

# 新北市 109 學年度全國科學探究競賽

## 作品說明書

作品名稱：樂不思薯-植物電的取得與應用

### 摘要

本實驗以馬鈴薯電池為主軸，藉由能斯特方程式(Nernst-equation)探討各電解液實驗  $n$  值與理論  $n$  值差異，找尋組裝馬鈴薯電池最適電解液。接著列出可能對馬鈴薯電池電位造成影響的變因，進行實驗求得電壓及電流的實驗值，綜合上述實驗結果，組成本研究的馬鈴薯電池，連接 LED 燈，對電池電功率進行探討。

經實驗發現熟馬鈴薯泥  $n$  值為 0.543，且  $n$  值主要受不同種類的電解液  $[H^+]$  影響。電池電位大小隨電解液種類、電極距離等因素改變，最佳條件為：電解液為馬鈴薯泥+磷酸、電極種類為 Zn-Cu、電極距離 1cm、溶液的 pH 為 6.00、電極深度 4cm、不震盪。串聯馬鈴薯泥電池功率為 0.125mW。

### 壹、研究動機

地球資源日益減少，如何在減少污染又能廢物利用的情況下取得能源，成為現今關注議題。實驗過程中，我們遍尋實驗室現有的儀器設備(如三用電錶、金屬片、電磁熱攪拌器等)做為實驗的起點；九年級下學期「電流的化學效應」章節中有提到電池的基本構造，我們便以此做為基礎，進行實驗設計，嘗試找出的最適馬鈴薯電池的條件，並將其連接紅光 LED 燈測量電功率，討論電池放電效率和儲電效率，提供電池的研究和應用上的可行性。

希望藉由了解植物電電池的原理與應用，以馬鈴薯替代較不環保的電解液，製作符合「綠色設計」的環保電池。透過推廣環保電池的理念，減少對地球的傷害，並藉此推廣新一代的綠色能源，為愛護地球盡一分心力。

### 貳、研究目的

- 一、設計簡易的測量方法，測量熟馬鈴薯泥在不同 pH 值下之電位大小
- 二、導入能斯特方程式，探討熟馬鈴薯泥實驗  $n$  值與理論  $n$  值之差異
- 三、設定不同操縱變因，探討影響電池電位與電流之變因
- 四、串聯馬鈴薯電池，探討自製馬鈴薯電池電功率，以及點亮 LED 燈所需電功率

## 參、研究設備與器材

實驗材料與器材	
器材	
數位式三用電錶 × 6	pH 計 (pH-873 POMETER)(pH 值量測範圍:0~14)
鱷魚夾電線 數組	電磁攪拌加熱器 (JS-H, 400W)
電子天平 (ZHUN JM-1002T 1000g/0.1g)	震盪器 (HWASHIN POWERSONIC 410)
鋅片 (10×1×0.05 cm <sup>3</sup> ) 銅片 (10×1×0.05 cm <sup>3</sup> )	碳棒、鉛棒、銅棒、鋅棒、鐵棒、鋁棒 (r:0.5 cm、h:10 cm)r 為電極半徑；h 為電極高度
紅光 LED 燈：1.8V 1.5V 1.2V (數個)	酒精溫度計 ×1

## 肆、研究過程和方法

【實驗一】測量馬鈴薯電池的電位(E)與能斯特方程式之 n 值

### (一) 實驗設計

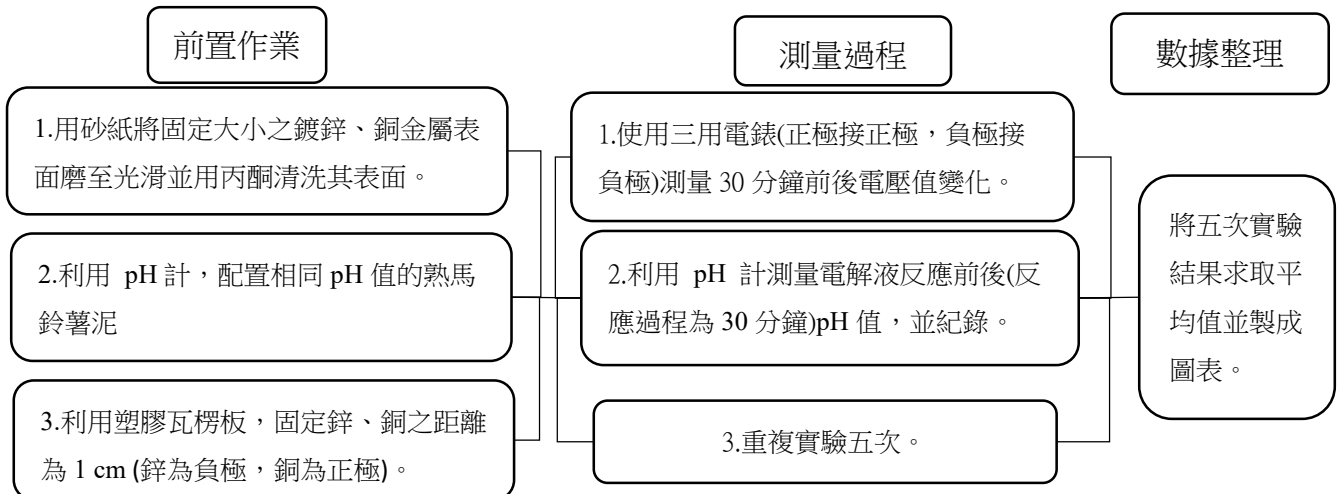
設定下列控制變因，測量電解液之電位大小，比較理論 n 值與實驗 n 值的差異

### (二) 控制變因

電極種類：鋅、銅 電極深度：4 cm 電極距離：1 cm 電解液起始溫度：25°C

電解液起始 pH 值：6.00 震盪與否：否

### (三) 實驗流程



其餘實驗流程與實驗一大致相同

【實驗二】探討改變電池的變因對電位的影響

### (一) 實驗設計

1. 選用熟馬鈴薯泥+磷酸做為【實驗二】電解液

### (二) 控制變因：

電解液溫度：25°C 電解液比例：1：1 (熟馬鈴薯泥：磷酸水溶液) 電解液體積：150 ml

電極種類：鋅、銅 電極距離：1 cm 電極深度：4 cm 震盪與否：否

(三) 操縱變因：

編號	操縱變因
2-1	電解液溫度
2-2	電解液體積
2-3	電極種類
2-4	電極距離
2-5	電極深度
2-6	震盪與否

## 伍、研究結果

【實驗一】比較馬鈴薯電池和模擬馬鈴薯電池(如:熟馬鈴薯泥、熟馬鈴薯泥+磷酸、鹽酸、磷酸、硫酸)的反應後電位(E)與能士特方程式之 n 值差異

一、熟馬鈴薯泥各 pH 值反應後電位與能斯特方程式之 n 值

熟馬鈴薯泥		X 軸	Y 軸	斜率	n 值
pH 值變化		$\text{Ln}([\text{Zn}^{2+}]/[\text{H}^+]^2)$	電位(V)	-0.0473	0.542797
6.050	6.125	11.742	0.935		
6.350	6.445	12.739	0.895		
6.650	6.755	13.564	0.845		
6.950	7.080	14.556	0.805		

表 1-1 馬鈴薯液各 pH 值反應後電位與能斯特方程式之 n 值

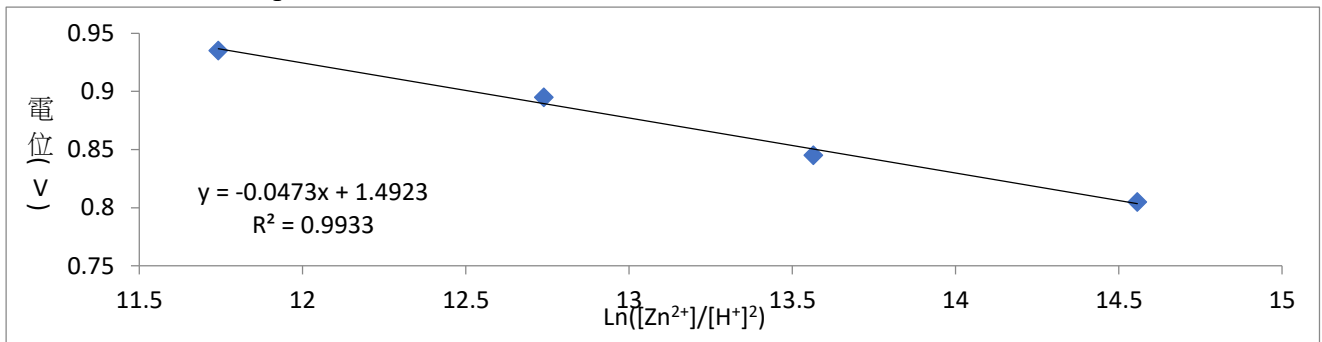


圖 1-1 熟馬鈴薯泥之  $\text{Ln}([\text{Zn}^{2+}]/[\text{H}^+]^2)$  與電位 (V) 作圖

【實驗二】探討改變電池的變因對電功率的影響實驗結果

【實驗 2-1】電解液溫度

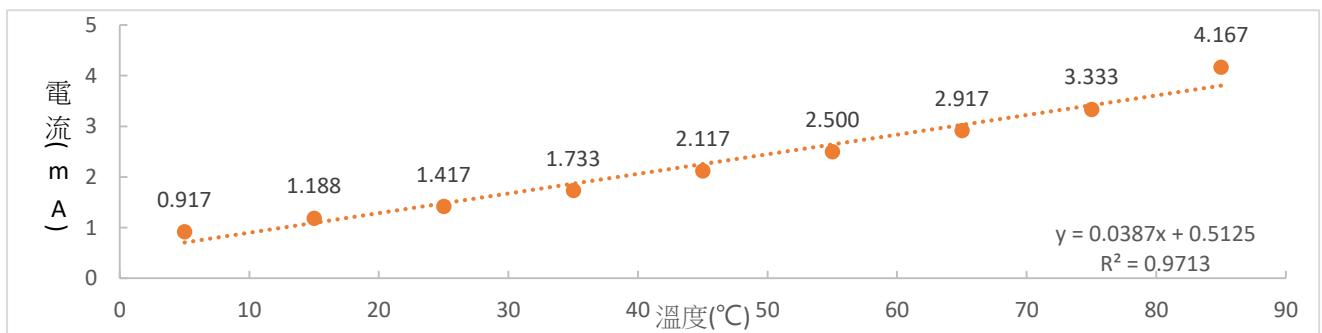


圖 2-1 不同溫度的熟馬鈴薯泥+磷酸與電流之關係

【實驗 2-2】電解液體積

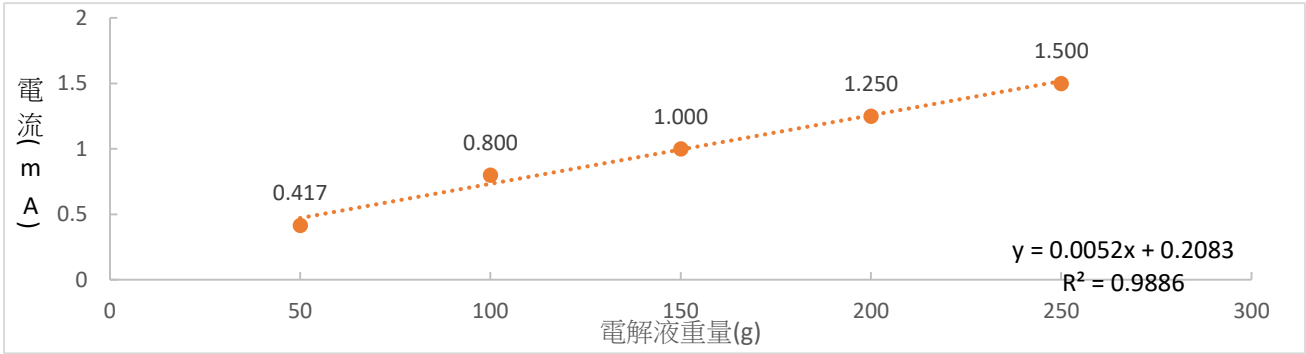


圖 2-2 不同重量的馬鈴薯+磷酸與電流之關係

【實驗 2-3】取不同種類的電極

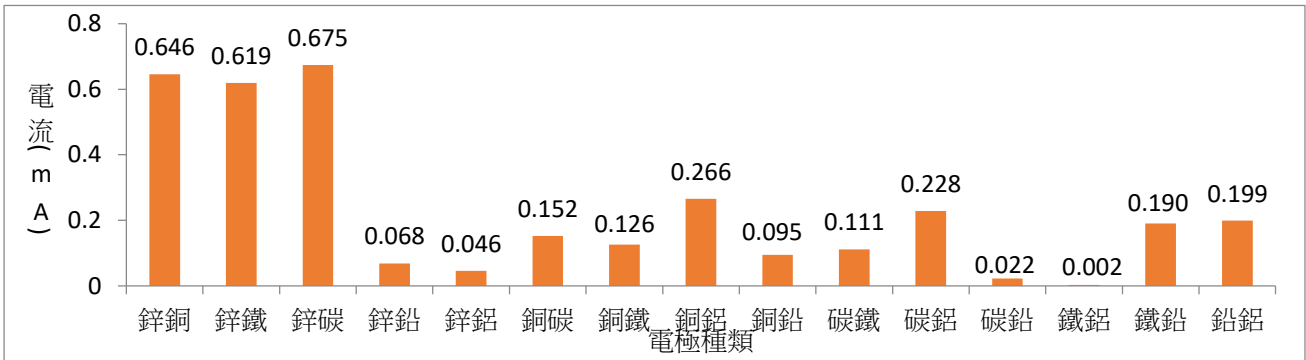


圖 2-3 不同電極種類與電流之關係

【實驗 2-4】改變電極之間距離

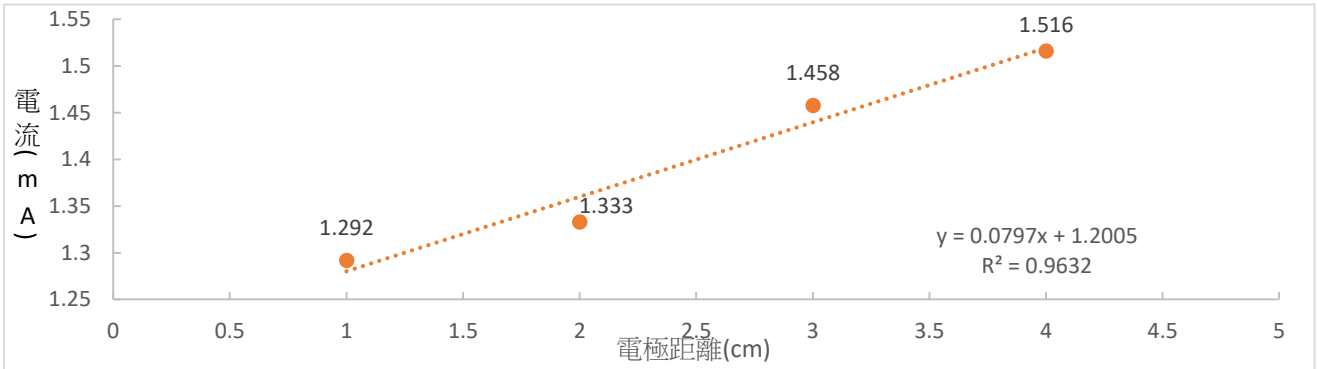


圖 2-4 不同電極距離與電流之關係

【實驗 2-5】改變電極插入電解液的深度

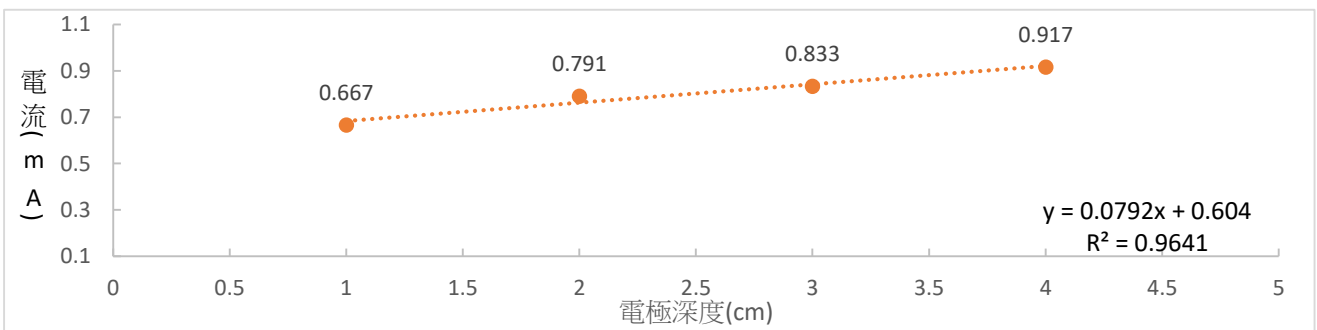


圖 2-5 不同電極深度與電流之關係

## 【實驗 2-6】震盪時間

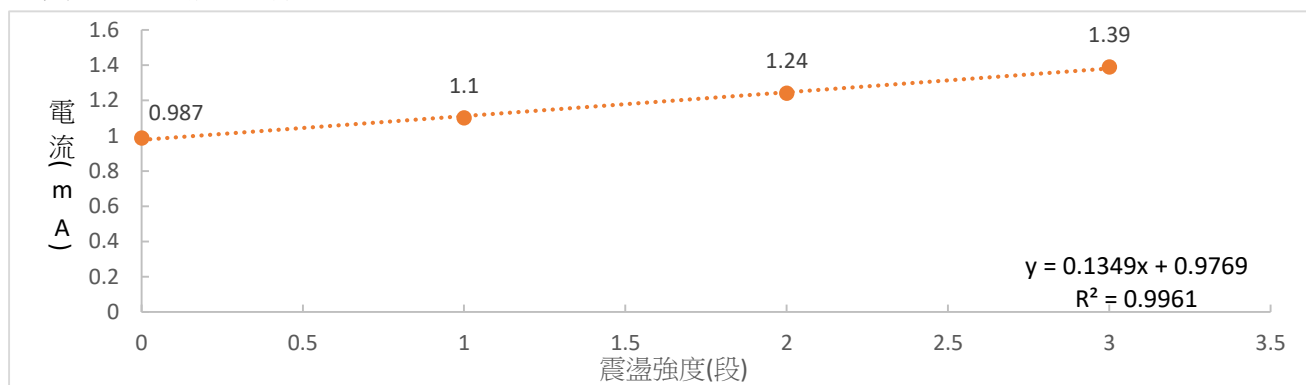


圖 2-6 震盪與否與電流之關係

【實驗三】組合最佳的模擬電池，比較串聯馬鈴薯電池以及串聯模擬電池輸出電功率差異，探討 LED 燈的電功率大小

## 【實驗 3-1】串聯馬鈴薯電池以及串聯模擬電池輸出電功率差異

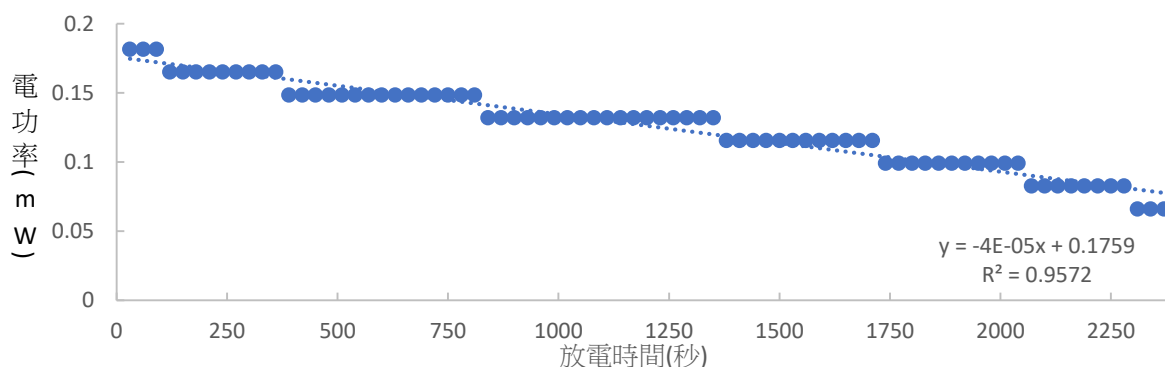


圖 3-1 熟馬鈴薯泥40分鐘前後電功率

## 陸、討論

一、根據【實驗一】結果進行討論：

1. 熟馬鈴薯泥的 pH 值約在 6.0，屬微酸性的電解質，導電效果不如鹽酸，造成的電位值較小，需加入其他酸性物質，以增加其導電度，另外馬鈴薯內組成的成分除了有各離子團之外，尚有其他雜質(如澱粉...等)，易造成濃差極化現象，阻礙  $H^+$  的擴散，使 n 值與理論值偏差較大。

二、根據【實驗二】結果進行討論

- (一) 【實驗 2-1】電解液溫度：由圖 2-1 可知電流隨溫度上升，電流大小趨勢為  $85^{\circ}C$  (0.925V、4.167mA) >  $75^{\circ}C$  >  $65^{\circ}C$  >  $55^{\circ}C$  >  $45^{\circ}C$  >  $35^{\circ}C$  >  $25^{\circ}C$  >  $15^{\circ}C$  >  $5^{\circ}C$  (0.725 V、0.917 mA) 推測因離子移動速率隨溫度升高變快，導電度隨溫度升高增加，進而造成電壓電流變大，可視為在一段溫度值內( $5^{\circ}C$ ~ $85^{\circ}C$ )，導電度與溫度成正比。
- (二) 【實驗 2-2】電解液重量：由圖 2-2 可知電流會隨重量遞減。電流大小趨勢皆為 250 g (0.750 V、1.500 mA) > 200 g > 150 g > 100 g > 50 g (0.475 V、0.417 mA)。故導電度大小為水中電解質含量多寡指標，因此當電解液越多，水中的陰陽離子越多，導電度故越高，電壓電流越大。
- (三) 【實驗 2-3】取不同種類的電極：由圖 2-3 可知電流大小前五組由大到小依序為 碳鋅

(0.709 V、0.675 mA) > 鋅銅 (0.680 V、0.646 mA) > 鋅鐵 (0.653 V、0.619 mA) > 銅鋁 (0.280 V、0.266 mA) > 碳鋁 (0.240 V、0.228 mA) 水電解的最低電壓限制為 1.23 V，因此當電壓未超過 1.23 V 時，推測電池並不會產生 H<sub>2</sub>，故無 H<sub>2</sub> 堆積於電極表面使歐姆極化現象發生。

(四) 【實驗 2-4】改變電極之間距離：由圖 2-4 可知電極距離越短電流越大，電流大小趨勢皆為 4 cm (0.925 V、1.516 mA) > 3 cm > 2 cm > 1 cm (0.825 V、1.292 mA) 上述實驗結果我們推測原因是兩電極的距離越近，H<sup>+</sup> 堆積於兩電極之間造成電阻變大電壓電流變小。

(五) 【實驗 2-5】改變電極插入電解液的深度：由圖 2-5 可知電流大小趨勢皆為 4 cm (0.895 V、0.917 mA) > 3 cm > 2 cm > 1 cm (0.675 V、0.667 mA) 推測電池的化學反應進行面積隨電極接觸面積變大，故電流增加。

(六) 【實驗 2-6】震盪與否：由圖 2-6 可知隨著震盪強度增強，電流都有變大的趨勢，電流大小趨勢皆為 3 段 (0.957 V、1.390 mA) > 2 段 > 1 段 > 0 段 (0.930 V、0.987 mA) 推測當電解液震盪時，H<sup>+</sup> 可均勻分散於電解液中，不易使瞬間濃度差變化過大，可避免濃差極化發生。

三、根據【實驗三】結果進行討論

(一) 發光二極體(LED)光的波長、顏色和其採用的半導體物質種類有關，放射波長 760-610 nm 的紅光 LED 的正向偏壓為 1.63-2.03V。通過 LED 電流強度越大，發光強度越亮。

## 柒、結論

一、綜合【實驗一】數據及討論

(一) 熟馬鈴薯泥 n 值距離理論值差距甚遠，我們推測原因為：熟馬鈴薯 pH 值約為 6.00，且馬鈴薯為固態電解質，造成解離程度不高。

二、綜合【實驗二】條件決定選取下列控制變因

變因名稱	溫度	重量體積	電極種類	電極距離	電極深度	震盪與否
最佳結果	25 °C	250 ml	鋅、銅	4 cm	4 cm	否

三、綜合【實驗三】數據及討論

(一) 串聯馬鈴薯電池 40 分鐘前後平均電功率為 0.125 mW

四、綜合上述實驗結果我們利用本次實驗的電解液和電極條件，組裝最佳馬鈴薯電池，未來希望能用以比較與乾電池的儲電能力及放電功率差異。