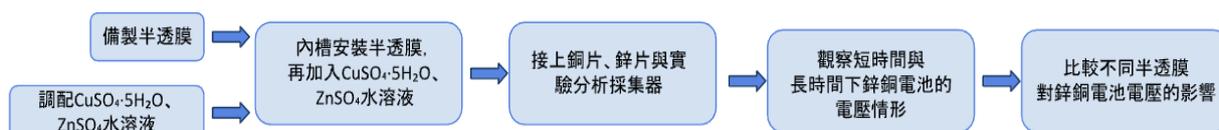


2023 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

普高組 成果報告表單

題目名稱：「穿」來「透」去—探討半透膜和鹽橋之特性與應用
一、摘要
本研究以鋅銅電池做為主要裝置，使用鹽橋與半透膜作為讓電池內部電中性之物質，並比較鹽橋與半透膜（洋菜、吉利丁、生物膜和玻璃紙）裝置上之差異，除了兩者都可協助鋅銅電池有穩定的電壓電流外，觀察到鹽橋與半透膜兩者在反應時有些現象上的差異：以半透膜讓鋅銅電池運作，反應完後鋅片上會有黑色物質附著，而以鹽橋讓鋅銅電池運作，反應後的鋅片並未附著黑色物質，且使用半透膜進行實驗時，反應前後液面高度有明顯變化，透過這兩點來研究鹽橋與半透膜在鋅銅電池的反應
二、探究題目與動機
起初想研究電池發電的部分，在資料查詢後發現電池兩極之間需要物質來平衡電子反應，可能因為物質的不同影響到電池的發電效率，所以我們開始著手這方面的研究，透過尋找日常生活中可取得的物質作為基礎研究對象，而發電裝置使用的是鋅銅電池，因為這是電池中最容易製作且最經典的化學電池，而我們從鋅銅電池中維持電中性的物質：鹽橋當作基本討論對象，延伸至與鹽橋有類似性質的半透膜。過程中我們發現鹽橋與半透膜在反應上並不全然相同，像是在使用半透膜反應後的鋅片有黑色物質產生，而在氧化還原的觀念應該是銅片的質量增加，鋅片質量減少，但在實驗後鋅片上面竟然增加黑色物質，而利用鹽橋的鋅片上卻沒有此現象的發生，且在查詢文獻時，無相關資料解釋，所以我們從比較兩者的電壓電流，到反應過程的現象做觀察與解釋
三、探究目的與假設
目的：探討生活中常見半透膜（果凍膜、生物膜、玻璃紙）是否能代替鹽橋，比較兩者之差異性，並探討黑色物質的產生 假設一、不同物質作為半透膜有不同效果 假設二、黑色物質與內部溶液有關
四、探究方法與驗證步驟
一、研究原理 (一) 氧化還原 鋅片為陽極，銅片為陰極，陽極作氧化反應，反應式為 $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^{-}$ ；陰極則為還原反應，反應式為 $Cu^{2+} + 2e^{-} \rightarrow Cu$ ，依照氧化還原反應之性質，鋅片反應後質量應減少，而銅片反應後則會比反應前的質量增加。

二、研究流程



三、研究方法

(一) 製作實驗裝置

利用壓克力板裁出寬 4.5*4.5 公分、高 9.0 公分的裝置 (如圖一) , 內部含有一塊板子 , 功用是讓半透膜夾在裝置與板子之間

自製裝置 (圖一)

(二) 調配藥品

濃度/溶液	硫酸銅水溶液	硫酸鋅水溶液	硝酸鉀水溶液
濃度(M)	0.1	0.1	0.1

(三) 處理半透膜

1. 玻璃紙

(1) 沿底蓋切割相同大小的玻璃紙

2. 蛋膜

(1) 在蛋殼上開一個洞 , 並將蛋液倒出

(2) 將處理好的蛋殼浸至白醋 , 讓蛋膜與蛋殼分離 (如圖二)

(3) 取蛋膜剪至適當的大小後放入裝置中

3. 腸膜

(1) 切割與底蓋相同長度的腸膜

(2) 將腸膜橫向剪開 , 攤平在底蓋上

4. 洋菜

(1) 取 1g 洋菜泡水至軟 , 擰乾加入 100ml 滾燙熱水中

(2) 攪拌至洋菜溶解 , 倒入以抹油的容器中

(3) 放入冷藏凝固後 , 沿底蓋切割相同大小的洋菜凍

5. 吉利丁

(1) 取 3 片(7.5g)吉利丁泡水至軟 , 擰乾加入 100ml 的 40 度溫水中

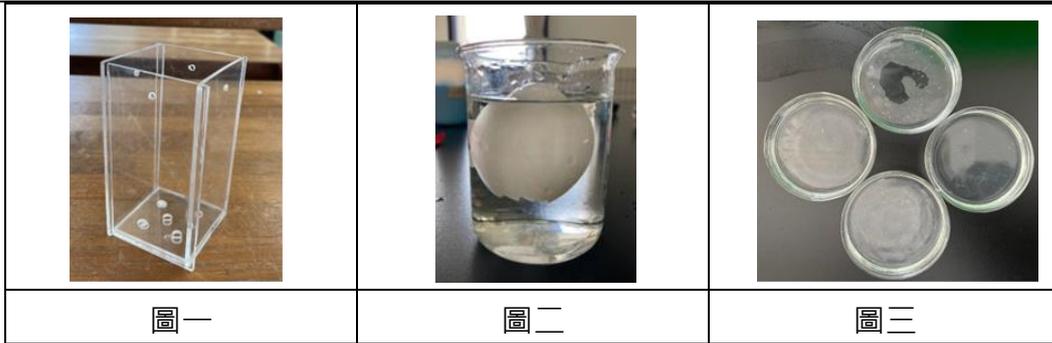
(2) 攪拌至吉利丁溶解 , 倒入以抹油的容器中 (如圖三)

(3) 放入冷藏凝固後 , 沿底蓋切割相同大小的吉利丁凍

自製實驗裝置

已分離的蛋膜

倒入容器的吉利丁液



四、替換半透膜並檢測電壓電流

- (一) 將半透膜放至實驗裝置
- (二) 連接電路
- (三) 收集實驗數據

1. 短時間電壓和電流

- (1) 將三用電表接上鱷魚夾 (如圖五)
- (2) 將正極的鱷魚夾接至銅片，負極接至鋅片
- (3) 將銅片放入裝 $\text{CuSO}_{4(\text{aq})}$ 的水槽，鋅片放入裝至 $\text{ZnSO}_{4(\text{aq})}$ 的水槽
- (4) 計時一個小時，並在每十分鐘時紀錄電壓及電流

2. 長時間電壓

- (1) 將實驗分析採集器連至電壓感應器，並將電壓感應器的兩極接至鋅片與銅片 (如圖六)
- (2) 設定實驗分析採集器，設定數據如下：
數據蒐集時間為 20 小時、一小時紀錄 30 筆資料，資料總數為 601 筆
- (3) 20 小時後，將 USB 插上實驗分析採集器，儲存搜集時間內的電壓情形



(四) 各半透膜研究數據圖表與討論

1. 短時間電壓電流數據圖

透過各半透膜電壓電流數據圖 (如表一至六) 可以發現，每種半透膜確實能達到替換鹽橋的功效，且相同半透膜進行不同次實驗所檢測到的電壓電流大致接近

	電壓	電流
--	----	----

<p>表一：鹽橋</p>		
<p>表二：蛋膜</p>		
<p>表三：腸膜</p>		
<p>表四：洋菜</p>		
<p>表五：玻璃紙</p>		
<p>表六：吉利丁</p>		

2.短時間平均數值表 (表七)

從平均數值表 (如表七) 來細看可以發現，每種半透膜所測得的電壓落差不大，而主要差異在電流。電壓則是在六十分鐘後皆比初始電壓來的小，其中能讓電壓最高的是吉利丁，電流最高的則是腸膜，而洋菜則擁有較穩定的電壓及電流

2.長時間各半透膜電壓變化圖 (表八)

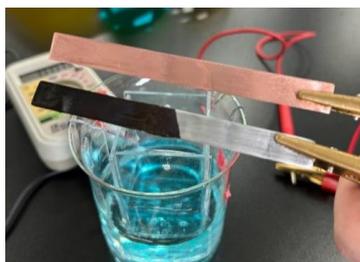
蛋膜	初始	10min	20min	30min	40min	50min	60min	平均	標準差
電壓(V.av)	1.07633333	1.07133333	1.057	1.062	1.066	1.07233333	1.06566667	1.0672381	0.0066045
電流(mA.a)	3.35666667	3.54666667	3.59333333	3.70333333	3.74333333	3.77	3.78333333	3.642381	0.1545209
腸膜	初始	10min	20min	30min	40min	50min	60min		
電壓(V.av)	1.08	1.0786667	1.0776667	1.0726667	0.7163333	0.7076667	0.7106667	0.9205238	0.1955015
電流(mA.a)	4.63	4.71333333	4.66666667	4.69666667	2.62	2.70333333	2.46333333	3.7847619	1.1149238
果凍膜一	初始	10min	20min	30min	40min	50min	60min		
電壓(V.av)	1.08666667	1.08433333	1.08966667	1.08333333	1.08633333	1.08166667	1.085	1.0852857	0.0025851
電流(mA.a)	1.13	2.54666667	3.24333333	3.45	3.57	3.68	3.70666667	3.0466667	0.9341266
玻璃紙	初始	10min	20min	30min	40min	50min	60min		
電壓(V.av)	1.087	1.089	1.069	1.0695	1.064	1.0635	1.056	1.0711429	0.0123582
電流(mA.a)	0.545	0.545	0.405	0.41	0.4	0.4	0.395	0.4428571	0.0699319
吉利丁	初始	10min	20min	30min	40min	50min	60min		
電壓(V.av)	1.0955	1.078	1.0845	1.075	1.0845	1.076	1.0835	1.0824286	0.0070322
電流(mA.a)	1.065	1.17	1.235	1.305	1.35	1.405	1.525	1.2935714	0.1528811
鹽橋	初始	10min	20min	30min	40min	50min	60min		
電壓(V.av)	1.0915	1.0915	1.0875	1.0895	1.0865	1.088	1.086	1.0886429	0.0022493
電流(mA.a)	0.375	0.375	0.375	0.375	0.395	0.39	0.385	0.3814286	0.0085217

觀察圖表 (如表八) 可發現，每種半透膜長時間在鋅銅電池內反應，其電壓變化範圍相似且都不大，都介於 1.04 至 1.1V 之間，也沒有特別下降的趨勢

五、探討半透膜反應後鋅片黑色物質產生

(一) 黑色物質推測 (圖七)

經過資料查詢後，發現如果將鋅片直接浸泡在 $\text{CuSO}_{4(aq)}$ 中，鋅片溶解而銅金屬析出於鋅片上，表面上會有銅附著，所以推論， $\text{CuSO}_{4(aq)}$ 會經過半透膜到鋅片端產生反應，並產生黑色物質銅，而這個現象我們認為會對電流造成影響，因為或許會有無機物阻擋離子交換，鹽橋則沒有這個問題 (如圖七)



(二) 比較半透膜與鹽橋裝置

使用半透膜作為聯繫兩邊的裝置， $\text{CuSO}_{4(aq)}$ 與 $\text{ZnSO}_{4(aq)}$ 僅隔薄薄一層半透膜，且可以發現內部容器液面高度隨著時間下降，而外部容器液面高度隨著時間上升，兩者液面趨於平衡

而使用鹽橋作為聯繫兩邊的裝置， $\text{CuSO}_{4(aq)}$ 與 $\text{ZnSO}_{4(aq)}$ 間隔了一個 U 型管，兩邊溶液皆很難混合到另一邊

綜合以上可知使用半透膜的裝置， $\text{CuSO}_{4(aq)}$ 可經過半透膜致使鋅片變黑，而使用鹽橋的裝置，則因 $\text{CuSO}_{4(aq)}$ 較難混合到另一邊，所以鋅片不會變黑

五、結論與生活應用

一、結論

- (一) 腸膜、蛋膜、洋菜、吉利丁、玻璃紙可以達到讓內部離子平衡的目的
- (二) 利用半透膜替代鹽橋的方式是可行的
- (三) 在電壓方面，吉利丁是最高的，而電流則是腸膜較高
- (四) 洋菜從數據觀察出的穩定性質是最適合替代鹽橋的
- (五) 玻璃紙不是替代鹽橋的良好選擇
- (六) 鋅片上之黑色物質為銅，產生此現象會對電流造成影響
- (七) 黑色物質的產生與 $\text{CuSO}_{4(\text{aq})}$ 、溶液間間隔有關

二、生活應用

利用生活中常見的物質增加發電效率也增加取得的便利性，並且可以以腸膜、蛋膜、洋菜、吉利丁、玻璃紙為基礎膜利用化學物質修飾，也探討了替換後沒人提及之差異

參考資料

- 一、Hernández-Flores, Giovanni., Andrio, Andreu ., Compañ, Vicente., Solorza-Feria, Omar., & Poggi-Varaldo, Héctor Mario. (2019). Synthesis and characterization of organic agar-based membranes for microbial fuel cells. *Journal of Power Sources*, 435, 226772.
- 二、郭睿驛、蔡雨桐、曾于芳 (2015)。膜擬·行凍·創鋅 一自製半透膜代替鹽橋之果凍化新型鋅銅電池。
- 三、Michelle Blackwood (2021.7.30) RN.What Is Agar?。
取自 <https://healthiersteps.com/what-is-agar/>
- 四、Nikita Richardson. (2017.7.27)Wait, What Is Gelatin, Anyways?
取自 <https://www.bonappetit.com/story/what-is-gelatin>
- 五、Corrosionpedia(2017)。Semipermeable Membrane。
取自 <https://www.corrosionpedia.com/definition/1020/semipermeable-membrane>