

陰陽不平權----探討陰陽離子的‘‘霍爾效應’’

一、研究動機：

最近看到學校佈告欄刊登一篇 1998 年諾貝爾物理獎有關‘‘半導體低溫時的量子霍爾效應’’的報導，而高中新教材中加入電子學一章(是談論有關半導體元件的應用)，所以引發我們對半導體霍爾效應的興趣，後來又有機會參觀了中山大學半導體實驗室，又從老師和書籍中了解一些半導體的性質，對於其中重要的雙載子(電子與電洞)及介面的特性，我們想從電解質溶液中看看是否也有類似的性質。

二、研究目的：

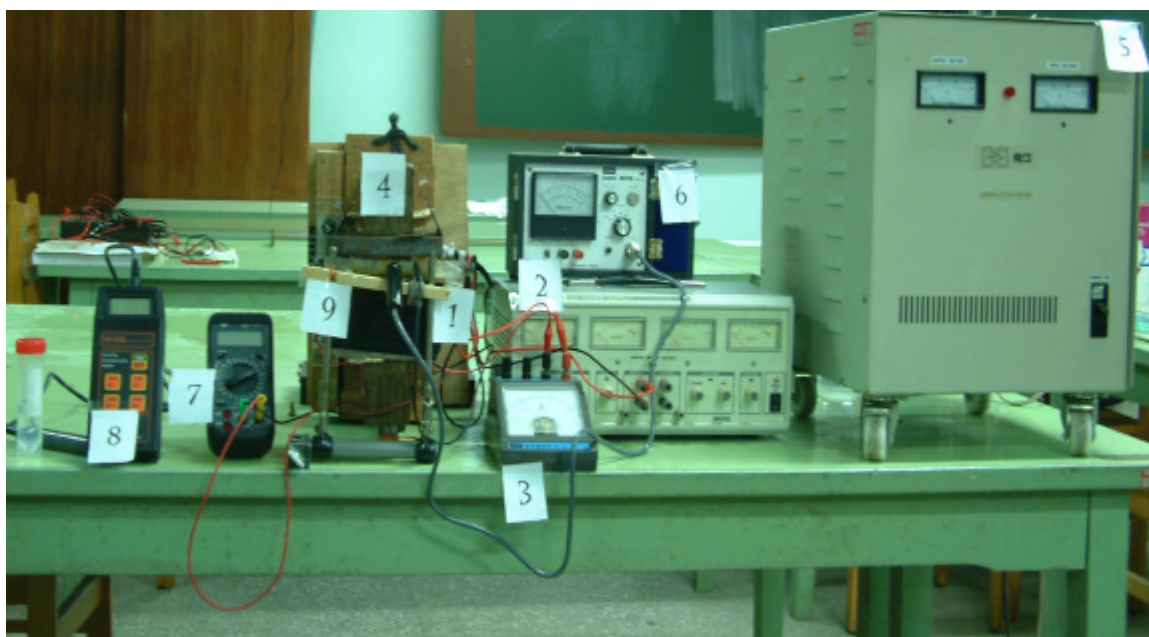
- (一)量測電解槽中電解質溶液，是否會有霍爾電壓。
- (二)探討電解時間長短對霍爾電壓的變化。
- (三)研究不同電解質溶液的霍爾電壓。
- (四)比較電解電壓或電流與霍爾電壓大小的關係。
- (五)探討外加磁場對霍爾電壓的影響。
- (六)觀察電解質溶液的濃度與霍爾電壓大小的關係。
- (七)觀察溫度對霍爾電壓大小的影響。
- (八)觀察橫向距離對霍爾電壓大小的關係。
- (九)比較加磁場前後電解槽等位線的變化。
- (十)利用導電度計測電解質導電度(conductivity)再與測量的霍爾電壓值去計算導電度兩者比較。

三、研究器材與設備：

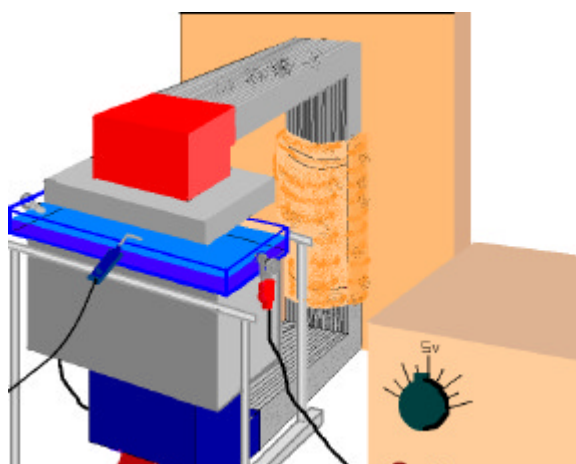
- 1、自製圓形電解槽(直徑 9cm、高 0.8cm)、長方形電解槽(長 15.5cm、寬 3.5cm、高 1.5cm)



- 2、電源供應器(供應電解時電解槽電流)
- 3、安培計(量測電解電流的值)
- 4、強度為次特士拉數量級的直流電線圈型電磁鐵(0.15 Tesla)
- 5、直流電源供應器(供應電磁鐵電流)
- 6、高斯計(量測外加磁場的值)
- 7、數位式三用電錶(量測霍爾電壓)
- 8、導電度計(測電解質溶液的 conductivity)
- 9、高斯計架



實驗藥品: CuSO_4 、 K_2CO_3 、 $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ 、 K_2HPO_4 、 BaCl_2 、 $(\text{NH}_4)\text{NO}_3$



上右圖為本實驗重要實驗安排的放大圖，其中電解槽中上下兩塊大鐵塊，可使電解槽區域的磁通量密度達到 $0.15 \frac{\text{Wb}}{\text{m}^2}$ 。

四、研究過程、結果與討論:

實驗一：量測電解槽中電解質溶液，是否會有霍爾電壓

目的:

N型的半導體電子的濃度比電洞多，P型的半導體電洞的濃度比電子多，從霍爾電壓的量測，可判斷材料為N型或P型的半導體，並計算其載子濃度與其遷移率。我們利用陰、陽離子比擬半導體中的電子與電洞，於電解質溶液中導入電流，將電解質溶液置於外加磁場中量測其是否有霍爾電壓。

研究過程:

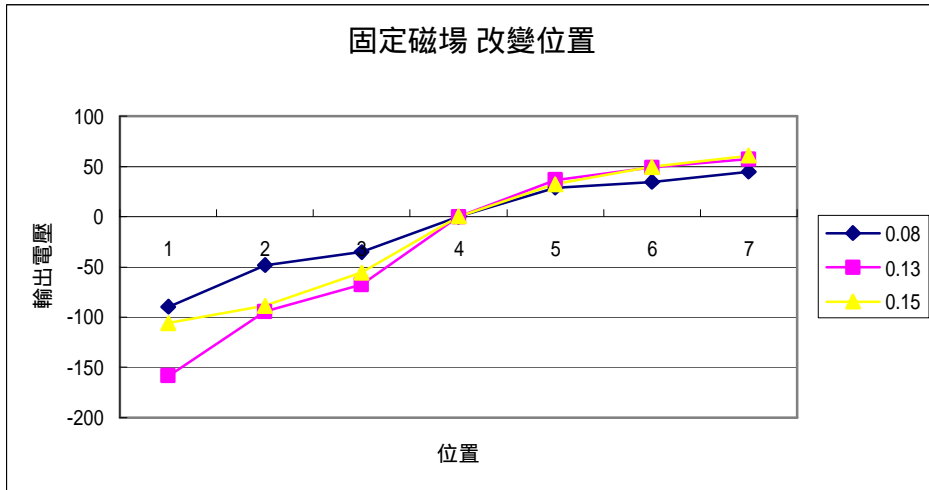
- 1、長方形電解槽兩側固定電極，並以電源供應器在 y 方向輸入直流電。
- 2、在 z 方向加磁場於長方形電解槽中。
- 3、在電解槽中加入 $CuSO_4$ 此易取得的溶液作測試實驗。
- 4、並在電解槽上放置高斯計以測量 z 方向磁場強度。
- 5、在輸入端串聯安培計測量電解電流。
- 6、以探針接三用電錶測 x 方向的 V_H 霍爾電壓(毫伏 mV)，從正極測至負極(從位置 1 測至位置 7)。



研究結果:

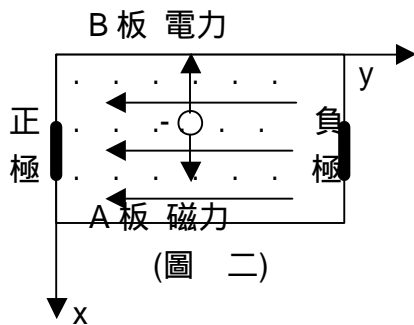
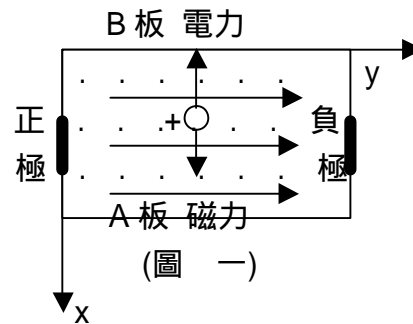
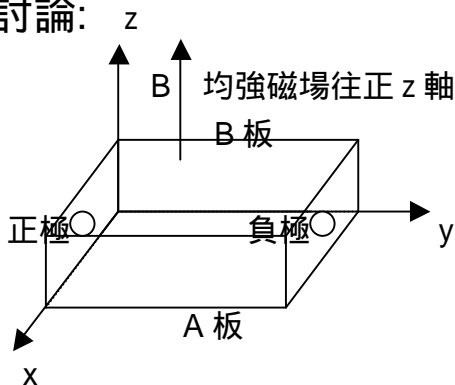
$CuSO_4$ 飽和溶液/溫度: $25^\circ C$ /電解電流:16A

V_H (mV)	位置	1	2	3	4	5	6	7
外加磁場(weber/m ²)								
0.08		-89.7	-48.3	-35.2	0.03	28.9	34.7	44.9
0.13		-158.7	-94.5	-67.8	-0.08	36.6	48.9	57.4
0.15		-105.8	-88.7	-55.5	0.12	32.4	49.7	60.9



- 1、 $CuSO_4$ 溶液 1 至 7 位置橫向電壓所測得之值穩定,且在加入磁場後有明顯的變化,可準確測出霍爾電壓。
- 2、當關掉磁場時,其橫向電壓值將回到大約起始值的位置。
- 3、從圖表中得知、 $CuSO_4$ 霍爾電壓的值,從正極到負極,先負的愈來愈少,反向再正的愈來愈大。

討論:



- (一)就陽離子而言,電解時其運動往正 y 軸,因為磁場在正 z 軸方向,所以受正 x 方向的磁力的作用,在平衡狀態,x 方向無電流,所以陽離子受一負方向的電力,故就陽離子而言,A 板為高電位,B 板為低電位,而兩邊的電位差,稱 V_H (類似霍爾電壓),定為 $V_{AB}=V_A-V_B>0$ 。如(圖一)
- 就陰離子而言,電解時其運動往負 y 軸,因為磁場在正 z 軸方向,所以受正 x 方向的磁力的作用,在平衡狀態,x 方向無電流,所以陰離子受一

負方向的電力，故就陰離子而言，A 板為低電位，B 板為高電位， $V_H < 0$ 。
如(圖二)

$$V_H = V_{AB} = \frac{W}{q} = \frac{qE\ell}{q} = \frac{qv_d B\ell}{q} = v_d B\ell$$

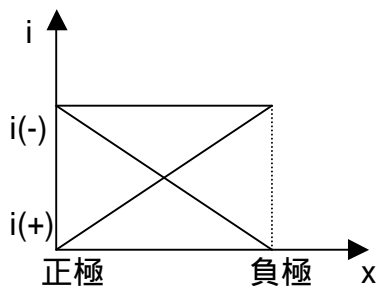
$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{enA\Delta x}{\Delta t} = enAv_d \quad v_d = \frac{i}{nAe}$$

$$V_H = V_{AB} = \frac{iB\ell}{nAe} = \frac{jB\ell}{ne} \quad (n \text{ 為單位體積載子的個數；} \ell \text{ 為 A 板與 B 板之間的距離；}$$

j 為正負極之間的電流密度； B 為 z 方向的磁場強度； $e=1.6 \times 10^{-19}$ 庫倫)

(二) 如果正負載子或陰陽離子均產生霍爾電壓，在相同的條件下 $V_{AB}=0$ 。

但正載子或陽離子的霍爾電壓，比負載子或陰離子的霍爾電壓大，則 $V_{AB} > 0$ 。
相反地，若正載子或陽離子的霍爾電壓，比負載子或陰離子的霍爾電壓小，
則 $V_{AB} < 0$ 。以簡單的模型來看，電解質電解時，電解槽中的電流應由陰陽離
子流動所貢獻，兩個所貢獻的電流和，應等於外電路的電流。但陰、陽離
個別所貢獻的電流，在電解槽中各處應該不同，靠近正極的地方，陰離子
所貢獻的電流比陽離子大，相反地，靠近負極的地方，陽離子所貢獻的電
流比陰離子大。如(圖三)，故在電解時，正、負極附近的霍爾電壓應該不同，
而且從位置 1 測到位置 7， V_H 會反向。



(圖 三)

實驗二：探討電解時間長短對霍爾電壓的變化

目的：

探討電解時間的長短對霍爾電壓的影響，因為電解液中的離子濃度可能會因電解時間而改變，陰陽離子因電解時得到電子或失去電子而重新成為分子，則離子的濃度會有變化，造成我們所測得的霍爾電壓值有所改變，所以我們在實驗之前，先簡單了解電解時間對霍爾電壓的影響，以便在往後的實驗中不要忽略了時間的因素對實驗的影響。

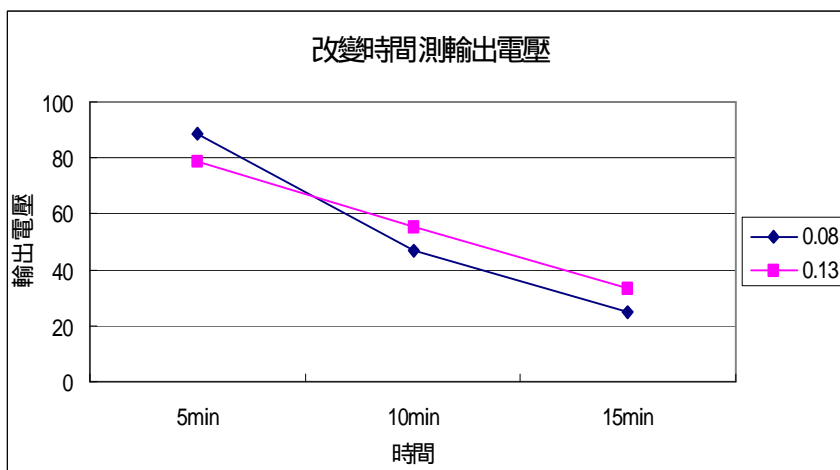
研究過程：

- 1、固定電解電壓，電解質種類，磁場強度。
- 2、改變測量時間，每 5 分，10 分，15 分別測一次霍爾電壓。

3、觀察霍爾電壓值的改變。

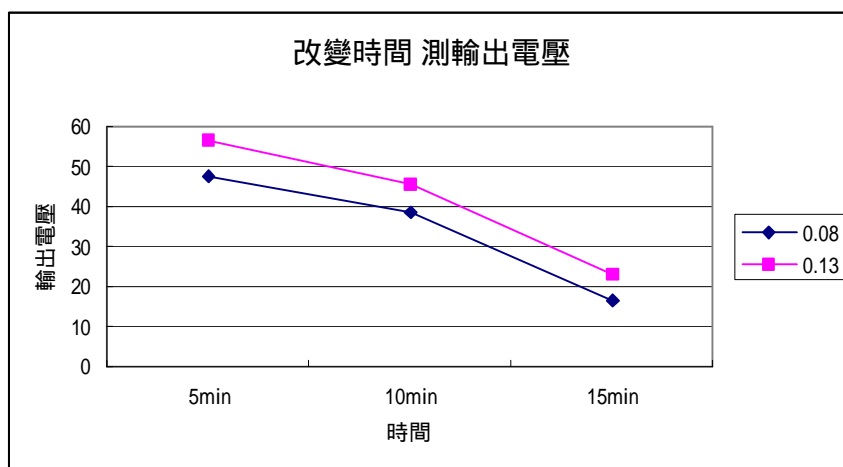
CuSO₄ 飽和溶液/溫度: 25° C /電解電流:16A

磁場	時間		
	5min	10min	15min
0.08 tesla	88.7	46.8	24.9
0.13 tesla	78.6	55.6	33.1



K₂CO₃ 飽和溶液/溫度: 25° C /電解電流:17A

磁場	時間		
	5min	10min	15min
0.08 tesla	47.3	38.5	16.5
0.13 tesla	56.6	45.6	23.1



研究結果:

- 1、隨時間間隔越久,霍爾電壓值會越變越少。
- 2、不同種類的溶液,霍爾電壓改變快慢不同。

討論:

- 1、 每種溶液所測得的值大多會隨時間改變，也就是溶液中離子數的多寡及其漂移速率會改變，對霍爾電壓有影響。
- 2、 因不同種類的溶液，霍爾電壓改變快慢不同，證實電解質溶液電解速率的快慢，對實驗的量測有影響。
- 3、 因時間因素對實驗量測的值有影響、所以下列實驗皆有控制時間。

實驗三：研究不同電解質溶液的霍爾電壓與比較電解電壓(或電流)對霍爾電壓值的大小的影響。

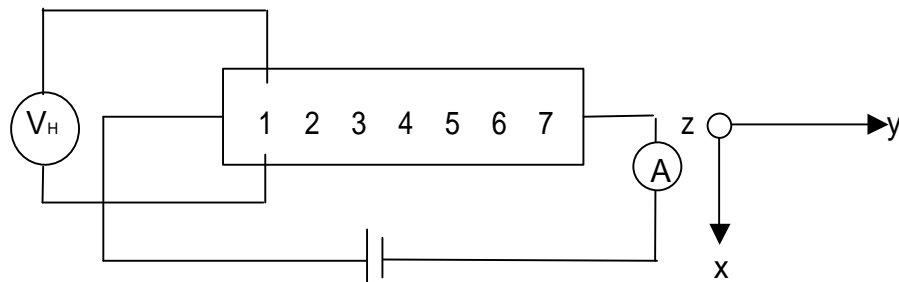
目的:

隨著輸入電壓的增減，所能給予離子的能量也不同、當於電解液中施加一定值電場時，離子將加速，而獲得動能，此時離子不僅具有由熱所產生之散亂運動尚有受電場作用之加速運動，但離子無法因受外加電場而無限增大速度，隨著輸入電壓的增大，離子的漂移速率應該也將變大，所以輸出霍爾電壓值應該和輸入電壓值成線性增加關係。

研究過程:

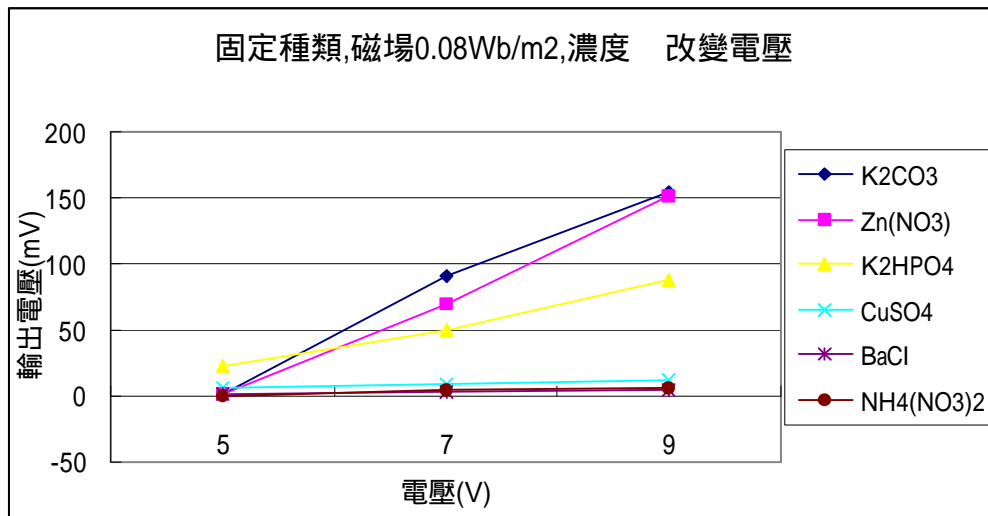
- 1、 將外加磁場固定於約 $0.08 \frac{Wb}{m^2}$ 。
- 2、 改變電解槽兩側輸入電壓的大小。
- 3、 觀察電解液種類在輸入不同電解電壓下,輸出霍爾電壓值有何改變。

研究結果:



磁場: $0.08 \frac{Wb}{m^2}$ / 溫度: $25^\circ C$ / 測量霍爾電壓的位置: 靠近 5、6 的位置

種類	電解電壓(V)	安培(A)	V _H (毫伏)
K_2CO_3	5	17	1.1
	7	19	90.7
	9	25	155.0
$Zn(NO_3)_2$	5	9	0.8
	7	10	69.7
	9	15	151.9
K_2HPO_4	5	13	23
	7	18	50.6
	9	23	88.6
$CuSO_4$	5	13	23
	7	18	50.6
	9	23	88.6
$BaCl_2$	5	26	0.8
	7	38	3.3
	9	48	4.8
$(NH_4)NO_3$	5	33	-0.3
	7	超過量測範圍	3.9
	9	超過量測範圍	6.4



- 1、輸出霍爾電壓的值，隨電解電壓增加而增加，由圖中可看出各電解質與電壓的增減明顯幾乎成正比。
- 2、不同電解質各階段斜率不一定是完全相同。
- 3、 K_2CO_3 和 K_2HPO_4 , $Zn(NO_3)_2$ 有較明顯的霍爾電壓，其他種類之電解質的值有比較小但清楚的霍爾電壓。

討論:

$$V_H=V_{AB}=\frac{W}{q}=\frac{qE\ell}{q}=\frac{qv_d B\ell}{q}=v_d B\ell ; \text{ 漂移速率 } v_d=\frac{i}{nAe} \quad V_H=V_{AB}=\frac{iB\ell}{nAe}=\frac{jB\ell}{ne}$$

由此可知隨著輸入電壓越來越大,在 y 方向的電流也將順應增加,漂移速率增加,因磁場所生的磁力與橫向電場的電力抗衡,所以在 x 方向將產生霍爾電壓與輸入電壓大小成正比。

實驗四：探討外加磁場對霍爾電壓的影響

目的：

當陰陽離子在電解槽流動時,加入磁場後,陰陽離子受到磁力的方向垂直於其流動的方向與磁場的方向,所以在槽的橫向會有一電位差產生,我們想觀測此電位差與外加磁場的關係。

研究過程：

- 1、固定電解質種類,電解電壓 5V,濃度為 1.9%。
- 2、改變磁場大小用 0.08、0.13、0.15 $\frac{Wb}{m^2}$ 三個值。
- 3、觀察改變磁場大小對輸出霍爾電壓值的變化。

研究結果：

溫度: 25°C / 濃度 : 1.9% / 測量霍爾電壓的位置: 靠近 5、6 的地方

種類	磁場($\frac{Wb}{m^2}$)	霍爾電壓(mV)	安培(A)
$CuSO_4$	0.08	6.9	16
	0.13	9.7	
	0.15	10.3	
K_2CO_3	0.08	12.6	29
	0.13	16.5	
	0.15	19.3	
K_2HPO_4	0.08	13.0	26
	0.13	15.7	
	0.15	17.8	
$Zn(NO_3)_2$	0.08	8.7	9
	0.13	11.2	
	0.15	12.6	
$(NH_4)NO_3$	0.08	10.2	23
	0.13	13.5	
	0.15	15.6	

1、由圖中可看出輸出霍爾電壓的值，隨外加磁場的增大而增加。

討論:

剛開始實驗之初，我們利用以前學姊自己製作的強電磁鐵，來做實驗，結果我們的電錶所能測的最小電壓值為毫伏，實驗成果很差，我們估算應該是磁場太弱，就決定改良電磁鐵增加磁場強度，在磁場區域放入大型鐵塊，縮小磁場作用範圍，結果達到次特斯拉級磁場強度，勉強使霍爾電壓達到數個到數十毫伏。

實驗五:觀察電解質溶液的濃度與霍爾電壓大小的關係

目的:

不同的離子濃度，應該對於霍爾電壓的值會有所影響，從理論公式直接會有影響，但濃度的影響，除載子數目之外，尚有電流的因素，一個有利，一個不利想看看結果如何。

研究過程:

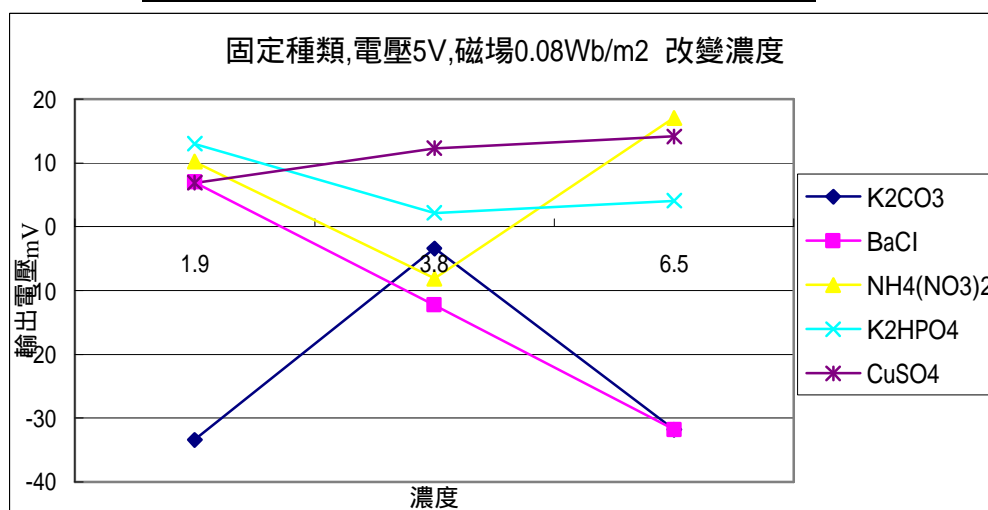
1. 固定電解質種類,電壓 5V,加入磁場 0.08、0.13、0.15($\frac{Wb}{m^2}$)分別測其霍爾電壓。
2. 改變 3 種濃度 1.9%, 3.8%, 6.5%。
3. 觀察濃度對輸出電壓值的變化。

研究結果:

電解液濃度 1.9%,3.8%,6.5%/電壓 5V/磁場 0.08 $\frac{Wb}{m^2}$ /溫度 25°C

	濃度%	電壓輸出值(mV)	安培(A)
$CuSO_4$	1.9	6.9	16
	3.8	12.3	26
	6.5	14.2	30
K_2CO_3	1.9	-33.4	29
	3.8	-3.4	27
	6.5	-31.8	38
K_2HPO_4	1.9	13.0	26
	3.8	2.2	18
	6.5	4.1	30
$Zn(NO_3)_2$	1.9	9.8	9
	3.8	-9.3	17
	6.5	-6.5	9

$BaCl_2$	1.9	7.0	10
	3.8	-12.3	26
	6.5	-31.8	34
$(NH_4)NO_3$	1.9	10.2	23
	3.8	-8.1	33
	6.5	17.2	48



- 1、 $CuSO_4$ 霍爾電壓隨濃度增加而增加，但 K_2CO_3 的霍爾電壓隨濃度增加則先增加在減少。
- 2、 K_2HPO_4 、 $NH_4(NO_3)_2$ 的霍爾電壓隨濃度增加則先減少後增加。
- 3、 $BaCl_2$ 的霍爾電壓隨濃度增加則一直減少。

討論:

由實驗可知：電解水溶液濃度越大則導電度越大。但濃度增加到某一程度時濃度再增加，導電度反而下降。此乃濃度太高，離子間距離減小，引力變大，阻礙了陰陽離子移動之故。所以增加濃度，霍爾電壓未必增加，有時反而減少。

實驗六：觀察溫度對霍爾電壓大小的影響

目的:

溫度對電解質的解離有影響，故改變溫度，溶液中陰陽離子的數目將不同。不僅如此，加電場於溶液中，對離子的漂移速率，也應該有影響，本實驗想看看有何影響。

研究過程:

1. 固定電解質種類,電解電壓 5V,磁場大小 $0.08 \frac{Wb}{m^2}$,濃度飽和。

2. 改變電解液溫度高低 $30^{\circ}C$, $50^{\circ}C$, $70^{\circ}C$ 。
3. 觀察溫度高低對輸出電壓值的影響。

研究結果:

電壓: $5V$ / 磁場: $0.08 \frac{Wb}{m^2}$ / 溫度: $30^{\circ}C$, $50^{\circ}C$, $70^{\circ}C$

種類 \ 溫度($^{\circ}C$)	溫度($^{\circ}C$)	輸出電壓值 (mV)
$(NH_4)NO_3$	70	超過量測範圍
	50	66.8
	30	超過量測範圍
K_2HPO_4	70	56.6
	50	45.2
	30	226
$(NH_4)NO_3$	70	135.5
	50	超過量測範圍
	30	超過量測範圍
K_2CO_3	70	179.6
	50	168.5
	30	155.4
$BaCl_2$	70	超過量測範圍
	50	156.8
	30	177.5

溫度從 $30^{\circ}C$ 升高至 $70^{\circ}C$, K_2HPO_4 、 K_2CO_3 的霍爾電壓變大, 但 $(NH_4)NO_3$ 、 $BaCl_2$ 的霍爾電壓先變小後變大。

討論:

- 1、當溫度升高時, 則共價鍵中之電子獲得較大之能量而較易於破壞共價鍵, 產生新電子-電洞對, 所以在半導體中導電度隨溫度增加而增加。而在電解液中因離子溶解程度也與溫度有類似的變化特性, 在提高溫度時電解質的解離度增加, 所以電解液中將擁有更多的離子, 所以單位面積所通過的離子數會增加(i 增加) 其效應類似於增加輸入的電壓, 而其相對於 y 方向所產生的電流也將會增大, 以產生相反的力, 所以輸出之電壓值將與溫度有正比之關係。不過溫度的影響除了載子數目之外, 尚有漂移速度, 所以溫度對霍爾電壓的影響, 類似濃度對霍爾電壓的影響。

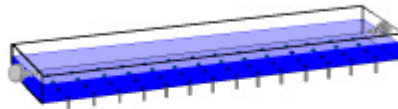
實驗七: 觀察橫向距離對霍爾電壓大小的關係

目的:

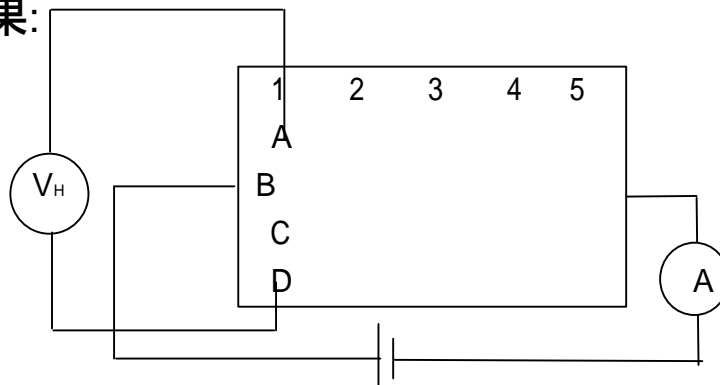
我們從等位線的判斷，如果橫向距離不同，則偏壓會不同，參考下幾頁比較一的圖，我們量測看看是否有不同。

研究過程:

1. 在電解槽底部插上(寬 4 個,長 7 個 共 28 條如圖)銅線段拉出,使其分別可連接探針及電解質。
2. 探針改變連接不同位置
AD 與 BC。
3. 觀察改變位置對輸出電壓值的變化。



研究結果:



固定電解液種類 K_2CO_3 / 固定電壓 5V / 固定磁場 $0.08 \frac{Wb}{m^2}$ / 溫度 $26^\circ C$

種類	位置	1	2	3	4	5
	接點					
K_2CO_3	A~D	-44.3	-38.2	12.3	13.7	14.2
	B~C	-33.5	-25.6	-1.4	11.4	12.5
$BaCl_2$	A~D	-18.9	-13.2	2.3	16.3	29.6
	B~C	-10.5	-08.6	1.5	13.5	23.3
K_2HPO_4	A~D	-20.5	-12.4	-05.3	68.5	125.3
	B~C	-16.5	-10.5	-3.5	33.2	92.4
$(NH_4)NO_3$	A~D	-78.6	-56.9	12.5	52.3	78.9
	B~C	-46.5	-34.5	5.4	46.9	61.2
$CuSO_4$	A~D	-86.5	-45.9	12.3	43.6	83.6
	B~C	-70.8	-38.3	8.9	33.5	61.2
$NaCl$	A~D	-53.8	-12.7	25.3	35.5	46.5

	B~C	-35.5	-08.1	18.3	32.7	43.5
--	-----	-------	-------	------	------	------

討論

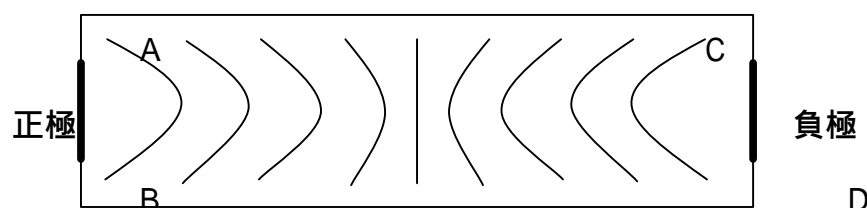
1、當時我們在電解槽下裝 28 條銅線，但後來發現在未加磁場前，要讓 AD 或 BC

兩條等電位很難，所以放棄這個裝置，還是利用前面測霍爾電壓的方法。

2、依理論探針的距離，也會影響霍爾電壓的值，實驗結果顯示，探針的距離愈近，霍爾電壓值愈小。

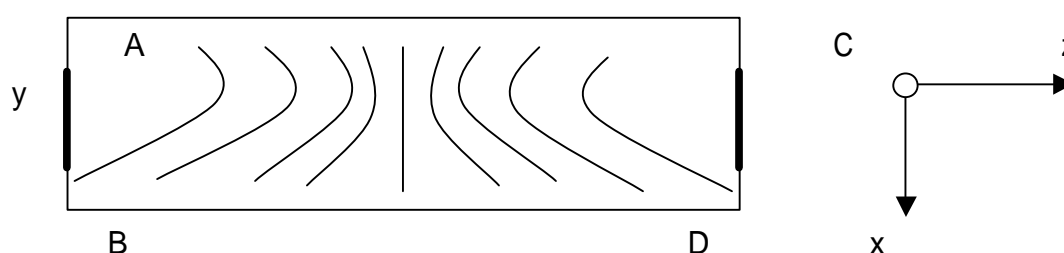
比較一:比較加磁場前後電解槽等位線的變化

電解時電解槽中在未加磁場前的等位線分布情形(課本實驗)



NaCl 為一價對一價的離子，且陰陽離子的質量又不會差很多。所以實驗手冊將其作為我們學習畫等位線的實驗，理論上畫起來接近上面所描繪結果。

電解槽中加 z 方向磁場後的等位線分布情形



在尚未加磁場前 $V_A = V_B$ 、 $V_C = V_D$ 加入磁場後 $V_A > V_B$ 、 $V_C < V_D$ 所以我們依前面的實驗結果，推得加垂直磁場於電解槽中，等位線應該如此分布。因為電解槽與電磁鐵之間的空間狹小，我們無法在槽中以實驗方法畫等位線，故上圖是我們推論的結果。

比較二:用導電度計測電解質導電度再與用 V_H 算的實驗值比較

$$V_H = V_{AB} = \frac{W}{q} = \frac{qE\ell}{q} = \frac{qv_d B\ell}{q} = v_d B\ell$$

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{enA\Delta x}{\Delta t} = enAv_d \quad v_d = \frac{i}{nAe}$$

$$V_H = V_{AB} = \frac{iB\ell}{nAe} \quad n = \frac{iB\ell}{V_H Ae}$$

$$n = \frac{jBl}{V_H \times 1.6} \times 10^{19} = \frac{\frac{i}{1.5 \times 3.5} \times 0.08 \times 3.5}{V_H \times 1.6} \times 10^{19} = \frac{i}{V_H} \times \frac{0.08}{1.5 \times 1.6} \times 10^{19} = \frac{i}{V_H} \times 0.033 \times 10^{22}$$

(n 為單位體積載子的個數； ℓ 為兩探針之間的距離； A 為電極的面積
 i 為正負極之間的電流； B 為 z 方向的磁場強度； $e=1.6 \times 10^{-19}$ 庫倫)

$$\mathbf{m} = \frac{|\mathbf{V}|}{E} = \frac{V_d}{\frac{V}{0.155_{(m)}}} = \frac{\frac{V_H}{Bl}}{\frac{V}{0.155}} = \frac{V_H \times 10^{-3}}{0.08 \times 0.035} \times \frac{0.155}{V} = V_H \times 10^{-3} \times 11.0714$$

$$V_d = \frac{i}{nAe}$$

$$\mathbf{r} = (n\mathbf{em} + p\mathbf{em}) = ne \times \frac{i}{nAe} \times \frac{0.155}{V}$$

下表為用導電度計所測的值

種類	濃度%	導電度(mS/cm)
$BaCl_2$	1.9	3.6
	3.8	13.7
	5.6	19.38
K_2HPO_4	1.9	20.27
	3.8	5.98
	5.6	189.62
$(NH_4)NO_3$	1.9	30.5
	3.8	21.78
	5.6	16.54
K_2CO_3	1.9	19.93
	3.8	45.8
	5.6	17.0

$$V_H = \frac{iBl}{nAe}$$

$$n = \frac{iBl}{V_H Ae}$$

$$s = \frac{i}{E} = \frac{\frac{A}{m^2}}{\frac{V}{m}} = \frac{A}{Vm} \left(\text{單位 } \frac{1}{\Omega m} = \frac{mho}{m} \right)$$

下表為用我們得到霍爾電值去計算導電度與儀器測到的比較

種類	濃度%	導電度(m S 西門/cm)	
		實驗值	理論值
$BaCl_2$	1.9	3.6	11.6906
	3.8	13.7	26.0398
	5.6	19.38	39.75072
K_2HPO_4	1.9	20.27	22.7982
	3.8	5.98	15.78186
	5.6	189.62	26.3051
$(NH_4)NO_3$	1.9	30.5	26.8894
	3.8	21.78	38.58
	5.6	16.54	56.1186
K_2CO_3	1.9	19.93	25.425
	3.8	45.8	23.67342
	5.6	17.0	33.31711

五、研究結論

- 1、 $CuSO_4$ 溶液在電解時，正、負極附近的霍爾電壓不同，而且從位置 1 測到位置 7， V_H 會從負值大到負值小，過來反向，從正值小到正值大。
- 2、隨電解時間間隔越久，霍爾電壓值會越變越少。不同種類的溶液，霍爾電壓改變快慢不同。實驗時也注意到時間對霍爾電壓的影響。
- 3、 K_2CO_3 和 K_2HPO_4 , $Zn(NO_3)_2$ 有較明顯的霍爾電壓，其他種類之電解質的值有比較小但清楚的霍爾電壓。輸出霍爾電壓的值，隨電解電壓增加而增加，

由結果可看出各電解質與電壓的增減明顯幾乎成正比。

- 4、輸出霍爾電壓的值，隨外加磁場的增大而增加。自製強磁場才能看到霍爾電壓。
- 5、 CuSO_4 霍爾電壓隨濃度增加而增加，但 K_2CO_3 的霍爾電壓隨濃度增加則先增加在減少。 K_2HPO_4 、 $\text{NH}_4(\text{NO}_3)$ 的霍爾電壓隨濃度增加則先減少後增加。 BaCl_2 的霍爾電壓隨濃度增加則一直減少。可見濃度對於電解質的導電性質未必均為有利影響。
- 6、溫度從 30°C 升高至 70°C ， K_2HPO_4 、 K_2CO_3 的霍爾電壓變大，但 $(\text{NH}_4)\text{NO}_3$ 、 BaCl_2 的霍爾電壓先變小後變大。所以溫度對霍爾電壓的影響，類似濃度對霍爾電壓的影響。
- 7、測量時探針的距離愈近，霍爾電壓值愈小。
- 8、高中物理實驗手冊畫電解槽中等位線的分布。我們依實驗結果，推得加垂直磁場於電解槽中，等位線應該分布的情形。
- 9、用導電度計量測的電解質溶液的導電度，與我們用測到的霍爾電壓，依公式計算的值，最多差幾倍。
- 10、我們從巨觀的霍爾電壓的值，去了解一些電解質溶液內微觀的現象，並從這些得以推論，再利用一些儀器偵測它的值，作一些驗證。

六、參考資料

- 1、高中物理(上)課本 第六章 p204~245 龍騰文化事業公司編印
- 2、固態物理學 p200~201 段洪昌 單傳 編譯 旗文書局
- 3、工業電解化學 p28~40 高橋正雄 增子昇 賴耿陽 譯著 復漢出版社印行
- 4、微電子學 上冊 p9~12 , p14~28 Jacob Millman and Arvin Grabel 著
謝芳生 劉濱達 譯 美商麥格羅·希爾國際股份有限公司 電子工程系列叢書