

# 中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

高中組 化學科

第一名

最佳團隊合作獎

040213

膜粒通道---蛋膜粒子通道滲透速率之研究

學校名稱：國立宜蘭高級中學

作者： 高二 李馥安 高二 黃玟瑜	指導老師： 游春祥 陳瑞麟
-------------------------	---------------------

關鍵詞：蛋膜通道、粒子滲透

## 摘要

這是一項以蛋膜為對象的研究，並配合化學課及生物課所學的滲透原理。藉由電導度計測量電導度的變化，間接推得濃度以探討粒子經由蛋膜的滲透速率，分別探討不同濃度的電解質溶液、相同陰離子不同陽離子的溶液、及相同陽離子不同陰離子的溶液，並且探討離子溶液受磁場 N、S 極、不同位置的影響，以及其他粒子溶液通過蛋膜的情形，加以分析討論。一開始使用電導度計測量實驗裝置一號蒸餾水端的電導度變化情形，研究後發現問題，改善成新的實驗裝置二號，確定它的滲透速率情形。再度發現問題，設計實驗三號，測量離子溶液端及蒸餾水端距蛋膜 0 cm 處的電導度變化情形，企圖了解各種離子的蛋膜滲透、擴散與磁場的相關性。

## 壹、研究動機

根據 2003 年諾貝爾化學獎對於細胞膜上離子通道與水通道的研究，得知細胞膜上有水通道與離子通道；水通道可維持細胞膜內外壓力的平衡，離子通道的發現則可以幫助人類更了解訊息在神經細胞上是如何傳遞。這讓我們聯想：蛋膜上是否也有各種粒子通道呢？

45 屆科學展覽會高中組化學科第二名：蛋求滲解－磁場對滲透壓的影響的研究，主要是在研究磁場強度對蛋膜滲透壓的影響，不同的磁場或不同的如溶液，造成水滲透速率和大小的差異，在其報告中只有提到水的滲透及考慮水通過蛋膜而影響他們的實驗，事實上，蛋膜應該不僅有水通道，或許還有讓其他物質通過的通道，因此我們對此研究抱持著懷疑的態度。

自古至今，華人皆使用將蛋浸泡在鹼性溶液、鹽等中的方法來製作皮蛋、鹹蛋，而用來浸泡蛋的液體中，通常含有部分鉛、銅等重金屬離子來幫助蛋白質的凝固；另外，衛生署也公佈了皮蛋含鉛量不可超過 2ppm，含銅量不可超過 8ppm。故我們推測蛋膜上必定有通道可以讓鉛、銅等離子通過的通道。又當我們不小心把生蛋殼弄破，有時僅外殼剝落，蛋膜還好好的包附著蛋白和蛋黃，但蛋白無法從蛋膜透出來，這表示蛋膜只能讓某些特定物質滲透進出。所以，綜合以上幾點，我們決定開始著手研究有關蛋膜上之粒子通道的性質。

## 貳、研究目的

1. 觀察有色離子經由蛋膜滲透時的顏色變化情形，確定離子是否可滲透。
2. 製作裝置並將滲透速率變化用電導度變化來量化之
3. 探討不同離子溶液在不同濃度時滲透速率的關係
4. 固定某陽(陰)離子，比較不同陰(陽)離子時的滲透速率變化
5. 探討蛋膜是否可讓葡萄糖或蔗糖分子通過
6. 探討磁場 N,S 極對離子經蛋膜滲透速率的影響
7. 探討相同離子總數而不同離子的滲透
8. 探討水合離子在水中的擴散速率

## 參、研究設備及器材

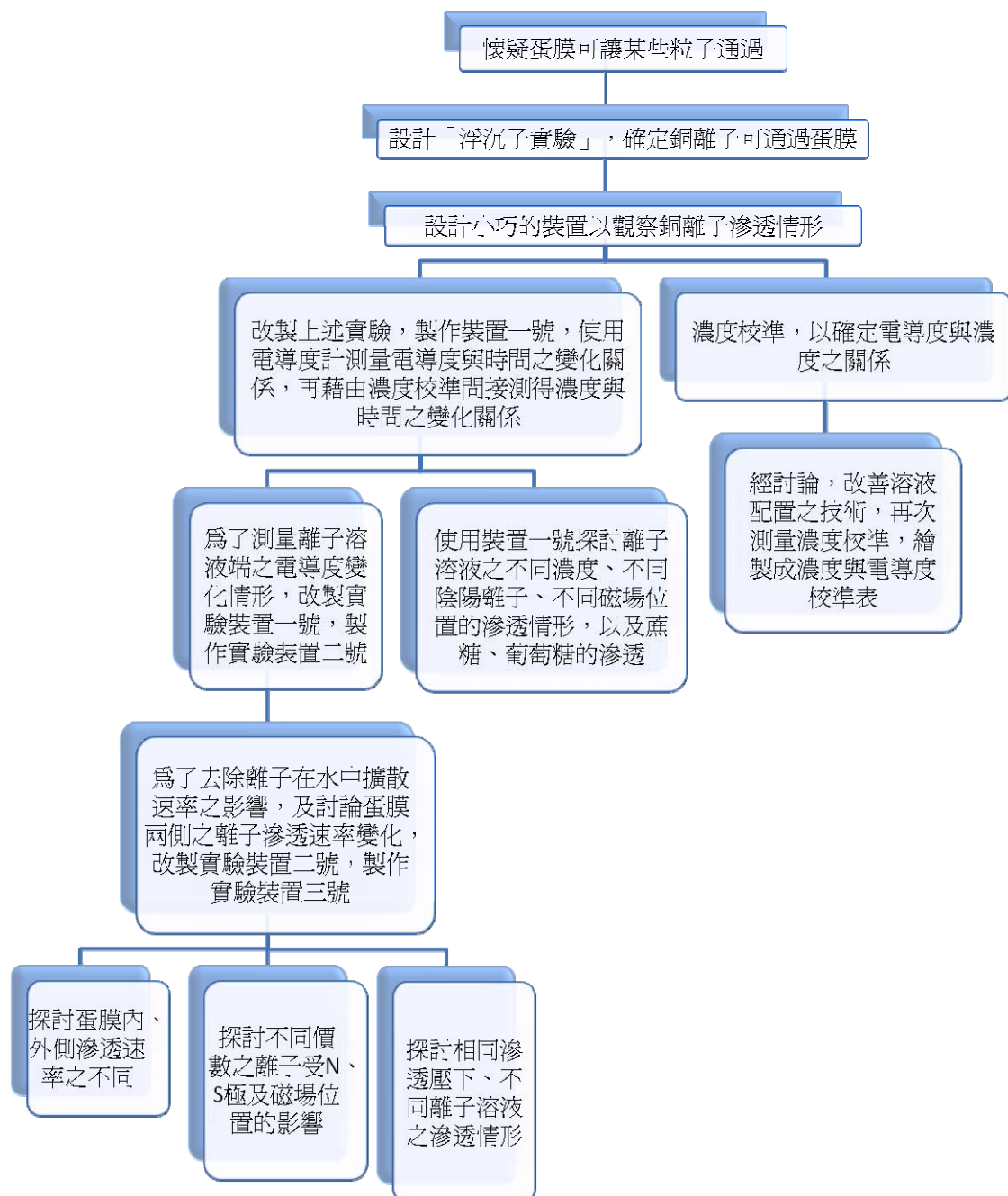
### 一、實驗器材

雞蛋(生蛋膜)、塑膠滴管、玻璃管(30cm)、酒精燈、鑷子、三秒膠、熱熔膠、熱熔槍、量瓶、杯、玻棒、電子秤、吸量管、吸球、玻璃針筒(5ml)、塑膠透明水管(直徑約 3cm)、電腦、電導度計(電導度探棒及 GLS 儀器)、鈹磁鐵(直徑 2.5cm)、指南針、試管、試管架、電流天平

### 二、化學藥劑

硝酸銅  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 、硝酸鈉  $\text{NaNO}_3$ 、硝酸鉀  $\text{KNO}_3$ 、硝酸鋁  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 、硝酸鉛  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 、氯化銅  $\text{CuCl}_2$ 、氯化鈉  $\text{NaCl}$ 、氯化鉀  $\text{KCl}$ 、氯化鋁  $\text{AlCl}_3$ 、硫酸鉀  $\text{K}_2\text{SO}_4$ 、磷酸鉀  $\text{K}_3\text{PO}_3$ 、蔗糖、葡萄糖、蒸餾水、

## 肆、實驗流程



## 伍、研究過程

實驗前的摸索：

由於目前對蛋膜的研究極少，故大部分蛋膜的性質都只能自行摸索。首先我們最好奇的是，生蛋膜是否能讓某些離子通過。於是我們將蒸餾水置於塑膠管頭中，用三秒膠將生蛋膜封緊開口，放入 0.5M 藍色硫酸銅的寶特瓶中。一天後發現顏色改變！證明離子可以通過生蛋膜。

之後，開始對蛋膜的離子滲透速率做研究，藉由浮沉子的原理設計實驗，以離子濃度變化取代物理浮沉子的外力作用，讓自製的滴管囊浮沉，將裝有銅離子溶液的滴管囊以蛋膜用三秒膠密封，放入長玻璃管中，裝入蒸餾水，兩端以軟木塞塞緊，觀察浮沉子由底部上浮所需的時間，及上浮後浮沉子內密度變化情形。卻發現我們無法量化滲透速率，決定改變實驗裝置。(請參考圖 1)

後來，將塑膠滴管的中間段改製成新裝置(請參考圖 2)，一端放蒸餾水，另一端放入硝酸銅溶液，並封上蛋膜，把兩端接合，觀察顏色變化，為量化實驗數據，故採用電導度計再度改製實驗裝置。



圖 1 浮沉子



圖 2 新裝置  
(隨時間變化)

※使用電導度計的原因：

如同大家所知，離子會導電，且已知電導度大小與溶液離子數量約呈正比，藉由電導度，我們可以間接得知離子溶液濃度與時間的變化關係。

實驗內容：

※**濃度校準**：測量不同濃度離子溶液的電導度，整理成各離子溶液濃度與電導度對照表，作為實驗的數據依據。

1. 配製所需濃度的離子溶液
2. 用電導度計測量該離子在該濃度時的電導度

※**實驗裝置一號之製作**

1. 將一直徑 3 cm 的透明塑膠管割到適當長度，用三秒膠將生蛋膜黏上，取兩塑膠空瓶用熱熔膠黏在兩端，合成總長約 27 公分的管子
2. 蛋膜端用針筒注入 18 ml 的離子溶液，另一端加入 180 ml 的蒸餾水，割洞並插入電導度計，接上 GLX 主機及電腦測量，每 120 秒測量一次，開始時測量兩天，後來皆固定測量 22hr。

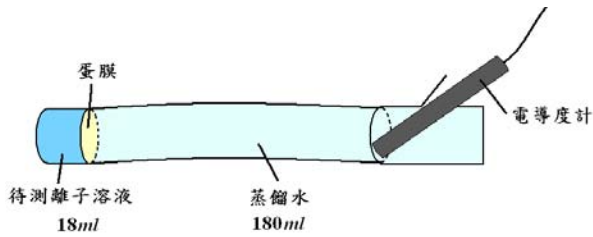


圖3 實驗裝置示意圖



圖4 剝好的生蛋膜



圖5 黏上蛋膜之塑膠管



圖6 注射離子溶液至塑膠管中



圖7 實驗裝置圖

**實驗一、**使用裝置一號與電導度計，測量離子溶液之電導度和時間的變化關係

研究對象：

1. 觀察離子經蛋膜的滲透圖形：1M 硝酸銅
2. 比較不同濃度離子溶液的滲透情形：
  - (1) 1M、0.5M、0.25M 硝酸銅
  - (2) 0.5M、0.1M 硝酸鉀
  - (3) 0.5M、0.25M 硝酸鈉
3. 比較 0.5M 同為硝酸根離子與不同陽離子的滲透情形：硝酸鉀、鈉、銅、鉛、鋁
  - \* 硝酸鋁的實驗，因蒸餾水端的水大量滲入離子溶液端，導致離子端有大量溶液滲出
4. 比較 0.5M 同為氯離子與不同陽離子的滲透情形：氯化鉀、鈉、銅、鋁
  - \* 氯化銅與氯化鋁的實驗中，亦有滲出。故知氯離子溶液較易滲出，為減低實驗誤差，故以硝酸根離子為研究主題。
  - \* 為了減低溶液滲出，因而將濃度標準改為 0.05M。
5. 比較 0.05M 同為鉀離子與不同陰離子的滲透情形：硝酸鉀、硫酸鉀、磷酸鉀
6. 比較 0.05M 同為硝酸根離子與不同陽離子的滲透情形：硝酸鉀、鈉、銅、鉛、鋁
  - \* 降低濃度時，硝酸鋁仍有溶液滲出的現象

**實驗二、**使用裝置一號與電導度計，測量離子溶液受磁場影響下，電導度和時間的變化關係

1. 使用裝置一號的實驗，方法與上面相同
2. 在選定位置正下端放 S 極向上的釹磁鐵，表面磁力最大值為 2580 高斯，選定位置如下圖

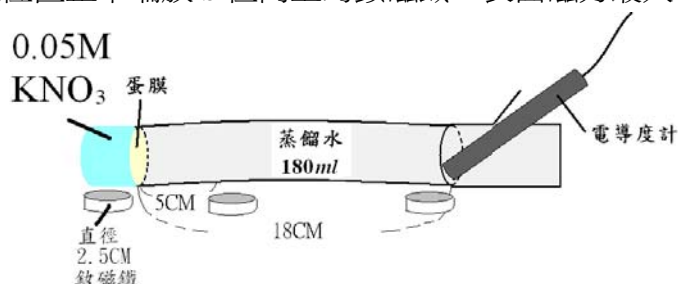


圖8 實驗裝置圖 磁鐵的位置

研究對象：

1. 0.05M 硝酸鉀，比較「磁 S 極向上距蛋膜 5 cm（簡稱：磁場 S-5cm）、磁 S 極向上距蛋膜 18 cm（簡稱：磁場 S-18cm）、磁 S 極向上在離子溶液端（簡稱：磁場 S 左）」的結果。  
\* 因為 5cm 與 18cm 差異不大，故不繼續研究距蛋膜 18 cm 的影響。
2. 使用四種 0.05M 溶液「硝酸銅、硝酸鋁、硫酸鉀、磷酸鉀」搭配不同磁場位置「磁 S 極向上距蛋膜 5 cm、磁 S 極向上在離子溶液端」兩種變因，做出 8 個實驗，互相疊圖比較。  
（以上實驗皆使用同一片蛋膜）

**實驗三、**使用裝置一號，測量葡萄糖、蔗糖是否可通過蛋膜

1. 將 18 ml 1M 葡萄糖溶液置於裝置一號後，放置 48 小時後，取蒸餾水端的溶液，加入本氏液並加熱觀察是否有橘紅色沉澱
2. 將 18 ml 1M 蔗糖溶液置於裝置一號後，固定時間，用滴管從蛋膜兩端的溶液各取一滴放在範圍 0~30Brix 的甜度計上測量，觀察其數值變化（使用前先用蒸餾水校正）

**※實驗裝置二號之製作：**為探討蛋膜兩端溶液的滲透速率

1. 將裝置一號修改為兩端皆可測量的裝置(圖 9~11)

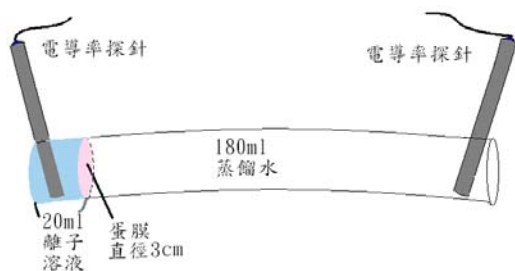


圖 9 裝置二號



圖 10 蛋膜端



圖 11 裝置二號

**實驗四、**使用裝置二號，探討蛋膜兩端的滲透情形

1. 量測 20 ml 0.05M 硝酸鉀溶液並注入離子端，另一端則加入 180 ml 的蒸餾水
2. 兩端分別插入電導度計，接上 GLX 主機及電腦測量，每 120 秒測量一次至達平衡

\* 為了改善之前的實驗，排除離子在水中擴散速率的影響，因此縮短管子的長度。

**※實驗裝置三號之製作**

1. 將二個直徑 3.5 cm 的透明塑膠管，使兩管皆為 8cm 長，一管用三秒膠黏上生蛋膜，另一管管口固定於蛋膜端，再用熱熔膠封緊。標記內、外側。
2. 為了增加實驗效率，因此一次製作兩個管子，並使用來自同一顆生雞蛋的蛋膜，以避免不同蛋膜造成的誤差



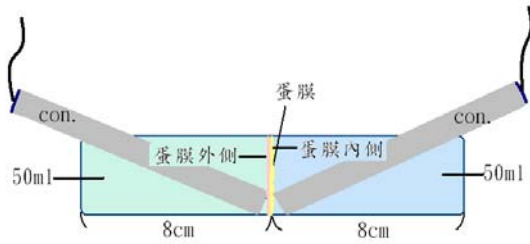


圖 12 裝置三號示意圖

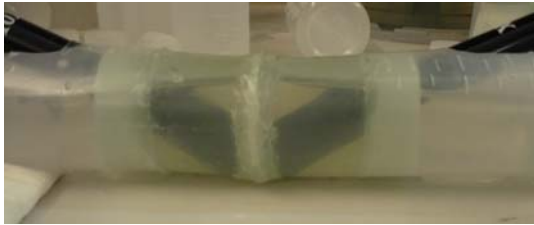


圖 13 裝置三號

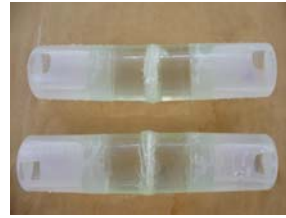


圖 14 裝置三號

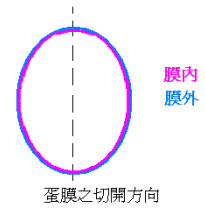


圖 15 蛋膜內外示意圖

**實驗五、** 使用裝置三號，探討蛋膜兩端、距離蛋膜 0 公分下，待反應趨於平衡時，電導度與時間之關係圖

1. 在蛋膜內側注入 0.05M 的硝酸鉀溶液，蛋膜外側加入蒸餾水，分別插入電導度計測量，至達平衡

\* 根據文獻，發現膜內膜外構造不同，做實驗加以討論

**實驗六、** 使用裝置三號，探討蛋膜內、外側滲透速率的不同

1. 在蛋膜外側注入 0.05M 硝酸鉀溶液，而在蛋膜內側注入蒸餾水
2. 與實驗五所得數據進行分析

\* 參考相關資料後發現：磁鐵疊加能穩定磁場，故疊加兩顆的釹磁鐵(磁力 3440~3540 高斯)

**實驗七、** 使用裝置三號，探討釹磁鐵 S 極、N 極在離子溶液端或蒸餾水端的影響

1. 將管子洗淨，方法與實驗五相同，膜內注入離子溶液，膜外注入蒸餾水
2. 磁鐵置於距離蛋膜左或右方 2 公分處

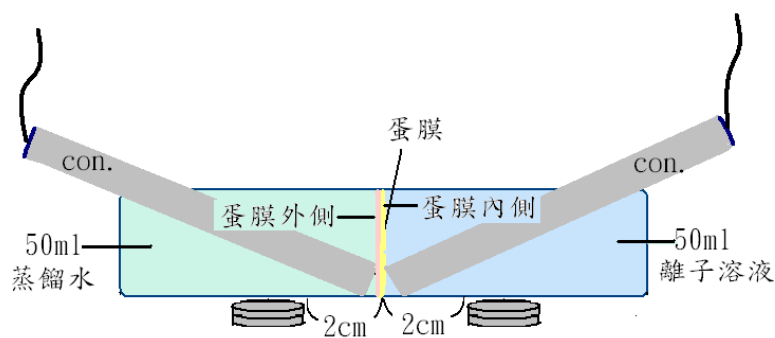


圖 16 裝置三號與磁鐵位置示意圖

研究對象：

使用五種 0.05M 溶液「硝酸鉀、硝酸鉛、硝酸鋁、硫酸鉀、磷酸鉀」搭配不同磁場位置「無磁場、磁鐵 N 極在水端（簡稱：磁 N 水）、磁鐵 N 極在離子端（簡稱：磁 N 離）、磁鐵 S 極在水端（簡稱：磁 S 水）、磁鐵 S 極在離子端（簡稱：磁 S 離）」五種變因，做出 25 個實驗，互相疊圖比較。

### ※濃度再次校準：

1. 取 1M 的待測離子溶液 50 ml 於燒杯，放入電導度計後不再取出，記錄該濃度之電導值。
2. 使用等倍稀釋，固定吸出 25 ml 溶液，再加入 25 ml 蒸餾水，重複數次
3. 使用 Excel 繪圖，即能找出電導度與濃度對照表

**實驗八、**使用裝置三號，探討相同滲透壓，不同陰、陽離子對滲透速率之影響  
同濃度的離子溶液其滲透壓不同，造成滲漏，調整為等滲透壓進行實驗(以完全解離計算)。

1. 使用方法與實驗五相同，膜內注入相同滲透壓的溶液，膜外注入蒸餾水

研究對象： 0.05M 硝酸鉀、0.03M 硝酸銅、0.025M 硝酸鋁、0.03M 硫酸鉀、0.025M 磷酸鉀

### ※實驗裝置四號之製作：為了更真確了解水合離子的滲透與擴散速率，改製裝置如下圖

**實驗九、**應用蛋膜裝置以探討離子擴散速率

1. 將二~三根電導度計探針等距插入實驗裝置四號
2. 置有電導度計端注入蒸餾水
3. 離子溶液端注入硝酸鉛溶液
4. 測量 5 個小時

\* 因時間有限，本實驗還在研究中

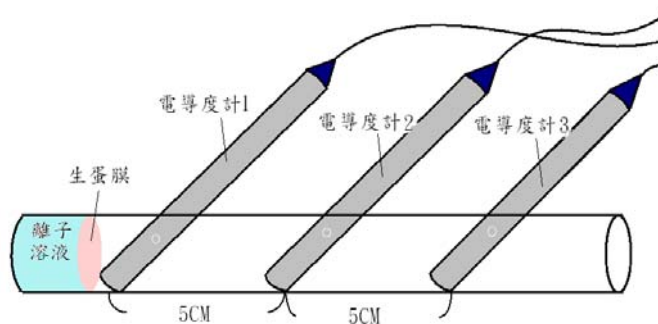


圖 17 實驗裝置四號示意圖



## 陸、研究結果

### ※濃度校準

表 1-1 硝酸鉀溶液、硝酸鈉溶液、硝酸銅溶液、硝酸鋁溶液、硝酸鉛溶液之濃度與電導度的關係

(表內為各離子溶液在不同濃度下所相對應之電導度，單位為  $\mu S/cm$ 。)

	KNO3	NaNO3	Cu(NO3)2	Al(NO3)3	Pb(NO3)2
1M			94861	99588	
0.050M	6175	5272	10034	13402	
0.025M	3101	3075	5174	7176	
0.0100M	1121	1196	2544	3760	
0.0075M	922	925	1904	2734	
0.00500M	597	578	1335	2002	1270
0.00250M	322	269	635	1050	562
0.00100M	146	119	261	438	255
0.00075M	75	73	179	328	137
0.00050M	50	47	108	218	98
0.00025M	24	23	49	98	49

表 1-2 氯化鉀溶液、氯化鈉溶液、氯化銅溶液、氯化鋁溶液之濃度與電導度的關係

(表內為各離子溶液在不同濃度下所相對應之電導度，單位為  $\mu S/cm$ 。)

	KCl	NaCl	CuCl2	AlCl3
1M			94434	
0.050M	7697	5876	9912	10414
0.025M	3694	3270	5664	5663
0.010M	1196	1524	3134	1782
0.0075M	702	967	1952	1334
0.0050M	586	641	1291	909
0.00075M		145	169	

表 1-3 硝酸鉀溶液、硫酸鉀溶液、磷酸鉀溶液之濃度與電導度的關係

(表內為各離子溶液在不同濃度下所相對應之電導度，單位為  $\mu S/cm$ 。)

	KNO3	K2SO4	K3PO4
0.00500M	597	1392	1462
0.00250M	322	609	655
0.00100M	146	269	293
0.00075M	75	206	201
0.00050M	50	134	171
0.00025M	24	49	73

**實驗一、**使用裝置一號與電導度計，測量離子溶液之電導度和時間的變化關係

1. 觀察離子經蛋膜的滲透圖形：1M 硝酸銅

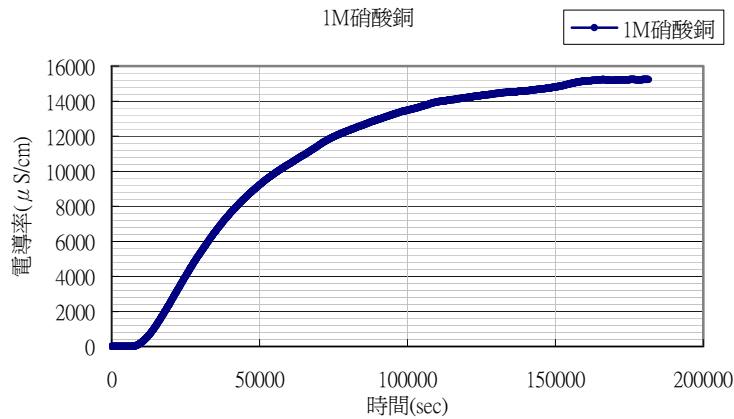


圖 18 1M 硝酸銅溶液之電導度與時間之變化關係圖

結果分析：蒸餾水端電導度一開始為零，7200 秒後電導開始爬升，約在 40000 秒前，電導與時間幾乎呈正比，斜率為  $0.2515 \mu S/cm\text{-sec}$ ，之後電導上升速度開始減緩，最後漸漸趨近於一水平線，滲透速率達平衡。

2. 比較 1M、0.5M、0.25M 硝酸銅溶液的滲透情形：

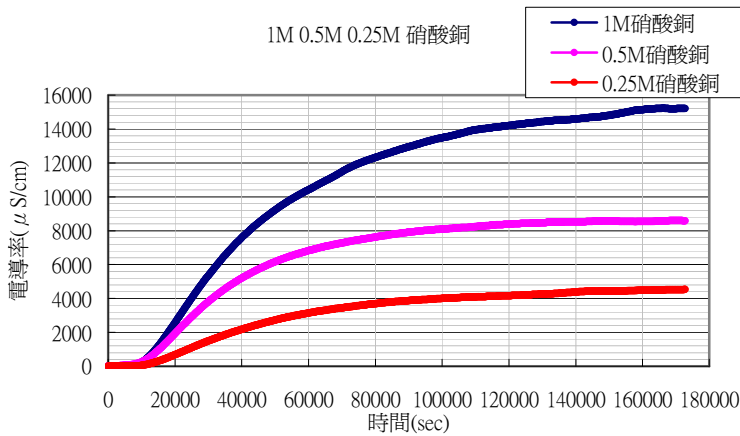


圖 19 1M, 0.5M, 0.25M, 0.05M 硝酸銅溶液之電導度與時間之變化關係圖

結果分析：離子端 1M,0.5M,0.25M,0.05M 的溶液，達平衡後，電導度比約為 20:10:5:1，與離子端初濃度比同

3. 比較 0.5M、0.1M 硝酸鉀溶液的滲透情形：

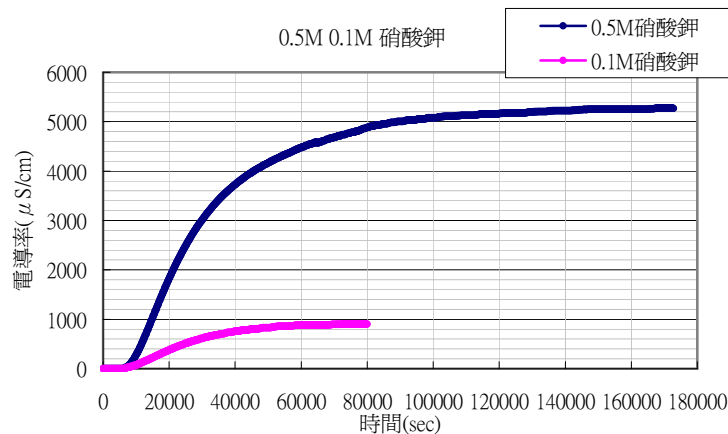


圖 20 0.5M, 0.1M, 0.05M 硝酸鉀溶液之電導度與時間之變化關係圖

結果分析：離子端初濃度為 0.5M,0.1M，達平衡後蒸餾水端電導比約為 5:1，與離子端初濃度比相同

4. 比較 0.5M、0.25M 硝酸鈉溶液的滲透情形：

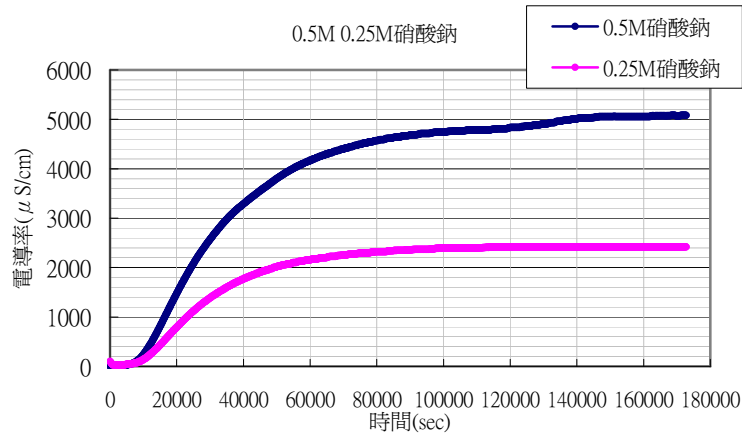


圖 21 0.5M, 0.25M 硝酸鈉溶液之電導度與時間之變化關係圖

結果分析：離子端初濃度為 0.5M, 0.25M，達平衡後所測得的蒸餾水端電導比約為 2:1，離子端初濃度比相同

5. 比較 0.5M 硝酸根離子與分別為一、二、三價之陽離子的滲透情形：0.5M 硝酸鉀、硝酸鈉、硝酸銅、硝酸鉛、硝酸鋁

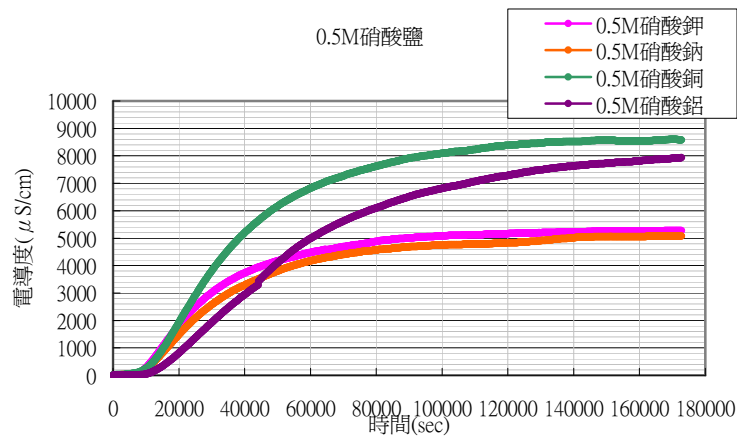


圖 22 0.5M 硝酸鉀溶液、硝酸鈉溶液、硝酸銅溶液、硝酸鋁溶液之電導度與時間之變化關係圖

結果分析：同為硝酸根陰離子，到達相同濃度所需時間為硝酸鉀 < 硝酸鈉 < 硝酸銅 < 硝酸鋁

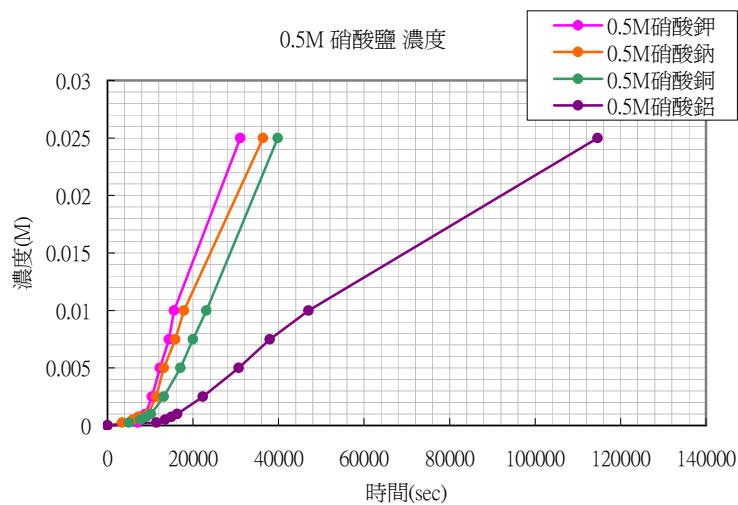


圖 23 0.5M 硝酸鉀溶液、硝酸鈉溶液、硝酸銅溶液、硝酸鋁溶液之濃度與時間之變化關係圖

6. 比較 0.5M 氯離子與分別為一、二、三價之陽離子的滲透情形：0.5M 氯化鉀、氯化鈉、氯化銅、氯化鋁

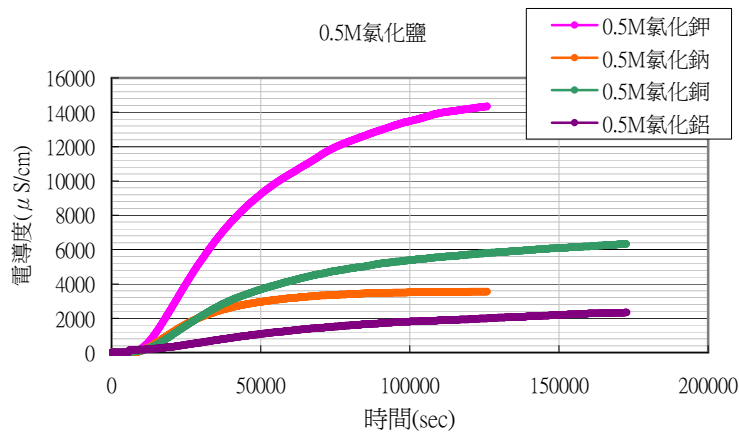


圖 24 0.5M 氯化鉀溶液、氯化鈉溶液、氯化銅溶液、氯化鋁溶液之電導度與時間之變化關係圖

結果分析：同為氯離子時，到達相同濃度所需時間為氯化鉀 < 氯化鈉 < 氯化銅 < 氯化鋁

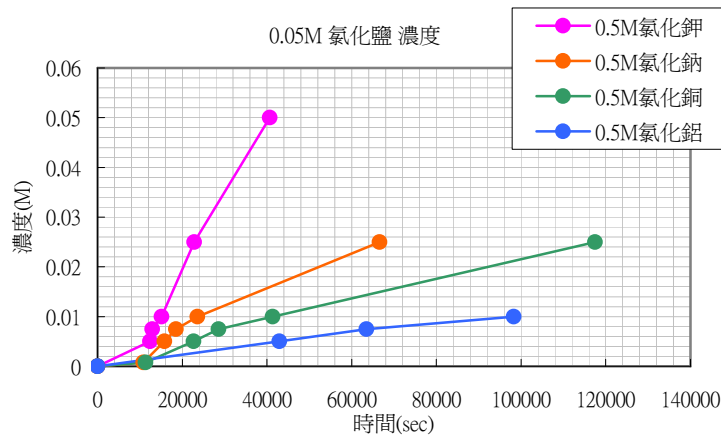


圖 25 0.5M 氯化鉀溶液、氯化鈉溶液、氯化銅溶液、氯化鋁溶液之濃度與時間之變化關係圖

7. 比較 0.05M 同為鉀離子與分別為一、二、三價之陰離子的滲透情形：0.05M 硝酸鉀、硫酸鉀、磷酸鉀

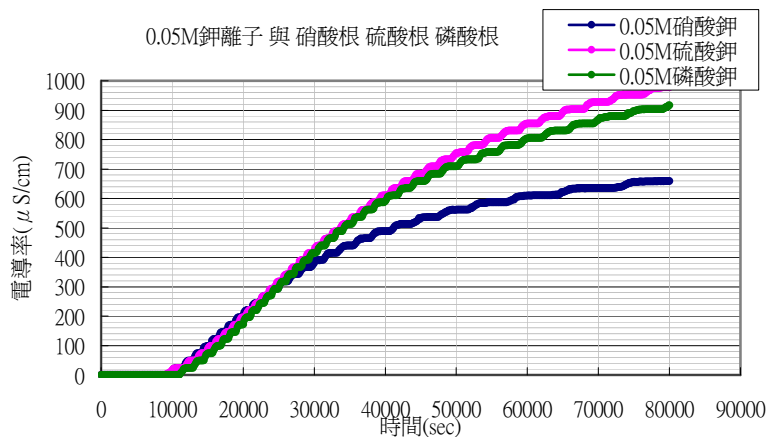


圖 26 0.05M 硝酸鉀溶液、硫酸鉀溶液、磷酸鉀溶液之電導度與時間之變化關係圖

結果分析：同為鉀離子，到達相同濃度所需時間為硝酸鉀 < 硫酸鉀 < 磷酸鉀

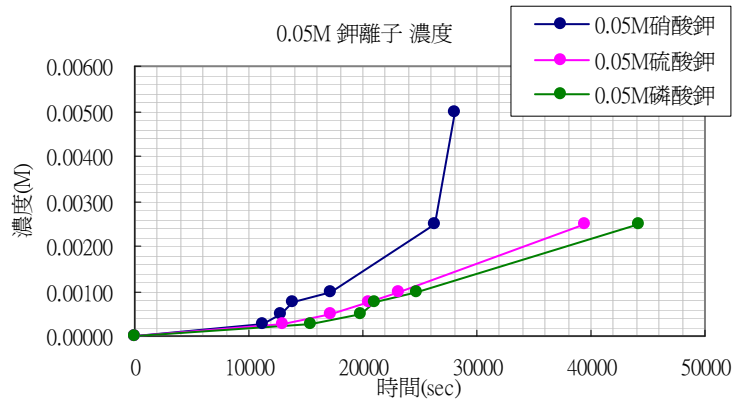


圖 27 0.05M 硝酸鉀溶液、硫酸鉀溶液、磷酸鉀溶液之濃度與時間之變化關係圖

8. 比較 0.05M 同為硝酸根陰離子與分別為一、二、三價之陽離子的滲透情形：0.05M 硝酸鉀、硝酸鈉、硝酸銅、硝酸鉛、硝酸鋁

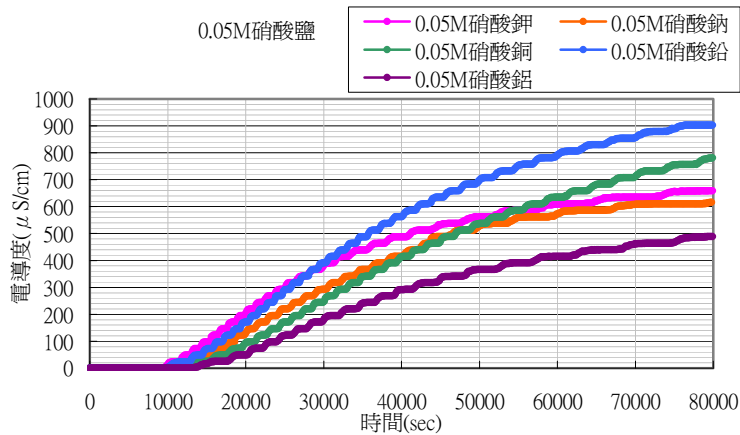


圖 28 0.05M 硝酸鉀溶液、硝酸鈉溶液、硝酸銅溶液、硝酸鉛溶液、硝酸鋁溶液之電導度與時間之變化關係圖

**實驗二、**使用裝置一號與電導度計，測量離子溶液受磁場影響之電導度和時間的變化關係

1. 比較磁場在不同位置，對硝酸鉀離子溶液經蛋膜滲透的影響，使用 0.05M 硝酸鉀：磁場 S-5cm、磁場 S-18cm、磁場 S 左

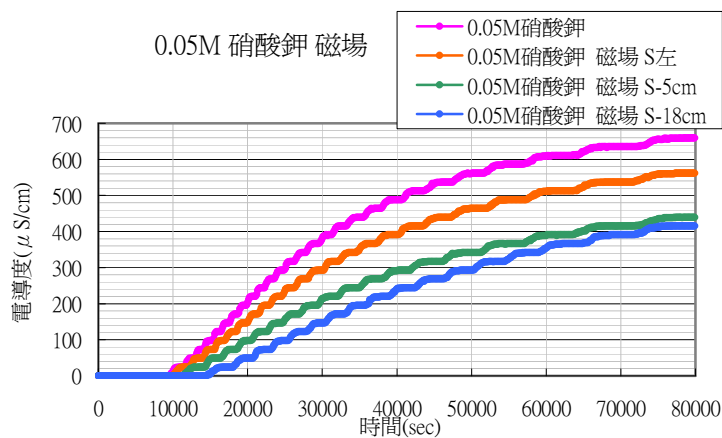


圖 29 0.05M 硝酸鉀離子溶液在鈹磁鐵位置不同的影響下之電導度與時間的變化關係圖

結果分析：在實驗開始一段時間後，滲透速率成最大值時，此時滲透速率之比較也為「不加磁場 > 磁場 S 左 > 磁場 S-5cm > 磁場 S-18cm」，發現加入磁場後硝酸鉀離子滲透的速率減慢。

## 2. 使用 0.05M 硝酸銅：磁場 S-5cm、磁場 S 左

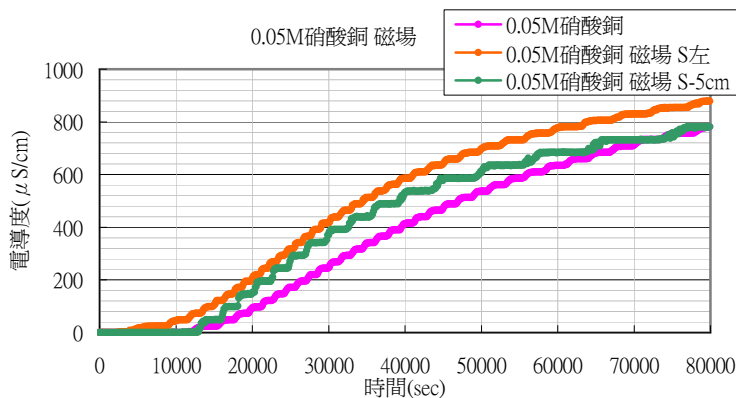


圖 30 0.05M 硝酸銅離子溶液在鈹磁鐵位置不同的影響下之電導度與時間的變化關係圖

結果分析：硝酸銅離子溶液實驗之滲透速率的比較是「磁場 S 左 > 磁場 S-5cm > 不加磁場」，發現磁場能使硝酸銅溶液滲透速率加快。

## 3. 使用 0.05M 硝酸鋁：磁場 S-5cm、磁場 S 左

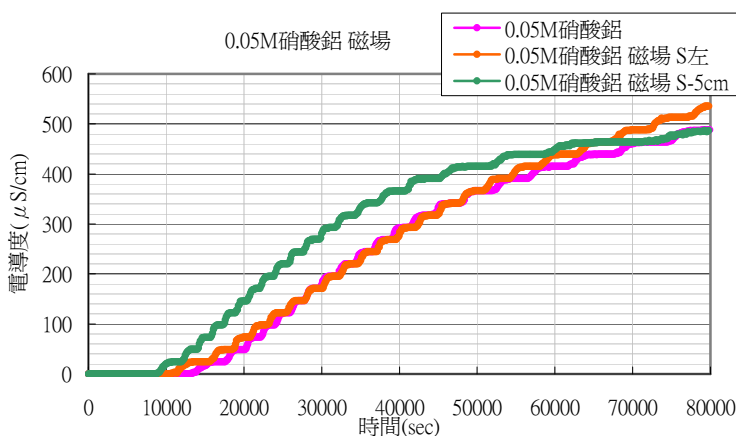


圖 31 0.05M 硝酸鋁離子溶液在鈹磁鐵位置不同的影響下之電導度與時間的變化關係圖

結果分析：硝酸鋁離子溶液實驗之滲透速率的比較是「磁場 S-5cm > 磁場 S 左 = 不加磁場」，發現磁場大致能使硝酸銅溶液通過蛋膜的滲透速率加快。

## 4. 使用 0.05M 硫酸鉀：磁場 S-5cm、磁場 S 左

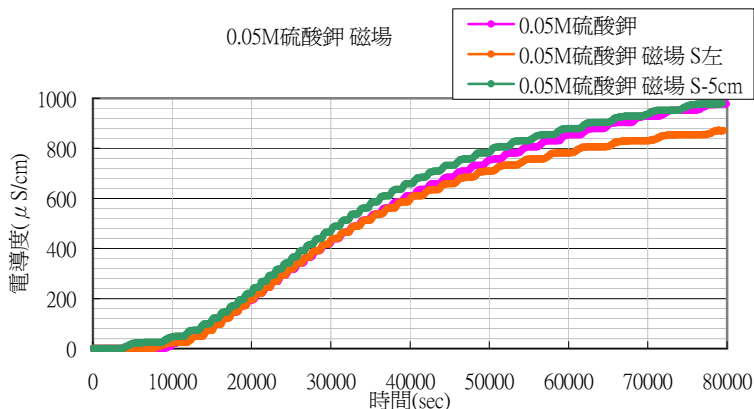


圖 32 0.05M 硫酸鉀離子溶液在鈹磁鐵位置不同的影響下之電導度與時間的變化關係圖

結果分析：硫酸鉀離子溶液實驗之滲透速率的比較為「磁場 S 左 = 磁場 S-5cm = 不加磁場」，故知硫酸鉀溶液的的滲透速率不太容易受磁場影響。



5. 使用 0.05M 磷酸鉀：磁場 S-5cm、磁場 S 左

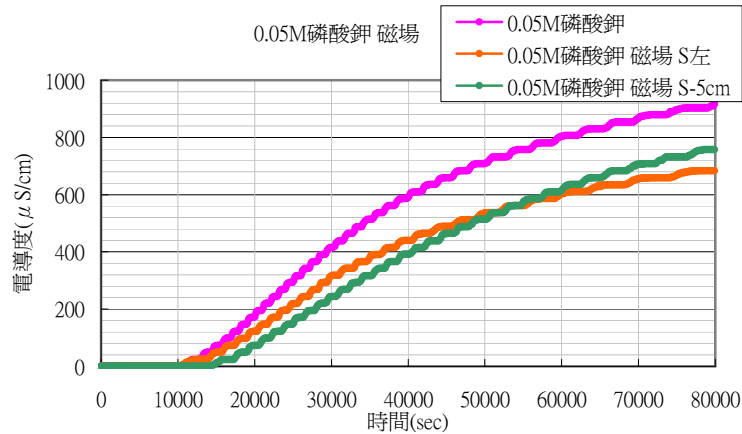


圖 33 0.05M 磷酸鉀離子溶液在磁鐵位置不同的影響下之電導度與時間的變化關係圖

結果分析：磷酸鉀離子溶液實驗之滲透速率的比較為「不加磁場 > 磁場 S 左 > 磁場 S-5cm」，故知磷酸鉀離子經蛋膜的滲透速率會受磁場的影響而減慢。

**實驗三、** 使用裝置一號，測量葡萄糖、蔗糖是否可通過蛋膜

1. 葡萄糖溶液：



圖 34 葡萄糖實驗（左方試管是加熱後，右方試管是加熱前）

結果分析：在過程中，有大量溶液從葡萄糖溶液端滲出，蒸餾水端溶液減少，48 小時後，由蒸餾水端取出的溶液加入本氏液加熱，產生橘紅色沉澱，證明葡萄糖可以通過蛋膜。

2. 蔗糖溶液：

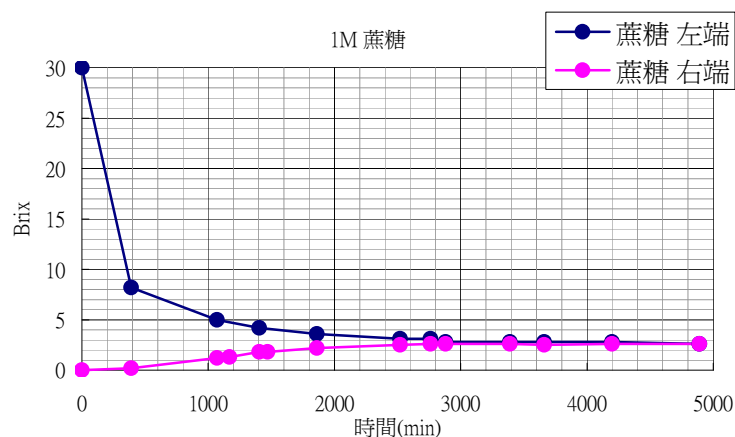


圖 35 1M 蔗糖溶液之重量百分濃度(Brix)與時間的變化關係圖

（藍色線是蔗糖溶液端，粉紅色線是蒸餾水端距蛋膜三公分管處所測得之結果）

結果分析：在過程中，亦有大量溶液從蔗糖溶液端滲出，蒸餾水端溶液減少，每固定時間利用甜度計測量其甜度值，蒸餾水端的甜度由零上升至 2.6 Brix，證明蔗糖可以通過蛋膜。

**實驗四、**使用裝置二號與電導度計，探討蛋膜兩端的滲透情形

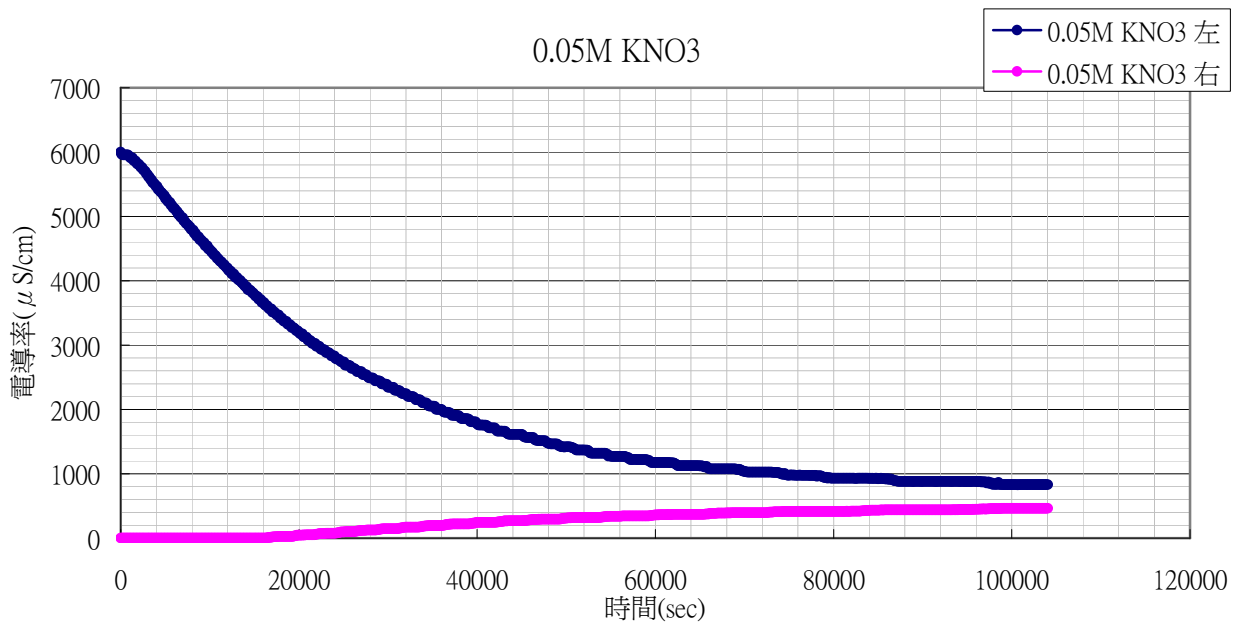


圖 36 使用裝置二號，0.05M 硝酸鉀溶液之電導度與時間之變化關係圖，  
(藍色線為硝酸鉀溶液在蛋膜左端，粉紅色為蒸餾水在蛋膜右端)

**結果分析：**由此圖發現：實驗剛開始時離子端濃度急遽下降，蒸餾水端的電導度卻沒有隨之上升；且離子溶液端電導度下降速度與水端電導度上升速度不成比例，離子端電導度下降甚快，水端上升甚慢。

**實驗五、**使用裝置三號與電導度計，探討蛋膜兩端、距離蛋膜 0 公分下，待反應趨於平衡時，電導度與時間之關係圖

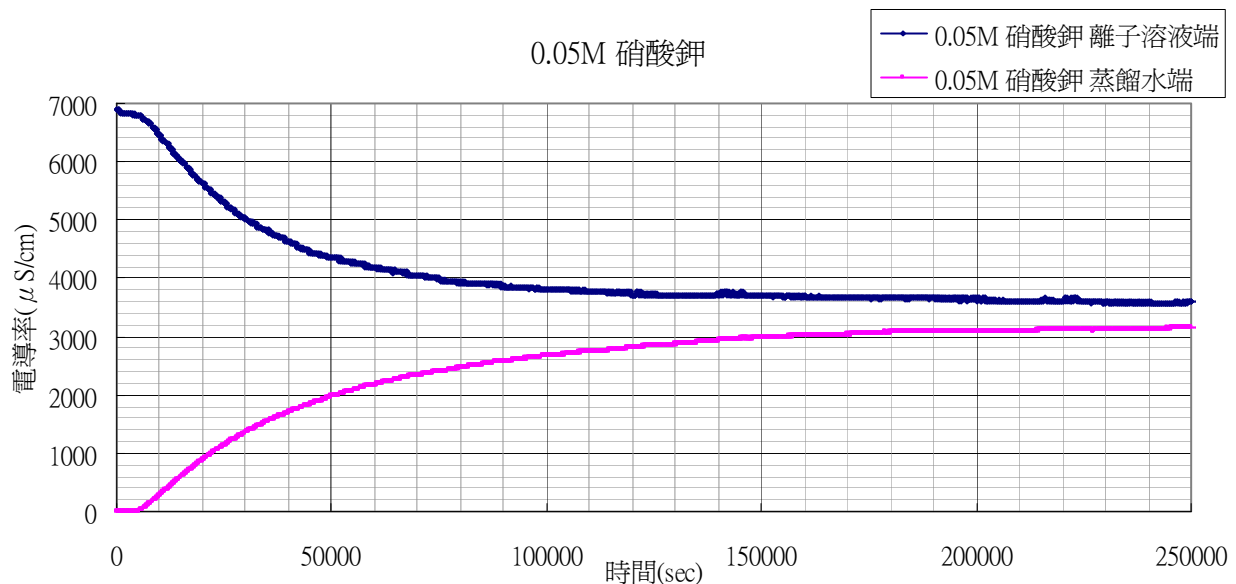


圖 37 使用裝置三號，0.05M 硝酸鉀溶液之電導度與時間之變化關係圖，  
(藍色線為硝酸鉀溶液在蛋膜內側端，粉色為蒸餾水在蛋膜外側端)

**結果分析：**由此可得知：此圖大概成上下對稱，但是離子溶液端之離子滲出速率略大於蒸餾水端之離子滲入速率。約三天後，兩端之電導度以極緩慢的速度互相接近，因此停止實驗，視之為平衡。

**實驗六、**使用裝置三號與電導度計，探討蛋膜內側、蛋膜外側滲透速率的不同

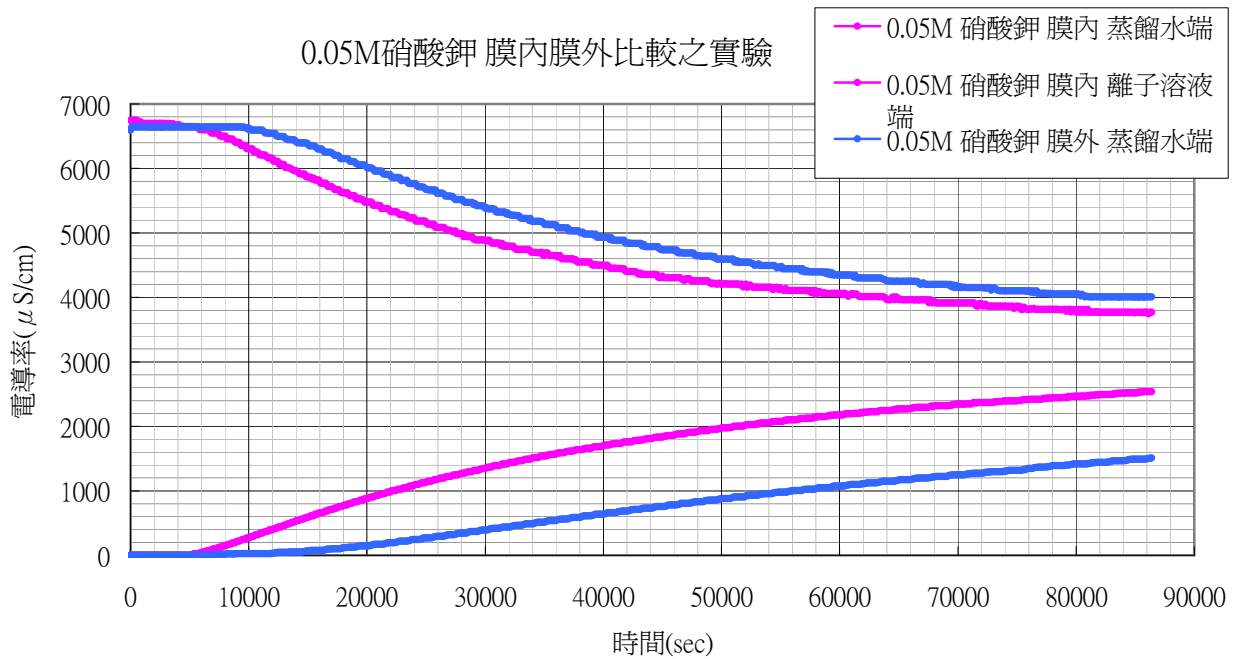


圖 38 使用裝置三號，0.05M 硝酸鉀溶液之電導度與時間之變化關係圖，

**結果分析：**由圖可知，膜內實驗所測得的滲透速率比膜外實驗滲透速率快，且推估達平衡時的膜內的濃度差較小。

**實驗七、**使用裝置三號與電導度計，探討鈹磁鐵 S 極、N 極在離子溶液端或蒸餾水端的影響

1. 0.05M 硝酸鉀：無磁場、磁 N 水、磁 N 離、磁 S 水、磁 N 水

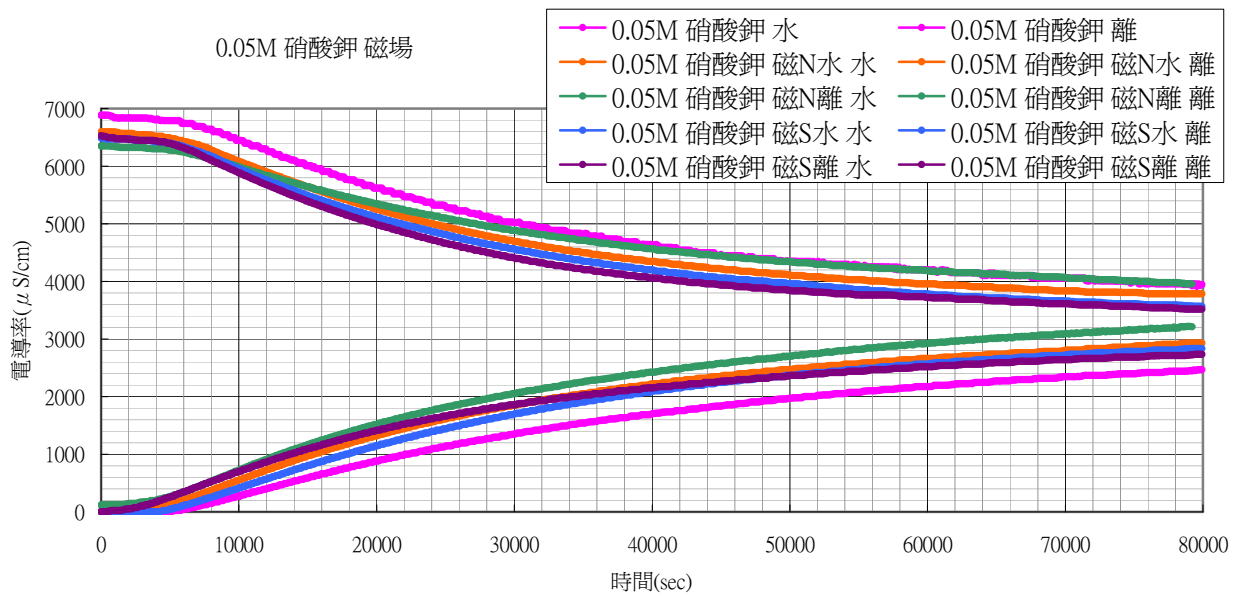


圖 39 0.05M 硝酸鉀離子溶液在鈹磁鐵磁場 N 極、S 極之位置不同的影響下之電導率與時間的變化關係圖

**結果分析：**對硝酸鉀而言，（主要看離子端）磁場能使此實驗的滲透速率加快，速率大小之比較為「磁 S 離 > 磁 S 水 > 磁 N 水 > 磁 N 離 > 不加磁場」。

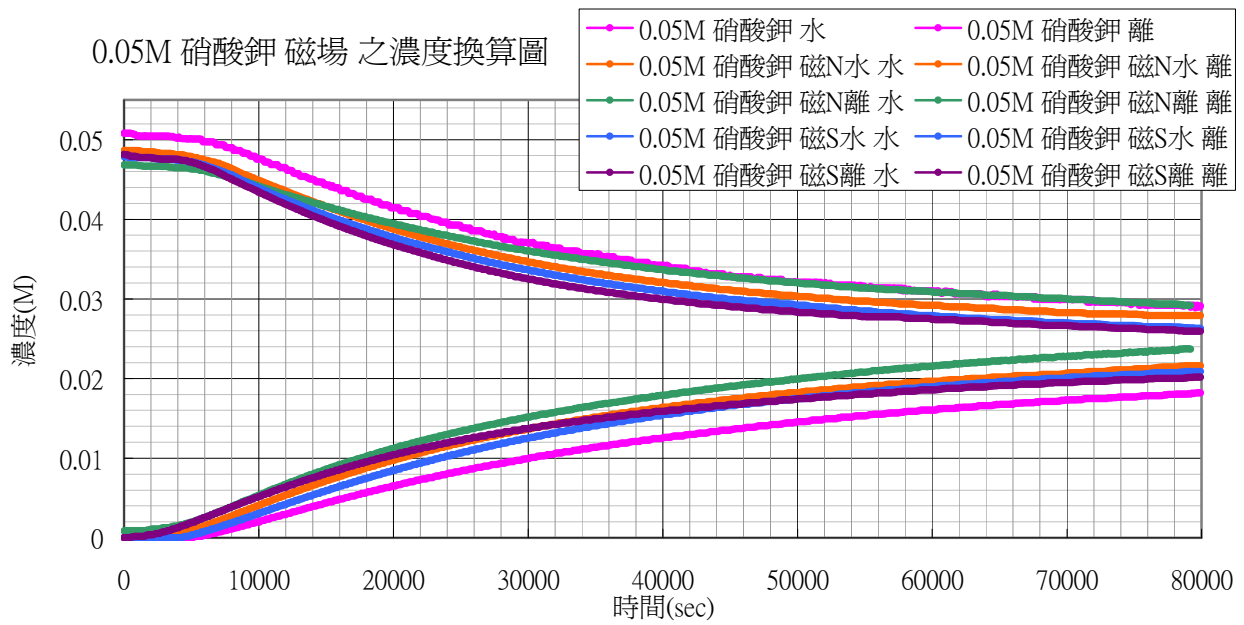


圖 40 0.05M 硝酸鉀離子溶液在鈹磁鐵磁場 N 極、S 極之位置不同的影響下之濃度與時間的變化關係圖

2. 0.05M 硝酸鉛：無磁場、磁 N 水、磁 N 離、磁 S 水、磁 N 水

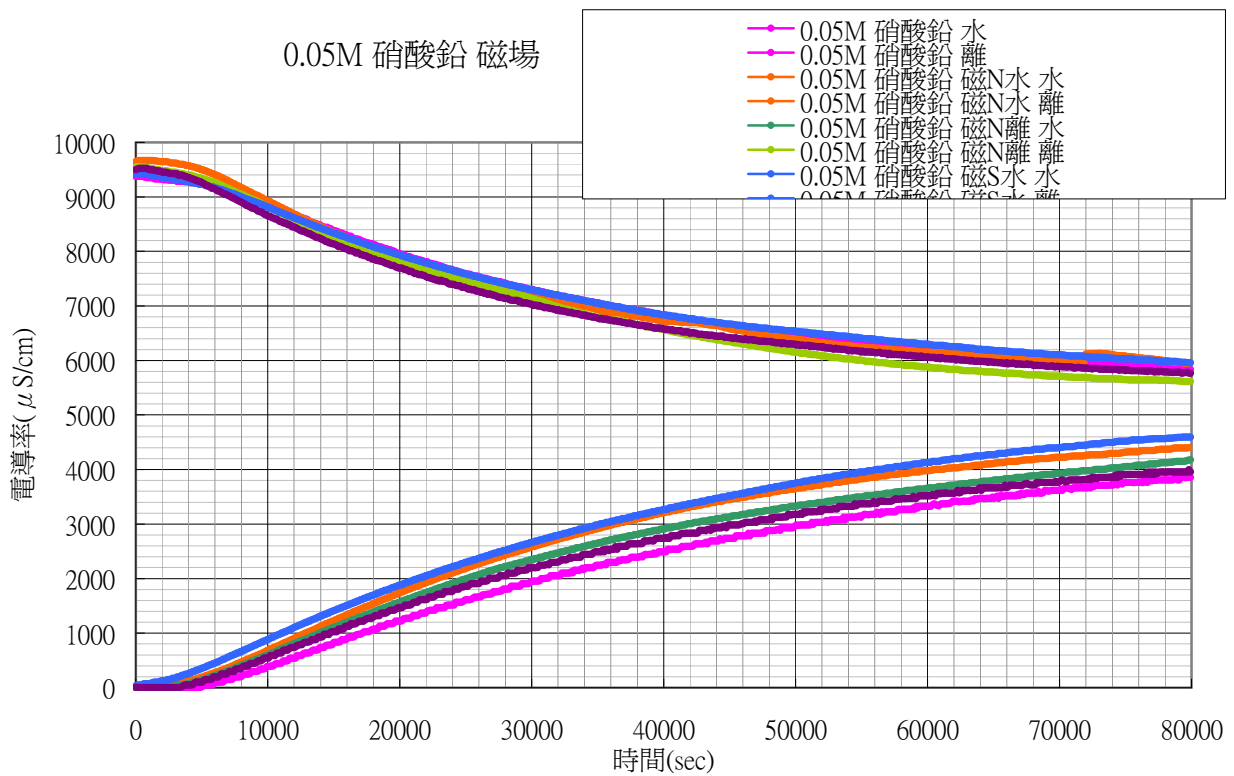


圖 41 0.05M 硝酸鉛離子溶液在鈹磁鐵磁場 N 極、S 極之位置不同的影響下之電導率與時間的變化關係圖

**結果分析：**對硝酸鉛而言，（主要看離子端）磁場對此實驗之滲透速率影響不明顯，速率大小之比較為「磁 S 離 = 磁 S 水 = 磁 N 水 = 磁 N 離 = 不加磁場」。

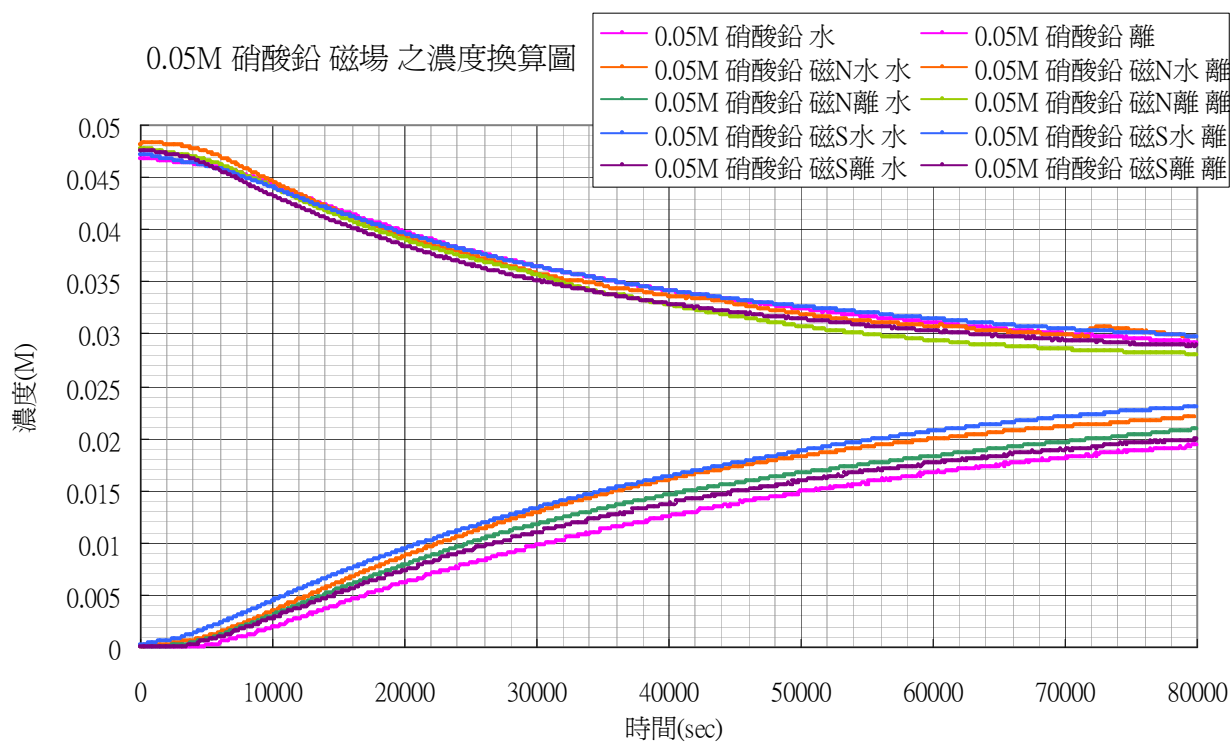


圖 42 0.05M 硝酸鉛離子溶液在鈹磁鐵磁場 N 極、S 極之位置不同的影響下之濃度與時間的變化關係圖

### 3. 0.05M 硝酸鋁：無磁場、磁 N 水、磁 N 離、磁 S 水、磁 N 水

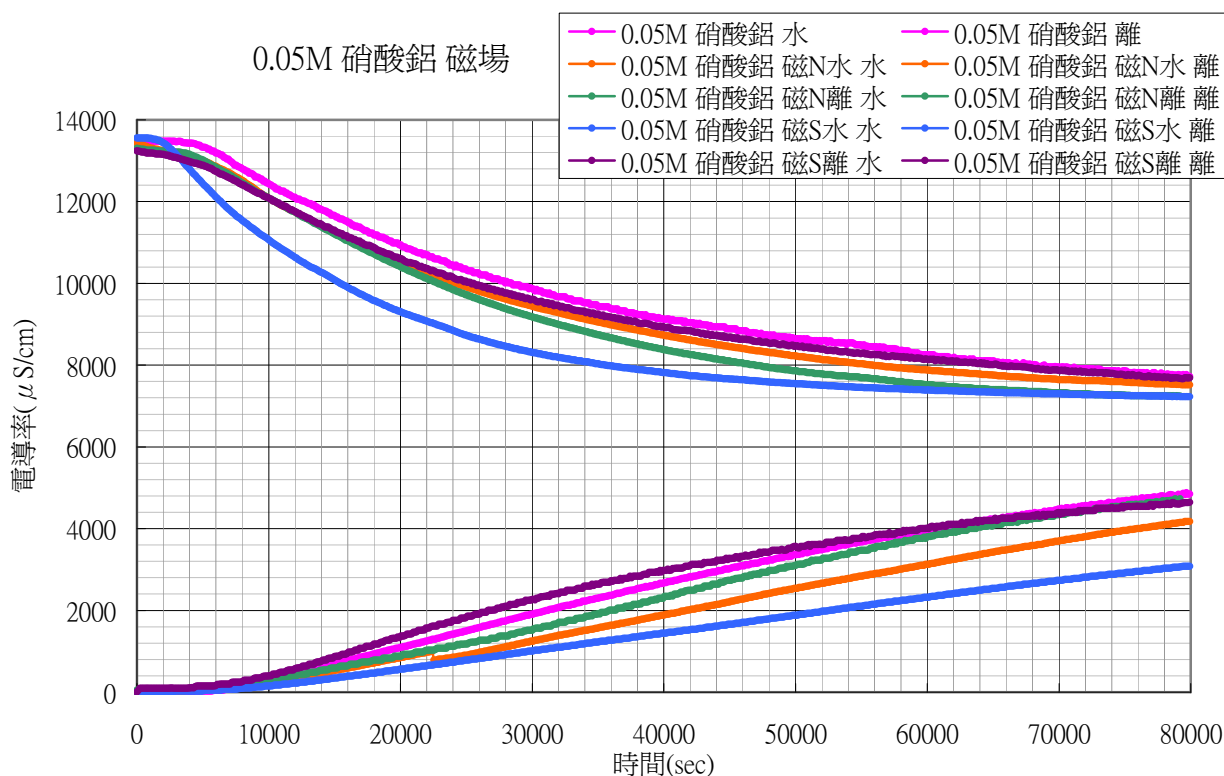


圖 43 0.05M 硝酸鋁離子溶液在鈹磁鐵磁場 N 極、S 極之位置不同的影響下之電導率與時間的變化關係圖

**結果分析：**由於硝酸鋁的實驗大多有滲出，但是”磁 S 離”沒有滲出，可得知把磁鐵 S 極向上放在離子溶液端可使滲透速率加快，但是其他實驗因為有滲出，所以實驗結果有待討論。

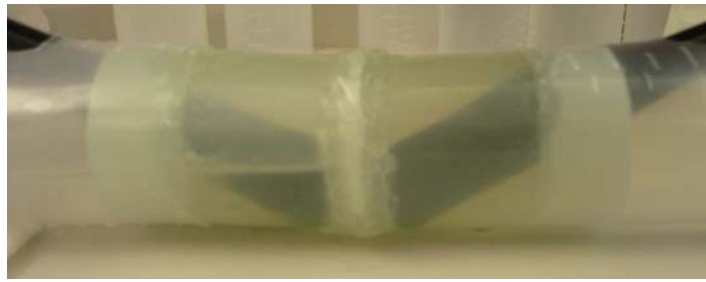


圖 44 為硝酸鋁實驗終止時(大量滲出後)，兩端水位高度差

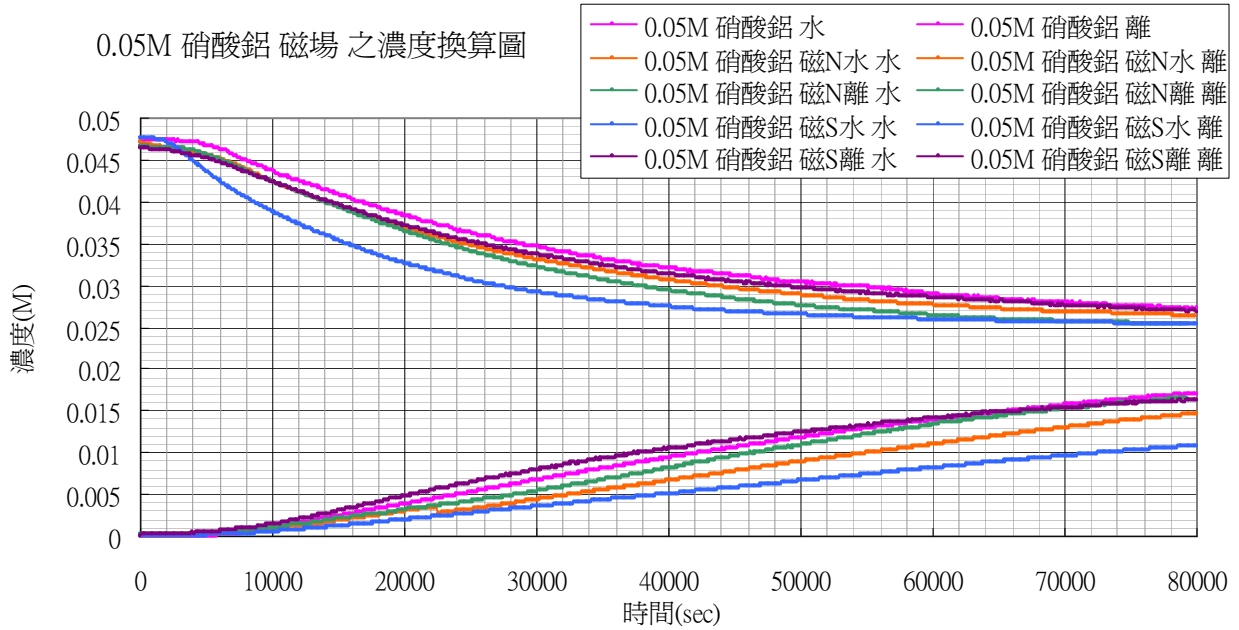


圖 45 0.05M 硝酸鋁離子溶液在鈹磁鐵磁場 N 極、S 極之位置不同的影響下之濃度與時間的變化關係圖

4. 0.05M 硫酸鉀：無磁場、磁 N 水、磁 N 離、磁 S 水、磁 N 水

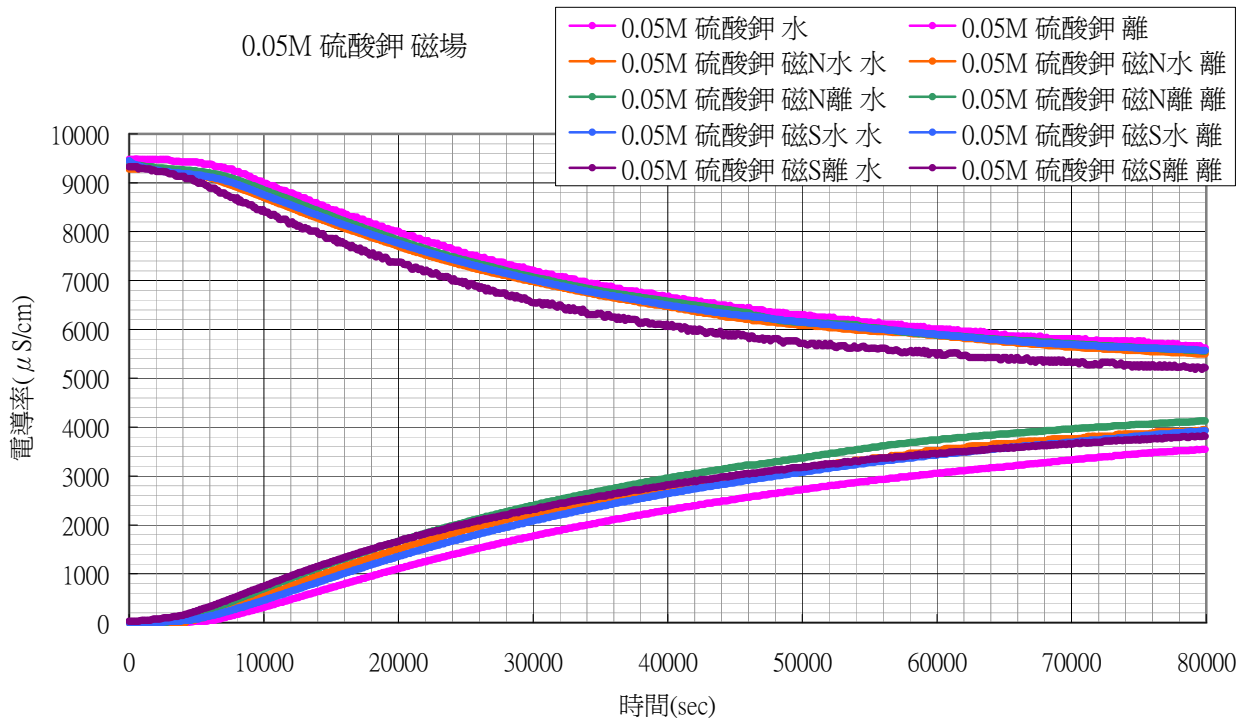




圖 46 0.05M 磷酸鉀離子溶液在鈹磁鐵磁場 N 極、S 極之位置不同的影響下之電導率與時間的變化關係圖

結果分析：對硫酸鉀而言，（主要看離子端）磁場亦能使此實驗的滲透速率加快，而「磁 S 離」明顯的加快滲透速率。

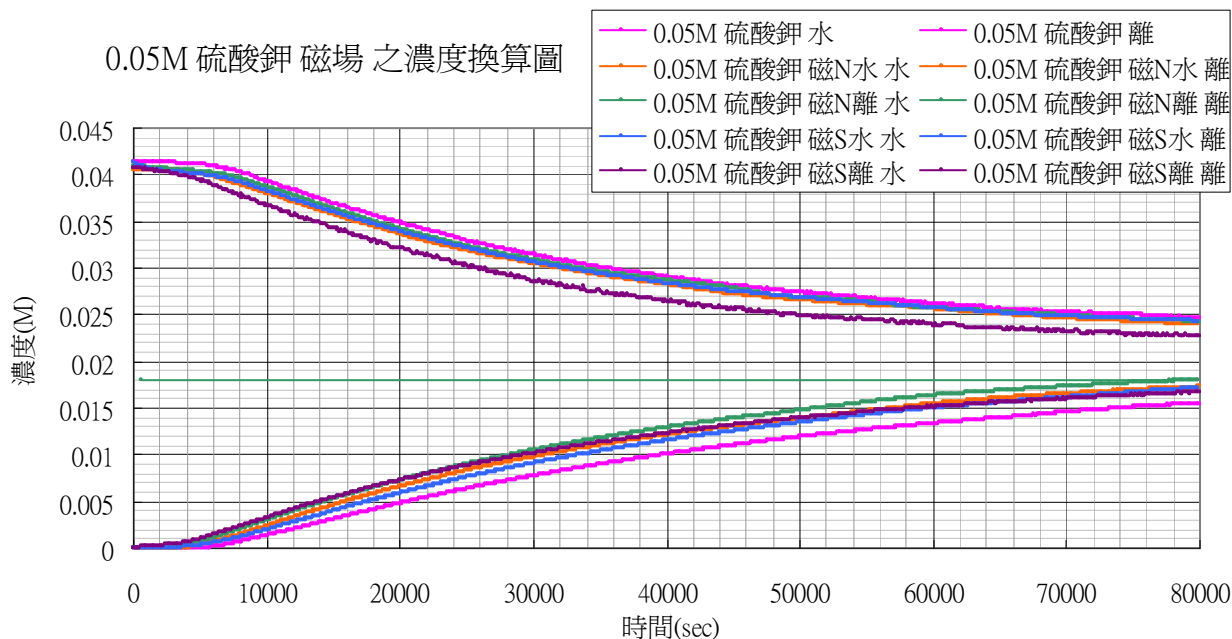


圖 47 0.05M 硫酸鉀離子溶液在鈹磁鐵磁場 N 極、S 極之位置不同的影響下之濃度與時間的變化關係圖

5. 0.05M 磷酸鉀：無磁場、磁 N 水、磁 N 離、磁 S 水、磁 N 水

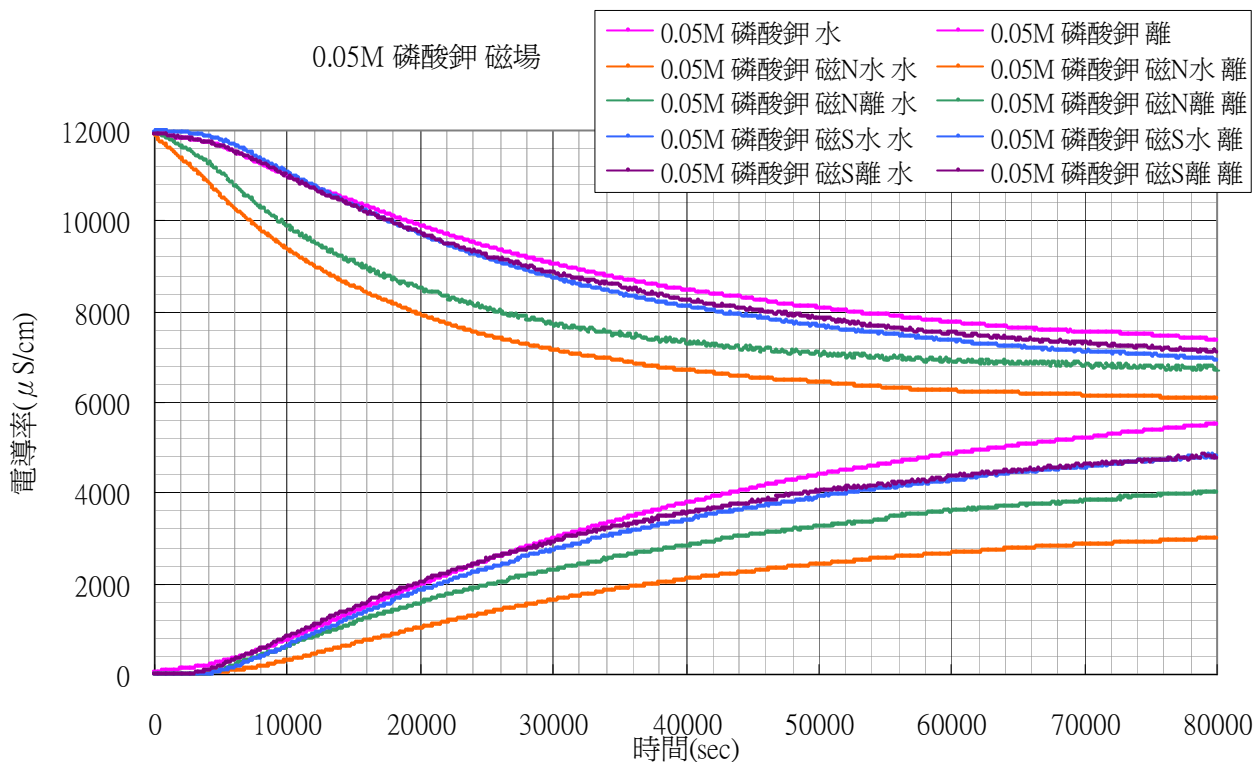


圖 48 0.05M 磷酸鉀離子溶液在鈹磁鐵磁場 N 極、S 極之位置不同的影響下之電導率與時間的變化關係圖

結果分析：對磷酸鉀而言，（主要看離子端）磁場亦能使此實驗的滲透速率加快，速率大小之比較為「磁 N 水 > 磁 N 離 > 磁 S 水 = 磁 S 離 > 不加磁場」。

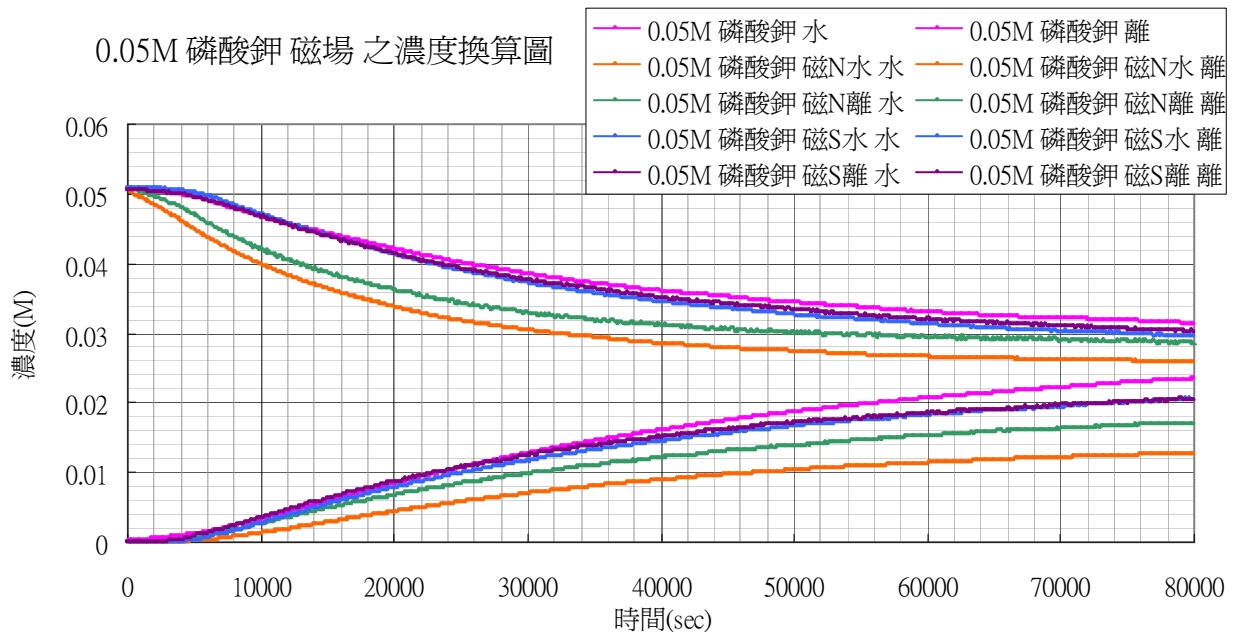


圖 49 0.05M 磷酸鉀離子溶液在鈹磁鐵磁場 N 極、S 極之位置不同的影響下之濃度與時間的變化關係圖

※濃度再次校準：

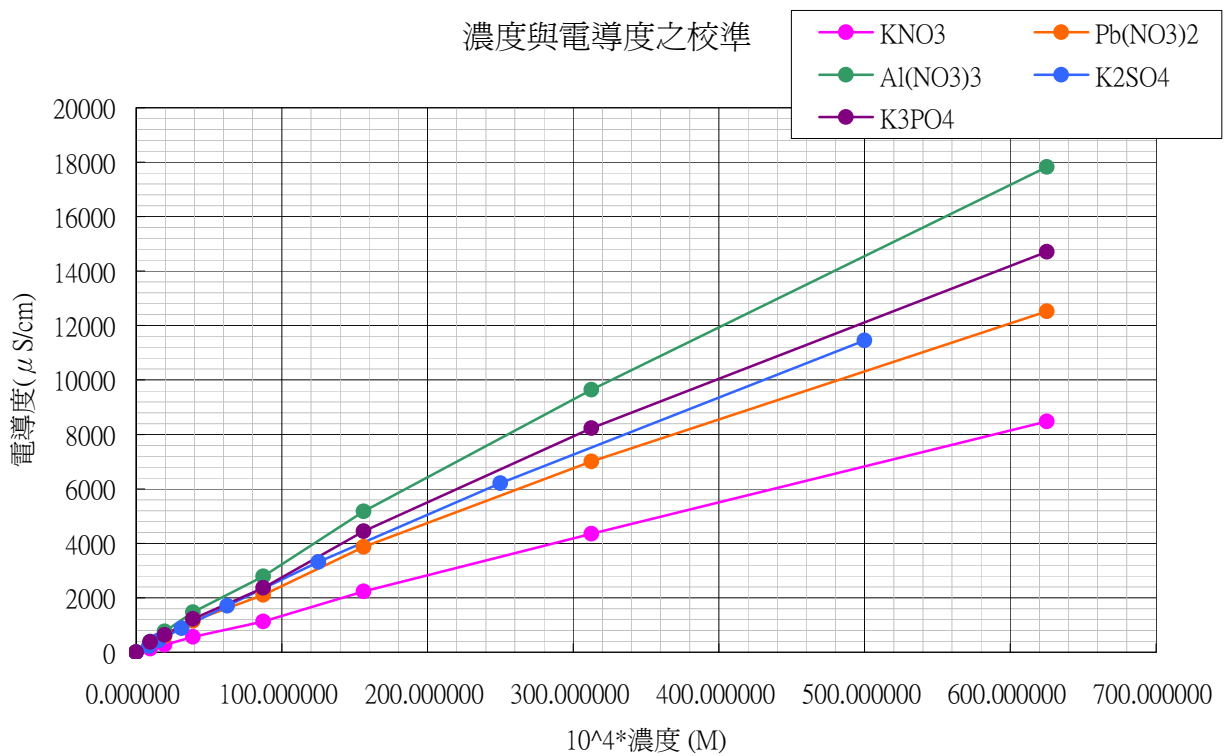


圖 50 濃度與電導度之新校準表

**實驗八、**使用裝置三號，探討相同離子濃度、滲透壓，而不同陰、陽離子數目對滲透速率之影響

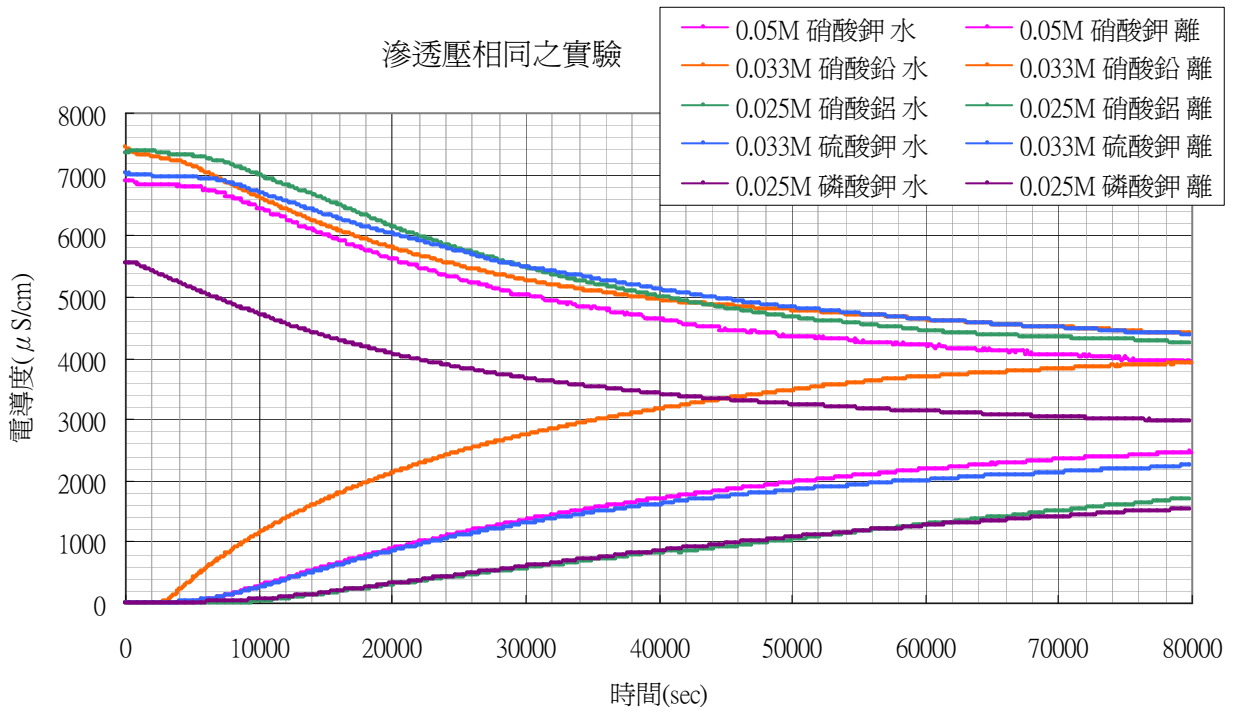


圖 51 0.05M 硝酸鉀、0.033 硝酸鉛、0.025 硝酸鋁、0.033 硫酸鉀、0.025M 磷酸鉀的滲透情形

結果分析：相同離子濃度時的滲透速率：硝酸鉀 > 硝酸鉛 > 硫酸鉀 > 磷酸鉀，硝酸鋁因有滲液現象須另外討論。

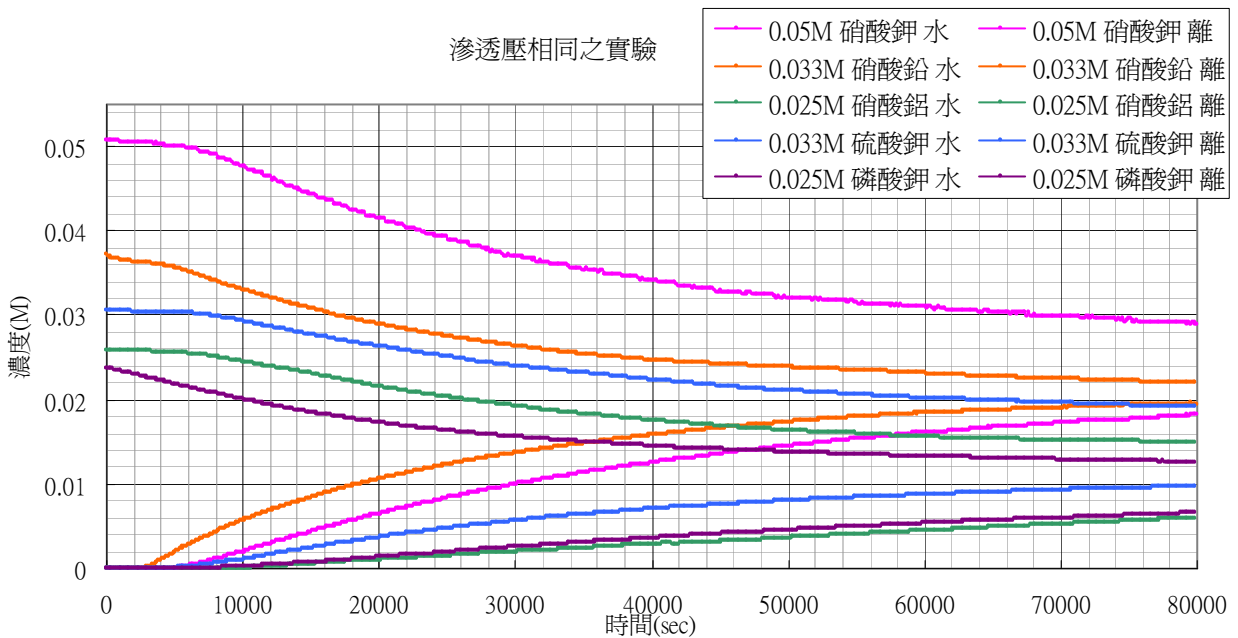


圖 52 0.05M 硝酸鉀、0.033 硝酸鉛、0.025 硝酸鋁、0.033 硫酸鉀、0.025M 磷酸鉀的滲透情形(濃度換算圖)

## 實驗九、

實驗進行中，結果盡量於七月底展覽會時呈現。

### 柒、討論

1. 由碰撞學說推測，離子碰撞蛋膜通道才能產生滲透作用，故開始時僅有離子端有離子碰撞，碰撞頻率高，滲透速率較快。一段時間後因蒸餾水端離子數增加(電導度上升)，膜兩側皆有離子滲透，故離子可雙方滲透達平衡。
2. 硝酸鋁與氯化鋁的實驗中，蒸餾水端的水大量滲入離子溶液端，導致離子端有大量滲液，推測因鋁離子的電荷密度高，水合離子大，不易通過蛋膜。依滲透壓原理，蒸餾水大量滲入鋁離子溶液端。
3. 硝酸銅與氯化銅的實驗，只有氯化銅發生與鋁離子溶液類似，但量較少的滲液現象，推測氯離子的電荷密度較硝酸根大，較不利滲透。
4. 葡萄糖與蔗糖實驗中，亦有滲液狀況，推測為葡萄糖與蔗糖含較多可與水形成氫鍵的氧原子，吸引水分子上氫原子形成大的水合分子團，故不易通過蛋膜。
5. 由裝置一號實驗知，同濃度相同陰離子，無論  $\text{NO}_3^-$  或  $\text{Cl}^-$  溶液，到達相同濃度所需時間為  $\text{K}^+ < \text{Na}^+ < \text{Cu}^{2+} < \text{Al}^{3+}$ 。而同濃度相同陽離子溶液，到達相同濃度所需時間為硝酸鉀 < 硫酸鉀 < 磷酸鉀，很明顯的速率比為  $\text{M}^+ > \text{M}^{2+} > \text{M}^{3+}$ 。  
以此作為滲透速率之結論過於草率，探討發現，裝置一號中電導度計距離蛋膜 18 公分，所測得的數據為離子滲透與擴散速率的綜合結果，針對此狀況，設計裝置三號改善此問題。
6. 藉裝置一號實驗發現，磁場對離子滲透速率的影響如下：  
(1)減慢：硝酸鉀、磷酸鉀 (2)加速：硝酸銅、硝酸鋁 (3)速率不變：硫酸鉀。  
但受離子水中擴散速率因素影響，此實驗無法提供足夠資訊進行判斷，故使用裝置三號深入實驗。
7. 實驗裝置一號，只能得知離子經蛋膜滲透至水端的情形。反應速率與粒子碰撞成正比，相對於我們的實驗，滲透為離子碰撞造成。離子端的離子經蛋膜滲出，濃度持續減低，比擬為反應物減少；蒸餾水端濃度上升，比擬為產物增加。因此，實驗裝置二號兩端都放置電導度計測量蛋膜兩端的濃度變化，探討滲透速率。
8. 由裝置二號實驗得知，離子溶液端電導度開始時呈曲線急劇下降，而蒸餾水端則呈直線緩緩上升，兩邊電導度的變化相差甚大，但長時間反應後卻幾乎達平衡。離子大量往水端前進，但水端的電導度卻沒有隨之增加，可能因兩邊體積相差 10 倍及受離子擴散距離影響，為進一步研究，設計實驗裝置三號。
9. 0.05M 溶液硝酸鉀，使用裝置三號探討其滲透達平衡的情形。由於濃度低，蛋膜兩側水的滲透速率接近相等(因兩側水位幾乎不變)。故離子端電導度計測得離子滲出蛋膜的數量；而蒸餾水端因濃度極稀，滲出的離子繼續擴散，推測水端的電導度計測得的數值為**滲出離子溶液端的離子數量減去離子擴散的數量**。造成離子端電導度下降率略大於蒸餾水端電導度上升率。達平衡時，數據圖中形成二平行線。
10. 由參考資料知，蛋膜為蛋白纖維構成，有內、外結構不同的兩層膜(圖 53~54)，推測可能影響滲透速率，為了解詳細情形，以裝置三號進行膜內外實驗。  
內膜的孔較小，外膜孔較大。再由膜內、外實驗得知，離子從膜內滲透到膜外的速率大於

從膜外滲透到膜內的速率。以碰撞學說推測，粒子由小孔進大孔出比大孔進小孔出容易，故內膜滲透時，離子碰撞膜內小孔的頻率高，故通過蛋膜機會高，與實驗結果相符。

（裝置一號與裝置二號並未注意膜內膜外的差異，但各系列實驗分別使用同樣蛋膜，以提高實驗準確性。為避免膜內外造成的誤差，裝置三號的實驗，皆統一於內膜側注入離子溶液進行）

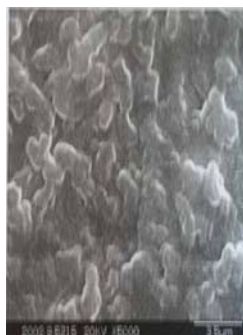


圖 53 蛋膜內膜

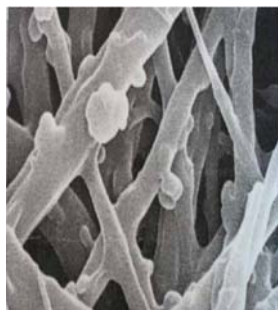


圖 54 蛋膜外膜

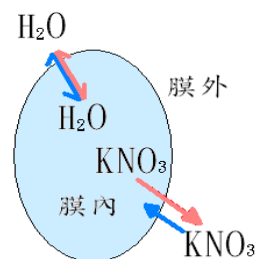


圖 55 膜內膜外實驗示意圖

11. 使用裝置三號實驗的數據分析（見圖 56~60）得知，若未滲液，離子端在相同時間內濃度差越大，表示滲透速率越大，而在相同時間內離子端濃度差減去蒸餾水端濃度差差值越大，表示擴散速率越快。比較一價與二價離子溶液，硝酸鉀的滲透速率比硝酸鉛和硫酸鉀快，推測為一價水合離子較小，利於通過蛋膜，且實驗判斷亦與已知水合離子半徑愈小擴散速率愈快相符。
12. 由於三價的離子溶液的實驗中，蒸餾水滲入離子溶液端的量較多，與離子總濃度和離子對蛋膜的通透性有關，而分開討論。硝酸鋁溶液有大量滲液現象，但磷酸鉀沒有，推測為  $Al^{3+}$  的水合比  $PO_4^{3-}$  大，通過蛋膜的機會小，亦有可能是蛋膜的通道有選擇性，使  $Al^{3+}$  難以通過。 $PO_4^{3-}$  對蛋膜有不錯的通透性，故與硝酸鉀、硫酸鉀比較時(相同陽離子)，發現滲透速率較硝酸鉀溶液慢卻和硫酸鉀溶液差不多，推測可能受蛋膜選擇性粒子通道影響。磷酸鉀雖無滲液現象，但離子溶液總濃度高，致離子端水位略有上升，且由於擴散速率較慢，故水端蛋膜附近呈現局部濃縮現象，故數據圖上離子溶液下降率比水端濃度上升率慢。
13. 原則上 N 與 S 極都會對離子產生引力，若 N 極會對陰離子產生較大的影響力，但會基於溶液呈電中性的原理，陽離子也會一起移動，因此，同一種溶液 N 極與 S 極的影響不大，而磁場分別對不同溶液有不同影響，以圖來判斷，一價與二價的離子較不受磁場影響，推測其所帶電荷及粒子本身大小有關。
14. 三價離子的水合粒子較大，陽離子呈膠體粒子狀態，不易通過蛋膜，故對蛋膜產生的滲透壓較大，受磁場的影響也明顯與一價和二價離子溶液不同，硝酸鋁離子溶液磁 S 放在離子端的實驗中，沒有滲液的現象，而 N 極對磷酸鉀離子溶液有加速滲透與加速擴散的影響。故推測陽離子受 S 極影響較大，陰離子受 N 極影響較大。

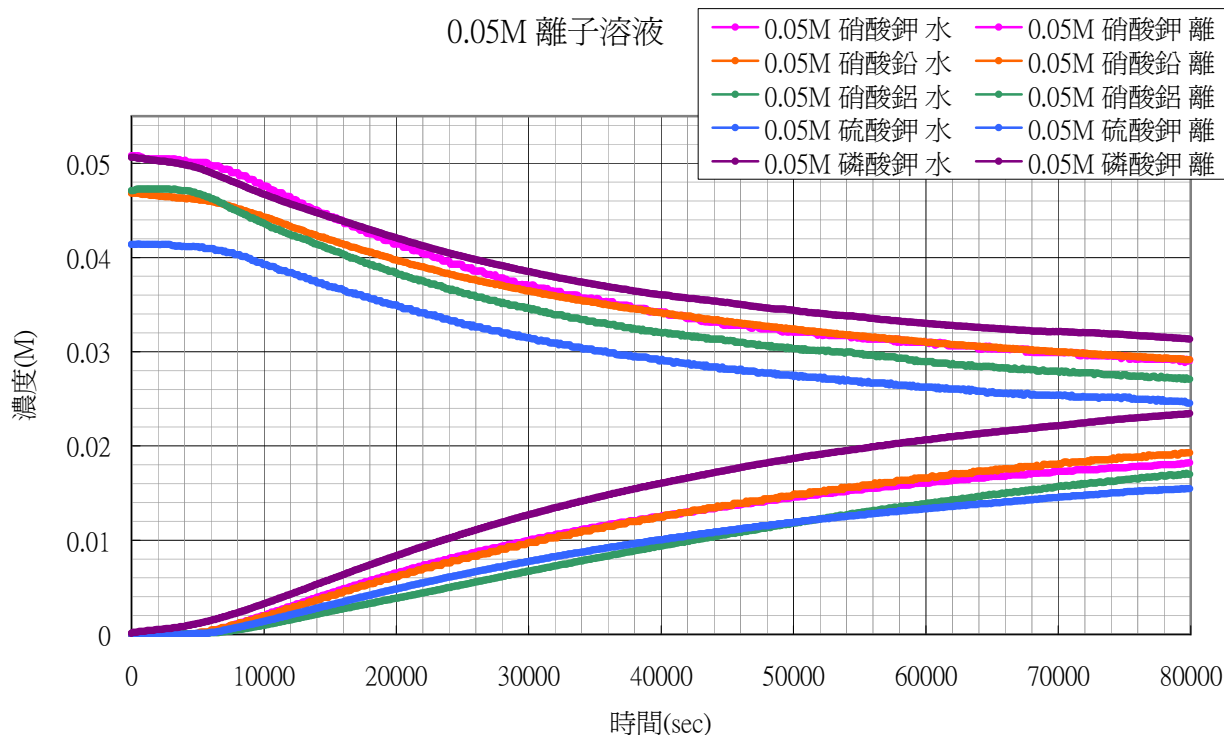


圖 56 使用裝置三號，同濃度各離子溶液之濃度與時間變化關係比較圖

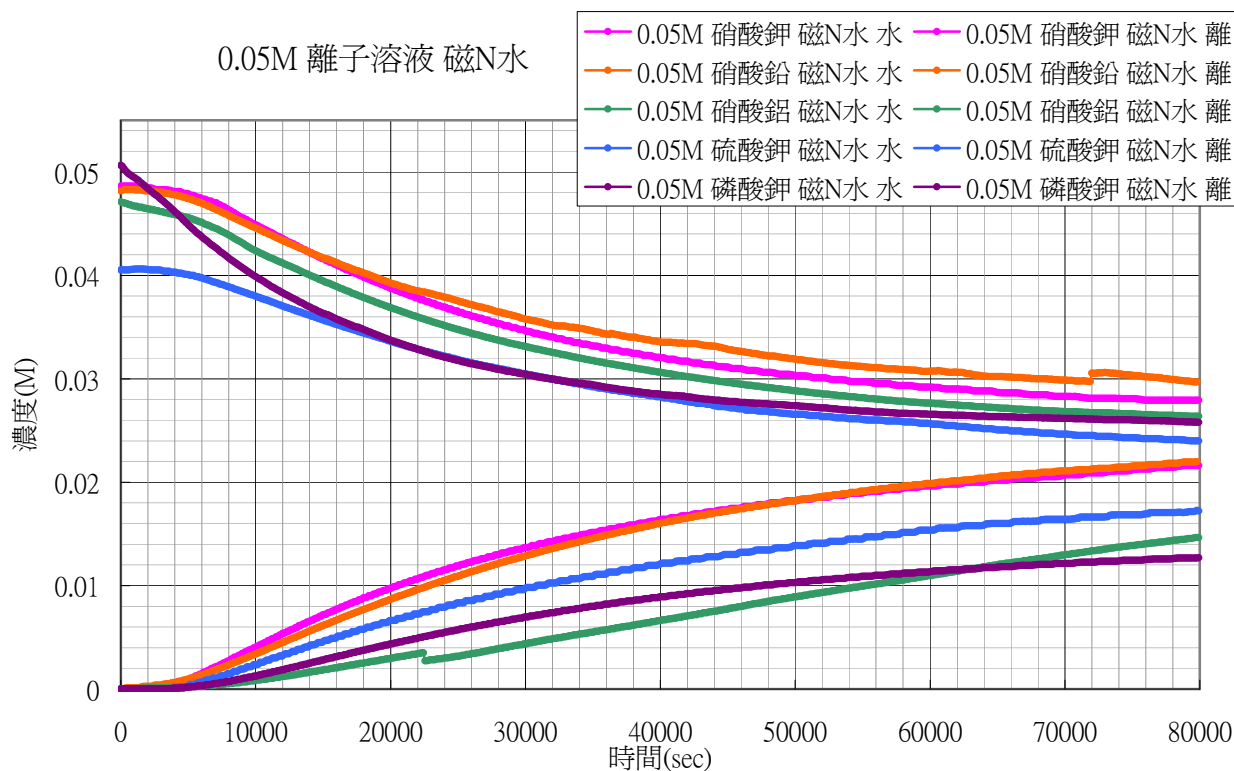


圖 57 使用裝置三號，磁鐵 N 極向上放在水端、同濃度各離子溶液之濃度與時間變化關係比較圖



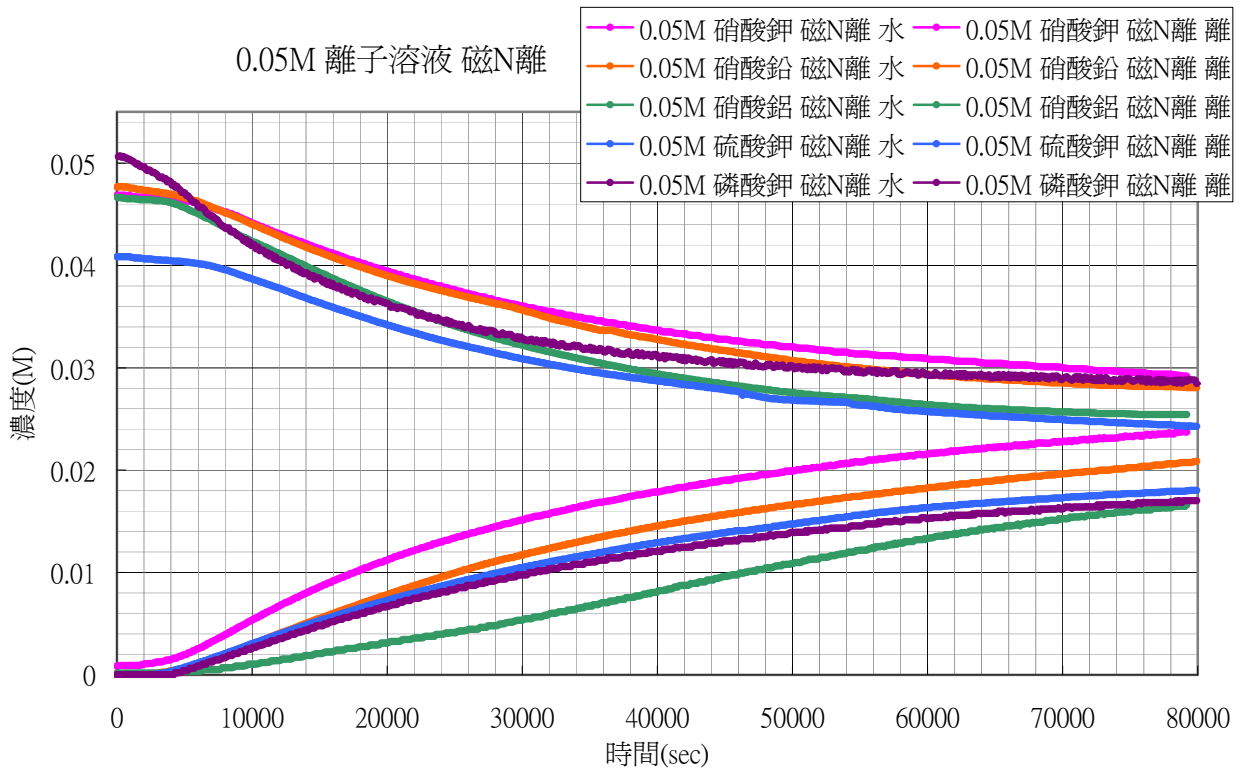


圖 58 使用裝置三號，磁鐵 N 極向上放在離子端、同濃度各離子溶液之濃度與時間變化關係比較圖

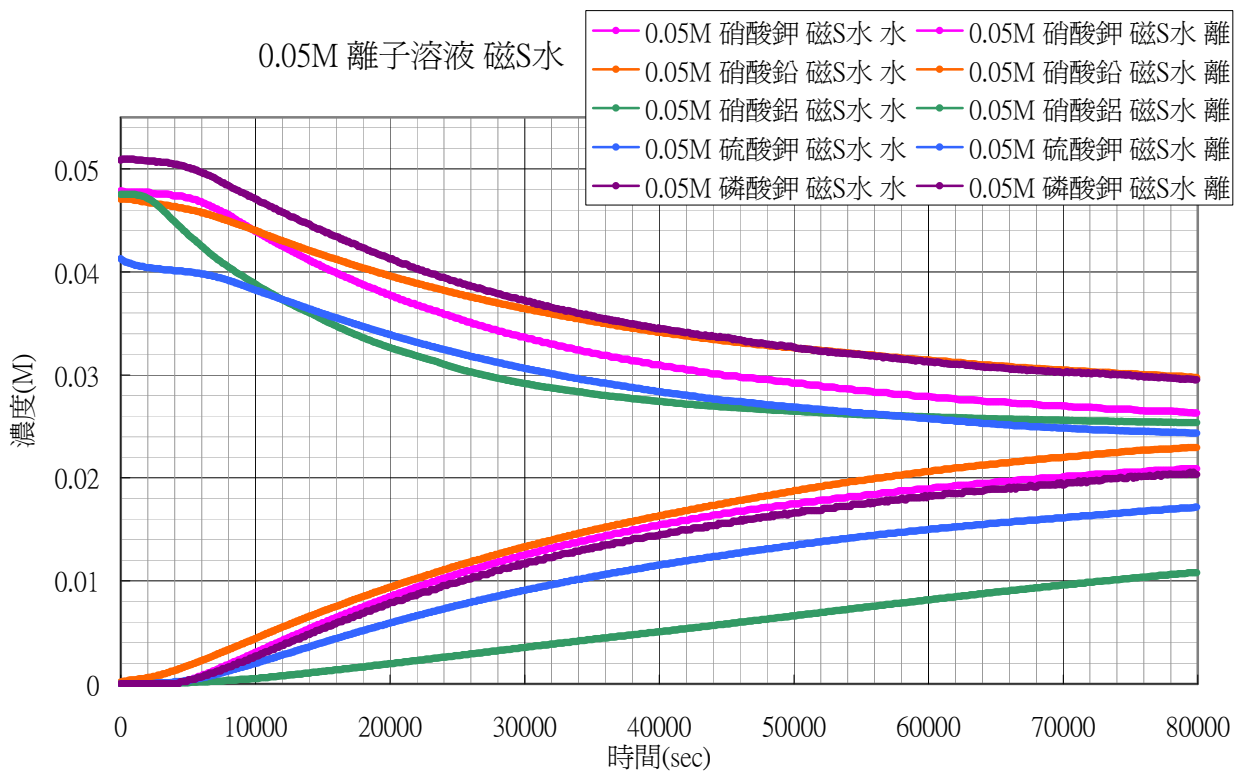


圖 59 使用裝置三號，磁鐵 S 極向上放在水端、同濃度各離子溶液之濃度與時間變化關係比較圖

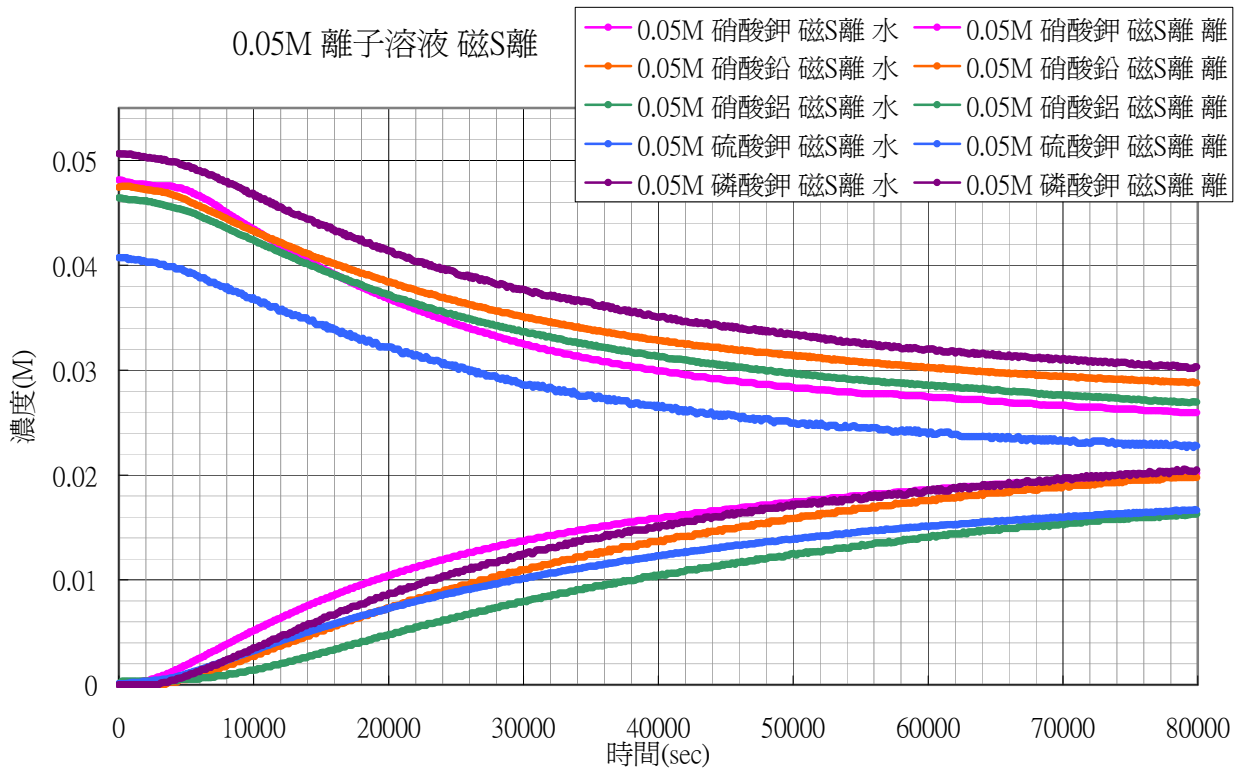


圖 60 使用裝置三號，磁鐵 S 極向上放在離子端、同濃度各離子溶液之濃度與時間變化關係比較圖

15. 將離子溶液端滲透速率比擬為化學反應中的反應速率，則經數據分析得  $\log(\text{電導率})$  與時間的關係圖如下，與反應速率中的一級反應結果相同，故推測其滲透速率與濃度成正比。

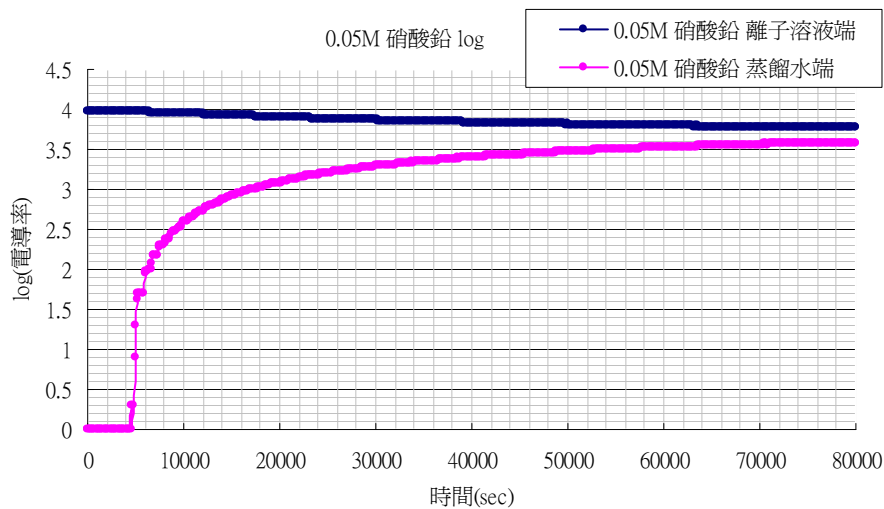


圖 61 使用裝置三號，0.05M 硝酸鉛無磁場時  $\log(\text{電導率})$  與時間之變化關係圖

16. 為考慮滲透壓對滲透速率之影響，因此，測量了各溶液相等離子總數的滲透速率，結果得知，初始滲透壓相等時的滲透速率為：硝酸鉀>硝酸鉛>硫酸鉀>磷酸鉀>硝酸鋁，由此可再次推測，滲透速率為一價離子>二價離子>三價離子。
17. 電導度校準實驗為所有數據的依據，第一次的校準濃度誤差甚大，因而改用等倍稀釋配置溶液，結果發現，在低濃度時離子濃度與電導度成正比，而高濃度時並沒有成正比，且同濃度電導值為硝酸鋁>磷酸鋁>硫酸鉀>硝酸鉛>硝酸鉀。然而我們的實驗主要使用低濃度的溶液，因此可以轉換成函數，並直接求得電導度所對應之的濃度。

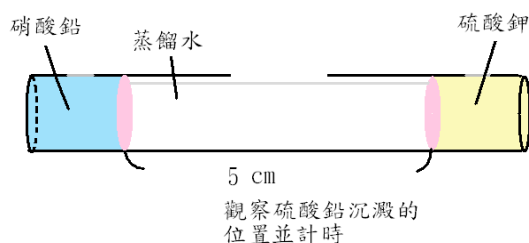
## 捌、結論

1. 根據諾貝爾化學獎對於細胞膜上離子通道與水通道的研究，離子可以通過細胞膜進入細胞，不同於細胞膜，蛋膜的構造並沒有細胞膜精緻，蛋膜非只有水通道的滲透膜，離子和糖分子也可通過，不能與一般只有水通道的半透膜相提並論。
2. 所有離子溶液滲透達平衡時，其離子滲透數量(電導率)與初濃度成正比。
3. 假若把離子溶液端滲透比擬為化學反應中的反應物，則滲透速率的log圖與一級反應相同
4. 經由相同濃度(滲透壓不同)及等滲透壓實驗得知，離子經蛋膜的滲透速率與粒子大小有關及蛋膜通道的選擇性有關。並由鋁離子及醣分子的實驗得知，電荷密度越高形成的水合離子及大分子，滲透的速率較慢。粒子太大較難滲透時，易因兩端之水的滲透速率不同造成高濃度溶液端水位上升，甚至滲漏，與滲透壓的現象相符。
5. 蛋膜內外側構造不同，造成滲透速率不同，故達滲透平衡時，蛋膜兩端的濃度有微量的濃度差。內膜與離子端相接時，滲透速率較快，且平衡時兩端濃度較接近，故知內膜滲透的平衡常數應大於外膜滲透。
6. 本實驗亦間接驗證離子溶液在水中的擴散速率與粒子大小及電荷密度的相關性。
7. 離子移動會有磁場變化，故外加磁場應會造成滲透速率的變化，然而一價與二價離子粒子較小且移動產生的磁場亦較小，故滲透時受磁場影響較不明顯，而三價時水合離子較大，移動時產生的磁場亦較大，故磁場影響較明顯，也由實驗得知陽離子受S極影響較大，陰離子受N極影響較大。
8. 由於高中課本在介紹滲透壓時，常以蛋膜、細胞膜、紅蘿蔔等日常生活隨處可見的材料作為半透膜，甚至92年指考考題第8題，亦以滲透壓與神木的樹木高度做為考題，似乎容易造成對於半透膜、細胞膜及滲透壓的誤解。故作此研究希望能對自己學習時的觀念能有所釐清。

## 玖、參考資料及其他

### 一、未來展望

進一步以實驗九的方向，以蛋膜為滲透膜，應用裝置測量陰陽離子的『通孔擴散速率』，裝置構想圖：



1. 選兩種會沉澱的離子溶液(排除 3 價陽離子溶液如鋁離子溶液等，避免滲液造成濃度誤差)
2. 測量沉澱物出現的距離及時間，單位: cm/s

## 二、參考資料

1. 2003 年諾貝爾化學獎 Peter Agre 與 Roderick MacKinnon  
<http://www.chemedu.ch.ntu.edu.tw/lecture/nobel2003a.htm>
2. 45 屆科學展覽會高中組化學科第二名 蛋求滲解－磁場對滲透壓的影響  
<http://www.tyc.edu.tw/files/CD/science45/senior/0402/040213.pdf>
3. 電解質水溶液會導電？  
[http://www.nsc.gov.tw/\\_newfiles/popular\\_science\\_print.asp?add\\_year=2005&popsc\\_aid=107](http://www.nsc.gov.tw/_newfiles/popular_science_print.asp?add_year=2005&popsc_aid=107)
4. Neodymium magnet - Wikipedia, the free encyclopedia  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Neodymium\\_magnet](http://en.wikipedia.org/wiki/Neodymium_magnet)
5. Electrical conductivity - Wikipedia, the free encyclopedia  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Electrical\\_conductivity](http://en.wikipedia.org/wiki/Electrical_conductivity)
6. 磁通磁性科技股份有限公司 釹鐵硼超強力磁鐵(NdFeB Magnet)
7. 台科大生物專題報告  
作者：B9106038 蔡順如 B9106020 胡宗憲 B9106045 盧彥明 B9106041 周瑋綱

**【評語】 040213**

非常清楚參選作品的內容，對評審所提問題都能對答如流很  
難得。