

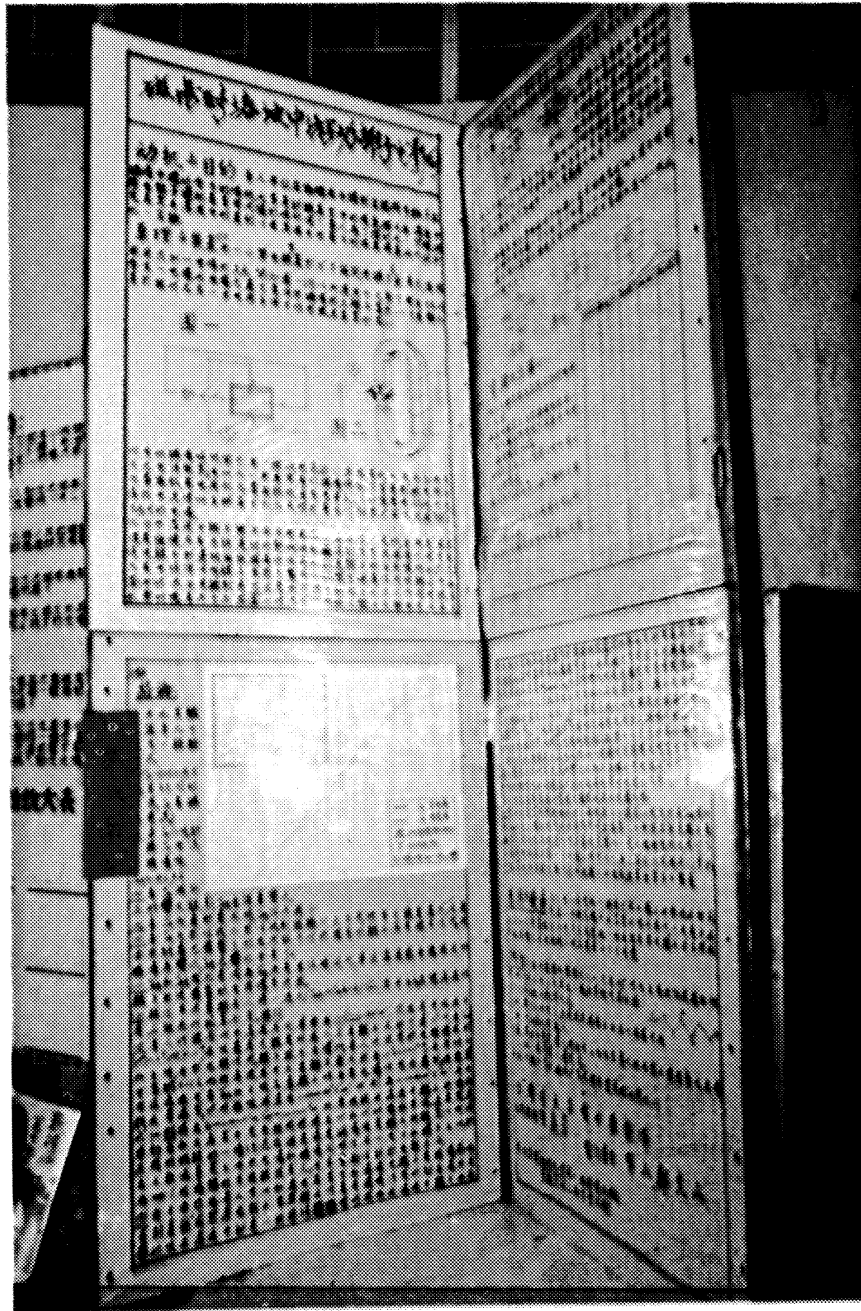
磁場對游離子之影響

高中組第三名

省立高雄中學

製作學生：鄒文山 齊山

指導老師：陳義男



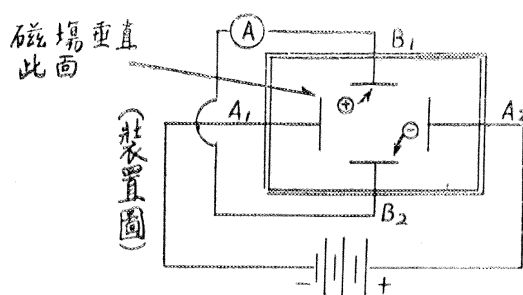
一、動機與目的：

吾人平日在物理課本中曾讀到有關電荷粒子在磁場中受力的情形，大多是討論真空中的現象，那麼在溶液中的荷電粒子是否有同樣的情形呢？吾人爲了探討此一問題，研究真空與溶液中的差別，以及溶液中所產生的待異現象，因此設計此一實驗。

二、原理與裝置：

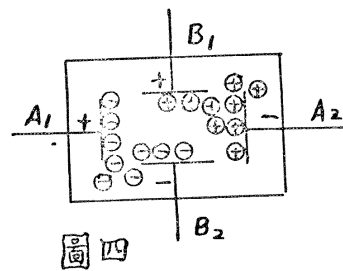
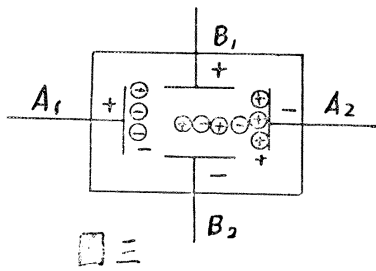
(一)把一小型電解槽置於N、S極間，使磁力線垂直於溶液面，並加一電場於 A_1A_2 （此線路現場有詳細說明）用以加速液中之離子，則在 B_1B_2 間會產生一電場，此電場之產生是由於磁場把正離子集於一方，而負離子集於相對之另一方，電荷分佈不均所致。

(二)未到磁場時 B_1B_2 間已有一微弱電流並且是從 B_1 流向 B_2 （因 B_1 之電位較高）當加入一垂直進入液面的磁場時，依右掌子定則，正離向 B_1 處偏轉負離子向 B_2 處偏轉，故產生電場，適以加強原有 B_1B_2 間的電場，故電流增加，當磁場方向改成與前者相反時，所產生的效果也相反，故減弱了 B_1B_2 之電流。



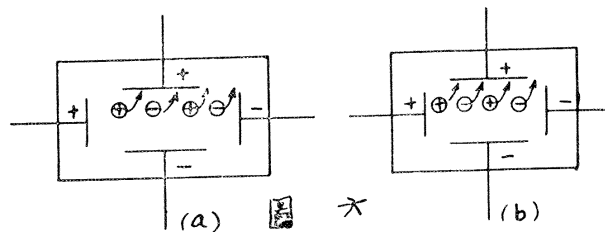
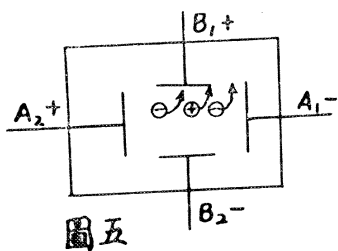
(三)由於溶液中離子被水分子包圍其游動有一定的「自由度」並且游速緩慢尚有「布朗運動」的影響，但就整體效應來說磁場大時更能促使離子不到達 B_1B_2 極板，磁場所改變的就是離子分佈情形如圖(三)，只有電場作用時，離子會漸漸聚集在 A_1A_2 間，有磁場作用時，離子會如圖(四)所示，由實驗測定之，就是由於磁力與電力的共同作用所致，自機率觀點而言，在圖(四)的情況我們假設正離子大部分向右方運動，負離子向左下運動是可以成立的，離子雖雖不是全部循一路徑，但大是如上所述

使 B_1B_2 周圍的濃度也增加，故可促進（或抑制）其電流。



四、離子在溶液中原本分佈很平均，當電場 A_1A_2 與磁場同時加上，離子之運動路徑如圖(五)，則偏轉半徑的影響根本不足以構成 B_1B_2 間的電場改變如圖(六)；a、b 中偏動半徑的不同而到達極板上的電荷數確實有改變，所以我們有下列假設：

- a、磁場改變時整個溶液中的離子濃度改變，故 $I_{B_1B_2}$ 也隨之而改變。
- b、磁場改變時離子的「自由度」也改變，故 $I_{B_1B_2}$ 改變。
- c、離子運動路徑不遵循原有之假設，我們從實驗知道 a、b 二假設均不可能唯有 c，（數據與圖形省略）



三、結論：

(一) 由所得之實驗吾人推出一經驗公式。

$$I_{B_1B_2} = I_B \times 29.22 + 172.3 \quad I_{B_1B_2} \text{ 即 } B_1B_2 \text{ 間電流。}$$

I_B 表磁場電流。

(二) 當 $I_B = 0$ 時即即無磁場時 $I_{B_1B_2} = 172.3 \mu A$ 。

(三) 當 I_B 間正的變大時 $I_{B_1B_2}$ 也跟著變大。

(四) 當 I_B 間負的變大時 $I_{B_1B_2}$ 因而減小。

(五) 當 I_B 大於 + 5 或小於負 5 時則結論(一)之公式所生的誤差甚大，這是由於 B_1B_2 處已積聚的電荷粒子，對於後來的離子有排斥作用，故磁場再變化 $I_{B_1B_2}$ 變化也不多。

(六) V_{A1A2} 和 I_{B1B2} 成正比，是因為 I_{A1A2} 決定單位時間內，單位溶液截面積游過的離子數使積聚的電荷增多所致。

(七) 經過多次實驗吾人得一通式： $I_{B1B2} = (I_B k_1 + k_2) V_{A1A2}$ ，其中 $k_1 k_2$ 值隨溶液性質與極片的裝配位置而定。

(八) 我們採用的水溶液之電導率為 $\frac{1}{3.5 \times 500 \times 10^3} \text{ ohm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ 因

為是中性，其中 $[+H^+] = 10^{-7}$ $[OH^-] = 10^{-7}$ 而考慮其他雜值的混入，正負離子大約可達 $10^{-6} M$ ，當 V_{A1A2} 加上時，由於電解作用離子會增加，吾人所使用的電解槽約可容納 6c.c. 之

此溶液其中正負離子數大約為 $10^{-6} \times 1.02 \times 10^{23} \times \frac{6}{1000}$ ，而

平均分佈在溶液中，當 $V_1 V_2$ 加上時，各處離子均會受電場作用而運動，根據資料，在常溫下 H^+ 之極限游速

為 $\frac{100V}{3.5cm} \cdot 0.003620 \text{ cm}^2 V^{-1} \text{ scl}^{-1}$ 。 OH^-

則為 $0.002050 \text{ cm}^2 V^{-1} \text{ scl}^{-1}$ 其他離子則更慢在吾控制電場

為 $\frac{100V}{3.5cm}$ 下，溫度亦為 $25^\circ C$ H^+ 之游速 $0.003620 \times \frac{100}{3.5} \text{ cm}$

scl^{-1} ， OH^- 之游速為 $0.002050 \times \frac{100}{3.5} \text{ cm scc}^{-1}$ ，由公式

： $r = \frac{m v}{Z B}$ 得出 $r_{H^+} = 2.54 \times 10^{-8} m$ ， $r_{OH^-} = 2.45 \times 10^{-7} m$

此是假設為溶液中離子偏轉的效應和真空中完全相同所 得出 H^+ 和 OH^- 的偏轉半徑，這當然是在我們所假設的一種條件(包括游速、溫度、磁場強度、離子之種類等)下所得出之數值，事實上由於電場和磁場同時作用下，電力和磁力之比約為 2000 : 1，故偏轉的半徑該相當大，由本實驗估計約為數公分。

(九) 由上面所得吾人可以知道在真空中和溶液中。「離子受磁場影響差別甚鉅」固態荷電粒子無論在何處受磁場作用力的效應是

不會變的，但在溶液中却是一種特殊的情形因為在溶液中離子雖不如真空中那麼自由而是被許多的溶質分子所包圍，因此影響它的因素就非常複雜，諸如溫度濃度溶劑雜質等，吾人在實驗中曾用過不同溫度的電解液，發現溫度高時 $I_{A_1A_2}$ 與 $I_{B_1B_2}$ 均同時增大，可是很難找出定量關係，其電流所以同時增大，可能因為水在高溫時其粘滯性較小，離子自由度較大的緣故。在濃度方面，我們若用濃度足夠大的電解液，則磁場改變時， $I_{B_1B_2}$ 幾乎不變，這可能是由於各處都充滿著荷電粒子，磁場所能造成的影響於是微乎其微。在電解時陰極(A極)常常生黑色氧化銅及其他銅之化合物雖他們不溶於水，但會以接觸方式攜帶電荷，甚至於連成細絲以導電，而且對於電流的變化，不能純作離子荷電游動的判斷，因其影響到測量時精確。溶劑的粘滯性是對電解電流影響的重要因素，但是由於稀薄溶液之濃度不易控制，因而很難比較。

- (一)「原理與裝置」中所討論到的三個假設 a、b、c。設若 a、b 成立，則 $I_{B_1B_2}$ 增加時， $I_{A_1A_2}$ 必定也增加更多。與事實不合，故接受 C 之假設也就是離子受磁場作用後，因為游速不同，其路徑實難以一定之規律限制之，我們只知道最後偏轉向某一方的離子較多而已，為了探討此問題我們曾試圖以不同角度之極片來測試離子的偏轉結果效果亦不顯著。
- (二)「應用與發展」人類之生存大多與溶液有關，尤以今日之海洋資源為最，更與由其中提煉出物質的技術有關，於此吾人提出利用磁場作用來探討一些水溶液中離子的行為，就是期望能在離子分析方面或其它研究溶液離子方面另闢新的途徑。雖然研究之成果不豐碩然而我們衷心希望它有應用之一日。