

實驗五 溶液的稀釋與導電性

一、目的

藉由溶液的稀釋學習各式吸量管的操作，並且測量稀釋溶液及未知濃度溶液的導電度，以求得待測液的濃度。



圖 5-1 使用吸量管吸取溶液



圖 5-2 Micropipet



圖 5-3 使用 Micropipet 吸取溶液



圖 5-4 使用電導度計

二、原理

溶液的稀釋為由濃溶液中吸取若干毫升後，加入去離子水稀釋以擴增溶液的體積，稀釋前所取的濃溶液中溶質的毫莫耳數與稀釋液中溶質的毫莫耳數相等。

濃溶液體積莫耳濃度的計算：

$$\text{固態溶質秤重配製濃溶液：} \frac{\frac{W_{\text{溶質克數}}}{F \cdot W_{\text{(溶質克數/每莫耳)}}}}{V_{\text{(溶質體積,L)}}} = M \left(\frac{\text{mol}}{\text{L}} \right) = M \left(\frac{\text{mmol}}{\text{mL}} \right)$$

濃溶液的稀釋與稀溶液體積莫耳濃度的計算：

$$M_{\text{濃溶液}} \times V_{\text{濃溶液}} = M_{\text{稀溶液}} \times V_{\text{稀溶液}}$$

溶液依其導電與否分為電解質 (electrolyte) 與非電解質 (nonelectrolyte)。非電解質溶液為溶質 (solute) 在溶劑 (solvent) 中不會解離成離子，仍然以分子形式存在，所以不導電。電解質溶液則是溶質在溶劑中會解離成陽離子 (cation) 和陰離子 (anion)；溶質如果為 100% 解離，則此溶液為強電解質 (strong electrolyte)，溶質的解離小於 100%，則此溶液為弱電解質 (weak electrolyte)。

電解質的導電性係溶液攜帶電流能力的衡量。電解質溶液在電場的影響下，藉離子的移動而傳導電流，其導電性與金屬導體一樣，遵循歐姆定律 (Ohm's law)，德國物理學家歐姆 (Georg Simon Ohm, 1787~1854) 於 1862 年提出如下的歐姆定律 (Ohm's law)，「通過導線的電流強度與導線兩端的電壓成正比，而與導線的電阻成反比。」

$$\text{即電流}(i) = \frac{\text{電壓}(E)}{\text{電阻}(R)}$$

單位：電流-庫倫 (Coulomb, C)，電壓 (Voltage, V)，

電阻 (Resistance, 歐姆, Ω)

電解液中施與電壓(電動勢, E)則與電解質中兩極間的電流 i 成正比, 與電解質溶液的電阻 R 成反比。電阻的倒數 $1/R$, 稱為電導(G , conductance), 其單位以 Ω 的倒數(Ω^{-1})或姆歐(mho)表示之, $G=1/R$ (Ω^{-1} , mho)。溶液所觀察的電導(G)與兩極間的距離 d 成反比, 與其面積 A 成正比:

$$G = \frac{1}{R} = \kappa \cdot \frac{A}{d} \quad \therefore \kappa = G \times \frac{d}{A} = \frac{1}{R} \times \frac{d}{A}$$

溶液的導電性, 由所有存在於溶液中的離子所共同提供, 決定於每單位容量溶液中的離子數目, 以及此等離子在所施電壓影響下移動的速度。當電解質溶液被稀釋時, 上列方程式中的比電導(κ , specific conductance, conductivity)將降低, 在每 cm^3 溶液中攜帶電流的離子較少。

電導係數 K (cell constant) 與兩極間的截面積(A)成反比, 與兩電極間的距離(d)成正比。

$$K = \frac{d}{A} (\text{cm}^{-1}), \text{ 則 } \kappa = G \times K \quad \therefore G = \frac{\kappa}{K}$$

本實驗中將學習各種吸量管(pipet)的認識與操作, 有容積型吸量管(Volumetric pipet), 莫耳型吸量管(Mohr pipet), 血清型吸量管(Serological pipet)與微量型吸量管(Micropipet)。藉由使用適當的吸量管吸取濃溶液後, 加入去離子水配成各種不同濃度的稀釋液, 這些稀釋液待測的物理性質為比電導值 κ (specific conductance, conductivity)。因此, 需學習電導度計的正確操作步驟及注意事項, 並由電極的校正步驟(後面詳述)中得到所使用電極的電極係數 K , 將所測得稀釋液的比電導值 κ 除以電極係數 K 即得到此溶液的電導值 G 。稀釋液的電導值對濃度作圖, 可得一校正曲線(calibration curve), 再測未知濃度待測液的比電導值(κ)除以電極係數 k 換算成電導值後, 利用內插原理即可得此待測液的濃度。

三、藥品

1. 氯化鉀(Potassium chloride, $\text{KCl}_{(\text{aq})}$):每組配 1.5 M, 50 mL, 秤取 5.5875 g $\text{KCl}_{(\text{s})}$, 加去離子水溶解後稀釋到 50 mL 體積量瓶的標線。

四、器材

A. 抽屜拿出：

1. 燒杯：50 mL
2. 試管：10 支
3. 玻璃體積量瓶：50 mL

B. 助教發配，實驗後歸還：

1. 微量型吸量管
2. 莫耳型吸量管：10 mL
3. 血清型吸量管：5 mL
4. 安全吸球
5. 體積量瓶：10 mL，25 mL

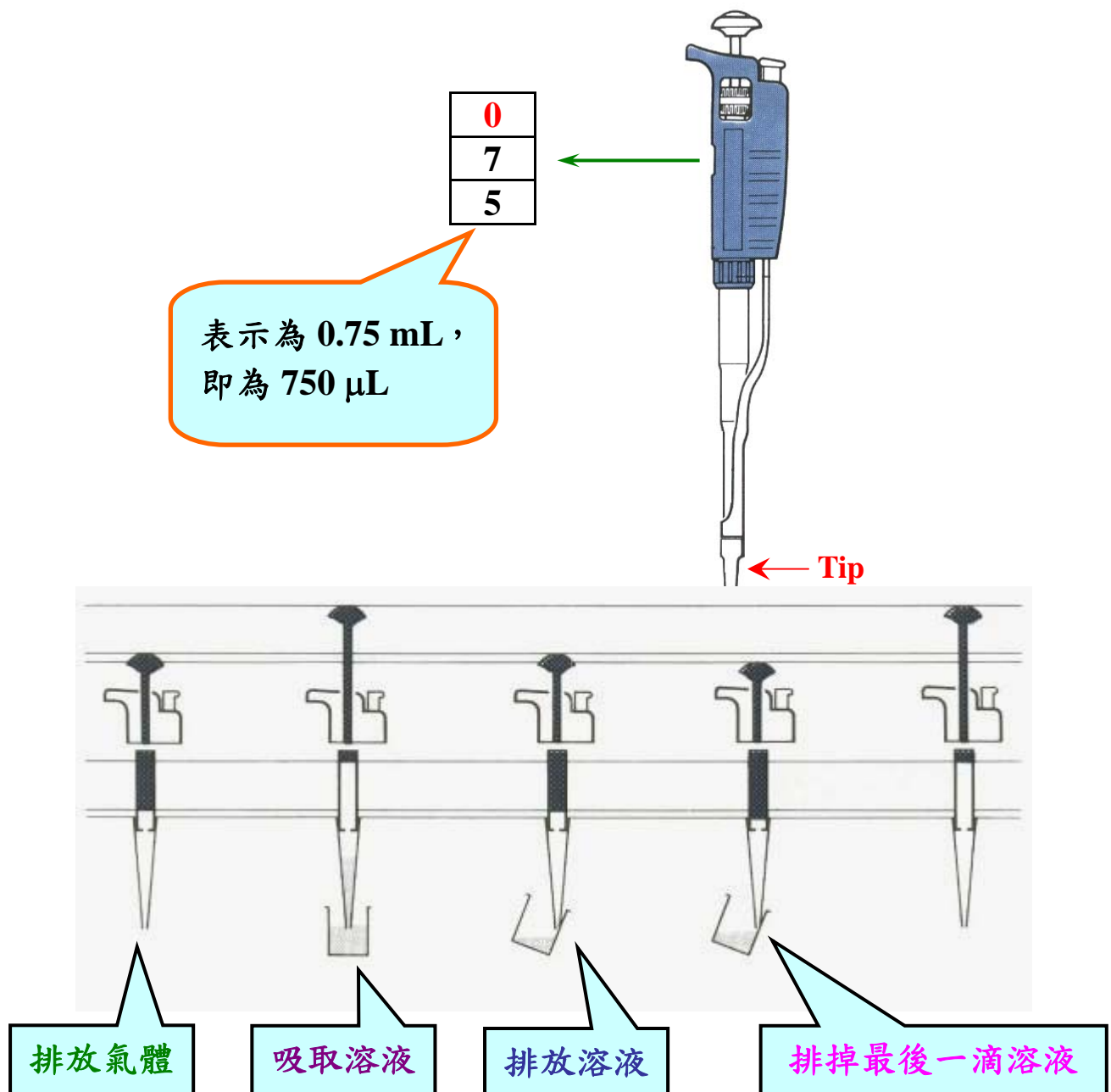
C. 其他器材：

1. 電導度計(conductivity meter)
2. 拭鏡紙
3. 試管架

※Pipette 的使用：

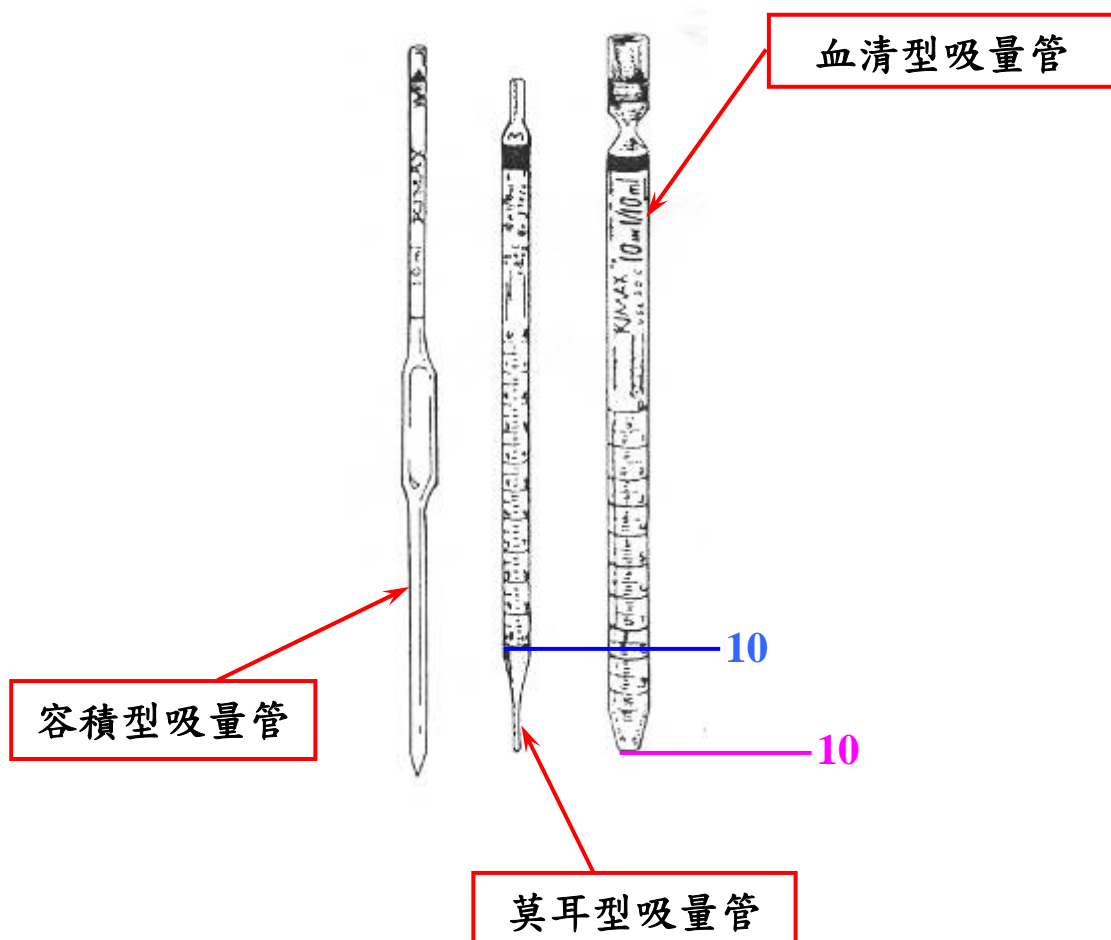
<第一種>微量吸量管(Micropipet)：P1000

1. 適用體積為 200~1000 μL ，欲設定之體積切勿超出此範圍。
2. 吸取溶液時，釋放按鈕不可過快，以免溶液衝入吸管柱內而腐蝕或阻塞活塞。
3. 微量吸量管每次注出溶液後即應去除 tip，且應保持垂直，不可橫放。



<第二種>各式吸量管(pipet)：

1. 使用吸量管時，切勿將溶液吸入安全吸球中，以免污染溶液。
2. 吸取不同溶液時，務必確實清洗吸量管，以免污染溶液而導致實驗誤差。
3. 吸取溶液時，釋放按鈕不可過快，以免溶液衝入安全吸球內而腐蝕或阻塞安全吸球。

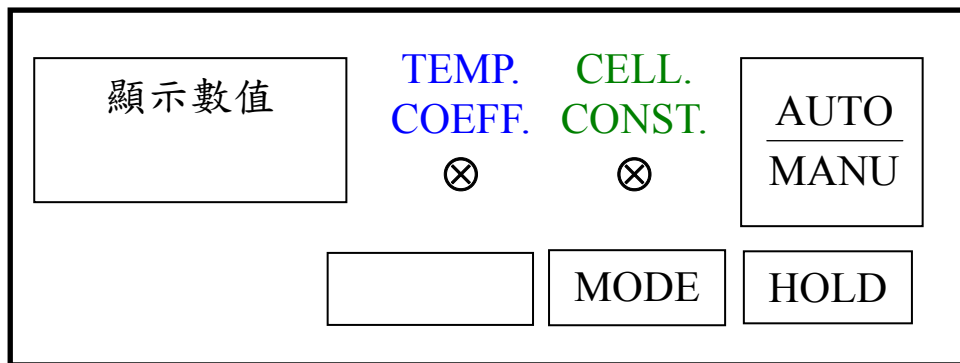


※儀器操作說明

電導度計：SC-170



<1>前面版說明：



1. 調整鈕：TEMP. COEFF.：溫度係數調整鈕

CELL. CONST.：電極係數調整鈕

2. 按鍵：POWER：電源開關，開啟後自動進入測量檔。

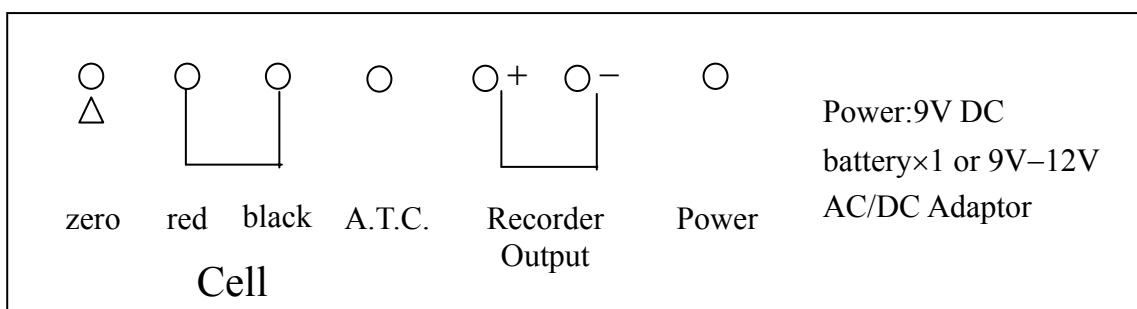
MODE：功能切換按鍵。測量→電極係數→溫度→溫度係數→測量

HOLD：鎖定顯示螢幕數值按鍵，按下時顯示螢幕左上角會出現“HOLD”字樣，數值鎖定不變，再按一次則恢復正常。

$\frac{\text{AUTO}}{\text{MANU}}$ ：測量範圍切換鍵。

AUTO→20.00 $\mu\text{s}/\text{cm}$ →200.0 $\mu\text{s}/\text{cm}$ →2000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ →20.0 ms/cm
→200.0 ms/cm→2000 ms/cm→AUTO

<2>背面版說明：



1. Power：9 V~12 V AC/DC Adaptor 插座
2. Recorder Output：記錄輸出插座，4mm pin
3. A.T.C.：自動溫度補償探棒插座
4. Cell：電極插座
5. Zero：零點調整鈕

<3>電導度計的操作步驟與注意事項：

1. 電極的校正(即校正電極係數)：
 - (1) 標準液配製：精稱 0.7456 克 KCl 以去離子水配至 1 升，即為 0.01 M 氯化鉀標準溶液。(亦可與藥品商購買標準液！)
 - (2) 按“POWER”鍵開啟電源，不使用 A.T.C.探棒。
 - (3) 零點的調整：乾燥電極置於空氣中，調整背面板之 zero 鈕，至螢幕顯示 0.00。
 - (4) 按“ $\frac{\text{AUTO}}{\text{MANU}}$ ”鍵至螢幕出現“Auto”，將電極放入標準液中。
 - (5) 測量此標準液的溫度，對照表得知標準液在此溫度的比電導值(κ)。調“Cell Const.”鈕至該值。
 - (6) 按“MODE”鍵至顯示螢幕左方出現“C=”，此時顯示數字即為電極係數。

2. 溶液比電導值(κ)之測量：

- (1) 將已校正後之電極以去離子水沖洗，並以拭鏡紙擦乾。
- (2) 按“MODE”鍵至顯示螢幕為 0.00。
- (3) 將乾淨電極放入待測溶液中，此讀數即為溶液之比電導值(κ)。

3. 注意事項：

- (1) 電極的保存：乾燥保存，小心使用避免撞擊。
- (2) 每測完一個樣品需用去離子水清洗電極，並以拭鏡紙吸乾殘餘水分。

※安全吸球使用方法：

安全吸球



1.



排放氣體

2.



吸取溶液

3.



排放溶液

4.



排掉最後一滴溶液

五、步驟

A. 1.5 M KCl_(aq) 50 mL 之濃溶液的配製

1. 將秤量紙置於天平上，再度歸零。
2. 精秤 5.5875 g KCl 粉末(儘量吻合到小數下二位)，記錄至 0.0001 g。
3. 將此粉末倒入 50 mL 燒杯中，加少許去離子水以玻棒攪拌使其溶解。
4. 以漏斗盛接，將此溶液沿著玻棒倒入 50 mL 體積量瓶，以少許去離子水潤洗燒杯與玻棒，再將此沖洗液倒入體積量瓶。
5. 加去離子水，直到溶液體積接近體積量瓶的標線，除去漏斗，以滴管加入去離子水至體積量瓶的標線，蓋上瓶蓋搖晃均勻，此即為 1.5 M KCl 濃溶液。

B. 稀釋液的配製

1. 取 9 支乾淨的試管以奇異筆標上 1~9。
2. 備好 3 個 50 mL 的乾淨燒杯，標上 10~12。
3. 將微量吸量管刻度調於 260，吸取 260 μL 的 KCl 濃溶液放入 10 mL 體積量瓶，以滴管加去離子水至標線。
4. 溶液混合均勻後，將此溶液倒入標號 1 的試管中。
5. 依照步驟 Part B 的步驟 3~4，分別吸取下列體積，稀釋後放入各標號試管。

| 試管標號 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 濃溶液 體積(V_1) | 430 μL | 580 μL | 730 μL | 730 $\mu\text{L} \times 2$ (730 μL 取兩次) | 730 $\mu\text{L} \times 3$ (730 μL 取三次) |
| 稀釋後 體積(V_2) | 10 mL | 10 mL | 10 mL | 10 mL | 10 mL |

6. 使用 5 mL 或 10 mL 吸量管吸取下列濃溶液體積後放入體積量瓶，加去離子水稀釋至標線，混合均勻後再倒到各標號的試管或燒杯中。

| 試管標號 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|--------------------|--------|--------|--------|----------------|----------------|----------------|
| 濃溶液體積 (V_1) | 3.4 mL | 6.5 mL | 9.6 mL | 編號 7 之溶液取 5 mL | 編號 8 之溶液取 5 mL | 編號 9 之溶液取 5 mL |
| 稀釋後體積 (V_2) | 10 mL | 10 mL | 10 mL | 25 mL | 25 mL | 25 mL |

7. 利用 $M_1(1.5) \times V_1 = M_2 \times V_2$ 計算稀釋過的溶液標號 1~12 的濃度 M_2 。

C. 測量各稀釋液的比電導值

1. 依照“電導度計的操作步驟與注意事項”中電極的校正過程，讀取電極係數 K 並記錄之。
2. 電極以去離子水沖洗乾淨，用拭鏡紙拭乾，放入標號 1 之試管，量測比電導值(κ)，記錄之，並依序量測編號 2~12 之稀釋液。
3. 將比電導值(κ)除以電極係數(K)即得該稀釋液的電導，算出各稀釋液的電導值。
4. 各稀釋液的電導值對各稀釋液的濃度作圖，利用 Excel 得到線性迴歸線，以 $y = mx + b$ 表示，並且記錄 Excel 作圖時所顯示的 R^2 值。

D. 決定 KCl 待測液的濃度

1. 記錄所取未知濃度 KCl 溶液的編號。
2. 以量筒量取 10 mL 待測液放入已洗淨之試管中。
3. 已洗淨之電極放入此試管中，測量此未知濃度 KCl 溶液的比電導值，再算出其電導。
4. 利用內插法，將此電導值代入 Excel 線性迴歸線 $y = mx + b$ 的 y 值，得到此待測溶液的濃度。
5. 記錄待測溶液濃度實驗值，再詢問助教該編號溶液的濃度理論值，計算相對誤差 E_R 。

$$\text{相對誤差 } E_R = \frac{\text{實驗值} - \text{理論值}}{\text{理論值}} \times 100\%$$

六、數據與結果：

Part A：1.5 M KCl_(aq) 50 mL 之濃溶液的配製

| | |
|------------------------------------|-------------------------------|
| 理論上需秤取 KCl 克數 | _____ g |
| 實際秤取 KCl 克數 | _____ g (記錄到小數點下第四位) |
| 所配 KCl 濃溶液的濃度 (M ₁) | (算式)= _____ = _____ (M) |

Part B & Part C：溶液的稀釋與比電導值

電極係數 K = _____ cm⁻¹

| 標號 | 取 M ₁ 溶液體積 V ₁ | 稀釋後體積 V ₂ | 稀釋液濃度 M ₂ (M ₁ V ₁ =M ₂ V ₂) | 比電導 κ | 電導 G (G = $\frac{\kappa}{K}$) |
|----|-----------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------------------------------|
| 1 | 260 μL | 10 mL | | | |
| 2 | 430 μL | 10 mL | | | |
| 3 | 580 μL | 10 mL | | | |
| 4 | 730 μL | 10 mL | | | |
| 5 | 730 μL×2 | 10 mL | | | |
| 6 | 730 μL×3 | 10 mL | | | |
| 7 | 3.4 mL | 10 mL | | | |
| 8 | 6.5 mL | 10 mL | | | |
| 9 | 9.6 mL | 10 mL | | | |
| 10 | 自編號 7 取 5 mL | 25 mL | | | |
| 11 | 自編號 8 取 5 mL | 25 mL | | | |
| 12 | 自編號 9 取 5 mL | 25 mL | | | |

※稀釋濃度 M_2 (X 軸) 對電導 G (Y 軸) 作 Excel 圖

線性方程式： $y = \underline{\hspace{2cm}} x + \underline{\hspace{2cm}}$

$R^2 = \underline{\hspace{2cm}}$

貼
圖
區

Part D：決定 KCl 未知濃度待測液的濃度

KCl 未知濃度待測液：比電導 $\kappa = \underline{\hspace{2cm}}$

電導 $G = \underline{\hspace{2cm}}$

將電導 G (Y 值) 代入線性方程式 $y = \underline{\hspace{2cm}} x + \underline{\hspace{2cm}}$

得濃度 (x) = $\underline{\hspace{2cm}}$ M

| 待測液 編號 | 待測液濃度實驗值 (M) | 待測液濃度理論值 (M) | 相對誤差 (%) |
|-----------|-------------------|-------------------|---------------|
| | | | |

七、問題與討論：

1. 說明如何操作電導度計以取得電極係數的過程。

2. 描述 $1.5\text{ M KCl}_{(\text{aq})}$ 50 mL 的配製過程。(含使用器材及詳細操作過程)

3. 利用微量吸管吸取 $1.5 \text{ M KCl}_{(\text{aq})}$ 濃溶液，描述配製 $0.024 \text{ M KCl}_{(\text{aq})}$ 50mL 稀溶液的過程。(含使用器材及詳細操作過程)

4.

(a) 畫出 10 mL 莫耳型吸量管及 10 mL 血清型吸量管。(標示出刻度)

(b) 說明欲吸取 10 mL 溶液時，莫耳型吸量管及血清型吸量管使用上之區別。

八、實驗心得與討論：

誤差討論：

心得：