

2025 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

教師組 教案格式與學習單

教案設計者： 李建宏(臺中市立臺中女子高級中學)
課程領域：
<input checked="" type="checkbox"/> 物理 <input type="checkbox"/> 化學 <input type="checkbox"/> 生物 <input type="checkbox"/> 地球科學 <input type="checkbox"/> 科技領域 <input checked="" type="checkbox"/> 自然科學探究與實作 <input type="checkbox"/> 數學 <input type="checkbox"/> 其他 _____ (可複選)
一、教案題目
我的電池沒電了---探討電池檢測器、電池電動勢與內電阻
二、授課時數
800 分鐘(一週 2 節，共計 8 週 16 節)
三、教案設計理念與動機
一、動機 電路學課程中，我們通常用一個理想電池與內電阻串聯的模型模擬一顆乾電池，外接負載電阻進行電路分析。同時在一些課程或演示中(例如電池串接鎢絲燈泡)，讓學生使用三用電表測量電池端電壓，會發現當乾電池放電時，電池兩端電壓跟沒放電時有差別。也有探究實作課程探討串聯不同大小的外接電阻以求出電池的電動勢、內電阻的大小；但是並沒有文獻探討電動勢、內電阻數值隨著時間的變化情形。 新課綱後，隨著探究實作等課程，學生上台發表的機會日益增加，表達與分享時常常使用無線麥克風，很容易遇到使用電池的麥克風電量不足、沒電關閉的情形。不過常常發現在關閉電源靜置十來分鐘後，突然又有電可以使用(不過能使用時間隨之下降)，除了立即更換電池，教室也準備了電池檢測器檢查電池是否有電；但較未看到相關文章探討這些現象。 本教案結合這些情形，從電池檢測器原理開始，探討如何檢測，到有電、快沒電的電池電動勢、內電阻隨時間的變化情形，改變變因，由學生進行探究與實作，也可進行專題。
二、教案特色
1、器材準備: 每次上課 8~10 組的大量實驗器材準備對老師是極大的負擔。本教案可以用簡單易準備的器材完成 8 週的課程(可自行擴充)。
2、變因多元: 可以使用有電/沒電的電池，或鈕扣、碳鋅、鹼性、鎳氫、鋰電池等不同形式且易取得的電池加以比較。
3、以探究與實作的素養能力為基礎，先由老師設計的情境練習，再讓學生改變變因。
4、兼顧理論與實驗: 由課程理論進行計算，再進行實作分析，讓學生可以除了實驗實作外，可以由一定的學理基礎對照，讓學生體會科學的探究上是理論與實驗並行，不僅是由理論預測實驗結果、或由實驗歸納出理論，而是相輔相成，並讓學生用不同測量方式進行實驗，比較各方法優缺點。

- 5、實際動手與資訊科技的結合:學生需要觀察電路，並繪製電路圖，以及用麵包板接電路，同時使用三用電表與碼表紀錄數據、進階可使用 Arduino 結合 ChatGPT 撰寫程式控制繼電器、或是使用數位化偵測器記錄數據。
- 6、透過架設電路、控制變因外，培養學生分析問題、解決問題的能力，且可以依照學生能力與反應自由調整課程難度或進行延伸。
- 7、對於紀錄的數據進行分析，試著建立模型加以解釋。
- 8、多元評量方式:學生在課程中要繳交學習單、提問單、上台報告、實驗書面報告、自評與互評，在扎實訓練課程後產出學習歷程檔案。

四、教學目標

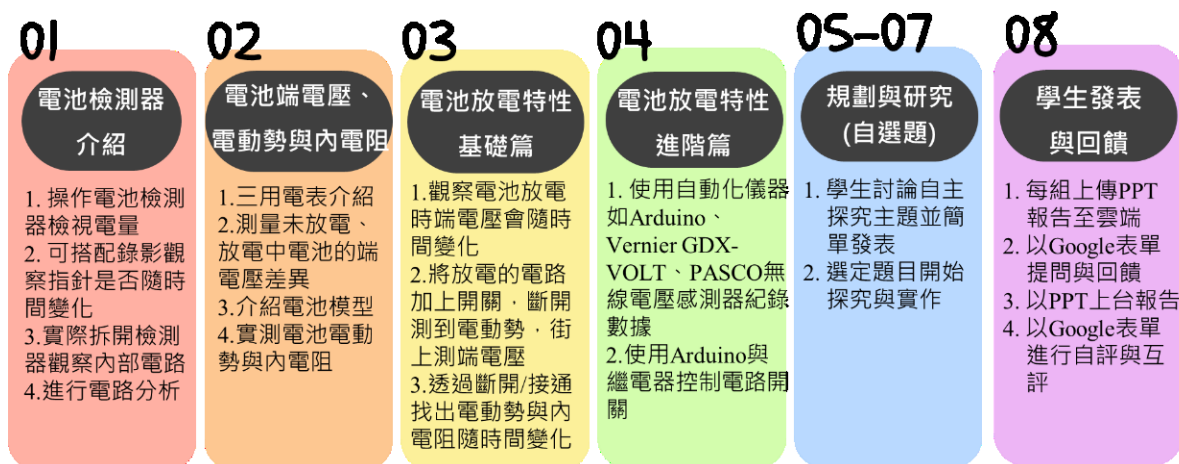
1. 結合物理科與生活科技，學習使用三用電表、接麵包板、使用 Arduino 控制。
2. 透過電池檢測器學習電路檢視、分析。
3. 學習實驗數據處理、作圖、並試著建立模型解釋數據。
4. 學習 [發現問題]、[規劃與研究]、[論證與建模]、[表達與分享] 四項能力
5. 學習以軟體與數位化偵測器進行實驗紀錄及數據分析，並學習與 AI 交談撰寫程式。
6. 學習團隊合作、小組分工，設計實驗，並依照實驗狀況調整測量儀器適合的參數。
7. 先由教師引導後學生自行尋找適當主題進行探究。

五、教育對象

高二、高三學生

六、課程設計 (方法與步驟)

課程進度規劃



器材準備

每組器材	特殊器材
電池檢測器、麵包版、單芯線、電阻、電池盒、3 號電池、三用電表、碼表、螺絲起子	Arduino UNO 板、繼電器、Vernier 電壓偵測器、PASCO 電壓偵測器

第一週 電池檢測器與電路分析

一、引起動機

1. 討論使用電池的電器何時需要更換電池，以及生活中常見判定沒電的方式。
2. 策略說明:引導同學對電池沒電、電器不工作時以物理量(如電壓、電流、電阻、功率...)進行科學化描述。

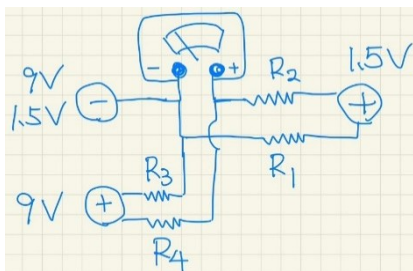
二、進入課程

1. 操作電池檢測器，請學生觀察電池電量。同時留意電量(指針讀數)是否會隨時間改變。
2. 請學生拆開電池檢測器，觀察內部構造。
3. 使用 ChatGPT 查詢電阻標示的顏色或標示，得出電阻大小。繪製電路圖，並將電路改畫到容易分析的情形。
4. 分組分析電路與討論電池檢測器原理。
5. 策略說明:

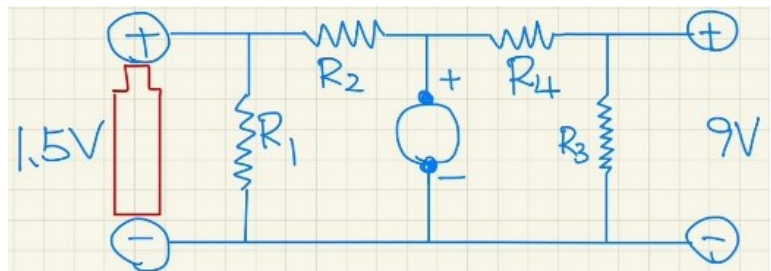
- (1)電池檢測器使用時要固定避免晃動接觸不良造成指針跳動。
- (2)引導學生沿電線走向畫出電路圖，並不斷優化電路圖到容易分析。
- (3)在讀電阻色碼時有可能讀反，請學生判斷。

三、結語

1. 表達與分享:各組分享檢測器的電路，並推論中間指針的部分可能是安培計、還是伏特計呢?並說明電池檢測器的工作原理。
2. 策略說明:
 - (1)請同學從接上電池開始，電流從正極流到負極的過程分享較為直觀。
 - (2)提醒同學指針部分也可能有電阻值，可以想成伏特計/安培計與電阻串並聯，激發不同想法。



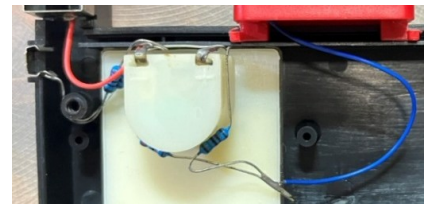
▲ 根據檢測器線路畫電路圖



▲ 重畫後的電池檢測器電路圖



▲ 使用電池檢測器檢視電池電量



▲ 電池檢測器內部構造

第二週 電池的電動勢與內電阻

一、引起動機

1. 觀察電池檢測器說明，會有電池電量與電池電壓範圍。
2. 請學生思考這個電壓要如何測量呢?
3. 介紹三用電表，說明電壓、電流、電阻檔位使用方法。

Battery Size	1.5V	9V
Good	1.5V-1.28V	9V-7.8V
Low Power	1.27V-1.15V	7.7V-6V
Replace	Below 1.15V	Below 6V

▲ 電池檢測器電壓說明

- 用電壓檔直接測量乾電池的端電壓，對照電量是否符合檢測器規格。
- 若電池同時接檢測器，又測量端電壓，會發現電壓讀數下降，請同學討論原因。
- 策略說明：
 - 測量電壓使用伏特計，跟同學說明接法、電表檔位切換方法，讀數判讀原則。
 - 請同學對照上週繪製的電路圖，比較差異尋找電壓下降原因。



▲三用電表測量電池端電壓



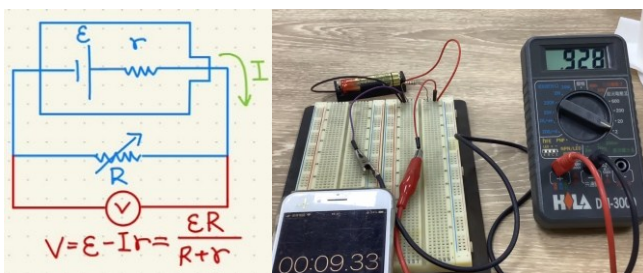
▲使用電池檢測器同時量端電壓，發現電壓更低

二、進入課程

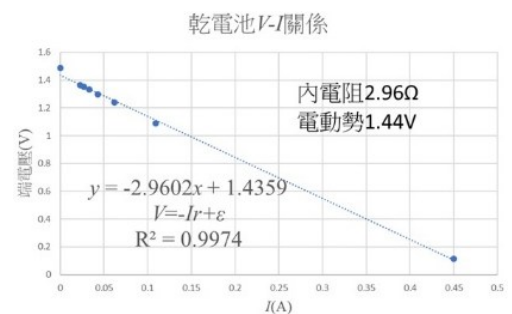
- 介紹物理電路學中電池的模型:可以想成理想電池(電動勢 ϵ)與內電阻 r 串聯。
- 當電池工作時，可以想成乾電池跟一個負載電阻 R 組成一串連迴路，此時電路可以寫成 $\epsilon = I(R + r)$ 。
電池兩端(或電阻兩端)的端電壓 $V = IR = \epsilon - Ir$ ，迴路中的電流 $I = \frac{\epsilon}{R+r}$ 。
- 使用伏特計測量電池兩端(或電阻兩端)的端電壓 $V = IR = \epsilon - Ir$ ，可由 $I = \frac{V}{R}$ 求出電流。
- 教導同學使用麵包板接成迴路，並使用不同大小的電阻 R ，以電流 I 為橫軸，端電壓 V 為縱軸繪製 $V-I$ 關係圖，並由趨勢線方程式找出電動勢 ϵ 與內電阻 r 。
- 策略說明：
 - 介紹電動勢與內電阻時，可以給例子請同學試算看看。
 - 本課程設計未同時接上伏特計與安培計，電流用伏特計量端電壓讀數推算。
 - 介紹麵包版接法。

三、結語

- 建立模型:透過端電壓-電流關係圖證明乾電池適用 $V = \epsilon - Ir$ 模型。
- 表達與分享:各組分享乾電池的電動勢與內電阻數據，並分電池接在檢測器時，端電壓數值會下降。
- 策略說明：
 - 跟同學說明要確認端電壓-電流的圖形要有線性關係才能使用 $V = \epsilon - Ir$ 模型。
 - 協同學使用電腦繪圖並用找出線性趨勢線的方程式。



▲串聯負載電阻 R 形成迴路後測量端電壓



▲由端電壓電流關係找出電動勢與內電阻

第三週 電池放電特性分析

一、引起動機

- 討論有些電器使用兩顆乾電池串聯時，一顆沒電、一顆全新為何也無法正常運作？
- 結合「電池沒電」與「電池的電動勢與內電阻」兩個概念，可提出甚麼問題或推論？

規格表
直流電壓

檔位	解析度	準確度	輸入阻抗
2V	1mV	0.5%+1dgt	10MΩ
20V	10mV		
200V	100mV	1.5%+1dgt	
600V	1V		

▲三用電表阻抗規格

3. 策略說明:

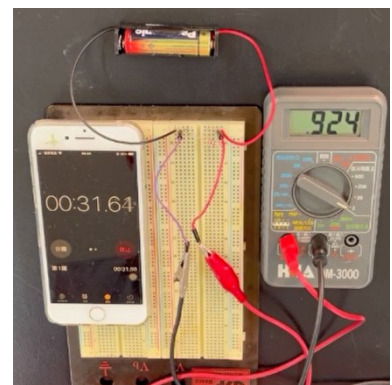
- (1)由生活中常見情境出發，或同學實際嘗試在兩顆電池串聯的遙控器沒電時換一顆新電池是否可以工作?
- (2)引導同學朝電動勢、與內電阻數值的改變與沒電之間連結，形成假說。

二、進入課程

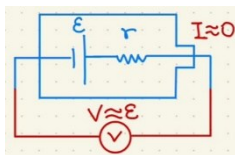
1. 帶領同學讀三用電表規格，伏特計輸入阻抗約 $10M\Omega$ 。說明在此情形下，當直接用三用電表電壓檔測量乾電池的端電壓，數值會接近電動勢 ϵ 。
2. 當電池外接電阻 R 形成迴路時，會發現電池端電壓會隨時間不斷下降，我們要探討是電動勢 ϵ 或內電阻 r 隨著電池放電發生了變化(或兩者皆是)。
3. 當電阻 R 未接上迴路時，端電壓 $V \approx \epsilon$ 。將電阻 R 接上瞬間，測得端電壓 $V = \epsilon - Ir$ ，紀錄下此時的電動勢 ϵ 與端電壓 V 值。
4. 隨著電池繼續放電，重複斷開/接上電阻 R 紀錄不同時間的電動勢 ϵ 與端電壓 V 值。
5. 假設斷開電阻 R 前後的電動勢 ϵ 不變，由 $V = \epsilon - Ir = \epsilon - \frac{\epsilon}{R+r} \times r = \frac{\epsilon R}{R+r}$ ，代入相關數據，可由端電壓 V 數據換算出當下內電阻 r 值。 $(r = \frac{\epsilon \times R}{V} - R)$
6. 電池放電一段時間後，可以將電阻 R 移除，紀錄電動勢 ϵ 對時間變化，會發現 ϵ 隨時間步上升。
7. 畫出電動勢 ϵ 、內電阻 r 隨時間變化關係圖。

8. 策略說明:

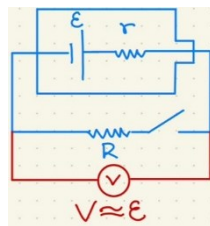
- (1)可以請同學用錄影，讀取斷開/接上的瞬間電表的讀數加以紀錄。
- (2)斷開到接上電阻 R 不宜過久，電動勢不會回升太快。
- (3)請同學先記錄數據後，再處理數據將端電壓 V 換算出內電阻 r 。



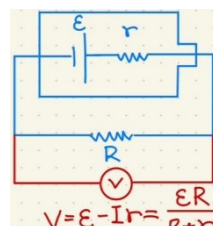
▲透過斷開/接通開關測量電壓對時間變化



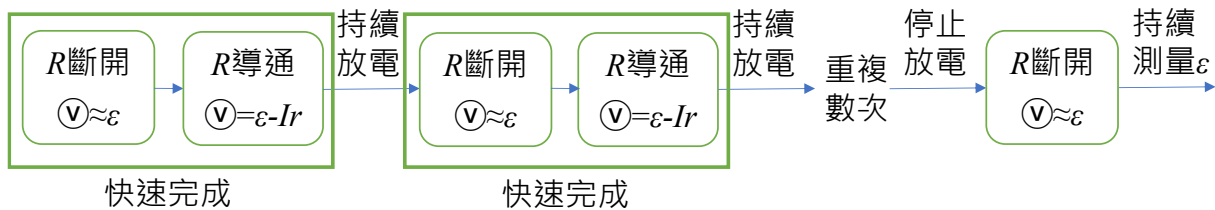
▲以三用電表電壓檔位直接接電池兩端，電壓接近電動勢



▲開關斷開時量到電動勢 ϵ



▲開關接通時量到端電壓 $V = \epsilon - Ir$



▲透過斷開/接通迴路紀錄電動勢/端電壓，最後斷開迴路紀錄電動勢回升情形

三、結語

1. 表達與分享: 各組分享探究的電池放電特性，展示電動勢 ϵ 、內電阻 r 隨時間變化關係，並試著說明結果意義。
2. 策略說明:
 - (1)要處理的數據較多，老師可多巡視與幫助學生。
 - (2)對於斷開電阻 R 後電動勢回升可以讓同學連結到電池用完為何又突然有電的線性。

第四週 電池放電分析(進階篇)

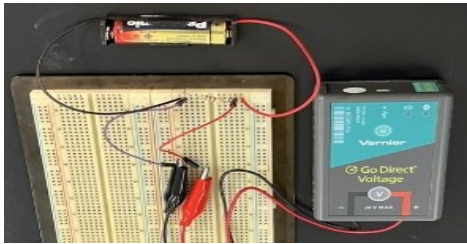
一、引起動機

1. 長時間的電壓紀錄以及手動插拔電阻不是非常方便，我們將用其他測量方法與儀器解決這些問題。

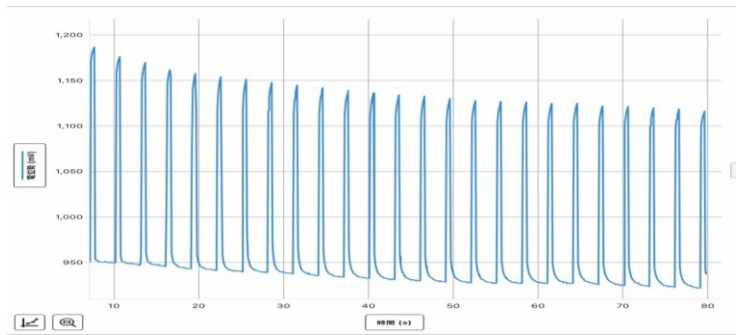
二、進入課程

1. 為了自動化我們將分成兩個部分進行：自動化測量電壓與使用電動開關。

2. 自動化測量電壓，介紹同學使用 Arduino 板的電壓檔位（精準到 5mV）、Vernier 的電壓偵測器 GDX-VOLT 或 PASCO 的 PS-3211A 無線電壓感應器。取代原本三用電表伏特計檔位，即可輕易的紀錄電壓隨時間變化。



▲持續斷開/接上電阻 R ，用 Vernier GDX-VOLT 紀錄電壓對時間變化



▲使用 Vernier Graphical Analysis 繪出電動勢/電壓對時間關係

3. 由於手動插拔還是會遇到時間不固定，以及斷開時電動勢會有回升的問題。因此 電動開關 的使用上，要先介紹繼電器(Relay):利用電磁力吸引鐵片使接觸點閉合或斷開。老師示範將 NC 與 COM 接腳連接到電池與外接電阻 R 之間(下圖綠框處)，當通路時 NC 與 COM 迴路導通；反之不導通。



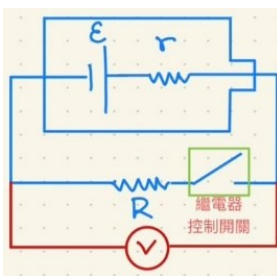
▲繼電器接線示意圖

4. 使用 Arduino 數位訊號控制繼電器的時間間隔，同學可以透過與 ChatGPT 交談設計開關的程式碼與時間：

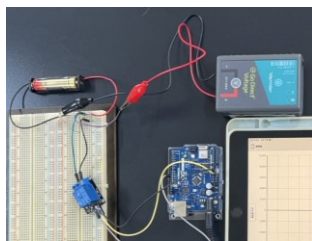
(1)數位訊號為高電位時，開關斷開；低電位時開關導通，先給同學範例程式，並講解時間已毫秒為單位。

(2)斷開期間，取到的電壓為電動勢 ϵ 。導通後立即取電壓數據，此時量到的為端電壓 $V = \epsilon - Ir$ 。

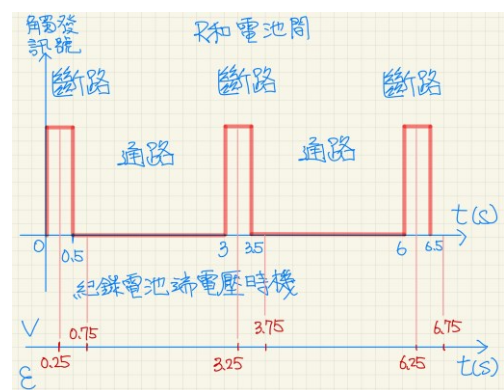
(3)同學依電池電量挑選適當的時間間隔：例如全新的電池電動勢變化較慢，通路時間可較長一些。若為快沒電的電池，因電動勢下降較快，通路時間宜較短。



▲自動化開關電路圖



▲使用 Arduino 控制繼電器



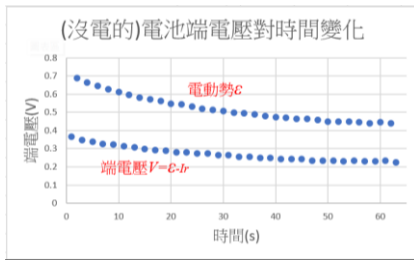
▲使用 Arduino 控制繼電器開關與擷取數據時機

5. 數據處理:與上週做法相同，找出電動勢 ϵ 、內電阻 r 隨時間變化關係。

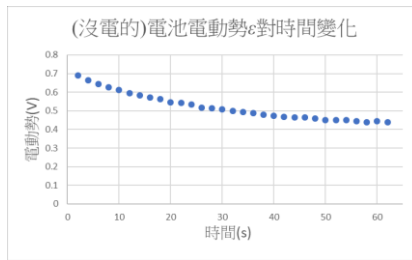
(1)可以利用 excel 的篩選功能將電動勢 ϵ 、端電壓 $V = \epsilon - Ir$ 數據分開後對分別作圖。

(2)受限於 Arduino 板有效數字(Vernier GDX-VOLT 則無此問題)可以將相同電壓值對應的時間併為一個。

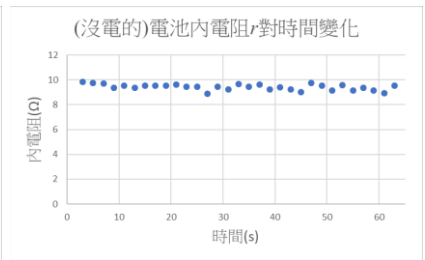
(3)斷開後電動勢回升可另行作圖分析。



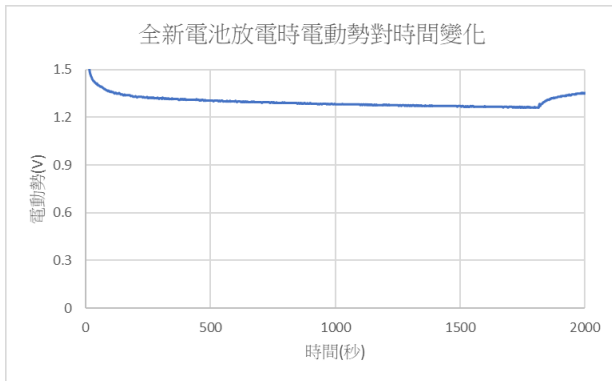
▲將電動勢、端電壓數據分開



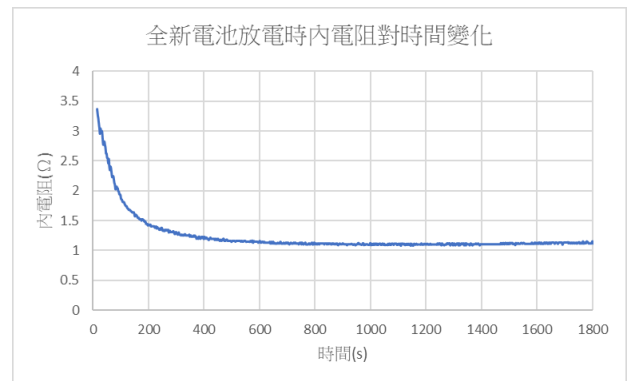
▲篩選出電動勢對時間作圖



▲篩選出端電壓，換算出內電阻 r 因為電池電量低，內電阻較大

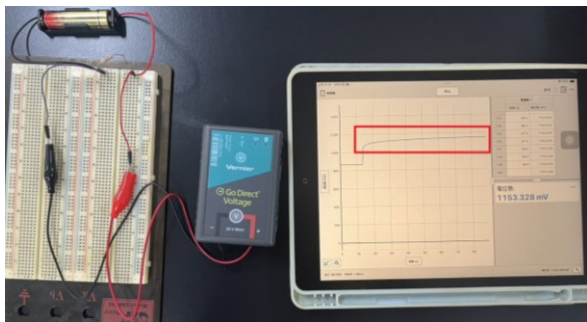


▲有電的電池長時間測量電動勢對時間變化 約 1800 秒後斷開負載電阻 $R=2.5\Omega$ ，電動勢回升

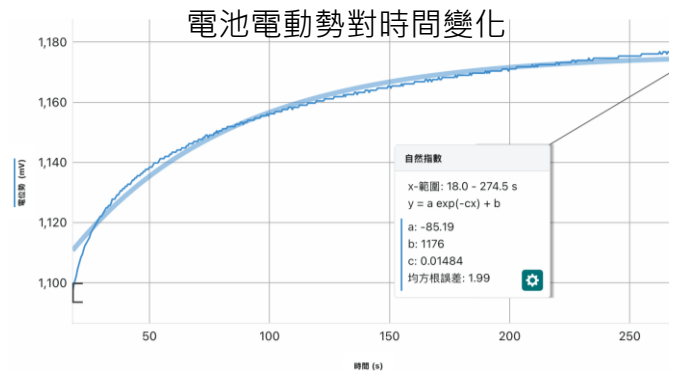


▲有電的電池長時間測量內電阻對時間變化

6. 當畫出電動勢對時間、內電阻對時間關係圖後，可嘗試著用函數去擬合，以及探討可能的原因。若不易找到對應的函數，可以仿照運動學中，當找出位置對時間 $x-t$ 關係，透過斜率找出 $v-t$ 與 $a-t$ 關係，或是以熱水降溫時用牛頓冷卻定律方式用自然指數擬合，試著以學過的理論加以解釋，建立模型。



▲使用 Vernier GDX-VOLT 測量放電後的電池電動勢對時間變化，檢視電動勢回升情形



▲以自然指數擬合電動勢隨時間上升

7. 策略說明:

- (1)使用 Arduino 與繼電器結合難度較高，亦可用於進階/專題課程。一般學生可先使用 Vernier GDX-VOLT 擷取放電後斷開電阻 R 後電動勢對時間變化的數據。
- (2)方程式擬合時亦可以參考熱水降溫實驗，溫度對時間變化關係為 \exp 函數，同時提醒同學在較為複雜的環境未必能找出一個非常理想的方程式對應到數據。

三、表達與分享

同學綜合之前所學，分享自動化擷取數據後的成果，並試著建立模型解釋現象，並與生活中常見電池的現象連結。

第五、六、七週 自選專題實作

在瞭解電池偵測器運作、乾電池的放電情形後，學生可以自由選擇相關主題進行探究

例如：

1. 探討電池檢測器中的指針儀表板特性，透過測量電阻或使用電源供應器觀察特性。
2. 自行設計一個電池檢測器並撰寫使用手冊。
3. 探討其他不同種類/電量的電池，如鹼性電池、鋰電池、鈕扣電池、鎳氫電池的特性並加以比較。
4. 短時間/長時間觀察電池放電情形。

策略說明：

- (1)資料蒐集:請同學上網查詢電池放電特性，找出前人未做過，或有興趣的主題，並確認使用器材與實驗方法。
- (2)引導同學訂定主題:主題須初步試作、簡單發表，老師同時提出可驗證的觀點，並在確認操縱變因、控制變因、測量參數後進行探究。
- (3)指導同學有效處理數據，提出整理後發現的規則及分析結果。

第八週 發表與分享

一、進入課程

- 1.於報告前三天各組將投影片上傳至雲端供各組瀏覽
- 2.表達與分享:請學生至 google 提問表單，針對各組上台報告的內容提出問題與回饋，老師針對學生提的問題當作加分參考，並將問題匿名後公告，學生於書面報告時須回答其中 2 個問題。
- 3.每組報告完後，以組為單位至 google 評分表單給各組評分，包含與自己組表評分

二、結語: 教師給予各組報告建議

七、學習評量內容

每次分段實驗學習單

上台報告

書面報告 (包含由同儕在 Google 表單提問問題之回答)

參考資料

電池的內電阻與端電壓,臺北酷課雲 <https://www.youtube.com/watch?v=dVae7Zw9VYs>

北一女中探究與實作課程(113 年度 P49~P51) https://www.fg.tp.edu.tw/category/office/div_300/section_310/

電池檢測器 BT-168 介紹 <https://www.electroschematics.com/bt-168-battery-tester/>

曾賢德·111 年科學教育實作學門·能源科學探究與實作-能量轉換與數位儀錶紀錄分析 實驗 1B:電池的電性分析 1~6· https://www.youtube.com/watch?v=UD-diet1oi4&list=PLc3zt3oi1SDuwoliLsWe0v4G_T50aBpYn

臺中女中探究與實作課程 P72~P74

<https://itcgs.tcgs.tc.edu.tw/resource/openfid.php?id=28872>