

# 2017 年第十四屆國際國中科學奧林匹亞 競賽--實驗題試題

國立臺灣師範大學 科學教育中心

## 實驗簡介：

時間：3 小時

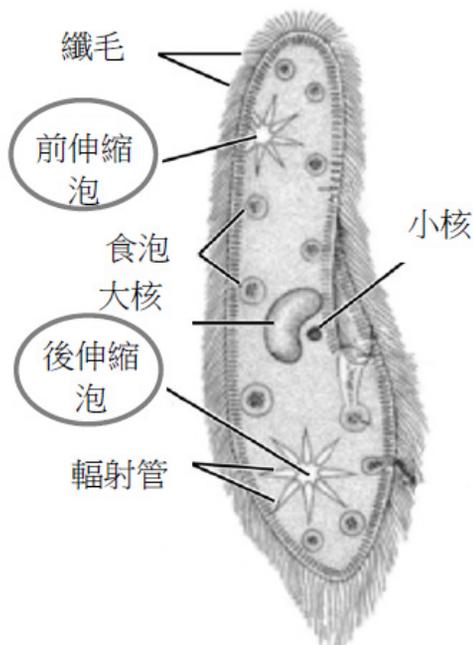
分數：40 分

## 生物-草履蟲(*Paramecium*)的伸縮泡

草履蟲是最廣被研究的單細胞生物種類之一。草履蟲細胞的形狀有點像拖鞋，前面像是拖鞋的 ' 腳跟 '，而後面像 ' 腳趾 '。(圖 1)

草履蟲主要培養於 "乾草浸液" (水中的乾草已煮沸約十分鐘)。細菌以乾草的分解產物為食，所以可生長在這種培養液中。草履蟲因可攝食這些細菌，所以也能在此浸液中生長良好。草履蟲含有一種特殊的胞器，叫做 "伸縮泡"，用於排出細胞內多餘的水分。

在這個實驗中，你要研究草履蟲處於兩種不同鹽濃度的環境中，它的前伸縮泡 (anterior contractile vacuole) 的收縮頻率。



➤ 閱讀基本準則(protocol)，並回答問題

■ 基本準則(protocol)

■ 前伸縮泡收縮頻率的研究

要能夠研究草履蟲前伸縮泡的收縮頻率，你必須在顯微鏡下觀察活的草履蟲。為此，你必須準備自己的顯微鏡樣本。首先，你要從乾草浸液中濃縮草履蟲(第一階段)。然後，你要製備濃縮的草履蟲顯微鏡樣本(第二階段與第三階段)。最後，你要在顯微鏡下分析草履蟲(第四階段)。

**注意，這很重要：**分析時，草履蟲在顯微鏡樣本裏要盡量新鮮。因此，進行某一鹽濃度分析時，必須完成四個階段之後，才能轉換另一鹽濃度。

**注意：**在你準備的顯微鏡樣本中，可能會有一些草履蟲是死的。不要分析看起來“很奇怪”的草履蟲(膨脹的、縐縮的或有凸出小泡的)，你看不到這些草履蟲在活動，或它伸縮泡每分鐘的收縮次數少於 1 次。如果你的樣品沒有足夠健康的草履蟲，你必須重頭做一個新的樣本。在觀察時，你可觀察不只一滴的樣品。

器材

裝有清水的 50 毫升錐形瓶。	1 個
標示 "P—" 的 15 mL 塑膠管，內含草履蟲乾草浸液，沒有任何添加物。	1 管
標示 "P+" 的 15 mL 塑膠管，內含鹽濃度為 $0.03 \text{ mol/L}$ 的草履蟲乾草浸液。	1 管
15 mL 試管架	1 個
標示 "P—" 和你們組別號碼的 1.5 mL 空離心管。	1 管
標示 "P+" 和你們組別號碼的 1.5 mL 空離心管。	1 管
標示 '•' 的 1.5 mL 空離心管	1 管
備用的空離心管	3 管
P1000 微量吸管及藍色吸管尖	1 支

P20 微量吸管及黃色吸管尖	1 支
共用離心機	在實驗室的一側， 由監考人員管理著
標示 "G—" 的 15 mL 塑膠管，內含甲基纖維膠，沒有任何添加物。	1 管
標示 "G+" 的 15 mL 塑膠管，內含鹽濃度為 $0.03 \text{ mol/L}$ 的甲基纖維膠。	1 支
小離心管架	1 個
載玻片	若干
蓋玻片	若干
顯微鏡	1 台
計時器	1 個
小垃圾桶	1 個
解剖針	1 支

## ■ 實驗步驟

### 第一階段：濃縮收集草履蟲

1. 用 P1000 微量吸管吸取 1.5mL 的水放入標示為 '••' 的小型離心管中，並緊密蓋好蓋子。
2. 從標示為 "P—" 的 15 mL 塑膠管中，用 P1000 微量吸管吸取 1.5mL 的草履蟲液，放入同樣標示為 "P—" 的小型離心管中，並緊密蓋好蓋子。
3. 請監考人員幫忙進行離心 "P—" 的小離心管，條件為轉速 3000 rpm，3 分鐘。標示為 '••' 的小型離心管，必須用於離心時的平衡。
4. 取回離心後的小型離心管，草履蟲會以沉澱方式，附著於於小型離心管的底部 (如圖 2)。立即進行下一步。

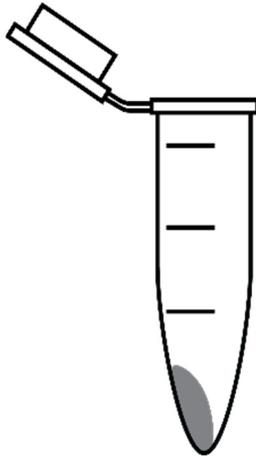


圖 2 - 離心後的離心管，可見沈澱物

5. 將 P1000 之微量吸管調至 1 mL，不要碰到任何沉澱物，小心吸出 1 mL 的上清液，投棄至小垃圾桶中。
6. 蓋好蓋子，用手指輕彈離心管數下，讓草履蟲重新懸浮於液體中。要確認管內的懸浮液都已流到管底。
7. 現在你已有 0.5 mL 經濃縮處理後的草履蟲懸浮液。在每次吸取用於製作顯微鏡樣本時，必需要再用手指輕彈數下，讓草履蟲呈現均勻的懸浮狀態。

### 第二階段：在監考人員監督下製作顯微鏡樣本

1. 將 P20 之微量吸管調至 5  $\mu$ L，在本階段中維持此設定，然後如圖 3 所示，於載玻片上分別滴上四滴 5  $\mu$ L 的草履蟲懸浮液。

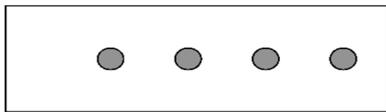


圖 3 - 在載玻片上滴四小滴的示意圖。

2. 將該載玻片置放於顯微鏡的載物臺上。
3. 按正確的程序，進行 40X 的放大(4 倍物鏡以及 10 倍目鏡)，並確定能清楚看到草履蟲。
4. 舉手通知監考人員評分，他/她將檢查你的樣本，並依據你的製備過程在問題 2 上評分。
5. 當樣本的檢查完成後，閱讀答案卷上之問題 3，但先不要作答，直到完成第四

階段。將標本放大至 100X，以觀察草履蟲。

### 第三階段：製作顯微鏡樣本以進行分析

1. 使用 P20 之微量吸管，自標示為 " G—" 的小型離心管中，取出 25 $\mu$ L 的甲基纖維膠，小心輕緩地滴放在玻片的中央。**注意**：小心輕緩地按壓微量滴管之壓桿，以避免氣泡的形成。
2. 再次使用 P20 之微量吸管，取出 5 L 的草履蟲懸浮液，放入玻片的膠滴中。
3. 小心地用解剖針將草履蟲懸浮液和甲基纖維膠混合，小心不要讓混合後的膠滴，在玻片上過度散開，並且避免氣泡的形成。
4. 小心地在膠滴上，蓋上蓋玻片，但不可施壓力在其上，你的顯微鏡標本現已完成備用。

### 第四階段：觀察草履蟲

1. 將顯微鏡樣本，置放於顯微鏡的載物臺上。
2. 按正確的程序，進行 100X 的放大。
3. 仔細地觀察草履蟲。

#### ➤ 回答問題 3

草履蟲有兩個伸縮泡，一個在前(前伸縮泡)，一個在後(後伸縮泡)(如圖 1)。整個實驗過程中，要觀察位於前方的前伸縮泡。

4. 觀察一隻草履蟲的前伸縮泡，六次連續的收縮，在問題 4 的表 A2 中，記下第 1 次至第 6 次收縮的總時間。另外分別觀察 8 隻不同的草履蟲，重覆此一流程。

用標號為 " P+" 的草履蟲，重覆第一、三及四階段的步驟。可直接跳過第二階段的步驟，此時你的樣本**不需**再被檢查。但在第三階段中，要用到甲基纖維膠，改採用標示為 " G+" 的塑膠管，而不是 " G—"。

#### ➤ 回答問題 5~12

## 化學—用 Fajans 滴定法測量氯化鈉溶液的氯離子濃度

### 介紹

海水每升約含有 35 克的鹽類，其中大部分是 NaCl。利用海水和淡水之間鹽的濃度差，再用所謂的“藍海能源”技術即可產生電能。

### 秤重滴定

為了準確的測量水中氯化物之濃度，本實驗將採用秤重滴定的技術。

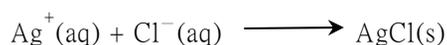
在一般滴定中，實驗步驟大致為將未知濃度的 X 溶液準確放入錐形瓶中。加入指示劑，再用第二種已知濃度的溶液試劑來滴定。通常第二種試劑是從滴定管中加入錐形瓶。當指示劑變色時，即達到滴定終點。最後依據 X 溶液的體積，加入的試劑溶液的體積，試劑溶液的濃度以及物質相互反應的比例等等，來計算 X 溶液的濃度。

在秤重滴定中，待測 X 溶液和試劑溶液都裝在針筒中。在滴定開始前，兩個針筒都要秤重。然後，將一定量的 X 溶液從其針筒中轉移到錐形瓶。加入指示劑，再將第二針筒中，已知濃度的試劑緩緩加入錐形瓶。當指示劑變色時，即達到滴定終點。再次秤量兩個針筒之重量。X 溶液的濃度可以由兩種溶液的密度、轉移到錐形瓶中 X 溶液的質量、試劑溶液的濃度和物質相互反應的比例來計算。

秤重滴定的特別優點為：若不小心加入太多試劑（超過終點）時，可以很容易的校正。只要再次添加一些 X 溶液，直到指示劑恢復其原始顏色，然後再滴定溶液。兩個針筒只在達到準確的終點時才再次秤重。

### 實驗原理

在這個實驗中，你將使用所謂的用 Fajans 滴定法來判斷氯化鈉（NaCl）溶液的濃度。此滴定包括用硝酸銀（AgNO<sub>3</sub>）溶液滴定 NaCl 溶液，反應產生白色沉澱如下：

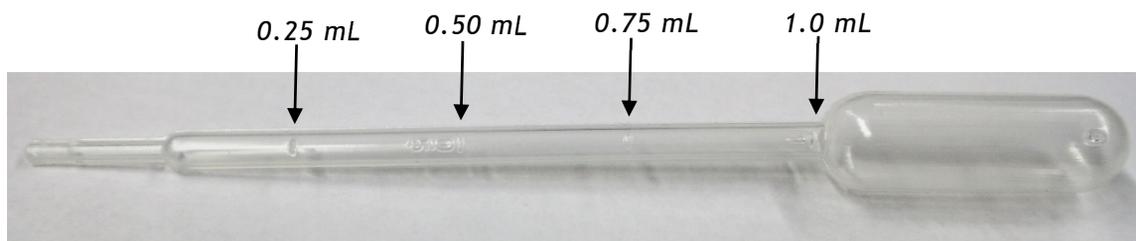


加入一些環糊精（一種澱粉，瓶上標示為“Dextrin”）以防止沉澱物過多而凝結。指示劑為二氯螢光劑（瓶上標示為“DCF”）。當達到滴定終點時，它會從黃色變為粉紅色。

## 藥品及器材

**注意！**本實驗之藥品及器材，列在下表中，足以完成實驗。若發生意外，你可要求替換/補充，但是你和你的隊伍將在本實驗題中被扣一整分（最多）。去離子水不限量，你可將空瓶交給實驗室助理裝滿。

- 1 個 錐形瓶 250 或 300 mL
- 2 個 燒杯 50 mL
- 2 個 塑膠針筒 20 mL
- 2 個 鈍頭針頭
- 1 個 小刮勺
- 1 個 P1000 微量滴管
- 1 個 微量吸管架
- 2 個 藍色的微量滴管尖
- 紙巾
- 1 個標有“Waste”的廢液罐
- 1 支 油性筆
- 手套（在實驗室中心的盒子內）
- 1 個 紙板（可立在桌上）
- 1 個標示為“NaCl”的塑膠瓶，含有 100 mL 未知濃度的 NaCl 溶液
- 1 個標示為“AgNO<sub>3</sub>”的黑色塑膠瓶，含有 75 mL，濃度為 20.00 g/L 的 AgNO<sub>3</sub> 溶液
- 1 個標示為“DCF”的 15 mL 離心管，含有二氯螢光指示劑
- 1 個 離心管架
- 1 個 洗瓶 裝有去離子水
- 1 個 含蓋玻璃瓶 標示為“Dextrin”，內含約半滿之藥品
- 2 個 玻璃瓶 10 mL
- 1 個 分析天秤（兩組學生共用）
- 1 個 1.0 mL 塑膠吸管（刻度如圖一）



圖一：標示刻度之塑膠吸管

## 數據

表一中列出相關元素的標準原子量：

元素	標準原子量
N	14.01
O	16.00
Na	22.99
Cl	35.45
Ag	107.87

## 安全須知

**注意！** 在整個實驗過程中，您必須戴手套。雖然實驗的溶液是相當無害的，但接觸  $\text{AgNO}_3$  溶液可能會導致你的皮膚上出現難看的棕色斑點。這同樣會發生在你的衣服、桌子和地板，所以盡量不要灑出溶液，若不小心灑出溶液，立即用紙巾清理。

- 使用  $\text{NaCl}$  和  $\text{AgNO}_3$  溶液前，先將之倒到燒杯中。
- 不要試著排除塑膠針筒內的空氣，它們不影響本實驗。

### A. 測量溶液的密度

用天秤、微量吸管（和吸管尖！）及玻璃瓶，來測量  $\text{NaCl}$  和  $\text{AgNO}_3$  溶液的密度。要確定你得到非常準確的溶液密度！在答卷上寫下你的測量數據們、計算們和答案們。

### B. 練習滴定

#### ◆ 目標

練習滴定有兩大目標：

- 估計大約需要加入多少體積的  $\text{AgNO}_3$  溶液到某定量  $\text{NaCl}$  溶液中，才能達到滴定終點。
- 觀察滴定終點處指示劑的顏色變化。注意，當黃色溶液逐漸變成橘色時，並**不是**滴定終點。當懸浮液的黃橘色剛好明顯變成粉紅色，並且在徹底漩轉錐形瓶後仍保持粉紅色時，才達到滴定終點。

**◆ 步驟**

1. 將鈍頭針頭套在塑膠針筒上。
2. 將 NaCl 溶液倒到一個燒杯中，並用針筒吸取 15 mL。
3. 擦乾針筒和針頭外的任何液體，針頭上也不要留有液體。不用擔心針筒內的空氣。
4. 小心將針筒內之溶液倒入錐形瓶中。
5. 加入大約 85 mL 去離子水到錐形瓶中。
6. 加入三小刮勺的 “Dextrin” 到錐形瓶中。旋轉錐形瓶，使環糊精散開。
7. 用塑膠吸管吸取 0.5 mL 的 “DCF” 指示劑到錐形瓶中。
8. 將另一個鈍頭針頭套在第二個塑膠針筒上。
9. 將 AgNO<sub>3</sub> 溶液倒到第二個燒杯中，並用針筒吸取 20 mL。
10. 擦乾針筒和針頭外的任何液體，針頭上也不要留有液體。
11. 現在，開始將 AgNO<sub>3</sub> 溶液加入已有 NaCl 溶液的錐形瓶，同時旋轉錐形瓶。持續加入 AgNO<sub>3</sub> 溶液，直到達到滴定終點。
12. 紀錄針筒中剩餘的 AgNO<sub>3</sub> 溶液體積，並計算加入 AgNO<sub>3</sub> 溶液的體積。
13. 假如你願意，可多做一點實驗，再加幾滴 NaCl 溶液（指示劑顏色回到滴定終點前之顏色），然後再用 AgNO<sub>3</sub> 溶液滴定。這樣你更可以了解秤重滴定的原理。
14. 做完後，將錐形瓶內的懸浮液倒入廢液罐（Waste）。用去離子水徹底沖洗錐形瓶三次。將沖洗液也倒入廢液罐。

**C. 準確滴定**

**注意！**要準確的滴定 NaCl 溶液，只在快到滴定終點前才加入指示劑非常重要。

**◆ 步驟**

1. 用 NaCl 溶液填滿第一個針筒至 20 mL 刻度。
2. 擦乾針筒和針頭外的任何液體，針頭上也不要留有液體。不用擔心針筒中的空氣。
3. 秤量含 NaCl 溶液之針筒總重。要將針筒以立著方式秤重。將數據寫在答題卷上。
4. 小心地將針筒內溶液加入錐形瓶中，但只能從針筒中壓出 15 mL 左右，需要留 5 mL 在針筒中。留一些 NaCl 溶液在針筒中是非常重要的！
5. 加入大約 85 mL 去離子水到錐形瓶中。
6. 加入三小刮勺的 “Dextrin” 到錐形瓶中。旋轉錐形瓶，使環糊精散開。
7. 將第二個塑膠針筒裝滿 20 mL 的 AgNO<sub>3</sub>。
8. 擦乾針筒和針頭外的任何液體，針頭上也不要留有液體。
9. 秤量含 AgNO<sub>3</sub> 溶液之針筒總重。**將數據寫在答題卷上。**

10. 現在，用  $\text{AgNO}_3$  溶液滴定  $\text{NaCl}$  溶液，直到離滴定終點尚有約 1 mL。
11. 用塑膠吸管吸取 0.5 mL 的“DCF”指示劑到錐形瓶中。
12. 繼續完成滴定。
13. 當您確定已達滴定終點，將兩個針筒分別稱重，**並紀錄在答卷上**。
14. 做完後，將錐形瓶內的懸浮液倒入廢液罐。用去離子水徹底沖洗錐形瓶三次。將沖洗液也倒入廢液罐。
15. 重複此準確滴定兩次（總共三次精確滴定）。**然後回答在答卷上的問題**。

## 物理-藍海能源

### 簡介

1932 年，荷蘭建造了一座壩堤，稱為封閉式壩堤，此堤將瓦登海隔開，見圖 1，並將以前所謂的南海封閉起來。使得南海成為淡水湖，並改稱之為 IJssel 湖；它是以 IJssel 河的名字命名。為了調節湖水位，低潮時湖水會通過封閉式壩堤流入瓦登海。

從海水和淡水中鹽濃度的差異可以產生電能。由鹽濃度差異產生的電能的總稱是“藍海能源”。“反向電透析”(RED)是發電廠中產生電能的方法之一。在 RED 這種電廠中，鹽和淡水被膜隔開，使正離子或負離子通過；由於濃度差異，來自鹽水的離子遷移到淡水中。這種電荷傳輸可以用來發電。“藍海能源”是一種可再生能源，不會導致二氧化碳，氮氧化物和硫氧化物等溫室氣體的產生。



圖 1：北部封閉式壩堤的 IJssel 湖。舊的南海輪廓是用粗線框出的範圍

### 目的與實驗設置

您將使用兩個實驗來估算利用鹽濃度差異發電的“藍海能源”發電廠所產生的最大電量。整個實驗包含三個部分：

#### A. 實驗裝置 A: 濃度槽

你要利用這樣的裝置測量不同鹽水溶液濃度的電壓差(電位差)。

## B. 實驗設置 B：電導

你需要利用實驗裝置測量不同濃度液體的電導。

C. 依據上述的結果進行數值的計算。

## 公式表

歐姆定律： $\Delta V = I \cdot R$

電導： $G = \frac{1}{R}$ ；單位  $[G] = S = \Omega^{-1}$

電導率： $\sigma = G \frac{l}{A}$

電功率： $P = \Delta V \cdot I$

圓周長： $2\pi r$

圓面積： $\pi r^2$

## A. 利用濃度槽測量不同濃度溶液的電位差

### 實驗目的

1. 測量四個溶液 X1 - X4 個別與 X0 溶液之間的電壓差。
2. 決定 X0 溶液的濃度

## 實驗

### 實驗裝置

圖 2 中所表示的是實驗初始狀態的裝置圖。

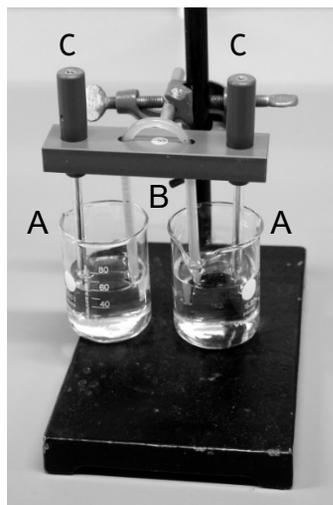


圖 2：實驗裝置的初始狀態

## 器材

- 兩個 100 mL 燒杯(用符號 A 標示)
- 附夾子的支架
- 一個鹽橋(用符號 B 標示)
- 銀和氯化銀電極 (用符號 C 標示)
- 一個塑膠台用以乘載鹽橋和兩電極(用符號 D 標示)
- 一個數位電表
- 一條紅色的接線
- 一條黑色的接線
- 一個標示有 X0 的 250mL 的燒瓶，內裝有未知濃度的鹽水溶液。
- 以 X1，X2，X3 和 X4 標示的四個 250mL 燒瓶，其內裝有已知、但是不同濃度的鹽水溶液。
- 裝置中有一個濃度的列表。
- 紙巾

### 注意事項：

小心使用電極！始終將它們的電線存放在鹽溶液中。不要用去離子水沖洗它們。

千萬不要使用數位電表的  $\Omega$  測量，氯化銀電極將被嚴重損壞，而無法繼續使用。

如果數位電表發出嗶嗶聲，請按下 RANGE 按鈕以防止它自動關閉。如果關閉，將先轉盤轉到 OFF，然後轉回到  $mV \approx$ 。

如果你有其他數位電表的相關問題，請聯絡實驗助理。

## 進行實驗 A

實驗裝設如圖 2 所示，在實驗開始時，鹽橋和電極都浸沒在鹽水溶液 X0 中。在實驗過程中，左邊燒杯的溶液將輪流由 X1、X1、X1 和 X4 替換，而右邊燒杯一直持續使用 X0。

1. 將數位電表的旋鈕轉到  $mV \approx$ ，然後按藍色按鈕選擇“直流電流”（螢幕上顯示標示為 DC）。
2. 用紅色電線將右側電極連接到數位電表的  $V\Omega$  端口，將左側電極用黑色電線小心連接到數位電表的 COM 端口。

3. 稍待數位電表電壓有穩定的讀值時，在答題紙表 A1 中紀錄電壓讀值（注意：電壓可以有正值或負值。如果電壓大於 3 mV（或小於 -3 mV），請向實驗室助理索取一套新的電極！
4. 鬆開夾子並抬起夾具和塑膠台，使鹽橋和電極從溶液中取出。清空左側燒杯中的溶液；並用紙巾徹底擦乾燒杯內部。
5. 將約 80 mL 溶液 X1 倒入燒杯中，然後放回支架底座上。
6. 降低夾具和塑膠台，使鹽橋和電極再次適當地懸掛在溶液中。
7. 等待電壓穩定（最多 5 分鐘），在此期間是可以輕輕晃動燒杯。紀錄電壓並寫入答案卷的表 A1 中。
8. 針對溶液 X2，X3 和 X4，重複步驟 4 至 7。
9. 完成上述實驗步驟後，仍舊將電極和鹽橋懸掛在溶液中，斷開電線並關閉數位電表。再請實驗助理收起電極和鹽橋進行存放。如果晚一點還需要用到電極，可以告知實驗助理取回電極。

➤ 回答答案卷上 1-5 的問題。

## B. 測量溶液的電導

### 實驗目的

- 測量溶液 X0，以及溶液 X1—X4 的電導。
- 決定 X0 的濃度
- 確定 X0 以及溶液 X1—X4 的電導率。

### 實驗部分

#### 材料

- 兩個 100 mL 的燒杯。
- 一組兩個鍍金電極(圖 3 中的 A)
- 交流電源供應盒(圖 3 中的 B)
- 兩個數位電表(圖 3 中的 C)

- 以 X1，X2，X3 和 X4 標示的四個 250mL 燒瓶，其內裝有已知、但是不同濃度的鹽水溶液。(這些燒瓶與實驗 A 部分相同)
- 一個標示有 X0 的 250mL 的燒瓶，內裝有未知濃度的鹽水溶液。
- 紙巾
- 有一組文具、尺在鉛筆盒內。
- 四條電線(紅、黑和兩條藍色)，見圖 3 中的 D。兩條數位電表的電線(紅、黑各一)見圖 3 中的 E。
- 附夾子的支架

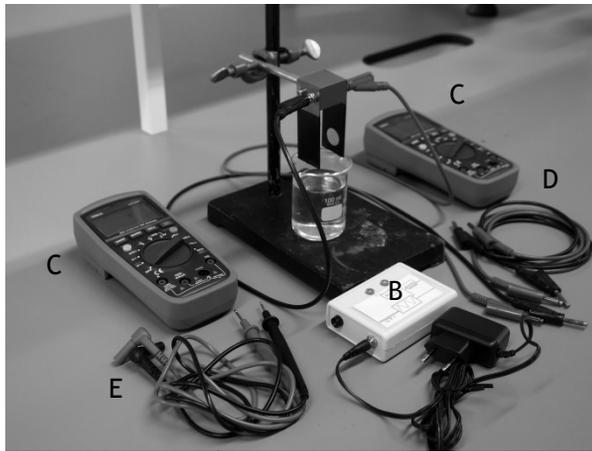


圖 3：實驗設置所需要的材料

### 實驗裝置

在這個實驗中，是利用圖 3 所示的實驗材料，來決定鹽水溶液的電導。一組鍍金電極浸沒在含有鹽溶液的燒杯中。電極必須連接到一個交流電源，此電源提供一個高頻率（1 kHz）和低電壓的交流電。這樣的交流電源可以防止鹽溶液發生電解。從測量電極兩端的電壓和通過電極的電流，可以求得電導。

圖 4 為電源盒的電路示意圖；在盒子上繪製有交流電壓源的三角波型的符號。在實驗過程中，應將圖 4 右側的端口與測量電導的鍍金電極連接起來。為了測量電流，該電源盒包含一個電阻器  $R_1 = 10 \Omega$  和一個 10 倍的放大器來放大電阻器兩端的電壓，其輸出則是在上方的兩個端口之間測量。

### 進行實驗 B

1. 在兩個燒杯中倒入 80mL 的溶液 X0。一個燒杯 1 用於測量，另一個燒杯 2 裝入需要用以清洗的 X0。
2. 將該組電極浸沒在燒杯 1 中，使得圓形鍍金表面完全浸沒在溶液中。
3. 依照圖 4 所示構建電路。確定數位電表處於  $mV \approx$ ，設置交流電（使用藍色按鈕，以便螢幕顯示“AC”），並連接到相應的插座。

請實驗助理檢查您的電路並連接電源。

請實驗助理在進行實驗前，在答案卷上簽名！

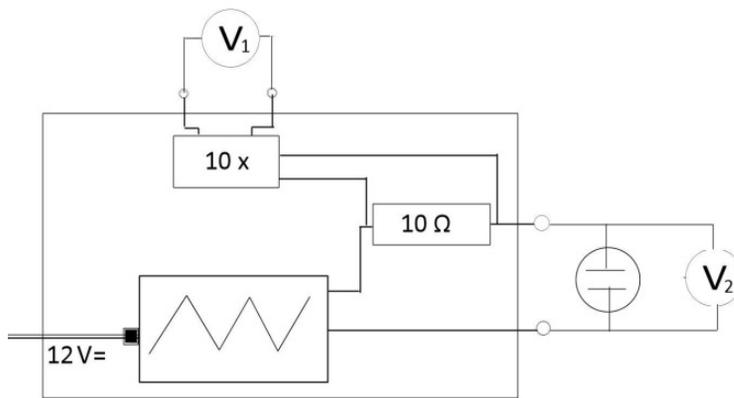


圖 4: 電源盒示意圖，其中  $\oplus$  代表是鍍金電

4. 將電源插頭插入牆上插座，稍等讓兩個數位電表顯示穩定。如果數位電表的讀數是“OL”（超出限制），則用 RANGE 按鈕改變範圍，或將轉盤轉到  $V \sim$ 。在將數據紀錄在答案卷問題 7 的 B1 表中，並在表的第一行寫下其物理量的單位。
5. 將電極從燒杯 1 中取出，放入燒杯 2 中進行沖洗。
6. 將燒杯 1 的內容物倒入排水口，並將燒杯內部弄乾。
7. 用溶液 X1 填充燒杯 1。
8. 將電極從夾子中取出，輕輕搖動，並以與步驟 2 相同的方式將其放回燒杯 1 中。從數位電表讀取數據，將數據紀錄在答案卷問題 7 的 B1 表中。
9. 對 X2, X3 和 X4 重複進行上述測量（步驟 5 - 8），並將讀數記錄在答案卷。
10. 最後，從牆上插座上拔下電源。清潔燒杯和電極。

➤ 回答答案卷上 8–10 的問題

測量的電導取決於電極之間的距離和導電電極表面積。“電導率”是溶液的一個特性，並不取決於所使用的裝置。電導  $G$  和“電導率”  $\sigma$  之間的關係是：

$$\sigma = G \cdot \frac{l}{A} \quad \text{單位為} \quad [\sigma] = \text{S/m.}$$

在這個等式中， $l$  是電極之間的距離， $A$  是電極的導電面積。此面積是指鍍金的圓型區域。

➤ 回答答案卷上 11–12 的問題。

### 計算理論上的最大電功率

#### 目的

- 計算理論上由 RED 藍海能源槽所產生的最大功率

在前面的實驗中，已經從濃度槽實驗獲得的電壓和鹽水溶液電導的關係。利用這些數據，在理論上可以計算出藍海能源發電廠所產生的電力。

在圖 5 中描繪了 RED 藍色能量單元的示意圖。它由兩個大的扁平電極和一個隔膜組成。該膜具有與實驗 A 中的鹽橋相同的功能。鹽水在膜的一側流動，而在另一側流入淡水。這會與在實驗 A 中測量的方式相同，在電極之間產生電位差。電極可以連接到外部電阻  $R_{ext}$  以產生電流和功率。

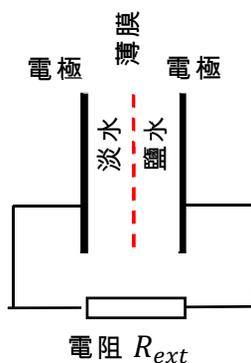


圖 5: RED 藍海能源槽示意圖

在以下的部分，利用你的量測，要計算藍海能源發電廠最大功率。

- 回答答案卷上第 13 題的問題。

對於紅細胞，電極和膜之間的距離等於  $l = 2.0 \text{ mm}$ ，電極的面積為  $A = 1.0 \times 10^2 \text{ m}^2$ 。

RED 能源槽的內電阻可以由下式求得：

$$R_{\text{int}} = \frac{1}{G_{\text{fresh}}} + \frac{1}{G_{\text{salt}}}$$

- 回答答案卷上第 14-15 題的問題。

為了獲得 RED 藍色能源電池的最大功率，將其連接到一個外部電阻器，其電阻值與內電阻相等：

$$R_{\text{ext}} = R_{\text{int}}$$

- 回答答案卷上第 16-18 題的問題。