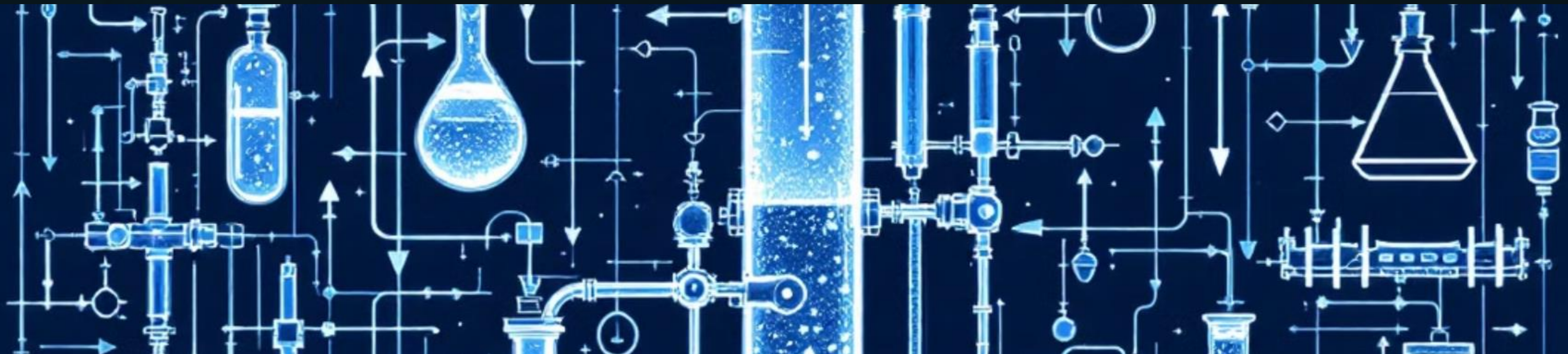


2025 物理實作平台年會

數位輔助實驗探究 - 能源與振盪

東華大學 物理系 曾賢德

2025.05.10



從 普通物理實驗 到 科普推廣與科教實作

國立東華大學 普通物理實驗

Main 首頁

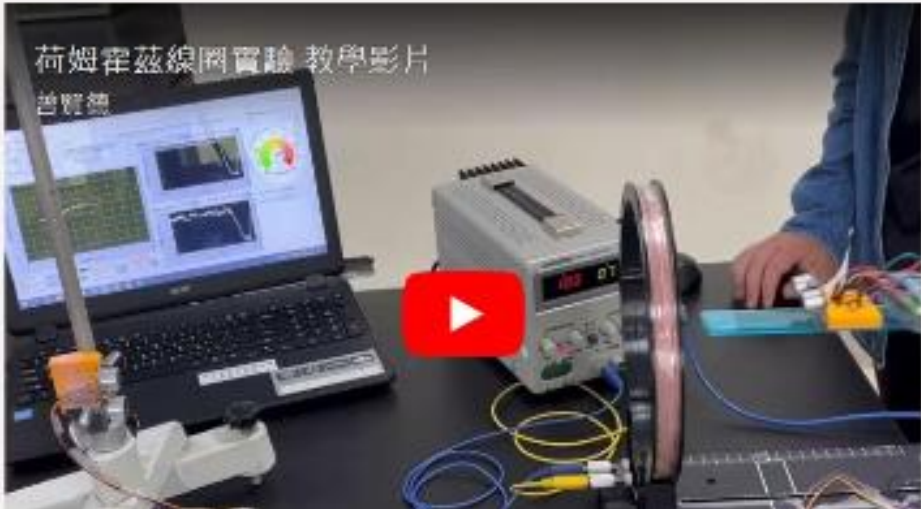
- Basic Training 基礎訓練
- Basic Measurement, Data Process and Analysis 基本量測與數據分析處理
- Force and Equilibrium 基本力學實驗
- Newton's 2nd Law 牛頓第二定律
- Pendulum 單擺實驗
- Centripetal Force 向心力的實驗

荷姆霍茲線圈
Helmholtz Coil

[荷姆霍茲線圈 實驗講義\(pdf\)](#) [荷姆霍茲線圈 實驗講義\(docx\)](#)

[Gauss Sensor \(Arduino\) 操作說明 \(使用Arduino-LabVIEW進行 荷姆霍茲線圈實驗\)](#)

荷姆霍茲線圈實驗 教學影片
普賢德



國立東華大學 普通物理實驗

<https://sites.google.com/gms.ndhu.edu.tw/phys-exp/main>

自造實驗基地的小科學家培育計畫
<https://sites.google.com/view/lab-maker>

自造實驗基地的小科學家培育計畫

Activity Record
Programmer's Zone
Arduino Example Program

自造&實驗探究&科普
Laboratory Builder & Experiments & Inquiry & Practice

資訊科技之大眾化已使科學學習及發展模式改變。我們結合科學原理與電腦軟體硬體，開發適合中小學生的科學實驗教材教案，用於學習建立科學實驗系統。透過簡單的圖型化程式及容易取得的材料，學員自造科學儀錶及架設實驗裝置，化身成小科學家，來觀察探究自然科學現象。

自造實驗系統可讓學員建立解決實際問題的能力，並從定量觀察中獲得更好的科學經驗。我們開發許多科學任務，實驗內容包括聲波、熱(溫度)、電與光等等。讓學員逐步從簡單的實驗觀察，到較進階的實驗系統建立。期望此有助於學生與教師建立未來探究與實作課程所需的工具及教材。

(部份內容可參考 舊網址: <https://sites.google.com/site/littlelabbuilder>)





普物實驗課，學生頭號問題: 不知道實驗報告該寫什麼

普通物理實驗報告

實驗七 簡諧運動

組別：第一組

姓名：林小儀、曾小逸

系級：生科系一年級、物理系一年級

學號：9713123、9714456

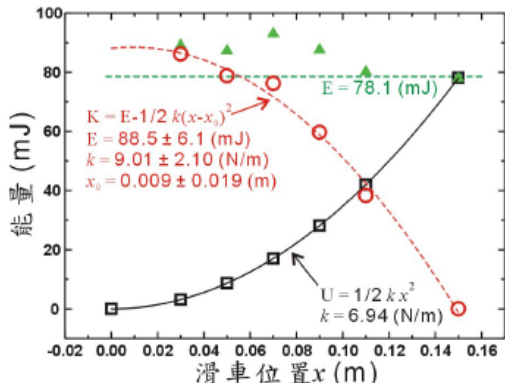
實驗日期：2008 年 10 月 14 日

5-3 驗證能量守恆定律：

	1	2	3	4	5	6
滑車位置 x (m)	0.030	0.050	0.070	0.090	0.110	0.150
位能 $U = 1/2 k x^2$ (mJ)	3.124	8.679	17.01	28.12	42.01	78.11
速度 v (m/s)	0.942	0.901	0.886	0.784	0.628	0
動能 $K = 1/2 m_{eff} v^2$ (mJ)	86.15	78.81	76.21	59.67	38.29	0
總能 $E = U + K$ (mJ)	89.27	87.49	93.22	87.79	80.30	78.11
能量相對誤差(%)*	8.3 %	6.5 %	14.0 %	8.2 %	0.1 %	--
理論速率 $v = \sqrt{\frac{2}{m_{eff}} (E - \frac{1}{2} k x_0^2)}$ (m/s)	0.879	0.8461	0.793	0.718	0.610	0.019
速率相對誤差(%)	7.2 %	6.5 %	11.7 %	9.2 %	3.0 %	--

表(三) 位能 U 與動能 K 隨滑車位置 x 的關係。滑車的振幅為 15 cm。彈力係數 $k = 6.94$ N/m。滑車質量 $m = 187.7$ g。滑車兩端的兩個彈簧質量和為 $m_s = 19.4$ g。有效質量 $m_{eff} = m + 1/3 m_s = 194.2$ g。

* 以伸長量 $\Delta x = 0.15$ m 的結果作為比較的基準。



(圖三) 位能 U 、動能 K 與總能量 E 隨滑車位置 x 的變化。

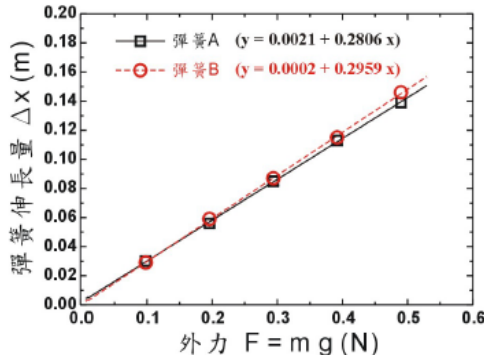
五、實驗數據：

(註：此節將實驗得到的原始數據數據重新整理，每位同學應自行整理數據，不可與同組組員共用。有助教簽名之原始數據或其影本仍須附於報告最後面)

5-1 彈簧伸長量 Δx 與外力 F 的關係：

	1	2	3	4	5
外力 $F = m g$ (N)	0.098	0.196	0.294	0.392	0.490
彈簧 A 伸長量 Δx (m)	0.030	0.056	0.085	0.113	0.139
彈簧 B 伸長量 Δx (m)	0.029	0.059	0.087	0.115	0.146

表(一) 彈簧 A 與 B 的伸長量 Δx 隨外力 F 的變化。



圖(一) 彈簧伸長量 Δx 與外力 F 的關係。

六、結果與討論：

表(一)顯示彈簧 A 與彈簧 B 在 5 種不同外力 F 下的伸長量 Δx 。此 5 種外力分別由 10.0 - 50.0 g 的砝碼提供，換算成牛頓單位為 0.098 - 0.490 N (假設重力常數 $g = 9.8$ m/s²，砝碼質量與其標示精確無誤)。由虎克定律 $F = k \Delta x$ 可求得彈簧 A 與彈簧 B 的彈力係數 k 。圖一顯示兩彈簧的伸長量 Δx 與外力 F 的關係圖。由於 $\Delta x = \frac{1}{k} F$ ，因此 $\Delta x - F$ 圖中的斜率即為彈力係數的倒數 $1/k$ 。由(圖一)可知，彈簧 A 與彈簧 B 在 $\Delta x - F$ 圖中的斜率分別為 0.2806±0.0031 與 0.2959±0.0031 m/N，因此其彈力係數分別為 $k_A = 3.56 \pm 0.04$ N/m 與 $k_B = 3.38 \pm 0.04$ m/N。

(圖一)中，彈簧 A 與彈簧 B 的 $\Delta x - F$ 關係雖呈現線性關係，但是其關係線並沒有通過原點，此可能來自實驗誤差或是彈簧本身的非線性。以彈簧 A 為例，伸長量從 0.000 到 0.030 m 的平均力常數 $k_A \sim 3.27$ N/m，但是伸長量從 0.113 到 0.139 m 的平均力常數卻些微增加至 $k_A \sim 3.77$ N/m。相似的情形亦發生在彈簧 B。因此，彈簧在伸長量 Δx 較小時，其彈力係數 k 也相對較小一些。此造成(圖一)中的 $\Delta x - F$ 線性關係不會通過原點。由於後續的滑車簡諧振盪實驗中，彈簧的伸長量在 0.03 - 0.20 m 之間變化，因此我們計算彈力係數 k 時忽略擬合函數(此例中為： $y = a + bx$)中的常數項 a ，直接取斜率 b 做計算。

當滑車(質量 $m = 187.7$ g)兩端以彈簧 A 與彈簧 B 固定時，其位移量 Δx 與回復力 F 之間的關係為 $F = k_A \Delta x + k_B \Delta x = (k_A + k_B) \Delta x = k \Delta x$ ，亦即系統的力常數為 $k = (k_A + k_B) = (3.56 \pm 0.04) + (3.38 \pm 0.04)$ m/N = 6.94±0.05 N/m。

將滑車從平衡點推移約 10 cm 使其自由振盪，由置於平衡點位置上方的光電計時器可量得滑車在自由振盪時，左半個振盪的週期 T_L 與右半個振盪的週期 T_R 。總週期為 $T = T_L + T_R$ 。(表二)為 5 種不同滑車質量下的振盪週期變化的實驗數據。此 5 種不同滑車質量分別為滑車本身加上 0 - 40 g 的砝碼於車上組成。由於週期 $T = 2\pi\sqrt{m/k}$ (參考問題 2 解答)，因此週期平方 T^2 正比於振盪質量 M 。

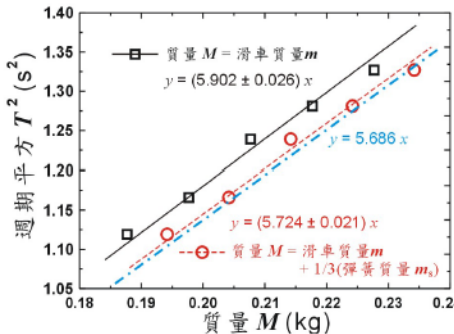
(圖二)顯示週期平方 T^2 與振盪質量 M 之間的關係圖。其中，黑色方形數據點為考慮振盪質量 $M =$ 滑車質量 m 時。紅色圓圈數據點為考慮振盪質量 $M =$ 滑車質量 $m + 1/3$ 彈簧質量 m_s 時。此兩數據皆顯示週期平方 T^2 與振盪質量 M 符合正比關係，然而，兩者的斜率不同。前者的斜率為 5.902±0.026 s²/kg，後者為 5.724±0.021 s²/kg。因為 $T^2 - M$ 圖的斜率代表 $4\pi^2/k$ ，因此以系統的彈力係數 $k = 6.94 \pm 0.05$ N/m 計算， $T^2 - M$ 圖的斜率應為 5.69±0.30 s²/kg (如藍色線所示)。因此，實驗結果顯示振盪質量 M 接近於 $m + 1/3 m_s$ 。此與理論計算結果一致(如問題 2 解答所述)。其誤差僅約 (5.724-5.686)/5.686×100% = 0.7%。若不考慮彈簧質量，則誤差達 (5.902-5.686)/5.686×100% = 3.8%。

利用光電計時器，可以測得滑車振盪時，其不同振盪位置的瞬間速率，並

5-2 週期 T 與滑車質量 m 的關係：

	1	2	3	4	5
$M =$ 滑車質量 m (kg)	0.1877	0.1977	0.2077	0.2177	0.2277
$M = m + 1/3 m_s$ (kg)	0.1942	0.2042	0.2142	0.2242	0.2342
左半週期 T_L (s)	0.526	0.538	0.555	0.563	0.580
右半週期 T_R (s)	0.532	0.542	0.558	0.569	0.572
總週期 $T = T_L + T_R$ (s)	1.058	1.080	1.113	1.132	1.152
T^2 (s ²)	1.119	1.166	1.239	1.281	1.327
有效振盪質量 $M_{eff} = T^2 k / 4\pi^2$ (kg)	0.197	0.205	0.218	0.225	0.233

表(二) 週期 T 隨滑車質量 m 的變化。滑車兩端的兩個彈簧，其質量總和為 $m_s = 19.4$ g。彈力係數 $k = 6.94$ N/m。



圖(二) 週期平方 T^2 與振盪質量 M 的關係。方形：振盪質量 M 僅考慮滑車質量 m ($M = m$)。圓圈：振盪質量 M 考慮滑車質量 m 與有效彈簧質量 $1/3 m_s$ ($M = m + m_s/3$)。藍色線為 $T^2 = \frac{4\pi^2}{k} M$ 的理論線，其中彈力係數 $k = 6.94$ N/m。

由此得到此瞬間的動能 K 。表(三)顯示位能 U 與動能 K 隨滑車位置 x 的關係。其中，動能 $K = 1/2 m_{eff} v^2$ 為實驗測得。其中 v 為滑車瞬時速率， $m_{eff} = m + 1/3 m_s$ 為滑車的有效振盪質量，如前面討論所得。位能 $U = 1/2 k x^2$ 乃由理論計算所得。按照能量守恆，總能 $E = U + K$ 為一常數。由於實驗時均固定振幅 $A = 15.0$ cm，因此，總能量 E 應等於 $1/2 k A^2 = 78.1$ mJ。圖三為位能 U 、動能 K 與總能量 E 隨滑車位置 x 的變化，其顯示動能與位能會互相轉換，使總能量守恆。當滑車位置 x 較接近轉折點($x = 0$)時(亦即滑車速率相對較低時)，誤差較小。相對的，當滑車位置 x 較接近平衡點($x = 0$)時，滑車速率相對較高，誤差亦較大。這有可能是當滑車速率較高時，速率的測量相對誤差較大，且因 $K = 1/2 m_{eff} v^2$ ，速度的誤差也會因開平方的關係而放大。由表三所示的計算結果可知，能量誤差最多達 14%。速率的誤差約在 3% - 12%。由於所有的速率誤差均為正值，顯示光電計時器所量得的速率可能比實際值大一些。這可能與光電計時器的反應時間或感測用的雷射光束大小有關。

七、結論：

本實驗驗證了滑車振盪時，應將彈簧的質量也考慮進去，亦即採用振盪系統的有效質量 $m_{eff} = m + 1/3 m_s$ 。此外，振盪時的動能位能會互相轉換，但維持能量守恆。

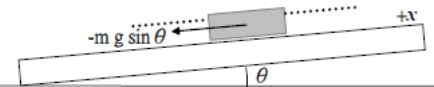
八、心得：

(略)

九、問題：

問題 (1) 空氣軌道若不平，對實驗會有何影響？

答：如果空氣軌道沒有保持水平，就會使得左右彈簧受到 $-m g \sin \theta$ 的作用力，其中 m 為滑車質量， $g \sim 9.8$ m/s² 為重力加速度， θ 為軌道傾斜的角度(如下圖)。



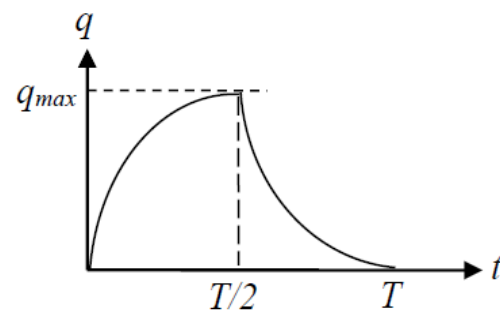
若彈簧本身的質量忽略不計，則滑車的平衡點會產生 $x_0 = (-m g \sin \theta) / k$ 的位移量。系統的力常數 $k = k_L + k_R$ 為左右兩彈簧各別的力常數(k_L 、 k_R)的和。假設系統的力常數為定值(不隨滑車位置改變)，且傾斜造成的作用力為一常數，則軌道

普物實驗課本有許多錯誤跟不足

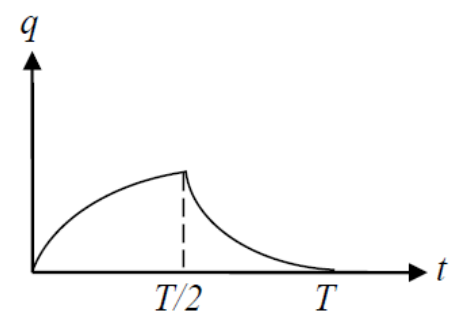
在電容放電過程中，當 q 從 q_{max} 降至一半所需時間 $T_{1/2}$ 稱為半衰期(half-time)，如圖六所示。 $T_{1/2}$ 與 RC 之間的關係式可由 $q(t)=q_{max}/2$ 代入(3)式求得：

$$\frac{1}{2} = 1 - e^{-T_{1/2}/RC} \Rightarrow T_{1/2} = RC \ln 2 = 0.693RC \quad (8)$$

本實驗是以訊號產生器的方波訊號代替 x 點於 a 點及 b 點間的切換，方波前半週期如同 x 點與 a 點相接，而電容充電；後半週期如同 x 點與 b 點相接，而電容放電。當方波週期為 $T/2 > RC$ 時，電容充放電情形如圖七。當 $T/2 < RC$ 時，電容器尚未達到 q_{max} 值就開始放電，而未放電完全又開充電，其 q 與 t 關係如圖八。



圖七



圖八

東華大學
普通物理實驗講義 101版
RC 電路實驗

修訂講義中各種錯誤 新增補充說明

Revise Handouts

Correct various errors

Add additional explanation

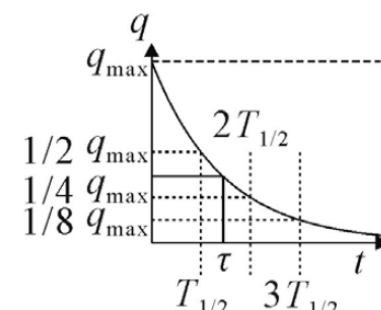
由上述可知，不論充電或放電，達成完全充放電的 63.2% (即 $1/e$) 所需的時間即為時間常數 τ ，在 RC 電路中，其值 $\tau = RC$ 。

由(6)可知，電容放電過程為一指數衰減函數，其特徵為每經過一定的時間，函數值會衰減固定比例。當 q 從 q_{max} (或任意值) 降至一半所需的時間稱為半衰期(half-time)，符號為 $T_{1/2}$ 。對指數衰減函數而言，其值每經過 $T_{1/2}$ 的時間便會減半，如圖七所示。

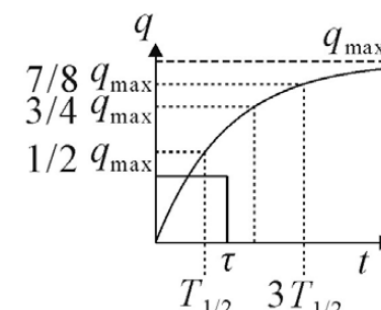
$T_{1/2}$ 與 RC 之間的關係式可由 $q(t)=q_{max}/2$ 代入(6)式求得：

$$\frac{1}{2} = e^{-T_{1/2}/RC} \Rightarrow T_{1/2} = RC \times \ln 2 = 0.693 RC \quad (8)$$

充電時，其行為類似放電，不同的是，放電時電荷指數衰減(逼近)至 0；而充電時，電荷指數逼近至 q_{max} ，如圖八所示。當 q 從任意值往 q_{max} 逼近一半所需的時間亦為 $T_{1/2}$ 。

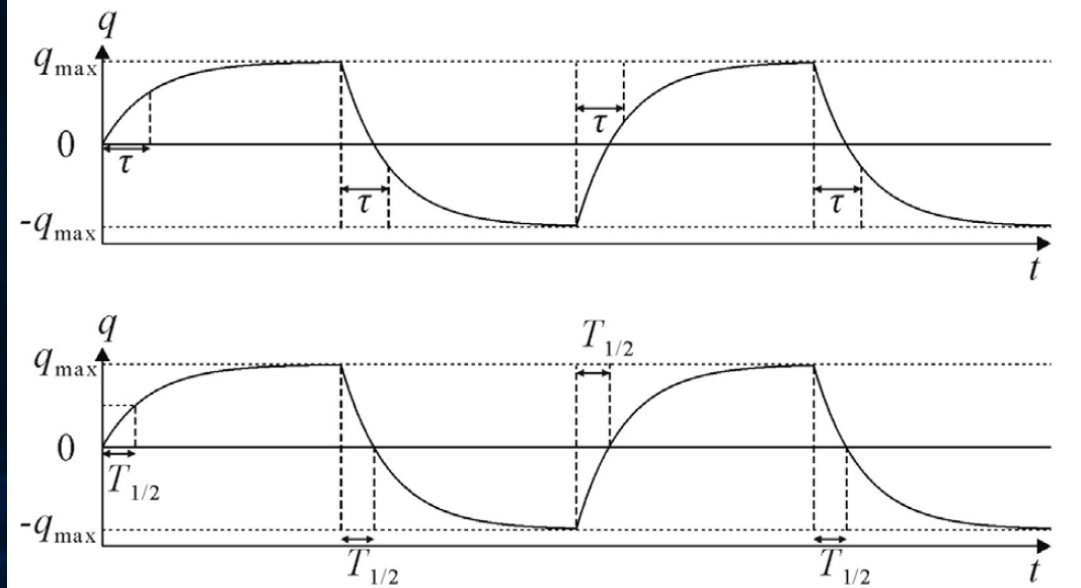


圖七、電荷量 q 往 0 指數衰減。



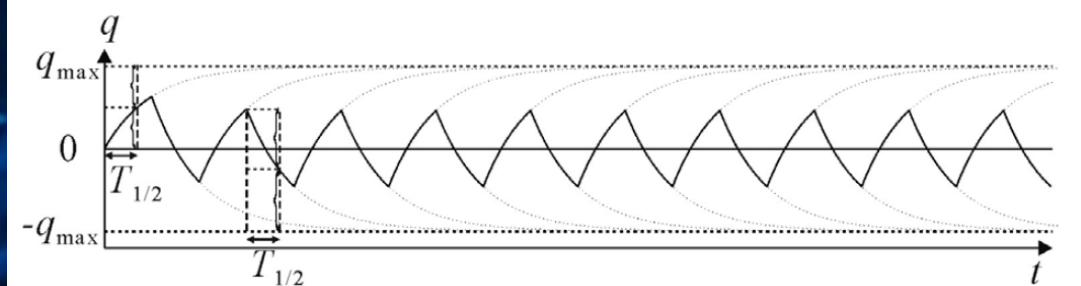
圖八、電荷量 q 往 q_{max} 指數逼近。

本實驗是以訊號產生器的方波訊號代替充放電開關，使電荷量 q 隨方波電壓 $\pm V$ 之變化而以指數行為逼近至 $\pm q_{max}$ ($q_{max} = CV$)。當方波變化週期甚大於 RC 時，電容充放電情形如圖九。此時容易判斷完全充電或放電的訊號位置 ($\pm q_{max}$)，因此 $T_{1/2}$ 容易由圖中求得。



圖九、方波電壓施加於 RC 電路上時的 $q(t)$ 。此例中方波週期 $T=10\tau$ 。

注意：當方波變化週期非甚大於 RC 時，如圖十，無法直接由訊號本身判斷完全充電或放電的訊號位置 ($\pm q_{max}$)。此時 $T_{1/2}$ 無法由圖中直接求得。除非先將方波週期 T 調大，然後先定出 $\pm q_{max}$ 位置。



圖十、方波電壓施加於 RC 電路上時的 $q(t)$ 。此例中方波週期 $T=2\tau$ 。可見單從訊號(實線)無從判斷 $\pm q_{max}$ 位置。若已知 $\pm q_{max}$ 位置，則 $T_{1/2}$ 可由訊號往 $\pm q_{max}$ 位置逼近一半所花的時間而得。但是當 $T < 1.4\tau$ 時，亦無法由圖上判讀 $T_{1/2}$ 位置，此時僅能由公式(3)或公式(6)來計算。

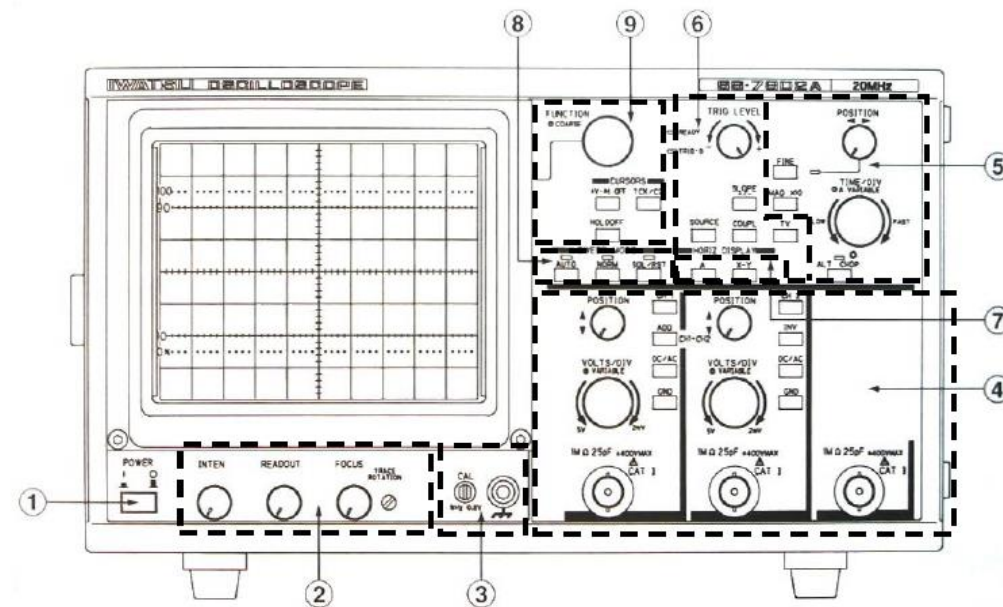
普通物理實驗講義 102版

儀器操作文字說明 理解困難

儀器操作用文字說明不如影片解說

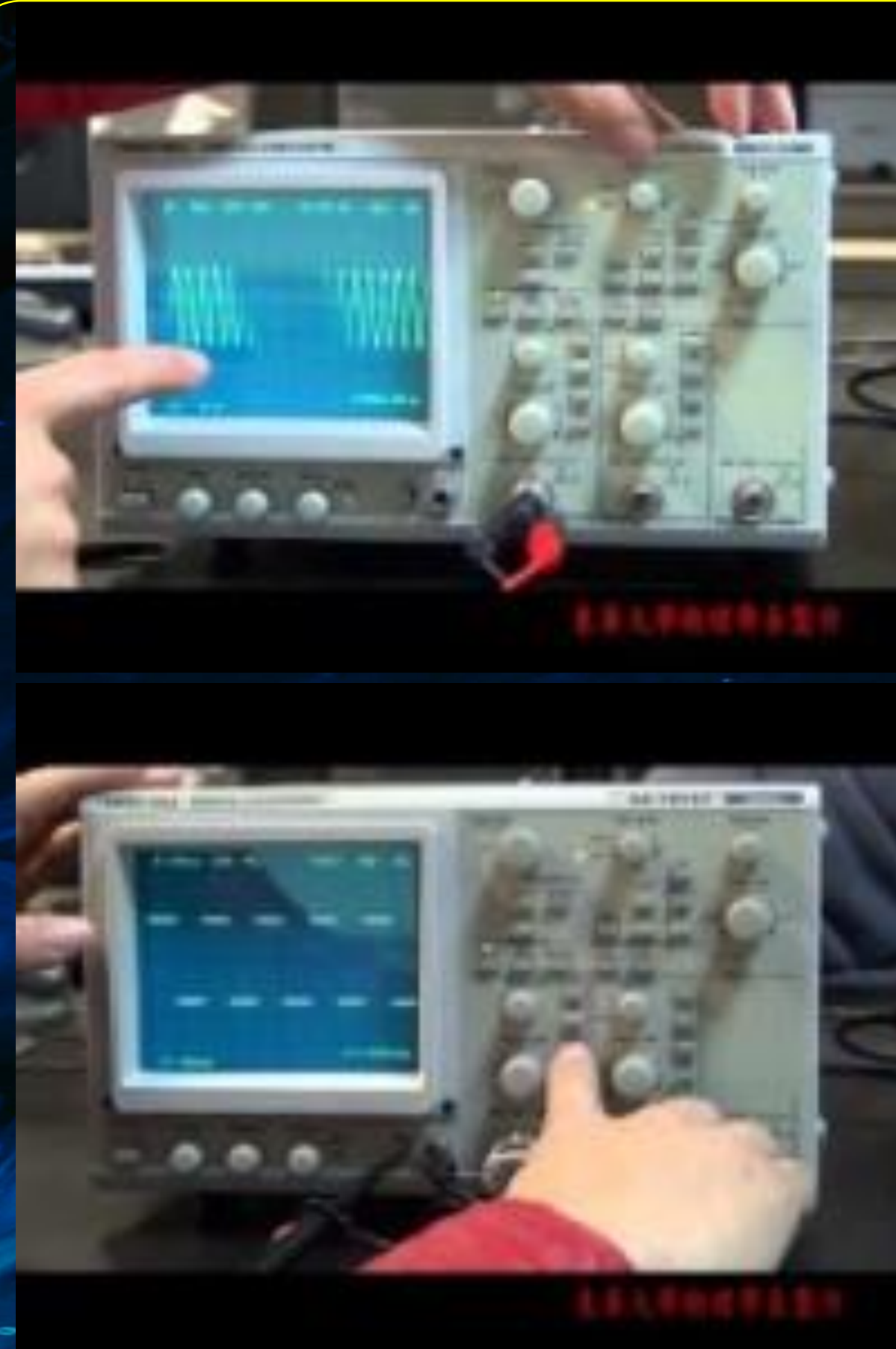
附錄 A (SS-7802 示波器操作手冊)

一、示波器前面板說明：



圖一、示波器前面板。

- ① POWER：電源主開關。
- ② INTEN、FOCUS、READOUT：螢幕亮度調整。
- ③ CAL：校準電壓輸出及接地端口。
- ④ 垂直軸：
 - 1 MΩ 25 pF：輸入連接器，連接輸入訊號。
 - EXT 輸入：選擇觸發來源。
 - VOLTS/DIV：垂直靈敏度，選擇範圍為 2 mV/DIV 至 5 V/DIV，靈敏度會顯示於螢幕左下方。
 - VAR：靈敏度調整，按下【VOLTS/DIV】鈕靈敏度顯示將加上“>”符號，即可執行微調程序。
 - ◆ POSITION：軌跡及光點的垂直位置調整鈕。
 - CH1、CH2：選擇通道顯示。
 - AC/DC：選擇直流(DC)或交流(AC)耦合。直流與交流的差異則在螢幕左下角“V”上方，加上“~”交流符號。
 - GND：以啟動接地功能(螢幕左下角將顯示接地符號)。
 - ADD：開啟 CH1 及 CH2 的相加功能，在螢幕左下角顯示“+”。
 - INV：開啟 CH1 及 CH2 的相減功能，在螢幕左下角顯示“↓”。



播放次數: 1.2萬次

助教每次上課前都要花時間解說一遍
助教每年不同，未必解說正確

Demo Video on YouTube, since 2014

從 CRT 示波器 到 數位示波器

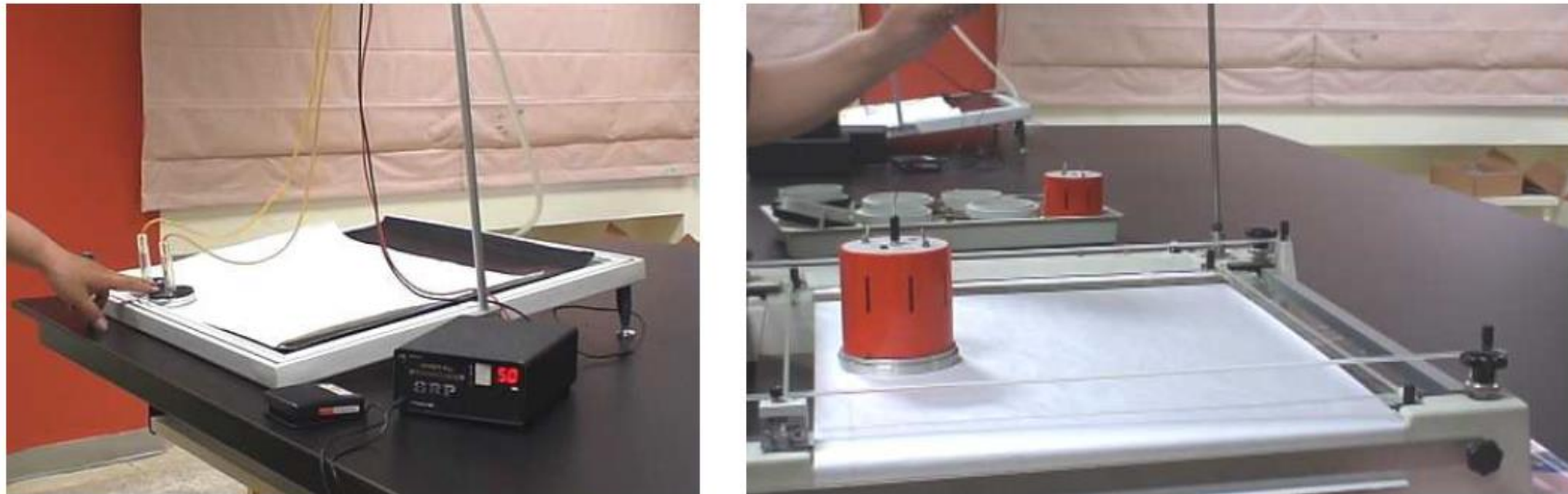


Since 2015, partially use Digital Oscilloscope.

Since 2025, mainly use Digital Oscilloscope.

從 經典(舊型)實驗器材 到 數位化擷取分析 (運動軌跡)

空氣桌的基本結構裝置如圖二所示，在空氣桌上有兩個氣墊小圓盤，圓盤插電後將會送出氣體，使得圓盤與空氣桌之間有一層很薄的空氣層，使兩者之間摩擦力極小。圓盤運動軌跡是利用火花打點記錄器使圓盤中央的尖端產生火花放電(注意：有高壓，務必小心)，而在預先鋪於空氣桌上的碳紙上打出黑點，藉由觀察這些黑點以得知圓盤的運動軌跡。



圖二、實驗裝置。左右圖顯示兩款不同的裝置。



影像追蹤分析軟體 Tracker 使用簡介

https://youtu.be/OZlUHB_f5oA?si=U25oC6_1C5P8g_VD

播放次數: > 2.3 萬次 Since 2016

從 經典(舊型)實驗器材 到 數位化擷取分析 (滑車與簡諧運動)

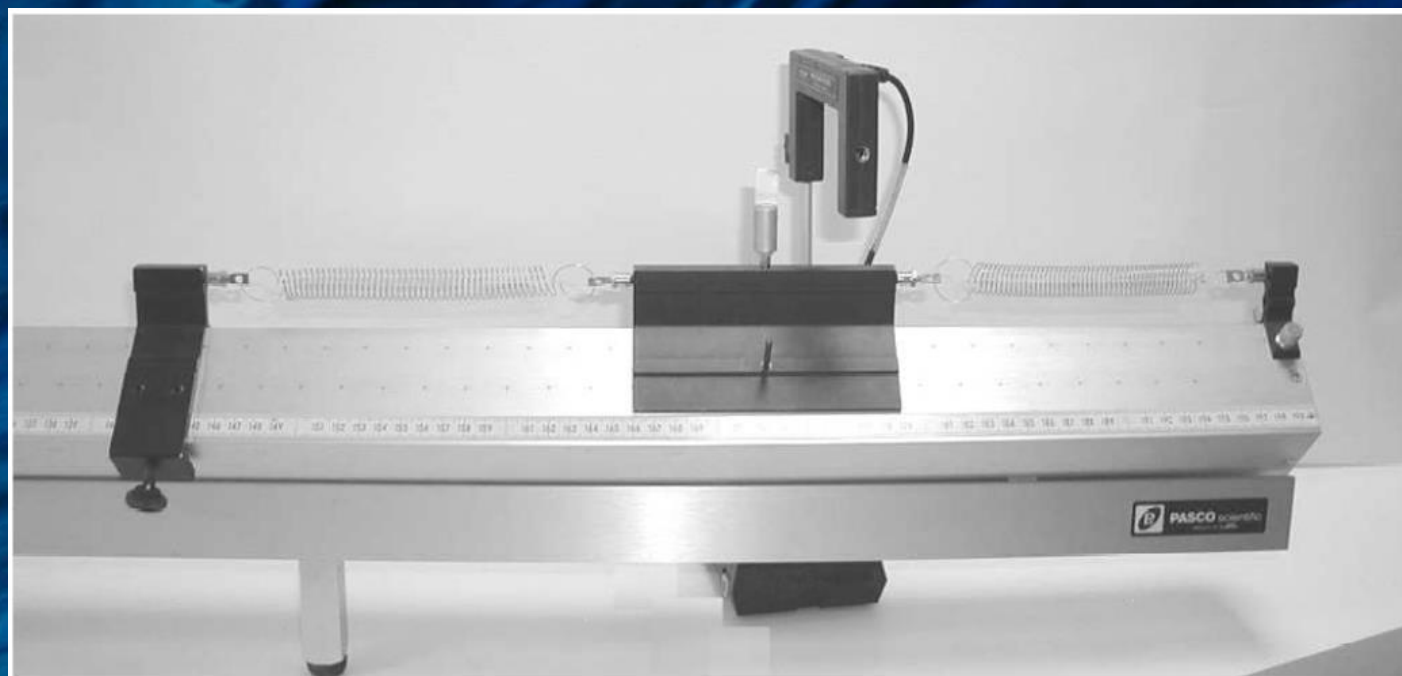


圖二、牛頓第二運動定律實驗裝置。

Newton's 2nd Law



Use Smart Cart (\$ ~ 1.5萬台幣)



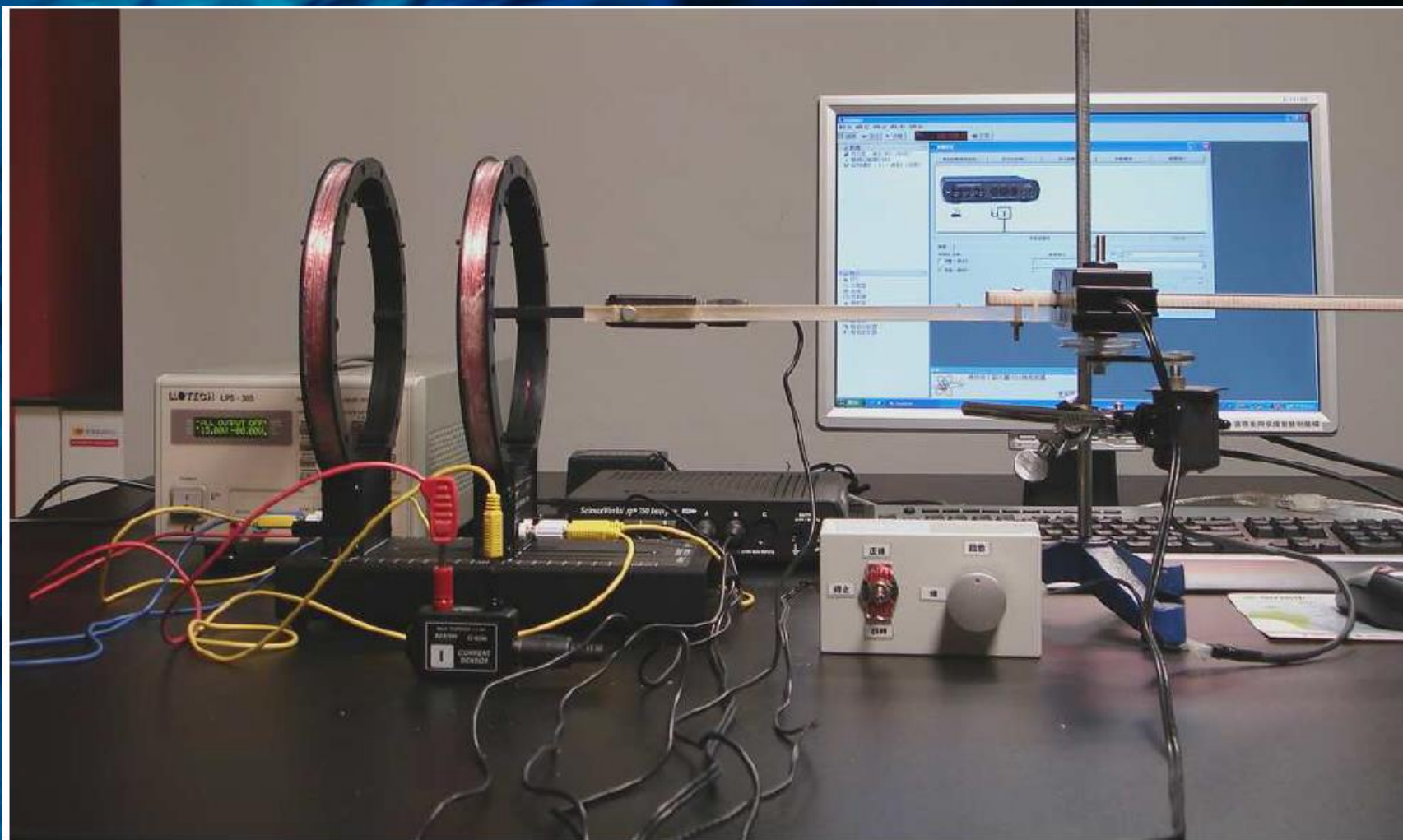
圖一、簡諧運動裝置圖。

Simple Harmonic Motion



學生的報告範例 ([Report example](#))

從 經典(舊型)實驗器材 到 數位化擷取分析 (磁場感測)



荷姆霍茲線圈實驗
Helmholtz Coil Experiment



本程式為結合 線性霍爾IC 與 超音波測距感測頭(HC-SR04) · 作 磁場 B 隨 位置 x 變化的偵測。

- Arduino 程式 [Sonar_Gauss_XY.ino](#) (上傳至Arduino開發板，傳回超音波距離與霍爾IC電壓)
- LabVIEW 程式 [Gauss.exe](#) (讀取距離與霍爾IC電壓，繪圖成磁場 B 隨位置 x 之變化，需LabVIEW Runtime 2020版本)
- [Gauss Sensor \(Arduino\) 操作說明](#) (儀器架設、Gauss程式介面操作說明)
- [LabVIEW Run-Time Installer](#) (LabVIEW Run-Time 引擎安裝程式，其對應LabVIEW 2020版本)
- 參考資料: A1324霍爾IC 資料表 [A1324 Hall-Effect Sensor datasheet](#)

荷姆霍茲線圈實驗 使用Arduino

<https://sites.google.com/gms.ndhu.edu.tw/phys-exp/main/Helmholtz-Coil-Circuits>

從 經典(舊型)實驗器材 到 數位化擷取分析 (熱學實驗)

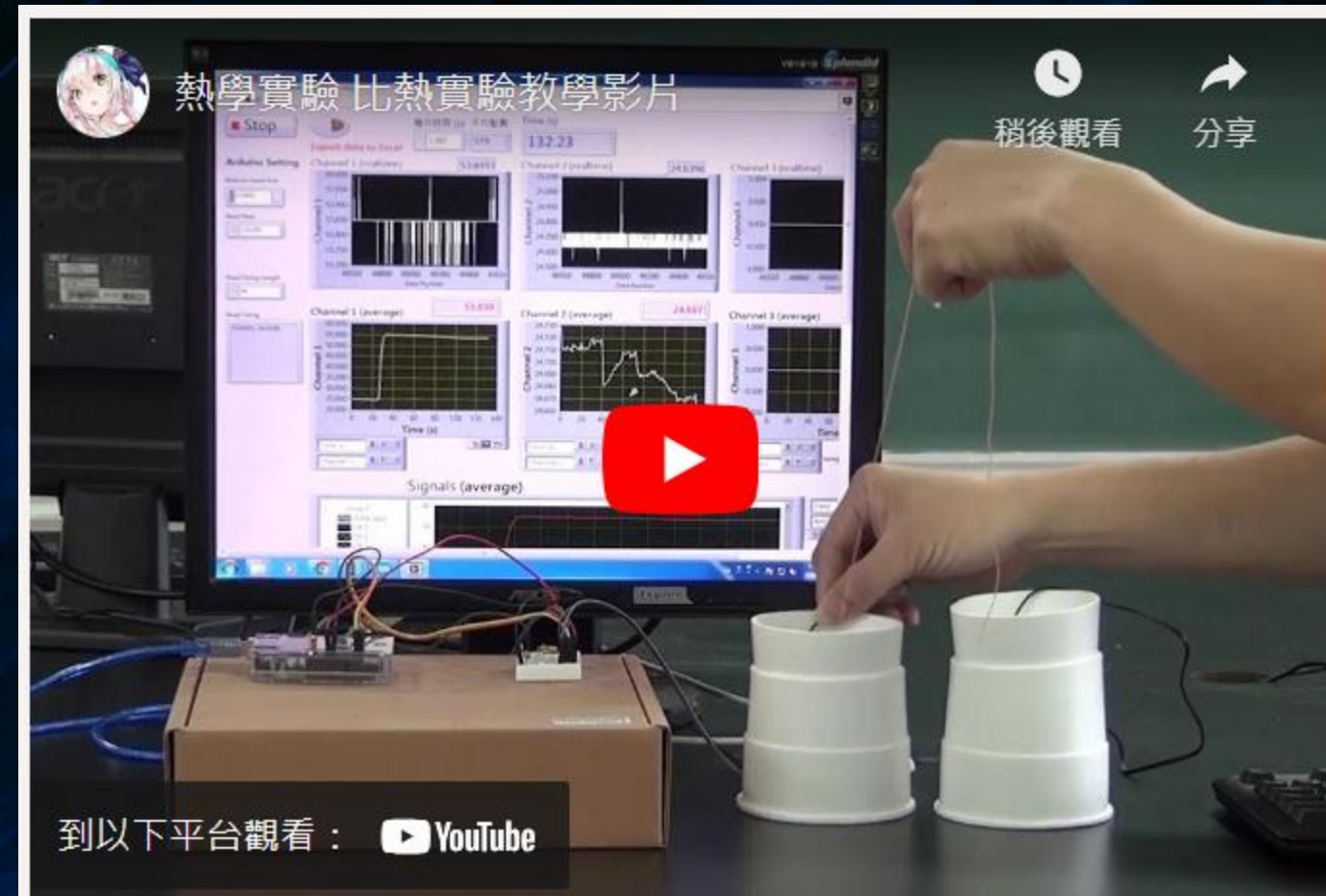
(三) 用輻射法求液體比熱：

1. 實驗裝置如圖五。
2. 將大容器裝滿溫度為室溫的水，插上刻度達 50°C 之一溫度計。
3. 測量 A、B 兩管(空銅管)的質量 M_A 和 M_B ，分別裝入水及待測液體，再秤其質量，可求得水及待測液體的質量 m_A 及 m_B 。
4. 再量取溫度計浸入液體的體積(阿基米德法)。
5. A、B 兩管上各插上刻度達 50°C 之一溫度計，然後放到加熱鍋的熱水中加熱至約 50°C (注意：加熱溫度不可超過 50°C ，否則溫度計會極易損壞！)，取出擦乾後，將兩管置入裝滿水的大容器(輻射空間)中，並記錄兩管初始溫度。
6. 之後每隔 2 分鐘記錄一次時間與溫度，直到溫度下降至少 15°C 。若一人觀察時，則可以選擇單數分鐘記錄 A 管溫度，雙數分鐘觀看 B 管溫度。繪出溫度-時間關係圖，即得兩管的冷卻曲線。
7. 選取適當的溫度範圍 ΔT ，從圖中讀出所需的冷卻時間 Δt_A 和 Δt_B ，代入(*)式中計算待測液體比熱。
8. 再選擇兩個以上的溫度變化範圍 ΔT ，重覆步驟 7，並求所得比熱之平均值和標準差。



圖五、液體比熱實驗裝置圖。

比熱實驗 Specific Heat



到以下平台觀看：  YouTube

- 讀取冷、熱水溫度的 Arduino 程式 (Calorimetry.ino)

(透過 Arduino 程式編輯介面，將此程式上傳至 開發板 上)

(程式的文字檔 Calorimetry.txt)

- 透過序列埠將 Arduino 訊號值讀至電腦，呈現繪圖、平均與紀錄的程式:

比熱實驗 使用Arduino

<https://sites.google.com/gms.ndhu.edu.tw/phys-exp/main/Specific-Heat>

從 經典(舊型)實驗器材 到 數位化擷取分析 (法拉第實驗)

國立東華大學 普通物理實驗

Main 首頁

Basic Training 基礎訓練

Basic Measurement, Data Process and Analysis 基本量測與數據分析處理

Force and Equilibrium 基本力學實驗

Newton's 2nd Law 牛頓第二定律

Pendulum 單擺實驗

Centripetal Force 向心力

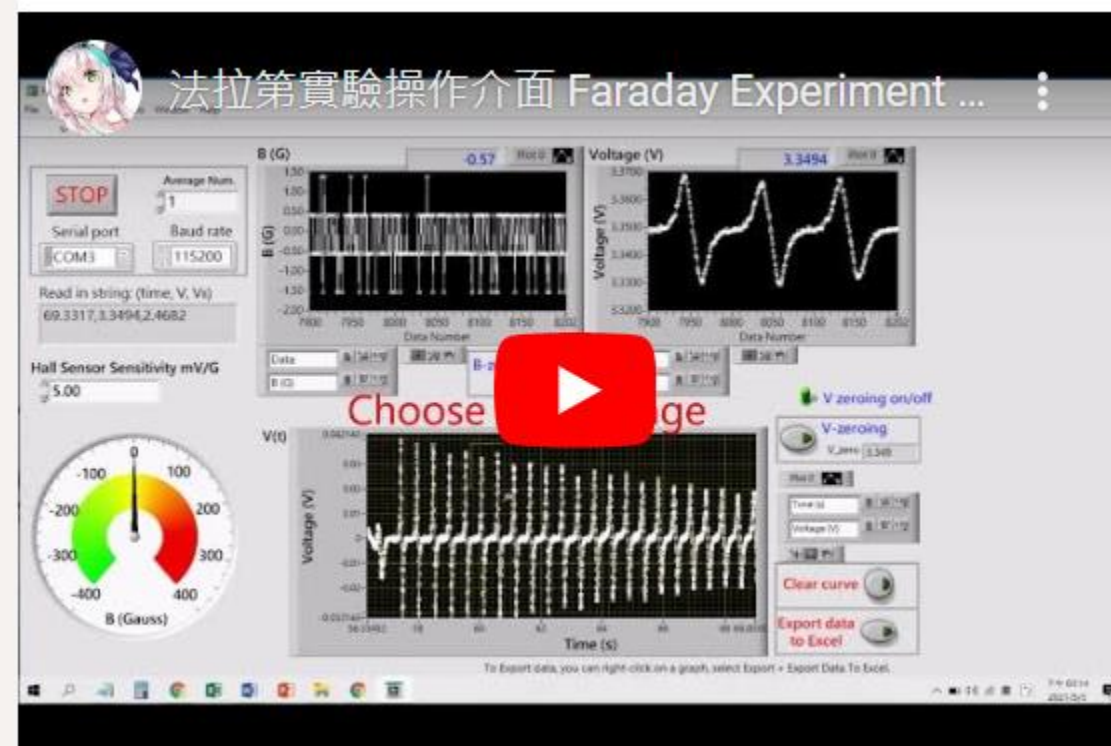
Collision Experiment 平面碰撞實驗

利用LabVIEW程式與Arduino結合，讀取 電壓 與 磁場(霍爾IC電壓)的數值。

- Arduino Program: [Faraday.ino](#) (上傳至Arduino Uno開發板)
- LabVIEW Program: [Faraday.exe](#) (電腦上需安裝 [LabVIEW Run-Time 2020](#))
- [LabVIEW Run-Time Installer](#) (LabVIEW Run-Time 2020 引擎安裝程式)
- LabVIEW程式: [Faraday.vi](#) (電腦上需安裝 LabVIEW 2016以後的版本)

參考資料: A1324霍爾IC 資料表 [A1324 Hall-Effect Sensor datasheet](#)

The Operation of "Faraday.exe"



圖四、新式透明線圈桿。線圈匝數 N 見桿上標示，平均直徑約 2.18 cm。



圖三、使用 Arduino 擷取線圈的感應電壓(接到 A0)與霍爾 IC 的輸出電壓(接到 A1)。

注意：線圈一端接 3.3 V 電壓孔，另一端是接 A0 (測電壓)，另一端不可直接接地，以免高電流燒壞線圈或電路版。

法拉第實驗 使用Arduino
Faraday's Law

<https://sites.google.com/gms.ndhu.edu.tw/phys-exp/main/Faraday-Law>

全面 數位化 比較好??

No!! 需要更全面的學習



The screenshot shows the homepage of the General Physics Laboratory website. On the left is a dark sidebar with a menu. The main content area has a header with 'Physics' and '普通物理實驗室' (General Physics Laboratory) and the NDHU logo. Below the header, it says 'General Physics Laboratory' and provides the URL 'https://sites.google.com/gms.ndhu.edu.tw/phys-exp'. A teal horizontal bar contains links for '如何撰寫實驗報告' (How to write experimental reports) and 'English Menu'. The main content area then displays '實驗室規則 (Rules)' (Laboratory Rules) with a warning: '[嚴禁編造數據、複製或抄襲別人報告數據、內容，違者得依學術倫理責處。]' (Strictly prohibited to fabricate data, copy or plagiarize others' report data, content, violators will be held responsible according to academic ethics). At the bottom, it states '[No plagiarize !! No forge data !!]'.

國立東華大學 普通物理實驗

^ Main 首頁

- Basic Training 基礎訓練
- Basic Measurement, Data Process and Analysis 基本量測與數據分析處理
- Force and Equilibrium 基本力學實驗
- Newton's 2nd Law 牛頓第二定律
- Pendulum 單擺實驗
- Centripetal Force 向心力
- Collision Experiment 平面碰撞實驗
- Simple Harmonic

Physics

普通物理實驗室

NDHU

General Physics Laboratory

<https://sites.google.com/gms.ndhu.edu.tw/phys-exp>

[如何撰寫實驗報告](#) [English Menu](#)

實驗室規則 (Rules)

[嚴禁編造數據、複製或抄襲別人報告數據、內容，違者得依學術倫理責處。]

[No plagiarize !! No forge data !!]

普物實驗室 網頁 General Physics Laboratory Website
<https://sites.google.com/gms.ndhu.edu.tw/phys-exp/main>

從 普通物理實驗 到 IYPT 物理思辨訓練
From General Physics Experiments to
IYPT (International Young Physicists' Tournament) Training

思辨融入實驗、
實作融入物理教學及推廣

曾賢德 國立東華大學 物理系

2017中華民國物理年會
2017.01.16 PSROC Annual Meeting

大一學生 參與大專 IYPT 競賽



2016



2018



2020



2024

從 IYPT 到科學營

- 2020.10.24-25 IYPT探究實作營隊
(Wind Speed, Irreversible Cartesian Diver)
- 2020.12.19-20 IYPT探究實作營隊 (威伯福斯擺)
- 2021.09.25-26 物理IYPT實作科普活動
(Ball on Membrane, Three-Side Dice)
- 2021.12.04-05 物理IYPT實作科普活動
(Balls on an Elastic Band, Bimetallic Oscillator)
- 2022/09/17-18 物理IYPT實作競賽營
(Magnetic-Mechanical Oscillator, Siren)
- 2022/12/10-11 物理IYPT實作競賽營 (Oscillating Sphere)
- 2023.10.28-29 物理IYPT實作競賽營
(Droplet Microscope, Ruler Trick)
- 2023.07.18-19 宜蘭高中探究實作科學營-遠距 (Oscillating Sphere)
- 2024.10.19-20 物理IYPT實作競賽營
(Climbing magnets, Lato Lato)



從 普通物理實驗 到 遠距線上實作科學營

受新冠肺炎(COVID-19)疫情影響，台灣各級學校在2021年 5月19日至7月底之間的教學幾乎都改以線上教學為主。對於需要器材設備的實驗實作課程，如何透過線上教學使學生進行操作與學習已成為新的挑戰。

以線上教學進行實驗實作 課程的效果分析及經驗分享

曾賢德

國立東華大學 物理學系



從 普通物理實驗 到 遠距線上實作科學營

- (一) 線上探究與實作教學常見問題之探討與因應策略。
- (二) 介紹中學教學現場可運用之數位媒材，例如：整合 LabVIEW 與 Arduino 之教學分享。
- (三) 實作材料精簡、環保，且方便多組推廣使用的實作主題建議及分享。

線上數位探究與實作 推廣經驗分享

曾賢德 國立東華大學物理學系

110 年 11 月 30 日 (二) 13:30~15:30



教材雲端硬碟資料夾

臺北市立第一女子高級中學 教師增能研習實施計畫
全國教師在職研習網 課程代碼：3290080

物理教育聯合會議 (2021.11.30)

從 遠距線上實作經驗 到 普通物理實驗

東華大學物理系啟動地震後的實體實驗課

發稿時間：2024/06/05 09:35:03

(中央社訊息服務20240605 09:35:03)國立東華大學雖然在0403地震時因為部分建物受損，使得許多實體課程無法進行，但經過師生們同心努力，許多課程已經回歸正常上課。尤其是注重實作實驗的物理學系，雖然位在受創最嚴重的理工一館，使得理工學院大一400位學生的普通物理實驗訓練曾被迫暫停，但在物理系教職員與助教的努力下，目前已恢復實體實驗課。

負責規劃普通物理實驗的曾賢德教授表示，普通物理實驗是全理工學院大一學生必修的重要入門訓練，強調實事求是與實作分析，學生透過親手做實驗操作才能增進實驗技巧，融會所學。因此，即使是前幾年疫情期間遇到全國學生臨時改遠距上課時，普通物理實驗課也沒有停歇，而是緊急改編教材，改成使用較容易取得的材料包，並將實驗器材送到每位學生手上進行實驗。這次地震後，物理系很快啟動應變措施，同時規劃4個實體實驗與4個遠距實驗，讓大多數已經回到學校上課的學生能在實驗室進行實驗訓練，而部分無法到實驗室上課的學生，也可以透過郵寄取得實驗材料包做實驗。

曾賢德教授表示，遠距實驗材料可以做磁力實驗、RC電路實驗、法拉第定律實驗與光學繞射及偏振實驗等等。即使是使用較簡易的器材，仍然可以做很好的定量分析。其中，RC電路使用音效卡及電腦軟體做電訊號的輸出及輸入觀察，若再加上線圈與小磁鐵，就可以做法拉第定律(磁生電)的實驗驗證與分析。若學生仔細操作，兩者都能做到小於5%的誤差。

除了實驗講義，也有許多實驗操作解說影片放在課程網頁上，這些都是公開分享的資源，希望除了大一學生之外，也能給對科學實驗有興趣的民眾及高中學生做學習參考。



助教於臨時普物實驗室集合培訓。



學生認真進行實驗操作與數據分析。

0403地震 遠距實驗 (Remote 2024.05) [器材表 \(Materials\)](#).

[Magnetic Force](#) 磁力實驗

器材可加做自選實驗: [Magnetic Dipole Moment](#) 磁偶極矩實驗

[RC Circuit](#) 示波器應用 RC 電路實驗

[Faraday's Law](#) 法拉第實驗

[Optical Experiments](#) 光學實驗

<https://sites.google.com/gms.ndhu.edu.tw/phys-exp/main>

<https://www.cna.com.tw/postwrite/chi/372964>

實驗物理技術 Experimental Techniques in Physics

<https://sites.google.com/gms.ndhu.edu.tw/expphystech>



國立東華大學物理系-實驗物理技術

此課程教導學生建立科學系統常需用到的實驗技能，包括電腦軟硬體、實驗記錄、控制與應用。學生利用這些技能設計一個專題實驗或作品，組成解決實際問題的系統。不僅活用所學的技能，並可透過專題製作的方式學習團隊合作與發揮創意，運用於解決週遭問題。課程中也講解真空儀器設備及原理。

實驗物理技術 Experimental Techniques in Physics

<https://sites.google.com/gms.ndhu.edu.tw/expphystech>

<https://youtu.be/l0le48Doehg?si=SrmnUVCSK-LCBWRY>





自造實驗基地 計畫網站



<https://sites.google.com/view/lab-maker/main>

近期活動:

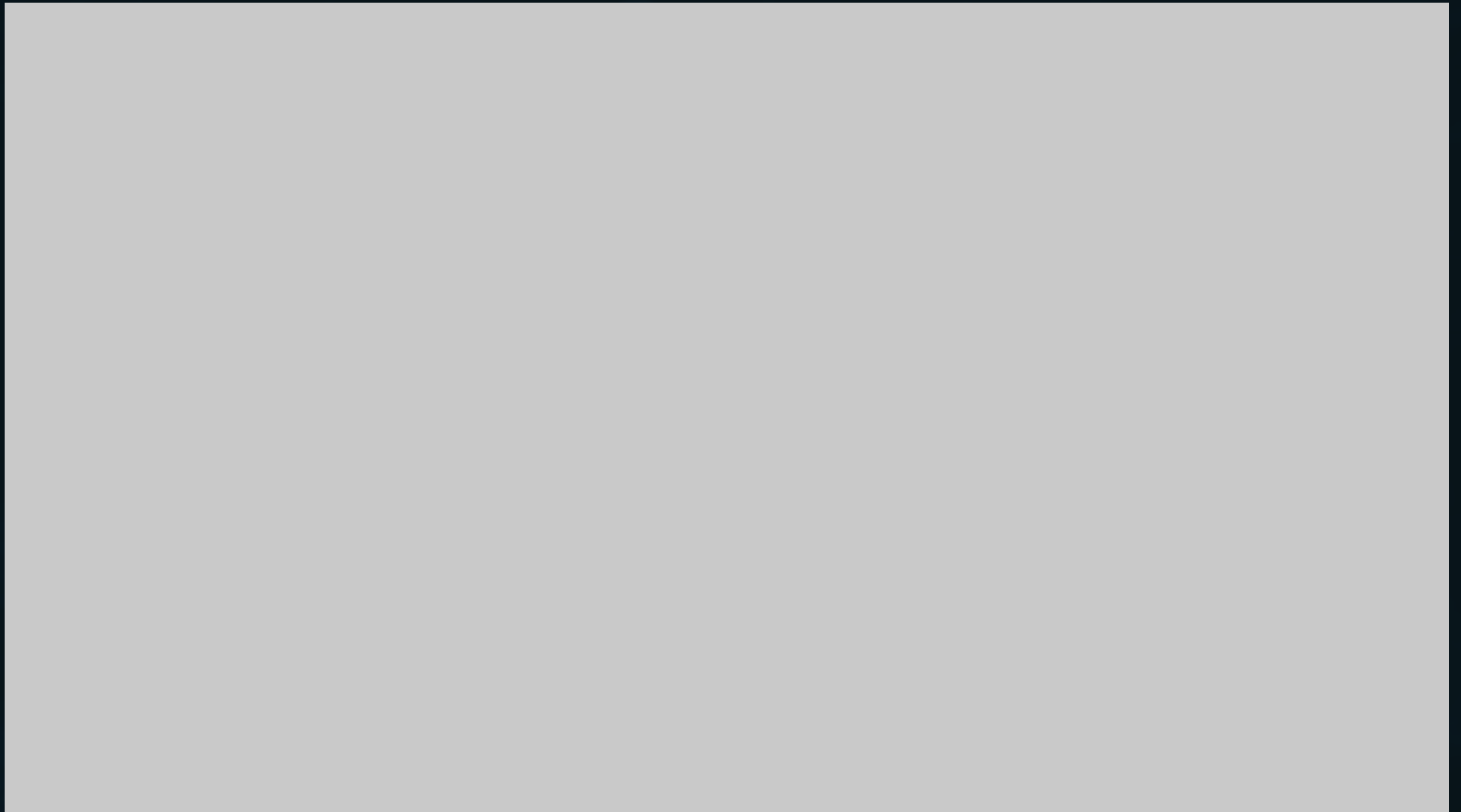
- 2024/10月-12月 花蓮女中微課程 (10/25、11/1、11/22、12/6、12/20、12/27)
- 2024/11/08-10 [科教館2024臺灣科學節](#) (科學體驗攤位: 關於用程式觀察振動這檔事, c區 科學科技-國科會科教實作學門專區)。
- 2024/11/17 壽豐國中雙語營活動。[[課程資料](#)]
- 2024/12/07-08 宜蘭高中探究實作科學營。[[報名網址](#)] [[課程資料](#)]
- 2024/12/14、12/22 仰望盃線上科學研習與競賽。[[報名網址](#) 已經160組額滿] [[課程資料](#)]
- 2024/12/28 花蓮區物理奧林匹亞推廣營。[[報名網址](#)]

近期特色活動參考內容: 僅列部分活動, 更多活動內容資料請見[活動紀錄](#)

- 2024/10/19-20 東華大學物理IYPT實作競賽營。[[報名網址](#)] [[課程資料](#)]
- 2024/09/28-29 遠距數位探究實作競賽營-振盪的探究實驗。[[報名網址](#)] [[課程資料](#)]
- 2024/09/22 壽豐國中雙語科學營活動-餐桌上的科學。[[新聞](#)]
- 2024/07/15-16 花蓮高中數位探究實作科學營-振盪系列。[[報名網址](#)] [[課程資料](#)]
- 2024/08/24-25 創意科學FUN一夏科普營, 花蓮縣吉安鄉光華國小。[[新聞](#)]
- 2024/06/20 海星高中雙語課程-半導體實驗探究。[[課程資料](#)]
- 2024/04/20-21 遠距數位探究實作競賽營-探究實驗與應用。[[課程資料](#)]
- 2024/03/28 台南二中遠距數位探究實作課程-數位程式觀察LED半導體特性。[[課程資料](#)]
- 2024/02/01-02 羅東高中數位探究實作科學營。[[課程資料](#)]
- 2024/01/29-31 宜蘭高中數位探究實作科學營。[[課程資料](#)]
- 2024/01/27 花崗國中, 寒假創意科學營。[[學習單](#): 彈簧、單擺與共振、凸凹面鏡、光柵繞射與光譜]
- 2024/01/23-24 台東高中數位探究實作科學營。[[課程資料](#)]



111年科學教育實作學門計畫 能源科學探究與實作 能量轉換與數位儀錶紀錄分析

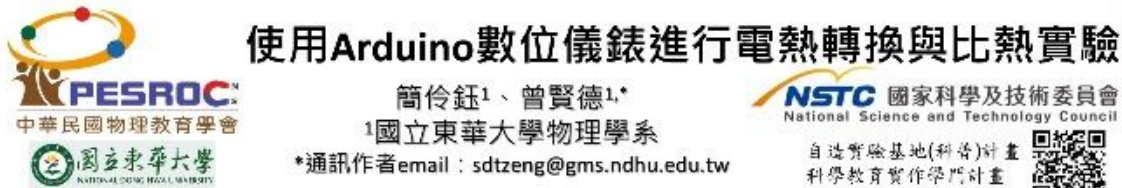


111年 科學教育實作學門 計畫成果簡介影片
能源科學探究與實作 能量轉換與數位儀錶紀錄分析

<https://youtu.be/UD-diet1oi4?si=o9QfWfgitfXp3tNQ>

111年科學教育實作學門計畫

能源科學探究與實作 能量轉換與數位儀錶紀錄分析



使用Arduino數位儀錶進行電熱轉換與比熱實驗

簡伶鈺¹、曾賢德^{1*}
¹國立東華大學物理學系

*通訊作者email: sdtzeng@gms.ndhu.edu.tw

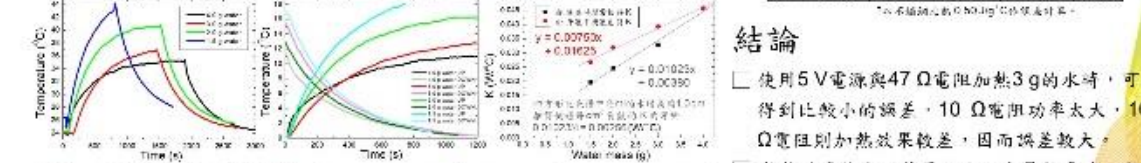
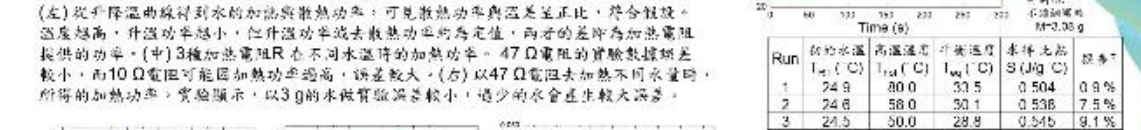
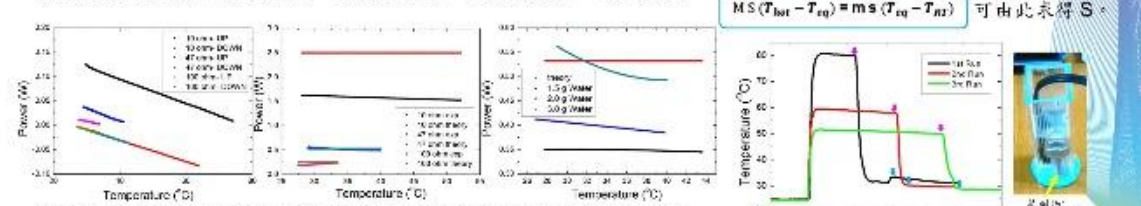
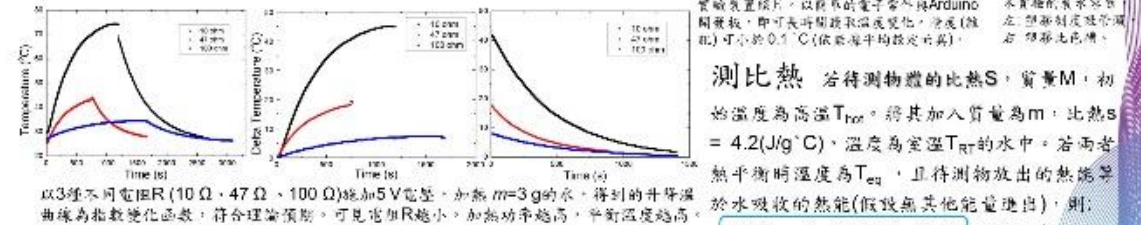
NSTC 國家科學及技術委員會
National Science and Technology Council

自造實驗基地(科學)計畫
科學教育實作學門計畫

摘要 現代生活中經常需要使用電能加熱物體。本報告將呈現如何使用容易取得的Arduino電子裝置與數位程式，探究以電阻將電能轉換成熱能的功率，以及測量待測物體的比熱。包括使用不同大小的電阻通電加熱水，探究其如何影響水溫的變化曲線，由此推得加熱功率。以及在水中加入待測物體，觀察水溫變化曲線如何改變，進而推得待測物體的比熱。此一實作實驗有助於增進學生學習定量數據分析方法，並學習數位儀錶及程式的使用。

簡介與理論 若在電阻R兩端施加電壓差V，則電阻將電能轉換為熱能的功率 $P_{\text{電阻}} = V^2/R$ ，用此電阻加熱質量為m、比熱為S的水，則依能量守恆，加熱電阻的功率等於水得到的熱功率 $P_{\text{水}}$ 減去散失到環境的散熱功率 $P_{\text{散熱}}$ ，亦即 $P_{\text{電阻}} = P_{\text{水}} - P_{\text{散熱}}$ 。若假設散熱功率正比於溫差水與環境背景溫度的溫差，則升溫會到達一平衡溫度，且升溫與降溫曲線為指數變化函數，公式如下：

實驗系統 本實驗的裝置示意圖及照片如右。使用塑膠刻度吸管或塑膠比色槽作為容器，用一般電阻自製加熱器，以Arduino程式、開發板及熱敏電阻得到溫度數值。使用我們撰寫的LabVIEW儀表程式即時讀取Arduino回傳的溫度數據作長時間紀錄，呈現變化曲線圖。



水質	時間常數 (s)	K (W/°C)	平均溫度 (°C)	K (W/°C)
1.5	320.7	0.0196	19.9	0.0268
2.0	341.2	0.0245	18.7	0.0319
3.0	381.0	0.0329	15.5	0.0393
4.0	368.6	0.0456	11.6	0.0458

散熱時間常數的結果可從供、比色槽側邊每平方公分的表面，散熱係數K約為0.00256 (W/°C)。但自熱平衡溫度漸降時，水量較少者可能因溫度過高使水面散熱明顯，導致誤差較大。

2023中華民國物理教育聯合會議



以Arduino數位儀錶進行電磁感應發電實驗與探究

吳修丞¹、曾宇綸¹、胡育豪¹、曾賢德^{2,*}
¹國立花蓮高級中學
²國立東華大學物理學系

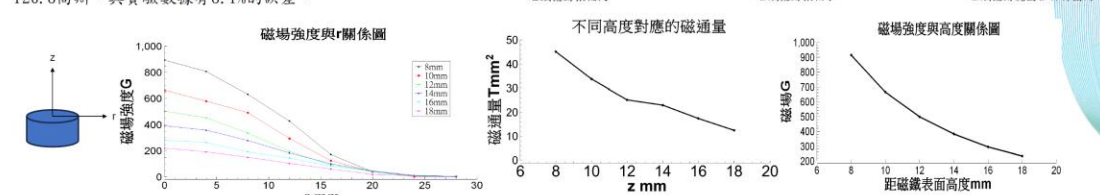
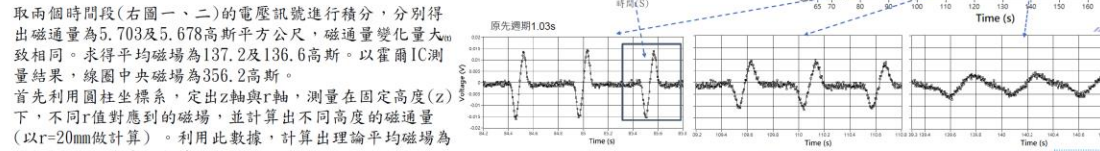
*通訊作者email: sdtzeng@gms.ndhu.edu.tw

摘要 電能是現代生活不可或缺的重要能源，而絕多數的電能乃是透過法拉第電磁感應原理從其他能量轉換而獲得的。本報告將呈現如何使用容易取得的Arduino電子裝置與數位程式，以此觀察磁鐵與線圈相對運動時產生的電壓變化。從定量的科學數據探究感應電壓與磁通量變化的關係，並從感應電壓隨時間變化的曲線積分推得磁場大小，探究各種變因(磁場大小、磁場範圍、線圈大小、線圈匝數、線圈移動速率等等)對實驗結果的影響。此一實作實驗有助於增進學生對法拉第電磁感應定律的理解，並能學習數位儀錶及程式的使用。

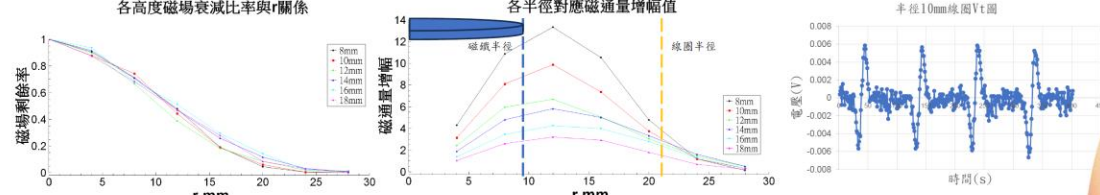
實驗系統 本實驗的裝置示意圖及照片如右。使用塑膠直尺作為擺，下端用燕尾夾固定尺並讓磁鐵(半徑19mm)吸附於夾子上。將漆包線纏繞於水管上，製作線圈(半徑21mm、30匝)。漆包線與Arduino Uno開發板連接，測量線圈上方磁鐵移動時，線圈產生的感應電流，並做即時平均，透過序列埠將短時間平均電壓傳回電腦，由LabVIEW儀表程式即時呈現電壓變化曲線。我們也使用霍爾IC連接Arduino Uno開發板以測量磁場。

理論 根據法拉第電磁感應 $\mathcal{E} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$ 將感應電壓對時間積分得到 $\int \mathcal{E} dt = -\Delta\Phi_B$ ，高中課本利用線圈的感應電壓去測量磁場變化，並且假設線圈面積固定，且通過磁場均勻，得到 $\int \mathcal{E} dt = -N\Delta B$ (N為線圈匝數A為線圈面積)

實驗結果 當磁鐵從遠處往線圈中央接近時會產生一個電壓的峰值，離開時則產生對稱的峰值，磁鐵在這處時，由於線圈的磁通量無大幅改變，將沒有電壓，由於震幅隨時間降低，感應電壓的振幅隨時間降低，並且每個峰的時間逐漸拉長，直到磁鐵擺動的範圍位於線圈內部時。



測量不同r值對應的磁場，並且以r=0的值標準化，比較不同高度(z)的衰減曲線，可以發現曲線大致相同，並且我們也分析了在磁通量的增幅與半徑的關係，得出在r=20mm之後磁通量將不再大幅增加，因此線圈半徑在20mm以內即可。若線圈過小，容易因為單擺擺動不穩，未通過線圈中央，造成電壓震幅不穩且線圈面積小造成電壓訊號小，不易計算。



結論 (一)震幅大小在超過線圈範圍外下，並不大影響磁通量的測量。(二)線圈半徑在20mm以內即可，超過此尺寸後磁通量也不會大幅增加。(三)經過線圈測量出的磁場是線圈的平均磁場，若要求得中央磁場在半徑20mm的狀況下，平均磁場利用衰減曲線推算，約為中央磁場的0.4倍。

2023中華民國物理教育聯合會議



2023/08/21-23 (輔仁大學)
2023中華民國物理教育聯合會議
物理教學演示

112年科學教育實作學門計畫 數位輔助科教實作-振盪的探究實驗



2024/08/20-22 (高雄大學)
2024中華民國物理教育聯合會議
工作坊

112年 科學教育實作學門 計畫成果簡介影片
數位輔助科教實作-振盪的探究實驗

<https://youtu.be/9mXWGULEYnM?si=PgGTn66mdvZ1EWmV>



2025.04.11 世界量子日科普市集



以DIY科普教具，輔助理解 量子位元 的疊加、測量與糾纏、量子通訊等概念。動手組裝與吹動量子喵積木，直覺體驗量子力學的神奇奧秘。

https://youtu.be/Z1B2Dh30viA?si=e-9ZN_3wXDG-powN



Thank You For Your Attention !

謝謝 聆聽 與 指教