

2024 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：自製隨行電池
一、摘要 <p>本實驗是在製作一個隨行電池，$\text{MgSO}_4(\text{aq})$ 1M 和 $\text{KMnO}_4(\text{aq})$ 0.1M 作為兩極電解液，$\text{Mg}(\text{s})$和 $\text{C}(\text{s})$作為兩極金屬，我們進一步設計了三個不同的變因，分別是更換鹽橋材質、陽極(負極)金屬，及調整陰極(正極)電解液的濃度，想探討在不同的變因條件下，何種條件可以使隨行電池產生最好的效果。</p>
二、探究題目與動機 <p>在國三的化學課中，我們學到了利用氧化還原的原理，可以簡易自製出伏打電池的實驗，以此為探究動機，我們想進一步縮小伏打電池的體積，自製出隨行電池，以便更方便的使用和連接，也大幅減少了伏打電池所佔用的空間。</p>
三、探究目的與假設 <p>一、探討在何種條件下可使隨行電池產生更好的效益。 二、分析不同條件造成產生結果不同的原因，提出合理的解釋。 三、假設：電解液濃度越高，產生之電壓越大。陽極金屬活性越大，產生之電壓越大。</p>
四、探究方法與驗證步驟 <p>一、實驗器材 (一)實驗器材：藥盒(電解槽)、宣紙、衛生紙、棉花、廚房紙巾、影印紙、三用電表 (二)實驗藥品：$\text{KNO}_3(\text{aq})$、$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}(\text{aq})$、$\text{KMnO}_4(\text{aq})$ (三)電極材料：C、Zn、Ni、Cu、Fe、Al、Mg</p> <p>二、變因設計： 實驗(一)：更換鹽橋材質觀察隨行電池內電阻變化 操縱變因：鹽橋材質 ①宣紙 ②衛生紙 ③廚房紙巾④影印紙⑤棉花 $\text{KNO}_3(\text{aq})$作為鹽橋電解液 控制變因：電極種類：陽極(負極)為 Mg、陰極(正極)為 C、溫度(室溫)、 電解液濃度與種類(陽極(負極)：$\text{KNO}_3(\text{aq})$ 1M、陰極(正極)：$\text{KMnO}_4(\text{aq})$ 0.1M) 應變變因：內電阻(mΩ)</p> <p>實驗(二)：更換陽極(負極)金屬觀察隨行電池電壓、電流變化 操縱變因：負極(陽極)金屬 ①Zn ②Ni ③Cu ④Fe ⑤Al 控制變因：鹽橋材質(取實驗一效果最好之材料)、電極種類陰極(正極)為 C、溫度(室溫)、 電解液濃度與種類：陽極(負極)$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}(\text{aq})$ 1M、陰極(正極) $\text{KMnO}_4(\text{aq})$ 0.1M</p>

應變變因：電壓(V)、電流(mA)

實驗(三)：調整陰極(正極)電解液濃度觀察隨行電池電壓、電流變化

操縱變因：正極(陰極)電解液濃度(KMnO₄) ①0.1M ②0.075M ③0.05M ④0.025M ⑤0.01M

控制變因：鹽橋材質(取實驗一效果最好之材料)、電解液濃度與種類：陽極(負極)：

MgSO₄ · 7H₂O(aq) 1M、電極種類：陽極(負極)取實驗二效果最好之材料、陰極(正極)為 C、溫度(室溫)

應變變因：電壓(V)、電流(mA)

三、實驗設計

實驗(一)：更換鹽橋材質觀察隨行電池內電阻變化

(1)分別在兩格藥盒中裝入 MgSO₄(aq) 1M 和 KMnO₄(aq) 0.1M(實驗三之操縱變因)作為電解液，KNO₃(aq)作為陽極(負極)，KMnO₄(aq)作為陰極(正極)

(2)在三用電表上夾上 Mg 和 C，Mg 作為陽極(負極)(實驗二之操縱變因)，C 作為陰極(正極)

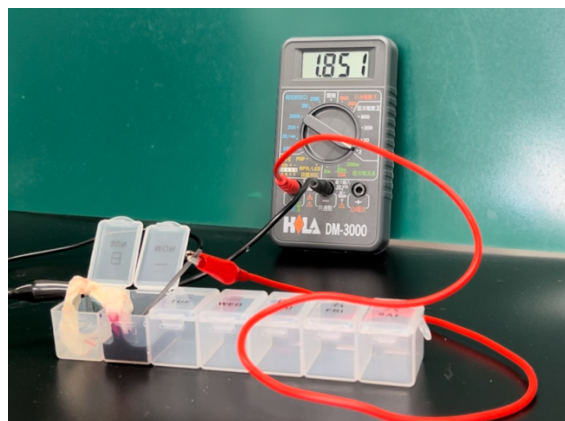
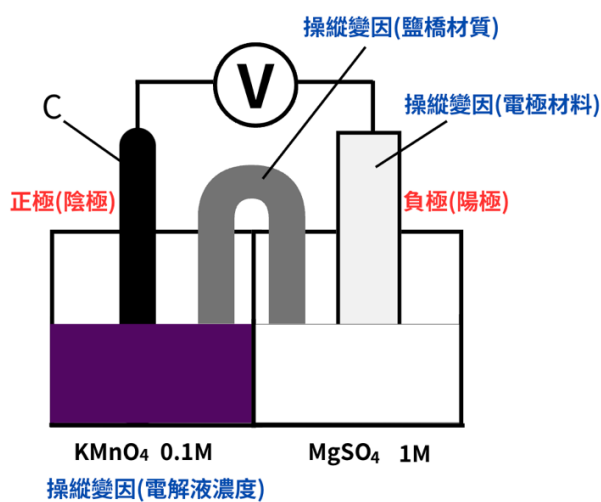
(3)將 Mg 放入 KNO₃(aq)電解液中，C 放入 KMnO₄(aq)電解液中

(4)用宣紙(實驗一之操縱變因)作為鹽橋浸浸泡 KNO₃(aq)1M，並分別放入正負極電解液中

(5)接上三用電表，紀錄電池電壓(V)、電流(mA)變化

(6)依實驗(一)、(二)、(三)順序進行實驗，並依序更改操縱變因，紀錄電池電壓(V)、電流(mA)變化

四、設計圖



五、實驗操作

實驗(一)：更換鹽橋材質觀察隨行電池內電阻變化

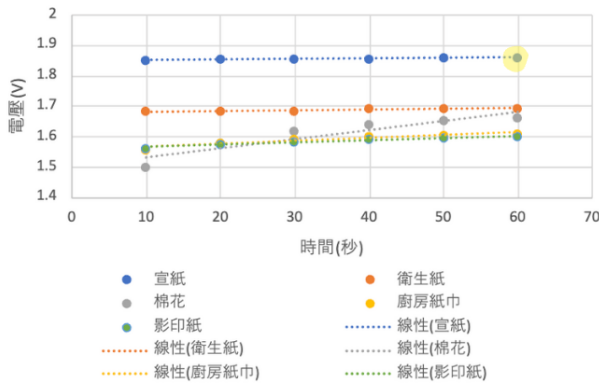
(一)鹽橋材質對電壓(V)的影響：

(二)鹽橋材質對電流(mA)的影響：

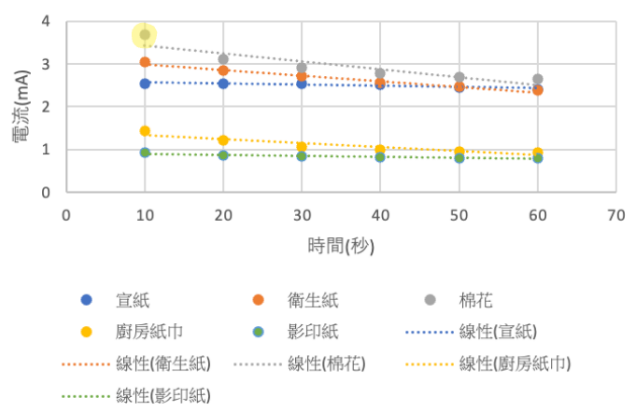
衛生紙	1.68	1.68	1.68	1.69	1.69	1.69
棉花	1.5	1.58	1.62	1.64	1.65	1.66
廚房紙巾	1.56	1.58	1.59	1.6	1.6	1.61
影印紙	1.56	1.57	1.58	1.59	1.59	1.6

衛生紙	3.05	2.85	2.71	2.56	2.47	2.38
棉花	3.69	3.11	2.91	2.78	2.70	2.65
廚房紙巾	1.44	1.22	1.07	1.00	0.96	0.94
影印紙	0.92	0.86	0.84	0.82	0.80	0.79

鹽橋材質對電壓(V)的影響



鹽橋材質對電流(mA)的影響

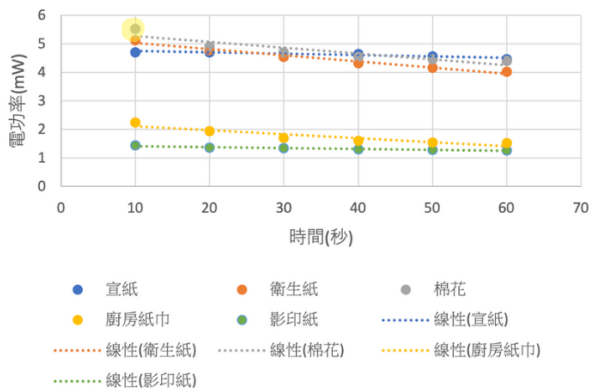


(三)鹽橋材質電阻(mΩ)、電功率(mW)的影響：

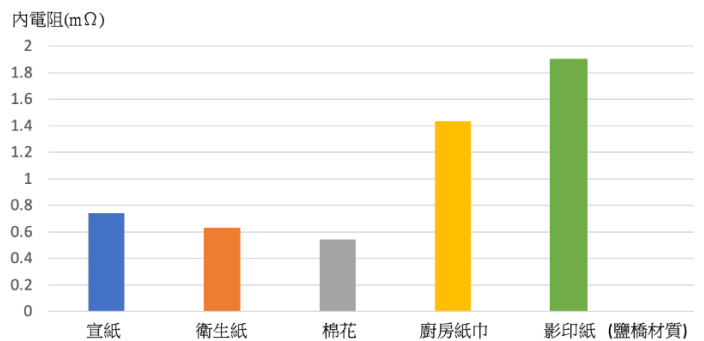
	10秒	20秒	30秒	40秒	50秒	60秒
宣紙	4.71	4.7	4.68	4.65	4.56	4.47
衛生紙	5.12	4.78	4.55	4.32	4.17	4.02
棉花	5.53	4.91	4.71	4.55	4.46	4.4
廚房紙巾	2.24	1.93	1.7	1.6	1.54	1.51
影印紙	1.44	1.35	1.33	1.3	1.27	1.26

	平均電壓(V)	平均電流(mA)	平均電阻(mΩ)
宣紙	1.85	2.5	0.74
衛生紙	1.685	2.67	0.631
棉花	1.608	2.97	0.541
廚房紙巾	1.59	1.105	1.438
影印紙	1.581	0.83	1.90

鹽橋材質對電功率(mW)的影響



鹽橋材質對內電阻(mΩ)之影響



從上述數據來看，宣紙作為鹽橋對隨行電池電壓有最佳的效果，而棉花則對電流、電功率、內電阻街有較好的效果之長條圖可以看出棉花具有最小內電阻。結合實驗一所有資料來分析，雖然後三筆資料顯示棉花具有較好之效果，但其產生結果較為不穩定，於是我們選擇了具有最大電壓和較穩定結果的**宣紙**來進行之後的兩個實驗。

實驗(二)：更換陽極(負極)材料觀察隨行電池電壓、電流變化

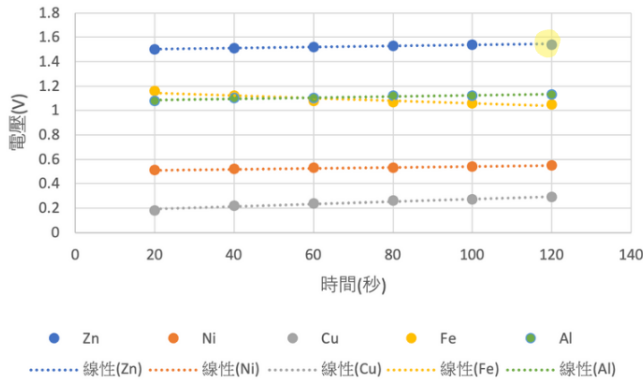
(一)陽極(負極)材料對電壓(V)的影響：

	20秒	40秒	60秒	80秒	100秒	120秒
Zn	1.5	1.51	1.52	1.53	1.54	1.54
Ni	0.51	0.52	0.53	0.53	0.54	0.55
Cu	0.18	0.22	0.24	0.26	0.27	0.29
Fe	1.16	1.12	1.08	1.07	1.06	1.05
Al	1.08	1.1	1.1	1.12	1.12	1.13

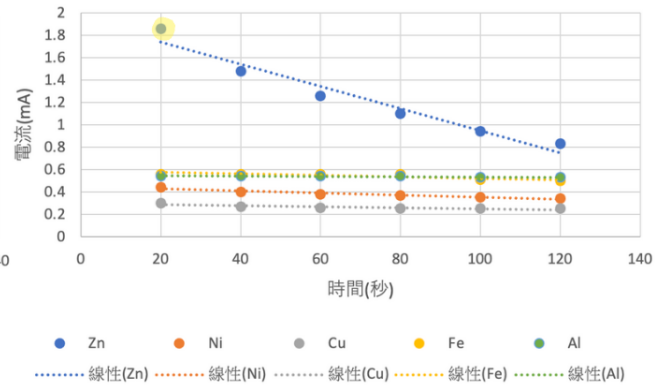
(二)陽極(負極)材料對電流(mA)的影響：

	20秒	40秒	60秒	80秒	100秒	120秒
Zn	1.86	1.48	1.26	1.1	0.94	0.83
Ni	0.44	0.4	0.38	0.37	0.35	0.34
Cu	0.3	0.27	0.26	0.25	0.25	0.25
Fe	0.56	0.56	0.56	0.56	0.51	0.5
Al	0.54	0.54	0.54	0.54	0.53	0.53

陽極(負極)材料對電壓(V)的影響



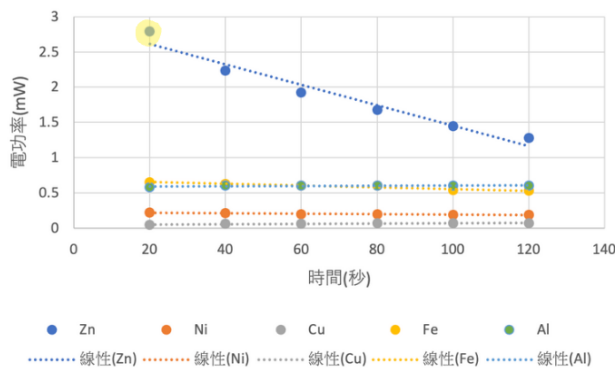
陽極(負極)材料對電流(mA)的影響



(三)陽極(負極)材料對電流(mA)的影響：

	20秒	40秒	60秒	80秒	100秒	120秒
Zn	2.79	2.23	1.92	1.68	1.45	1.28
Ni	0.22	0.21	0.2	0.2	0.19	0.19
Cu	0.05	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07
Fe	0.65	0.63	0.6	0.6	0.54	0.53
Al	0.58	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6

陽極(負極)材料對電功率(mW)的影響



從上述數據來看，Zn 作為陽極電極材料對隨行電池電壓、電流、電功率皆有最佳的效果，於是我們選擇了 Zn 作為陽極電極材料來進行之後的實驗。

實驗(三)：調整陰極(正極)電解液濃度觀察隨行電池電壓、電流變化

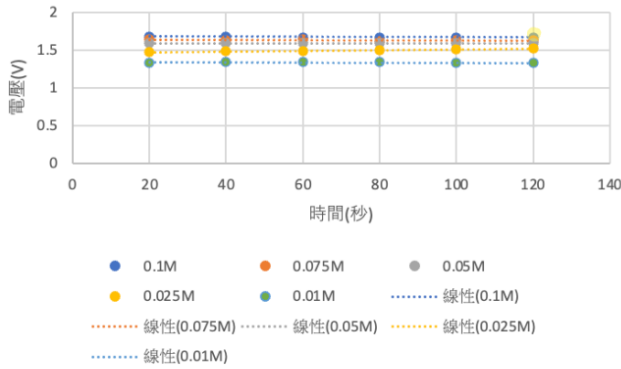
(一) $\text{KMnO}_4(\text{aq})$ 濃度對電壓(V)的影響：

(二) $\text{KMnO}_4(\text{aq})$ 濃度對電流(mA)的影響：

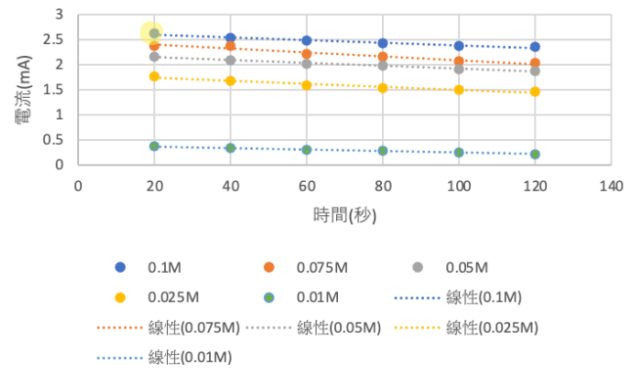
	20秒	40秒	60秒	80秒	100秒	120秒
0.1M	1.68	1.68	1.67	1.67	1.67	1.67
0.075M	1.64	1.63	1.64	1.62	1.63	1.63
0.05M	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
0.025M	1.47	1.48	1.49	1.5	1.51	1.52
0.01M	1.33	1.34	1.34	1.34	1.33	1.33

	20秒	40秒	60秒	80秒	100秒	120秒
0.1M	2.62	2.54	2.48	2.43	2.38	2.35
0.075M	2.38	2.27	2.21	2.15	2.07	2.04
0.05M	2.16	2.08	2.01	1.97	1.91	1.87
0.025M	1.77	1.67	1.59	1.53	1.5	1.46
0.01M	0.37	0.33	0.3	0.28	0.24	0.21

陰極(正極)電解液濃度對電壓(V)的影響



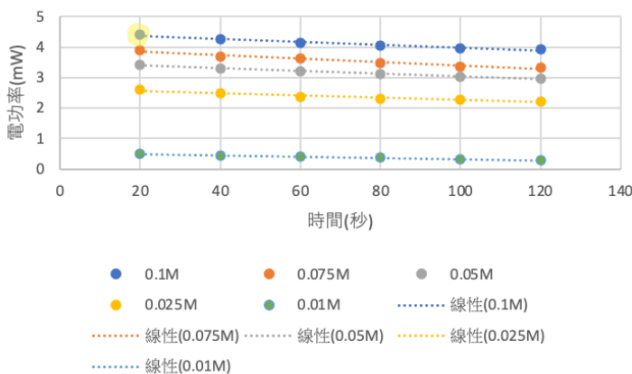
陰極(正極)電解液濃度對電流(mA)的影響



(三) $\text{KMnO}_4(\text{aq})$ 濃度對電功率(mW)的影響：

	20秒	40秒	60秒	80秒	100秒	120秒
0.1M	4.4	4.27	4.14	4.06	3.97	3.92
0.075M	3.9	3.7	3.62	3.48	3.37	3.33
0.05M	3.43	3.31	3.2	3.13	3.04	2.97
0.025M	2.6	2.47	2.37	2.3	2.27	2.22
0.01M	0.49	0.44	0.4	0.38	0.32	0.28

陰極(正極)電解液濃度對電功率(mW)的影響



結合實驗(三)所有資料來分析，陰極電解液濃度愈大能產生越大電壓、電流、電功率，越適合作為隨行電池之陰極電解液濃度。

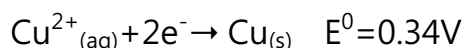
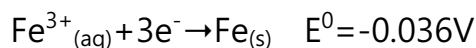
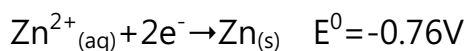
五、結論與生活應用

結論：

在實驗(一)中，我們得出了宣紙最為適合作為隨行電池的鹽橋，棉花雖然能使隨行電池產生較大電功率，但產生之最大電功率較不穩定，無法維持太久。而宣紙產生之電功率較棉花穩定許多，因此我們選擇了宣紙作為後續實驗的鹽橋材質。

在實驗(二)中，理論上活性愈大的金屬，隨行電池之電壓、電流、電功率都會產生較大的結果。但我們做出來的結果卻不合理的理論上的情況。

根據標準還原電位表：



因 $[\text{MnO}_4^{-}]$ 濃度被調整，非標準情況下，濃度須以能斯特方程式修正： $E = E^{\circ} -$

$(0.0591/n)\log(Q)$ 由以上資料，我們可以計算出隨行電池產生之電壓的理論值，可以推算出百分誤差：

	理論值	實驗值	百分誤差
Zn	2.25V	1.5V	-33%
Ni	1.74V	0.49V	-72%
Cu	1.15V	0.22V	-81%
Fe	1.52V	1.06V	-30%
Al	3.14V	1.07V	-66%

我們做出來的成果顯示 Zn 具有較好的結果，但理論上應該是 Al 會有較好的結果，我們做出來的百分誤差值也有點大，推測是金屬在進行氧化還原的過程時，反應朝逆反應方向進行趨勢大，導致電壓效果不如預期來得好。

在實驗(三)中，我們發現陰極(正極)電解液濃度愈大，隨行電池之電壓、電流、電功率都會產生較大的結果，符合理論上的結果。

因為過錳酸根會和水分子發生反應：



造成過錳酸根離子濃度比理論值還要低，進而影響電壓與理論值產生負偏差。

生活應用：

隨行電池可以再以串聯和並聯的方式連接，以增加其電壓和電流，再連接到麵包板上，可以點亮 LED。

參考資料

于淑君。2017年8月28日。電化學電池。國立中正大學暨生物化學系。

https://www.chem.ccu.edu.tw/~genchem/E_Battery_extra.pdf