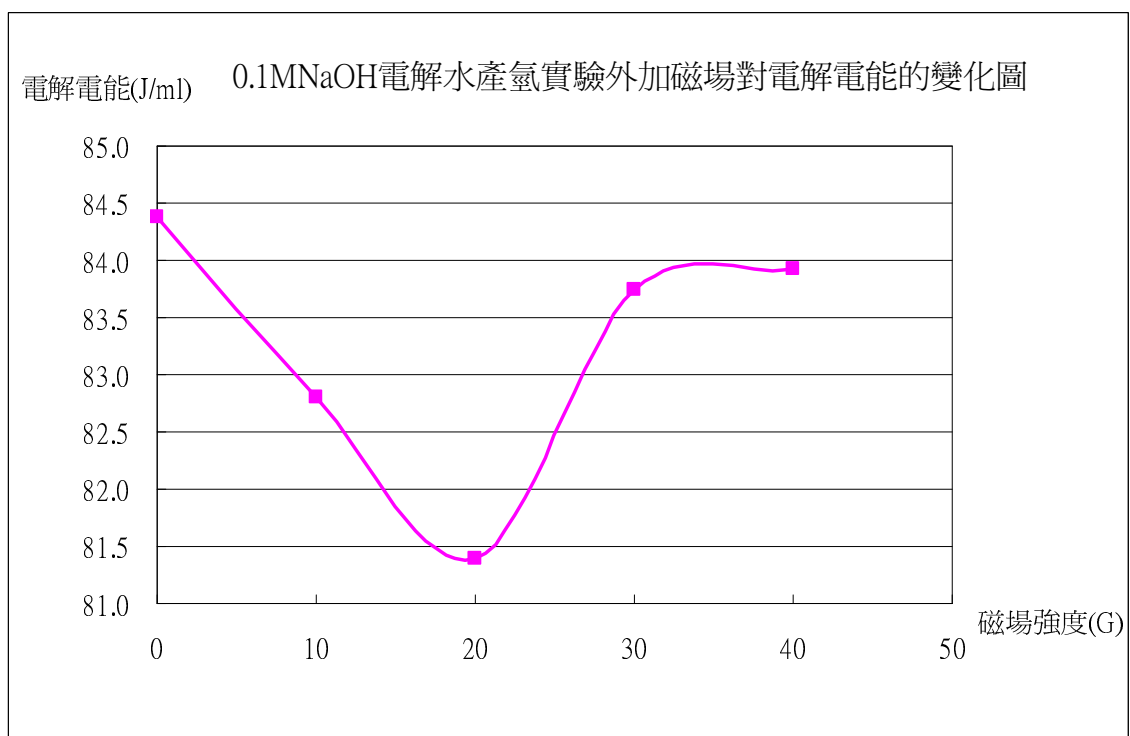
3.電壓 10V，電解 1.0MNaOH 溶液



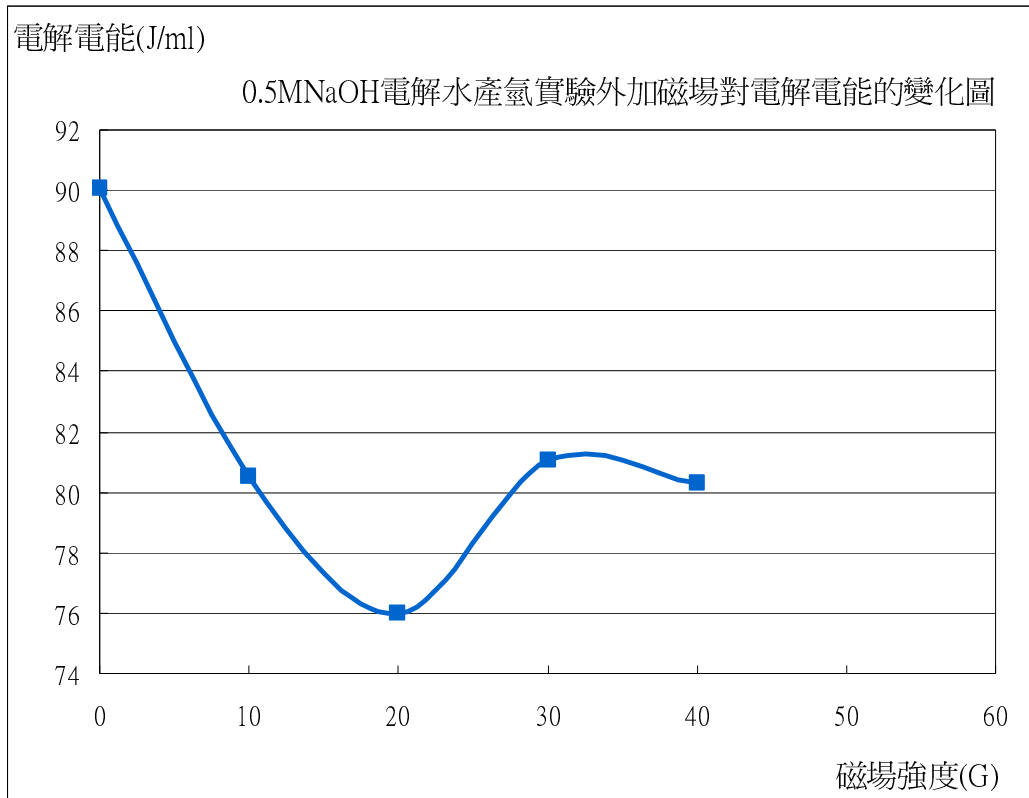
當濃度小 0.1M 時，磁場較小時產氫速率大，濃度稍大 0.5M 時則磁場大會有較好的效果，而濃度大 1.0M 時，當磁場小時，產氫速率會有明顯增加，磁場大則增加反而不明顯。

(二)電壓 10V 下，電解 0.1M、0.5M 和 1.0MNaOH，比較加入磁場對產氫所耗費電能的差異

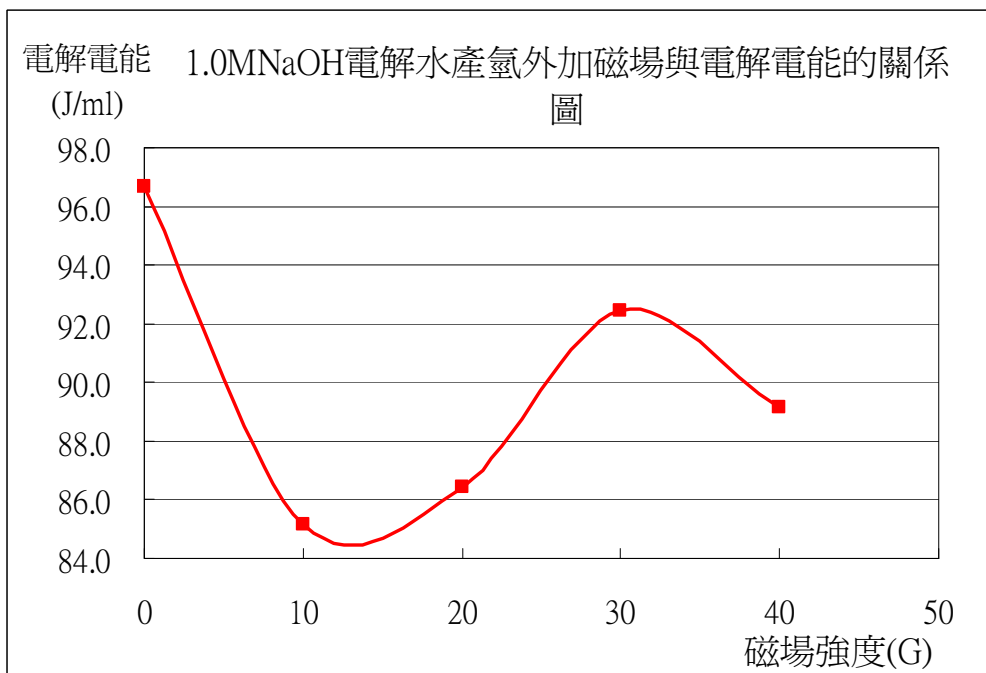
1.電壓 10V，電解 0.1MNaOH 溶液



2. 電壓 10V，電解 0.5MNaOH 溶液

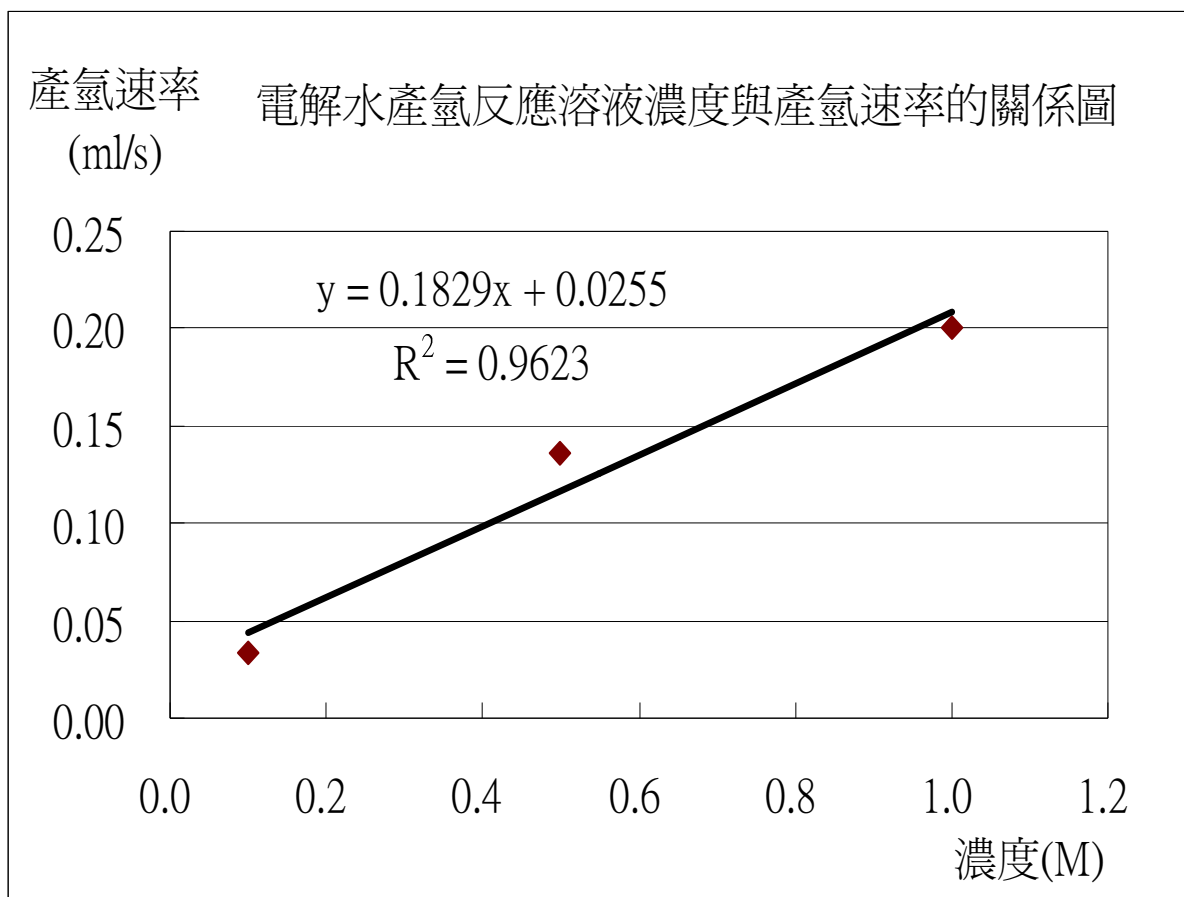


3. 電壓 10V，電解 1.0MNaOH 溶液



(三)外加磁場時溶液濃度與產氫速率的關係

濃度(M)	電流(mA)	產氫速率(ml/s)
0.1	286.0	0.03333
0.5	1131.1	0.13575
1.0	1958.3	0.20000

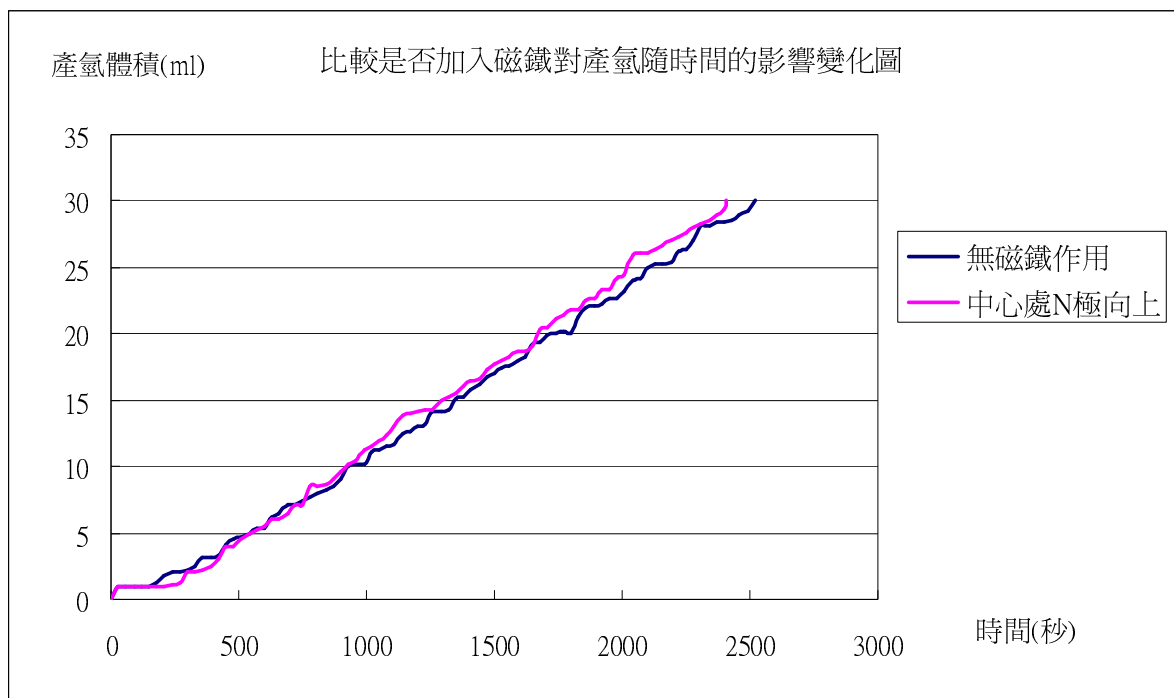


小結： 1.未加磁場：產氫速率與濃度的關係： $R=k [\text{NaOH}]$

2.外加磁場： $R = k [\text{NaOH}]^* + R$ 磁擾動

三、探討外加磁鐵如何影響水電解時產氫速率

(一)在 0.1MNaOH，電解電壓 5V 下，比較是否加入磁鐵對電解的差異



加入磁鐵在電壓 5V 下，當磁鐵位於電解槽中心處以 N 極向上，產氫速率變快。可見加入磁鐵會使得反應變快，但是增加的幅度不同，需進一步再改變不同位置以探討其影響。

(二)在 0.1MNaOH，電解電壓 10V 下，比較磁鐵不同位置的差異

磁鐵位置狀況	平均電流(mA)	產氫 30ml 的時間(s)	產氫速率 (ml/s)	氫氧比	電能(J/ml)
未加磁鐵	227.8	1300	0.0231	2.08	98.69
中心處 N 極向上	252.3	1067	0.0281	2.17	89.84
靠近負極 N 極向上	253.2	1039	0.0289	2.41	87.64
中心處 S 極向上	245.4	1026	0.0292	2.41	85.45
靠近正極 N 極向上	252.0	1004	0.0299	2.57	84.32

小結：

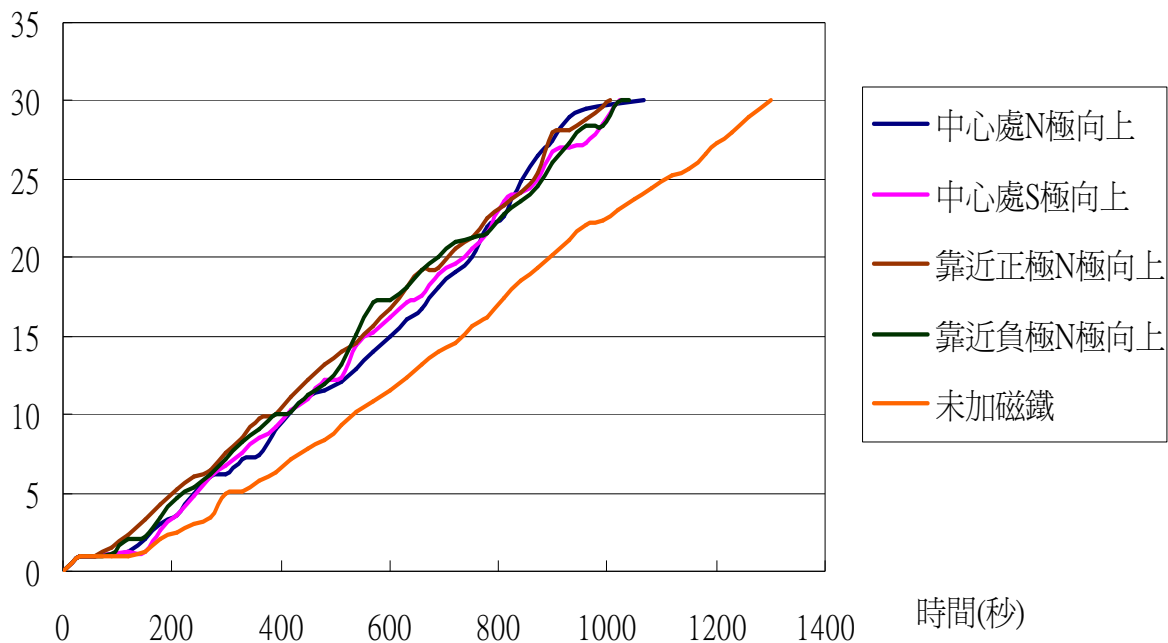
1.0.1MNaOH 比較產氫速率：

靠近正極 N 極向上 > 中心處 S 極向上 > 靠近負極 N 極向上 > 中心處 N 極向上 > 未加磁鐵。

2.電壓 5V 下，外加磁鐵，產氫速率影響不大。電壓 10V 下，外加磁鐵產氫速率快。

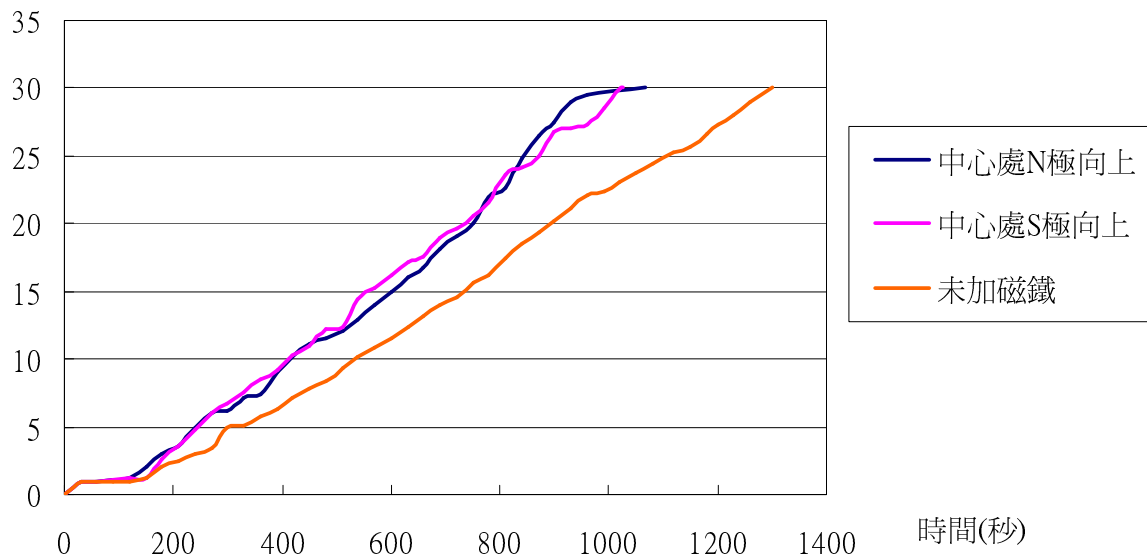
產氫體積(ml)

比較不同磁鐵位置對產氫體積隨時間的影響變化圖



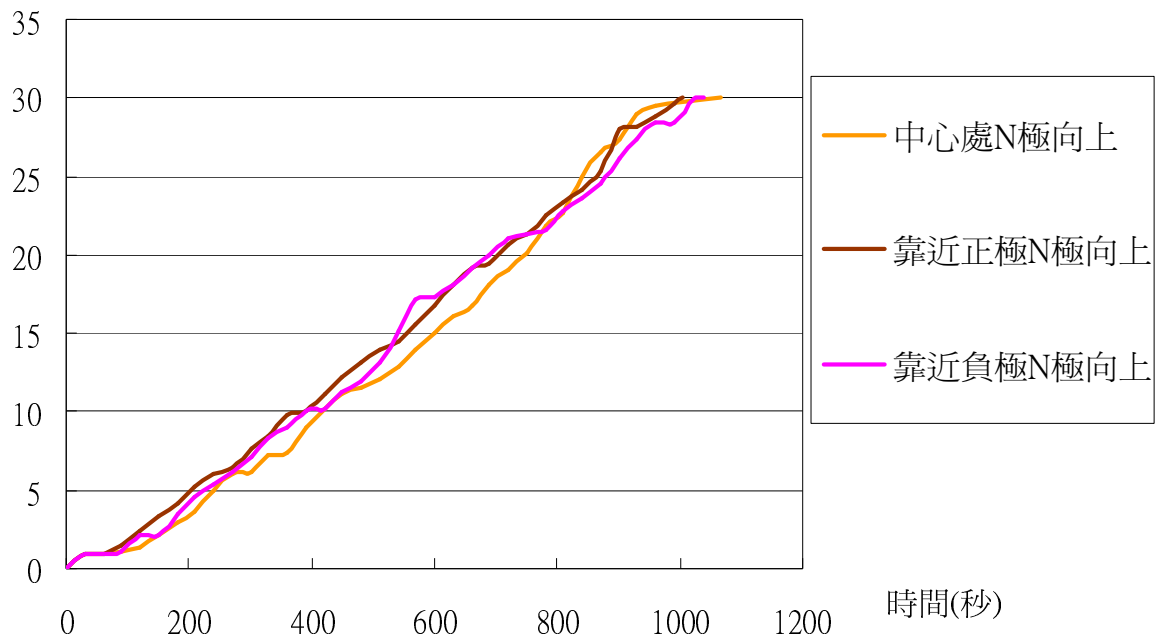
產氫體積(ml)

比較不同磁鐵位置對產氫體積隨時間的影響變化圖



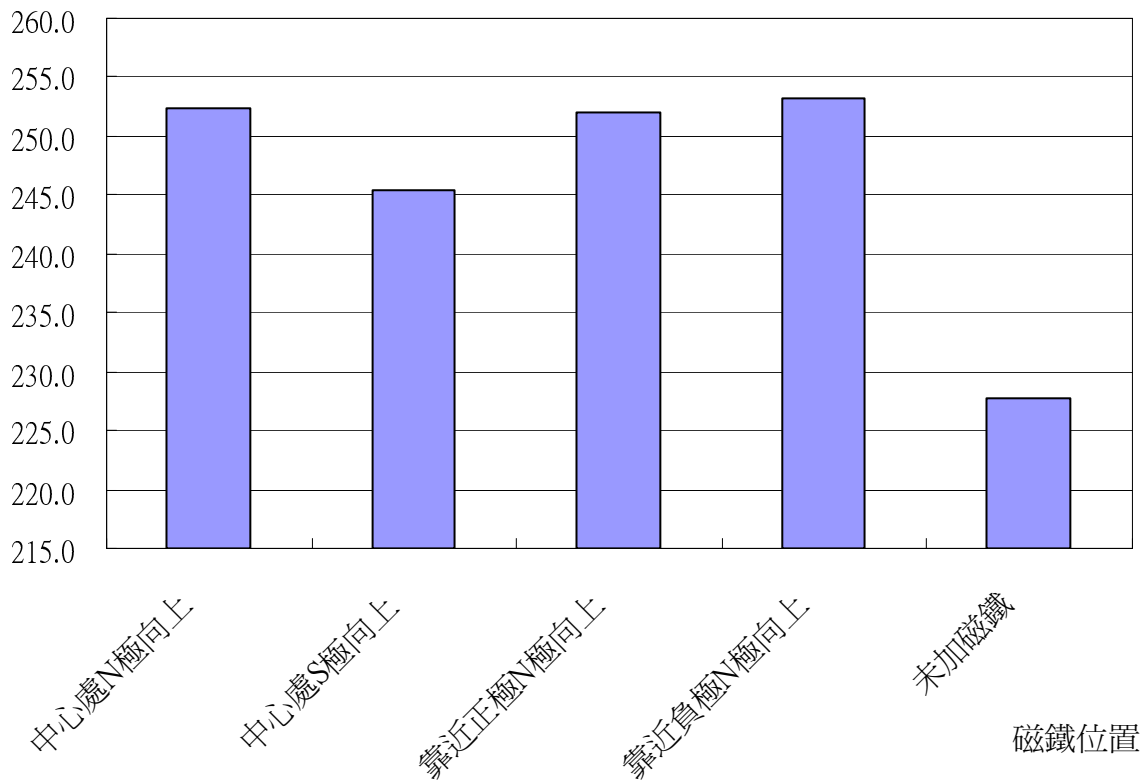
產氫體積(ml)

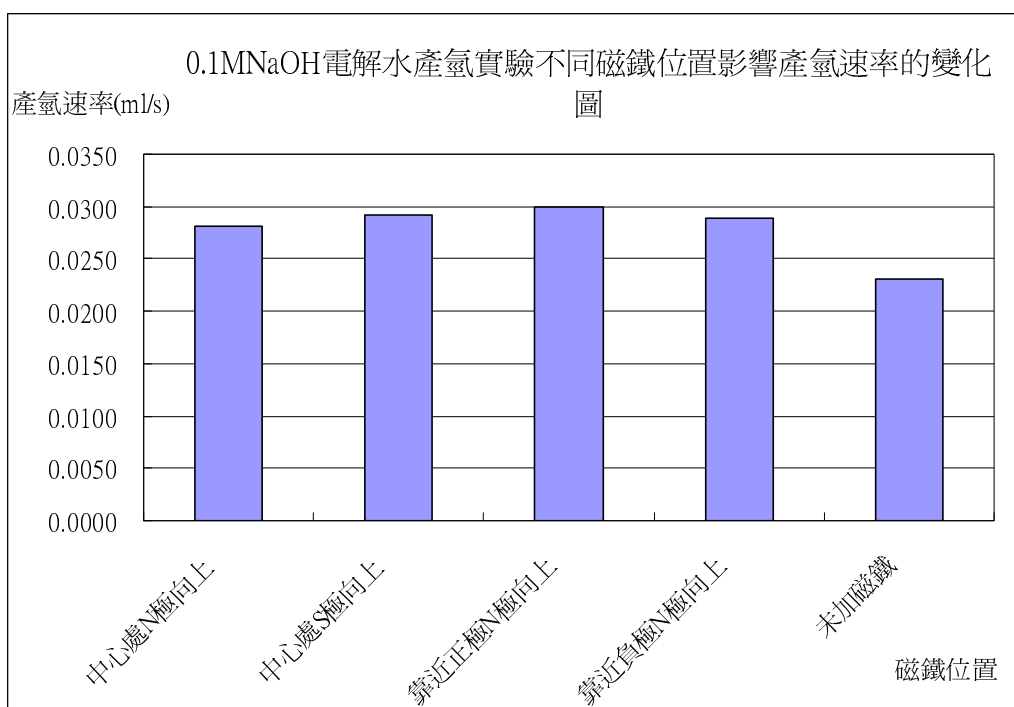
比較不同磁鐵位置對產氫體積隨時間的影響變化圖



平均電流(mA)

0.1MNaOH電解水產氫實驗不同磁鐵位置影響平均電流的變化圖





小結：1.初步比較加入磁鐵和未加磁鐵，加入磁鐵的產氫速率明顯較快。

2.比較磁鐵在中心處 N 極和 S 極向上，則產生氫氣相差不大。

3.比較磁鐵 N 極向上位於中心處和兩極處，置於兩極處較增加產氫速率。

4.加入磁鐵的電流與產氫速率明顯增加，但影響幅度不同。

5.產氫速率和減省電能：靠近正極 N 極向上 > 中心處 S 極向上 > 靠近負極 N 極向上 > 中心處 N 極向上 > 未加磁鐵

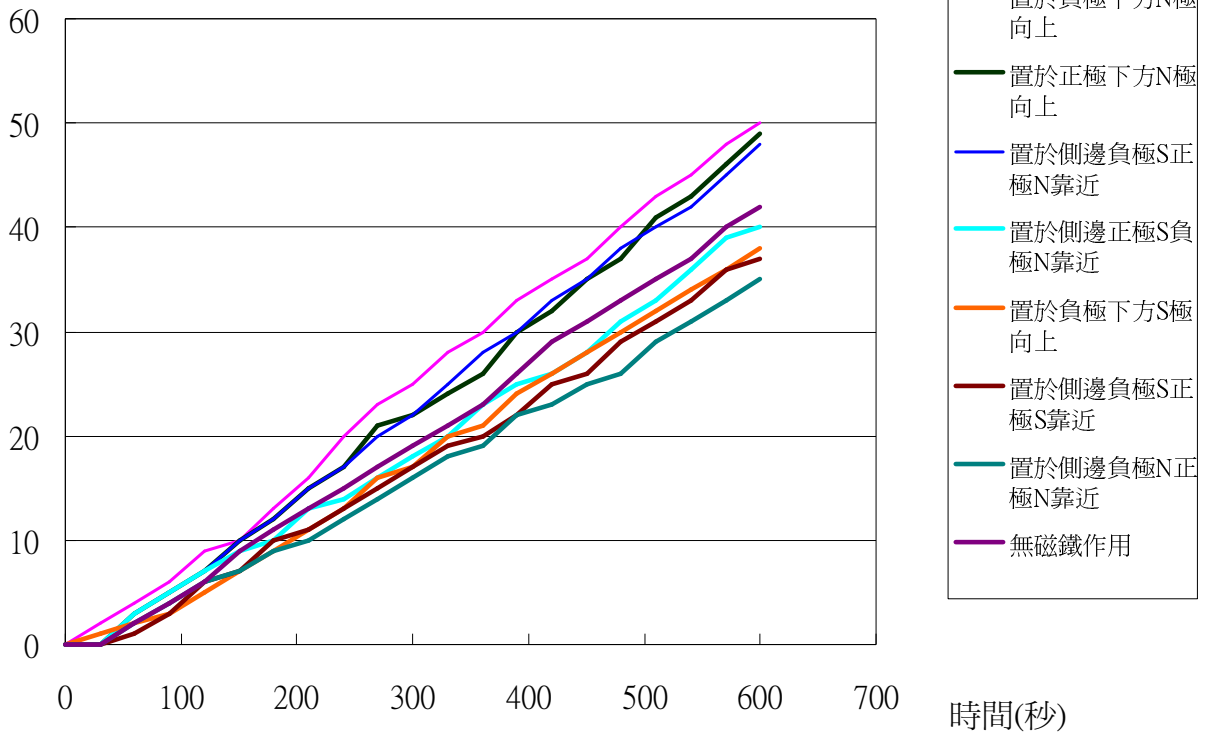
6.靠近正極 N 極向上：產氫速率（29.4%）和減省電能(14.6%)。

(二)在 0.5MNaOH，電解電壓 10V 下，比較磁鐵不同位置的差異

磁鐵排列位置	平均電流 (mA)	產氫約 (30ml)的 時間(s)	產氫的 體積 (ml)	產氫速率(ml/s)	電能(J/ml)
置於負極下方 N 極向上	600.0	360	30	0.0833	72.0
置於正極下方 N 極向上	600.0	390	30	0.0769	85.8
置於側邊負極 S 正極 N 靠近	600.0	390	30	0.0769	78.0
無磁鐵作用	600.0	450	31	0.0689	95.8
置於側邊負極 N 正極 S 靠近	500.0	480	31	0.0646	77.4
置於負極下方 S 極向上	500.0	480	30	0.0625	88.0
置於側邊負極 S 正極 S 靠近	500.0	510	31	0.0608	82.3
置於側邊負極 N 正極 N 靠近	500.0	540	31	0.0574	87.1

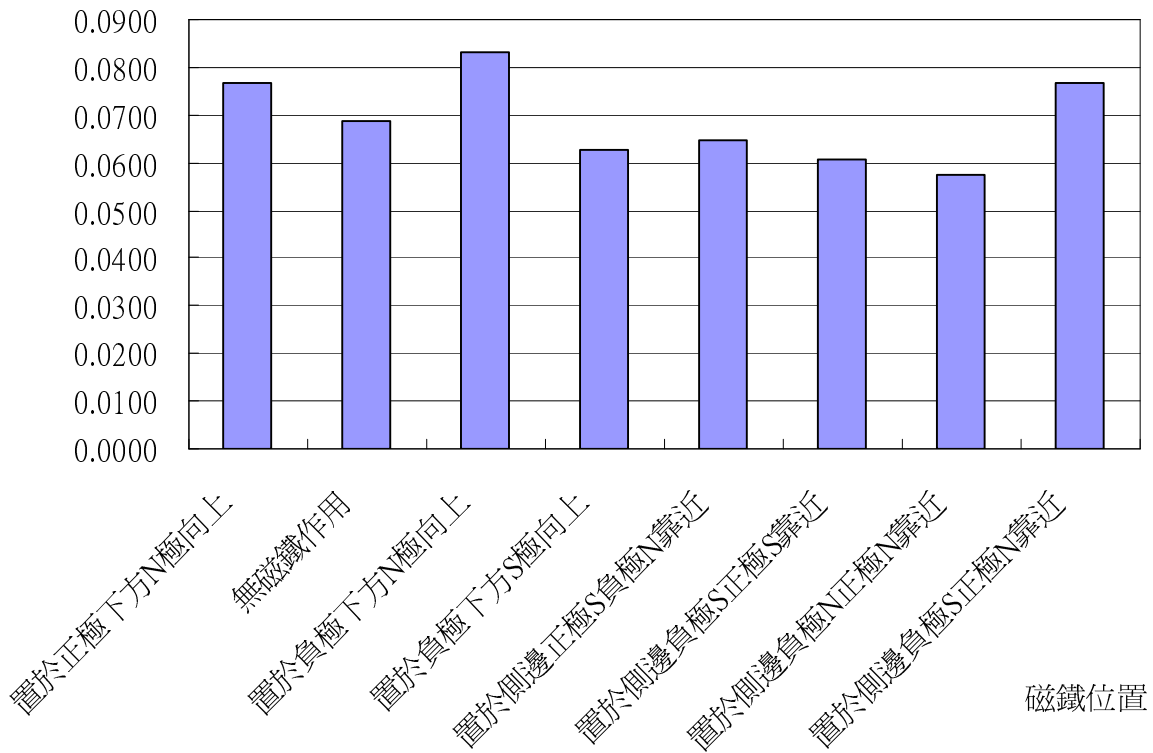
產氫體積(ml)

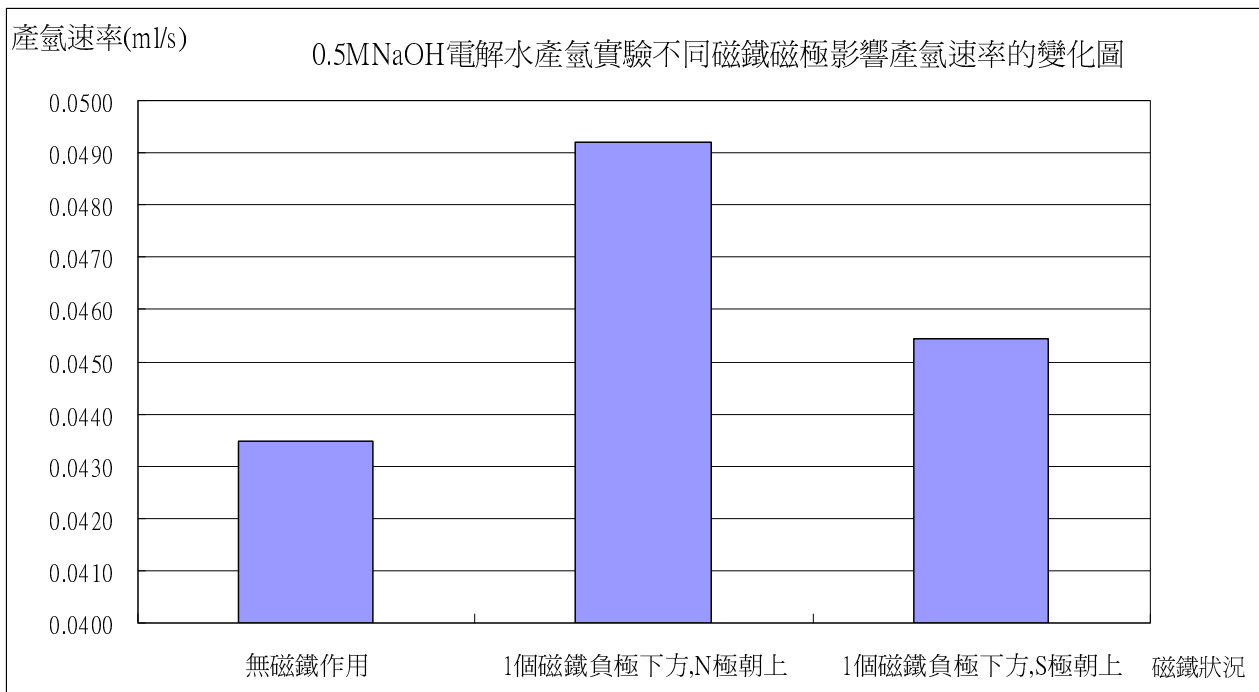
比較不同磁鐵位置對產氫體積隨時間的影響變化圖



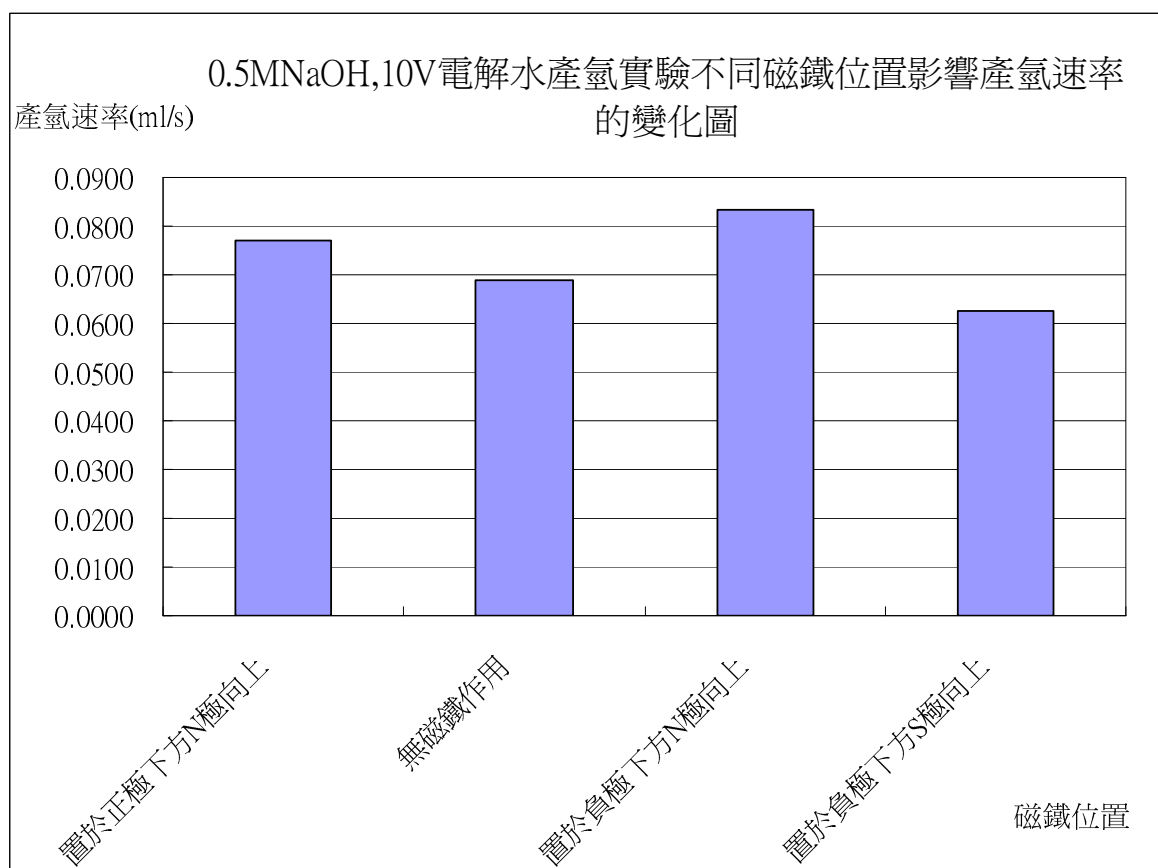
0.5MNaOH,10V電解水產氫實驗不同磁鐵位置影響產氫速率的變化圖

產氫速率(ml/s)





小結：磁鐵置於負極下方 N 極朝上比 S 極朝上有較好的產氫速率。



1. 0.5MNaOH 產氫速率：

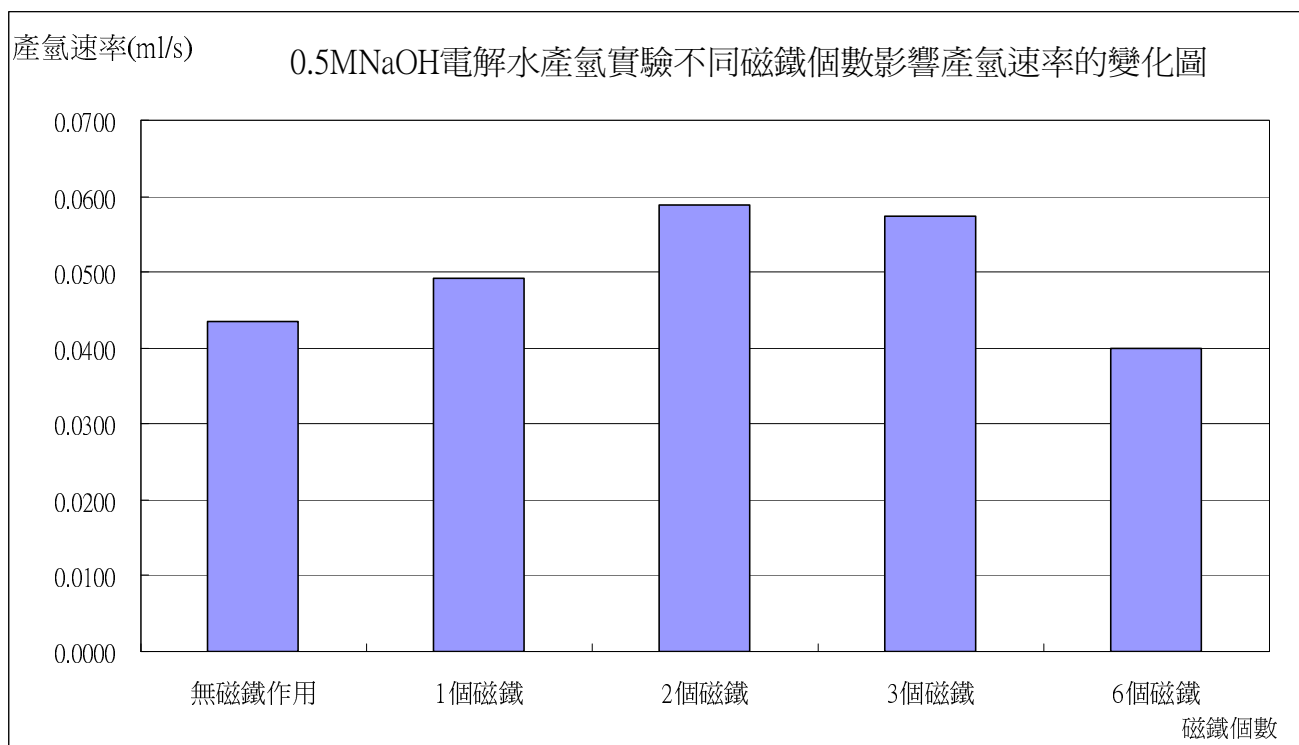
置於負極下方 N 極向上(20.9%)>置於正極下方 N 極向上>置於側邊負極 S 正極 N 靠近>未加磁鐵>置於側邊正極 S 負極 N 靠近>置於負極下方 S 極向上>置於側邊負極 S 正極 S

靠近>置於側邊負極 N 正極 N 靠近。

- 2.可進一步了解磁場對於溶液的擾動造成產氫反應速率的影響，磁鐵的位置和磁極的朝向都實驗證明會影響產氫速率。
- 3.發現外加磁場可使電解槽中的溶液產生流動，進一步需分析外加磁場與溶液的流動快慢和方向的影響。

(三)比較不同磁鐵的個數(置於負極下方其 N 極向上)的差異

磁鐵排列位置	平均電流 (mA)	產氫約 (30ml)的時間(s)	產氫約(30ml)的體積(ml)	產氫速率 (ml/s)	電能 (J/ml)	電能省率	
無磁鐵作用	400.0	690	30	0.0435	92.0	10.4%	
1 個磁鐵	430.0	630	31	0.0492	87.4	0.0%	
2 個磁鐵	500.0	510	30	0.0588	85.0	24.8%	
3 個磁鐵	500.0	540	31	0.0574	87.1	8.1%	
6 個磁鐵	400.0	750	30	0.0400	100.0	19.2%	

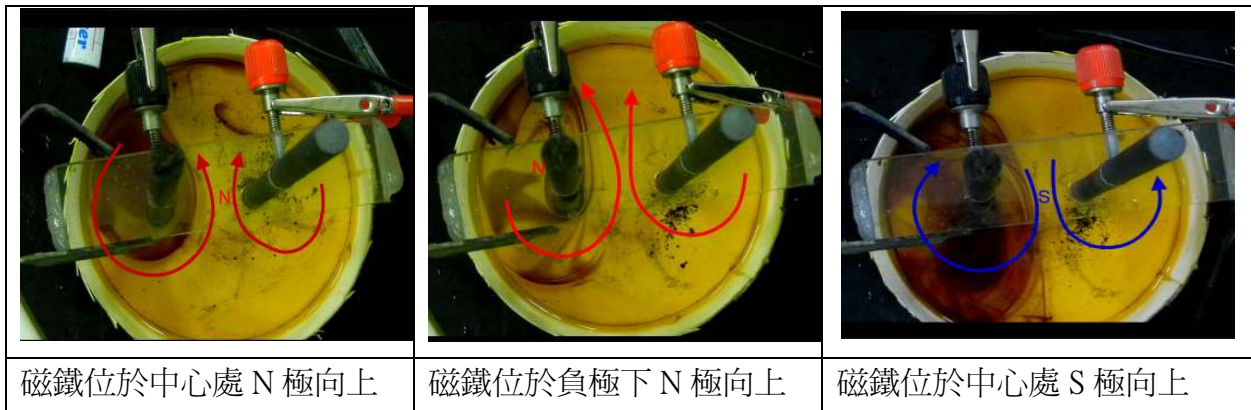


小結：

產氫速率：2 個磁鐵(36.3G)(省能 7.6%·增加反應速率 35.2%)> 3 個磁鐵(52.6G)> 1 個磁鐵(28.6G)
 > 未加磁鐵(0G)> 6 個磁鐵(54.1G)

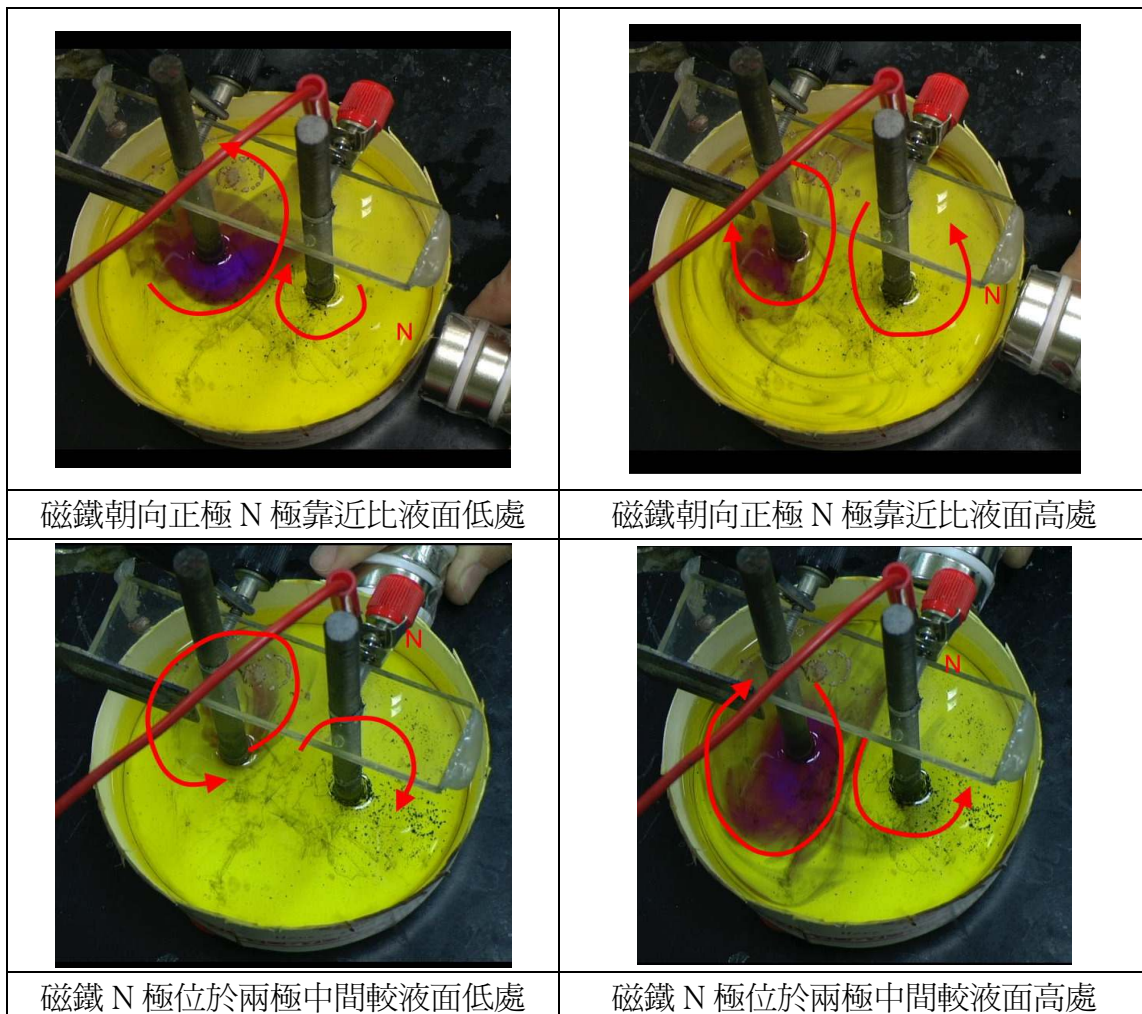
四、觀察不同的外加磁場如何影響通電時電解質溶液的擾動情形。

(一) 比較兩碳棒電極，磁鐵位於溶液下方，其 N 極和 S 極向上，其溶液的流動差異



小結：當磁鐵 N 極靠近時，由上俯視電解槽發現溶液，正極碳棒周圍溶液呈順時針方向流動，而負極碳棒周圍則呈逆時針方向流動。若改以磁鐵 S 極靠近時，則正極碳棒周圍溶液呈逆時針方向流動，而負極碳棒周圍則呈順時針方向流動。顯示 N 極和 S 極影響造成反向流動，且兩極周圍的流動方向都相反。

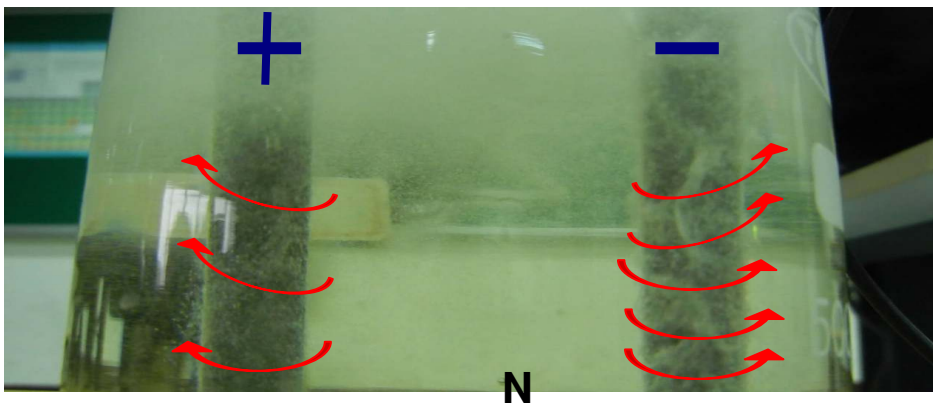
(二)比較兩碳棒電極，在磁鐵 N 極靠近，在液面下與液面上，其溶液的流動差異



小結：

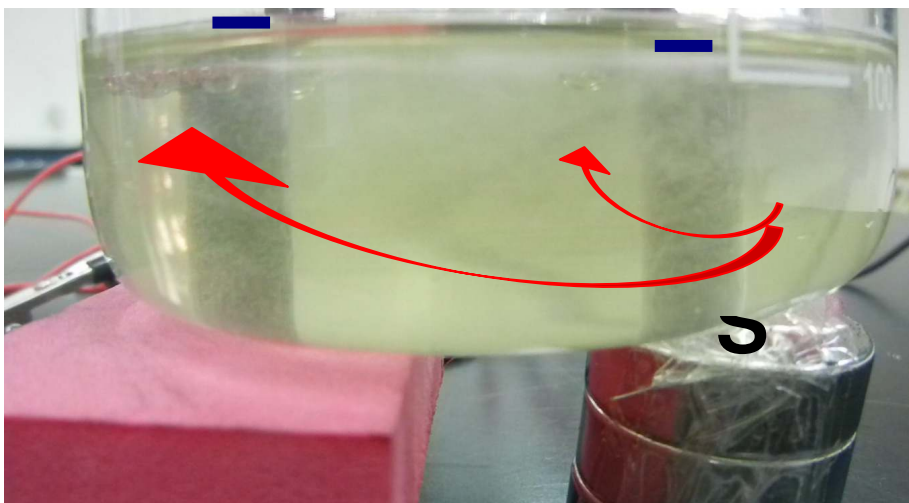
- 1.當磁鐵 N 極靠近碳棒正極時，由上俯視電解槽發現溶液兩電極碳棒周圍順時針方向流動或逆時針方向流動都有可能，進一步發現磁鐵與液面電極的高低位置差異會影響流動方向，當磁鐵 N 極靠近較液面低處時，正極碳棒周圍溶液呈順時針方向流動，而負極碳棒周圍呈逆時針方向流動；反之較液面高時，則流動方向相反。
- 2.當磁鐵 N 極位於兩電極中間處時，表現與靠近碳棒時的流動方向一致，但是在兩極中間處時的流動受力較弱，溶液流動較慢。

(三)以磁鐵中間和側邊 N 極向上靠近，觀察磁場受力下溶液的流動差異



觀察磁場受力狀況，以磁鐵中間和側邊N極向上靠近，氣泡負極逆時針方向、正極順時針方向繞著電極呈旋轉方式上升。

(四)在負極下方磁鐵 S 極向上觀察磁場受力下溶液的流動差異，

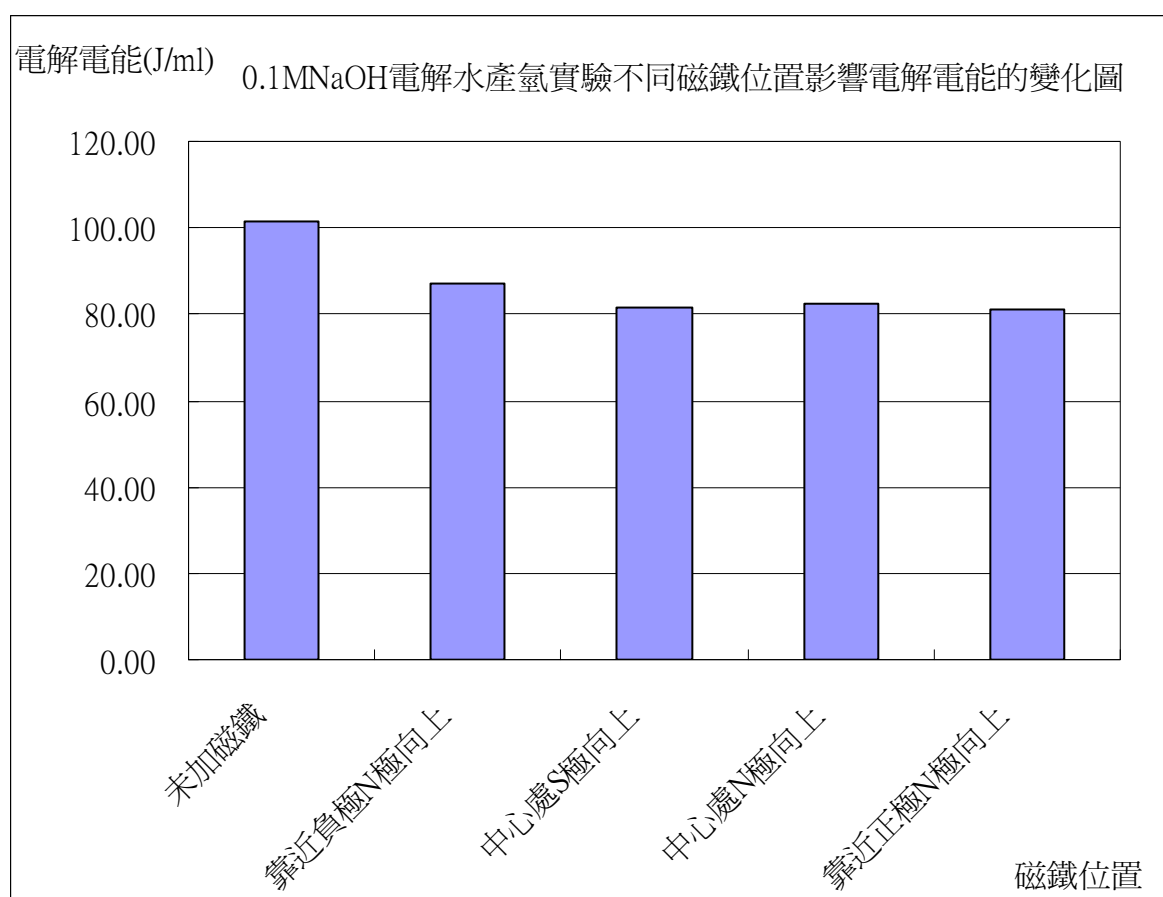


觀察磁場受力狀況，在負極下方磁鐵 S 極向上，氣泡正負極順時針同方向繞著電極呈旋轉方式上升。

五、探討利用磁場來提升電解水反應產氫的電能效率之可行性

1.在 0.1MNaOH，電解電壓 10V 下，比較不同磁鐵位置電能的差異

磁鐵位置狀況	平均電流 (mA)	產氫 30ml 時間(s)	產氫速率 (ml/s)	氫氧比	電能(J/ml)	電能省率	產氫增率
未加磁鐵	227.8	1300	0.0231	2.08	98.69	0.0%	0.0%
中心處 N 極向上	252.3	1067	0.0281	2.17	89.84	9.0%	21.7%
靠近負極 N 極向上	253.2	1039	0.0289	2.41	87.64	11.2%	25.0%
中心處 S 極向上	245.4	1026	0.0292	2.41	85.45	13.4%	26.6%
靠近正極 N 極向上	252.0	1004	0.0299	2.57	84.32	14.6%	



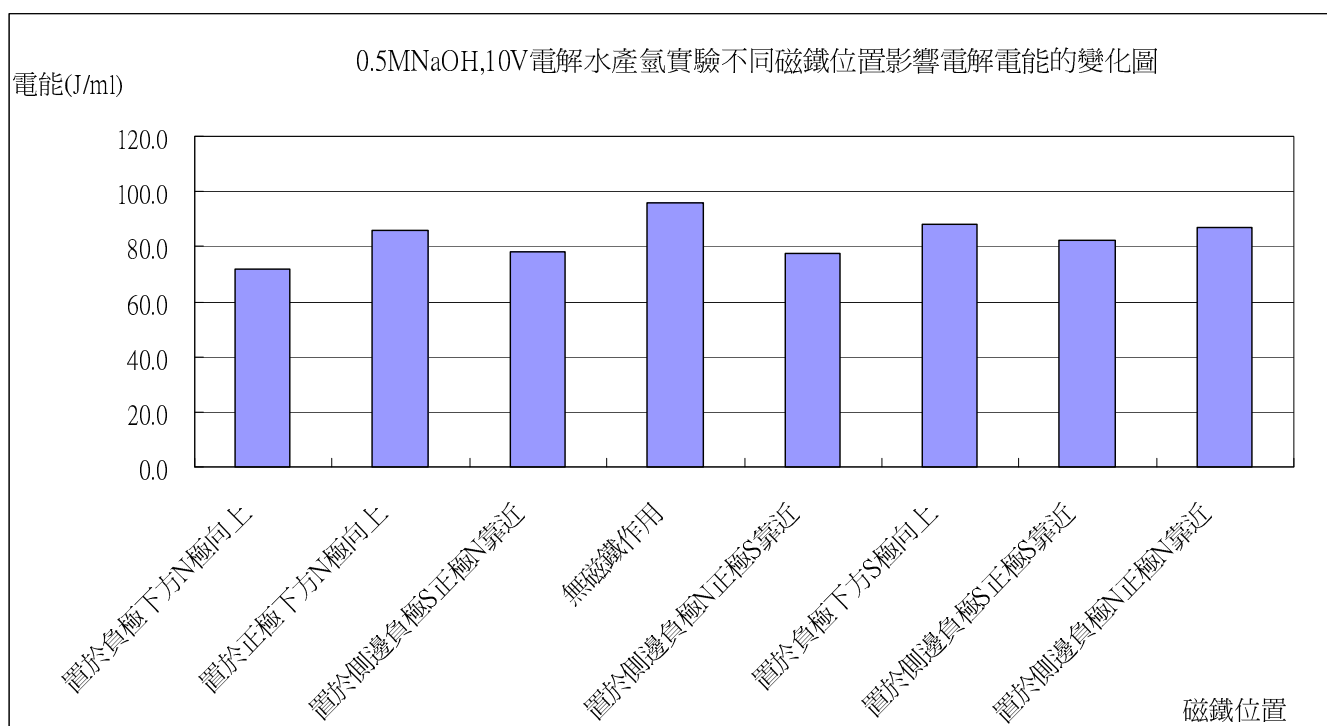
小結：1.在加入磁鐵作用下，可減省電能。

2.比較磁鐵不同的位置，耗費電能大小依序為：

未加磁鐵 > 中心處 N 極向上 > 靠近負極 N 極向上 > 中心處 S 極向上 > 靠近正極 N 極向上(省能 14.6%)

2.在 0.5MNaOH，電解電壓 10V 下，比較不同磁鐵位置電能的差異

磁鐵排列位置	平均電流 (mA)	產氫約 (30ml) 時間(s)	產氫體積 (ml)	產氫速率 (ml/s)	電能(J/ml)
置於負極下方 N 極向上	600.0	360	30	0.0833	72.0
置於側邊負極 N 正極 S 靠近	500.0	480	31	0.0646	77.4
置於側邊負極 S 正極 N 靠近	600.0	390	30	0.0769	78.0
置於側邊負極 S 正極 S 靠近	500.0	510	31	0.0608	82.3
置於正極下方 N 極向上	600.0	390	30	0.0769	85.8
置於側邊負極 N 正極 N 靠近	500.0	540	31	0.0574	87.1
置於負極下方 S 極向上	500.0	480	30	0.0625	88.0
無磁鐵作用	600.0	450	31	0.0689	95.8



小結：1.耗費電能依序為：

置於負極下方 N 極向上(省 24.8%)<置於側邊正極 S 負極 N 靠近<置於側邊負極 S 正極 N 靠近<置於側邊負極 S 正極 S 靠近<置於正極下方 N 極向上<置於側邊負極 N 正極 N 靠近<置於負極下方 S 極向上 <無磁鐵作用。

2.加入磁鐵，磁場影響產氫速率並有效減省電能。

3.磁鐵置於負極下方 N 極朝上比 S 極朝上產氫速率和減省電能較大。

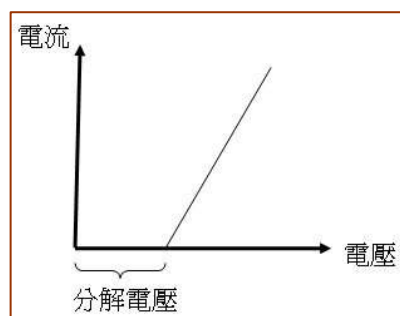
4.磁鐵置於負極下方 N 極朝上，產氫速率增加 20.9%，減省 24.8%的電能。

陸、討論

一、加入磁鐵在電壓 5V 下，當磁鐵位於電解槽中心處以 N 極向上，產氫速率變快。對電解液進行攪拌可以改善氣體堆積在電極表面，使有效反應面積下降的情況，另一方面透過攪拌所產生的流動，使溶液以較高的離子濃度，補充電極表面因反應而消耗的離子，可以改善濃度極化的問題，我們推論應可有效提昇電解的效率。

二、進一步分析電壓 10V 電解 0.1M、0.5M 和 1.0M NaOH，比較不同濃度的影響程度，當濃度小(0.1M)時，磁場較小時產氫速率大，太大不利於反應速率，在 10G 磁場下最高約可提高產氫速率 6%、省電 5%；濃度稍大(0.5M)時則磁場大有較好的效果，在 40G 磁場下最高約可提高 9%、省電 4.3%；而濃度大(1.0M)時，當磁場小時，產氫速率明顯增加，磁場大則增加速率反而不明顯，在 20G 磁場下最高約提高速率 35%、省電 15.6%。發現濃度影響磁場對電解水產氫反應的程度不同。不同濃度的溶液使用適當強度的磁場確定可以提昇產氫的速率。

三、電解 0.5M 使用電壓 5V，產氫速率差異不大，利用長管電解槽裝置，加入磁場觀察提供較高電壓 3V 才觀察到電流，實際電解的分解電壓較高。當電解電壓較小時，加入磁場會使產生的電流反而較無磁場時較小，產氫速率亦較小，可見長管的電解槽不利於電解質溶液的擾動而影響電解反應速率。



四、比較電解時電流大小和產氫速率的曲線圖，兩條曲線變化相近，可知產氫速率與電流大小具有正相關。推論當提供適當的磁場強度，化學反應可在電流不增加的情形下，增加產氫速率，而減少電解所需消耗的電能的可能性。

五、探討加入磁鐵會使得反應變快，但是增加的幅度不同，進一步改變不同位置探討磁場的影響。

0.1MNaOH 產氫速率：磁鐵置於正極 N 極向上 > 中心處 S 極向上 > 中心處 N 極向上 > 靠近負極 N 極向上 > 無磁鐵。

0.5MNaOH 產氫速率：磁鐵置於負極下方 N 極向上 > 正極下方 N 極向上 > 負極下方 S 極向上 > 無磁鐵。

1.比較加入磁鐵和未加磁鐵，加入磁鐵的產氫速率明顯較快。

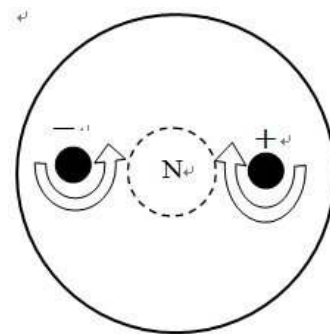
2.比較 0.1M 和 0.5M NaOH 溶液，當磁鐵直接置於負極下方，則擾動是最劇烈、最快的，但是 0.1M 濃度較低，由實驗結果，可知擾動太劇烈會稀釋離子濃度，反而限制了磁場的轉動效應。而 0.5M 濃度較高，離子濃度較高，磁場(3 個磁鐵)的轉動效應會表現得較佳。

六、綜合以上結果，溶液濃度對於磁場影響的效應程度不同，磁場的溶液擾動效果對於反應速率亦不同，有可能較好、亦可能較差。所以探討磁場對於產氫速率的影響，必須同時思考溶液的「離子濃度效應」和「磁場擾動效應」才能達到最佳值。

七、以國中所學的化學反應速率的粒子碰撞學說推論，濃度小時若磁場較大擾動太快會造成兩極處的濃度反而變小，反應接觸的機會因此而降低，反應速率變小；但是濃度較大時，擾動會增加不斷地供給反應物會造成反應速率增加。

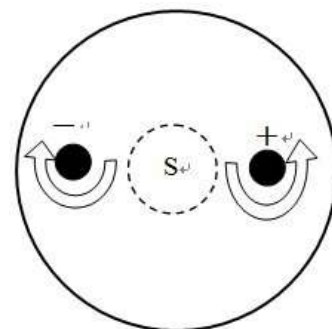
以「燃燒煽風供氧」的模型加以說明，燃燒必須不斷供給氧氣，但是當空氣流動太快反而不利於燃燒反應的進行。因此，推論溶液濃度在某特定值，溶液的擾動在某一適當值，才會產生最佳狀況。

八、電壓 10V 電解 0.5M NaOH，分析使用不同個數的磁鐵，產氫速率大小依序為：2 個磁鐵(36.3G) > 3 個磁鐵(52.6G) > 1 個磁鐵(28.6G) > 未加磁鐵(0G) > 6 個磁鐵(54.1G)，以 2 個磁鐵(36.3G)的磁場擾動效應是最佳值，並得知並非磁場越大，產氫速率就會越高。



九、電解硝酸鉀溶液加入溴甲酚紫指示劑，其 pH 變色範圍 5.2(黃色) ~ 6.8(紫色)，先加入稀硫酸呈微酸性為黃色，當電解後負極會產生氫氧根離子溶液呈中性或鹼性，溶液呈現明顯的紫色，利於觀察溶液流動情形。

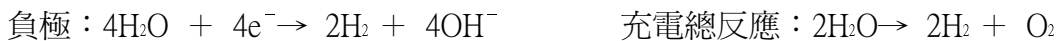
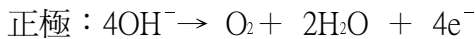
十、比較兩碳棒電極，磁鐵位於溶液下方，比較其 N 極 和 S 極向上，當磁鐵 N 極靠近時，由上俯視電解槽發現溶液，正極碳棒周圍溶液呈順時針方向流動，而負極碳棒周圍則呈逆時針方向流動。若改以磁鐵 S 極靠近時，則正極碳棒周圍溶液呈逆時針方向流動，而負極碳棒周圍則呈順時針方向流動。顯示 N 極和 S 極影響造成反向流動，



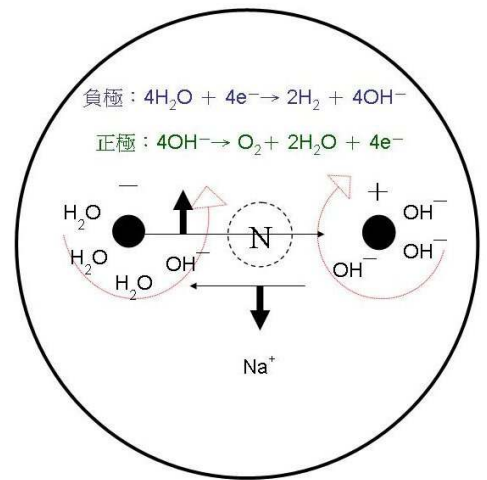
且兩極周圍的流動方向都相反。

十一、根據安培右手定則，磁場會對正在移動的正負離子產生垂直移動方向的推力，使離子運動方向發生偏轉，提供圓周運動的向心力即為洛倫茲力，使電解槽中移動的正負離子產生圓周運動，根據實驗電解槽中正極和負極周圍的溶液流動與右手安培定則來判定的離子運動方向一致。

十二、水電解產生氧氣和氫氣反應式：在正極產生氧氣，負極產生氫氣



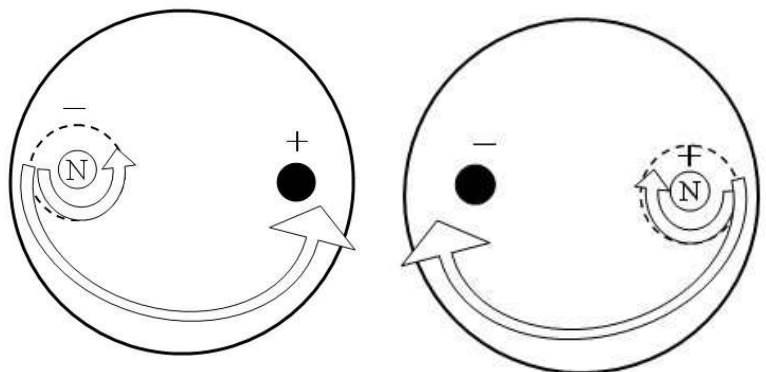
通電後，正離子(Na^+)向負極移動，在負極處由水會參與反應產生氫氣和氫氧根離子，加入磁鐵於電解槽中心處，造成溶液的流動加速離子的移動，但當靠近正極和負極處，觀察溶液流動得更快，氫氣也產生較快。



而在正極處，則是由氫氧根離子向正極移動來產生氧氣，當加入磁鐵會加速氫氧根離子的運動，使得電解水反應變快，但是當磁鐵置於正負極時，溶液產生過於快速流動反而會因溶液流動而阻礙離子在電極處反應，但比起未加入磁場，都有因溶液流動有助於產氫的速率。

十三、觀察不同的磁鐵位置和磁極對於溶液的擾動造成產氫速率的影響。

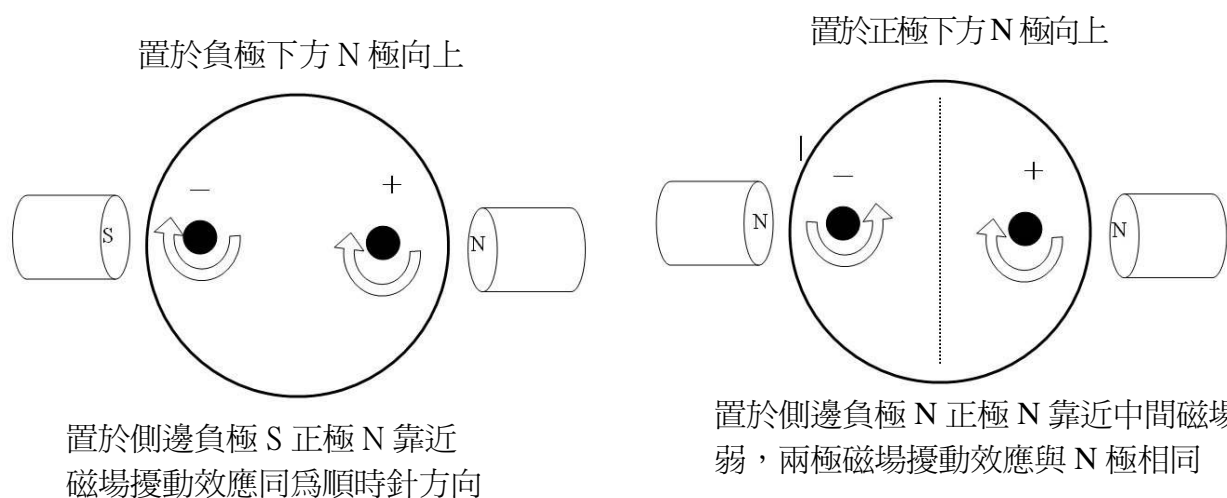
當濃度較大(0.5M)，比較磁鐵 N 極向上位於中心處和兩極處，置於兩極處較增加產氫速率。



十四、當磁鐵靠近其中一極時，看見溶液流動快速，而另一極表現的流動較弱，甚至磁力大會帶動另一極同向流動，可見磁場位置對兩極反應的影響有差異。進一步分析磁鐵與電極距

離或位置不同時，對兩極反應表現的差異。

磁鐵 N 極向上置於負極下方，磁場大帶動整體溶液離子朝相同逆時針方向流動，負極擾動劇烈氫氣迅速離開，並使氫氧根加速跑向正極反應。



十五、比較 10V 電解 0.1MNaOH，外加磁鐵在不同位置下，產氫速率和減省電能依序為：靠近正極 N 極向上 > 中心處 S 極向上 > 靠近負極 N 極向上 > 中心處 N 極向上 > 未加磁鐵；加入磁場作用產氫反應速率越快，耗費電能就越少。推論整體反應速率等於耗費電能的反應速率加上磁場效應的反應速率，得到加入磁鐵可整體提高反應速率，並以置於靠近正極 N 極向上可得到最佳效果。

十六、比較 10V 電解 0.5MNaOH，耗費電能依序為：

置於負極下方 N 極向上(省 24.8%) < 置於側邊正極 S 負極 N 靠近 < 置於側邊負極 S 正極 N 靠近 < 置於側邊負極 S 正極 S 靠近 < 置於正極下方 N 極向上 < 置於側邊負極 N 正極 N 靠近 < 置於負極下方 S 極向上 < 無磁鐵作用。

產氫速率：置於負極下方 N 極向上(快 21.0%) > 置於正極下方 N 極向上 > 置於側邊負極 S 正極 N 靠近 > 未加磁鐵 > 置於側邊負極 N 正極 S 靠近 > 置於負極下方 S 極向上 > 置於側邊負極 S 正極 S 靠近 > 置於側邊負極 N 正極 N 靠近。

其中置於負極下方 N 極向上較無磁鐵作用可減省 24.8% 的電能，實驗證明加入磁場作用下可有效減省電能。

柒、結論

- 一、觀察各種磁場狀況作用下的溶液流動，符合以安培右手定則決定流動方向，在兩碳棒為電極的電解槽中，當磁鐵 N 極靠近，正極碳棒溶液呈順時針方向流動，而負極碳棒溶液呈逆時針方向流動。當磁鐵 N 極和 S 極向上，顯示改變 N 極和 S 極影響兩極周圍的流動方向都相反，磁鐵的位置亦會影響磁場強度與方向，而且磁鐵越靠近電極會造成的磁作用力較大，溶液流動越快，並因此影響電解水產氫反應的進行。
- 二、電解水產氫不同濃度的溶液使用適當強度的磁場，可以提昇產氫的速率。
- 三、探討磁場對於產氫速率的影響，以粒子碰撞學說、並以「燃燒煽風供氧」來說明，必須同時思考溶液的「離子濃度效應」和「磁場擾動效應」，推論溶液濃度在某特定值，溶液的擾動在某一適當值，才會產生最佳值。
- 四、加入磁鐵作用下，可有效減省電能，本實驗在 10V 電解 0.5M NaOH 將磁鐵放置負極下方、N 極向上可得到最佳效果，產氫速率增加 20.9% 可有效減省 24.8% 的電能。
- 五、未來研究方向
 - (一)本實驗確認加入磁場作用會影響電解水產生氫氣和氧氣的化學反應，可進一步探討磁場對於電解水的影響。
 - (二)可進一步探討磁場變化對於其他電化學反應或其它化學變化的影響。

捌、參考資料

翰林出版社自然與生活科技領域編輯群（民 100）。國中自然與生活科技第一至四冊。

翰林出版社。

李浩任(民 92)。電解與磁場的秘密。台灣 2003 年國際科學展覽會化學科作品。高雄縣。

方幼人等(民 96)。你有吸引力嗎？。中華民國第 46 屆中小學科學展覽作品。新北市。

陳意綾等(民 98)。電解質溶液的異想世界－探討離子與磁場的交互作用與應用。

中華民國第 48 屆中小學科學展覽作品。臺北市。

【評語】 030216

本作品利用磁場擾動電極附近的離子，促使電解水實驗獲得 H₂ 氣的產量增加，探討各種變因，獲得最佳以增強效果，實用性佳，具創意，唯磁場所造成效應的基礎原因仍得探討。