

# 國立臺灣師大附中

## 資優班 專題研究手冊



**組別：** 物理

---

**教師：** 林家齊

---

**班級：** 1611

---

**座號：** 16

---

**姓名：** 紀柏華

---

# 研究報告簡介

此研究報告主要探討使用光電計時器測量時間，求重力加速度。第一個實驗為使用光電計時器測量物體自由落體的掉落時間，間接計算出重力加速度。第二個實驗為使用光電計時器測量單擺的週期，間接計算出重力加速度。

光電計時器的光電閘藉由一個發射器發射紅外線光束和一個接收器接收紅外線光束。當物體通過光電閘時，發射器發射的紅外線光束會被阻擋，導致接收器接收不到紅外線光束，光電計時器就會開始計時，直到接收器再度接收紅外線光束才停止計時。

## 光電計時器面板



# 國立師大附中 資優班

## 專題研究摘要紀錄表

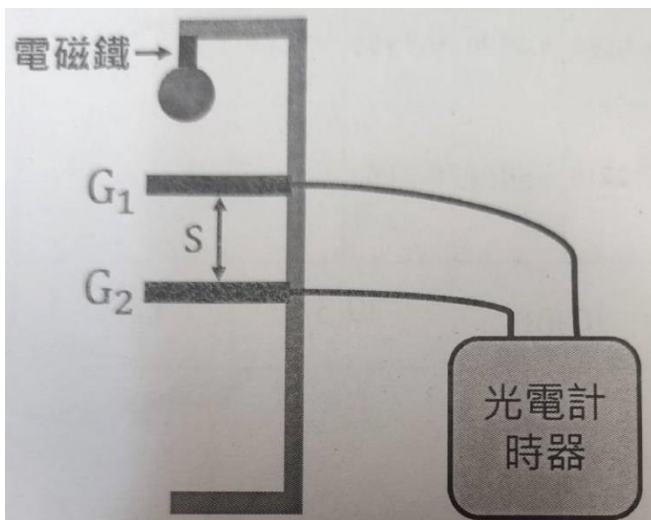
1. 研究日期： 週次 10 112 年 11 月 2 日 星期 四 13 時 00 分至 16 時 00 分

2. 本日專題研究摘要報告：

### (一)實驗目的、假說

此次實驗欲利用光電計時器面板、光電閘測量自由落體掉落時間，由計算實驗數據求出重力加速度 =  $9.8 \text{ m/s}^2$ 。

### (二)實驗方法



- $G_1$ 、 $G_2$  為光電閘， $S$  為兩光電閘的距離， $t$  為鐵球在  $G_1$ 、 $G_2$  之間掉落時間， $g$  為重力加速度， $v_0$  為鐵球在  $G_1$  的速度。  
其中  $S = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$ ， $v_0 = (S_2 - S_1) / (t_2 - t_1)$ ， $g = 2(S_1 t_2 - S_2 t_1) / (t_1 t_2 (t_1 - t_2))$
- 如上圖，實驗裝置的頂端的電磁鐵吸住一顆鐵球，電磁鐵由電線連接至電池盒。光電計時器開啟後在光電計時器面板按 1 一下，再按 2 三下，最後按下 3 就會準備量測。拉開電池盒開關會立即關閉電磁鐵，造成鐵球自由落體運動，依序通過  $G_1$ 、 $G_2$ 。每次數據需改變  $G_2$  高度，使每次數據有兩個不同的距離  $S_1$ 、 $S_2$  以及兩個不同的掉落時間  $t_1$ 、 $t_2$ 。用捲尺測量並紀錄每次  $S_1$ 、 $S_2$ ，並看光電計時器面板紀錄每次  $t_1$ 、 $t_2$ 。重複改變  $G_2$  高度(維持在  $G_1$  和架子底部之間)，直到紀錄完 5 次數據。

### (三)實驗結果

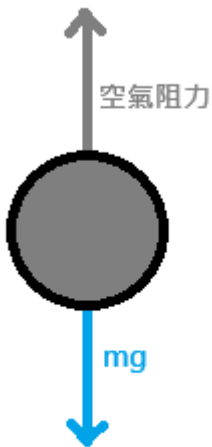
實驗數據：

	第一次		第二次		第三次		第四次		第五次		平均值
兩光電閘距離 離 $S$ (m)	0.6000	0.7200	0.5780	0.7010	0.5820	0.7080	0.5620	0.6770	0.5455	0.6660	--
通過兩光電 閘時間差 $t$ (s)	0.2314	0.2628	0.2246	0.2576	0.2266	0.2579	0.2216	0.2518	0.2182	0.2500	--
重力加速度 $g$ ( $m/s^2$ )	9.32		8.90		11.3		10.1		10.3		10.0 !!!

- 上表為 5 次的實驗記錄，記錄了這 5 次的  $S_1$ 、 $S_2$ 、 $t_1$ 、 $t_2$ ，進而求出重力加速度  $g$ ，這五次的實驗得到重力加速度  $g$  的平均值為  $10.0 m/s^2$ 。
- 此實驗我成功做了 5 次，其餘失敗的次數為鐵球掉落時未通過  $G_1$ 、 $G_2$  其中一個光電閘。
- 上圖數據依照有效數字計算規則處理。
- 後三次因為我開始使用捲尺而沒有將捲尺拉直，所以重力加速度的計算結果大於  $9.8 m/s^2$ 。

### (四)討論

- 此實驗的執行地點為台北的國立師大附中五樓，海拔高度在 50 公尺以內，遠小於 6371 公里 (地球半徑)，所以重力加速度接近  $9.8 m/s^2$ 。  
理論上空氣阻力  $(C_p S v^2)/2$  和物體的速度平方成正比，會將鐵球合力變成  $mg - (C_p S v^2)/2$  向下，造成鐵球加速度逐漸變小，導致計算出的重力加速度應小於  $9.8 m/s^2$ 。(註： $C$  為空氣阻力係數、 $\rho$  為空氣密度、此  $S$  為物體迎風面積，異於  $S = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$  之  $S$ 、 $v$  為物體的速度)



- 計算出的  $g$  小於  $9.8 m/s^2$  的其他原因：因為前兩次取數據的實驗鐵球可能擦到了光電閘，造成鐵球減速，且將捲尺握在手中而非固定於實驗裝置的架子上而不會彎曲捲尺，導致算出的重力加速度低至  $8.90 m/s^2$ 。
- 計算出的  $g$  大於  $9.8 m/s^2$  的原因：因為後三次取數據的實驗使用捲尺時固定於實驗裝置的架子上沒有拉直，造成代入公式  $S = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$  的  $S$  大於實際距離，導致計算出的重力加速度大於

9.8 m/s<sup>2</sup>。

- 如果要更精準的實驗結果，應將實驗裝置至於真空容器中，去除空氣阻力的影響。

## (五)結論與感想

- 空氣阻力、運動過程中的擦撞以及測量失誤皆會影響重力加速度實驗的結果，讓計算出的重力加速度在 9.8 m/s<sup>2</sup> 左右。
- 此次實驗中，我發現捲尺的固定功能不是很可靠，需要特別注意捲尺有無彎曲。我也學到光電閘固定在實驗裝置架子上時，光電閘的塑膠殼難免會被磨損，須注意夾光電閘的夾子的鬆緊。

# 國立師大附中 資優班

## 專題研究摘要紀錄表

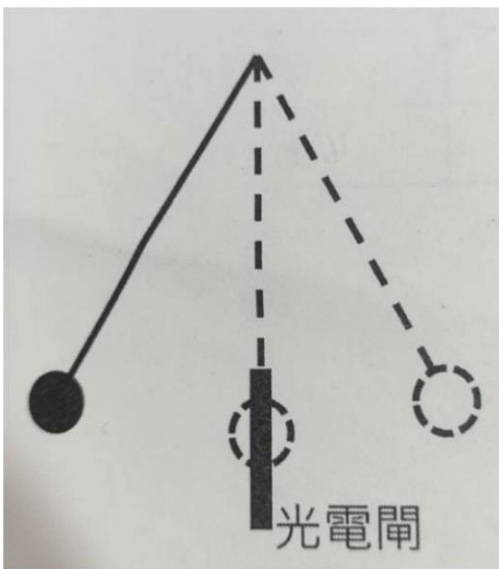
1. 研究日期： 週次 12 109 年 11 月 16 日 星期 四 13 時 00 分至 16 時 00 分

2. 本日專題研究摘要報告：

### (一)實驗目的、假說

此次實驗使用光電計時器面板、光電閘測量單擺週期，將實驗數據代入  $g = 4\pi^2/m$  會計算出重力加速度  $= 9.8 \text{ m/s}^2$ 。(註： $g$  為重力加速度、 $L$  為擺長(公分)、 $T$  為單擺週期(秒)， $m$  為圖表斜率)

### (二)實驗方法



將光電計時器架設於桌面上，並將光電閘側立於桌面如上圖。將一細繩綁於螺帽上並用紙包住螺帽，再將細繩綁於架子上，使細繩與螺帽擺動時會通過光電閘。光電計時器開啟後在光電計時器面板按 1 一下，再按 2 四下，最後按下 3 就會準備量測。將螺帽拉往垂直光電閘平面的一個方向並釋放螺帽(不要在拉螺帽的過程中觸發光電閘)。用尺測量並記錄擺長  $L$ ，並看光電計時器面板紀錄單擺週期  $T_1 \sim T_5$ ，共五個單擺週期。重複改變  $L$ ，直到紀錄完 4 次數據。

### (三) 實驗結果

實驗數據：

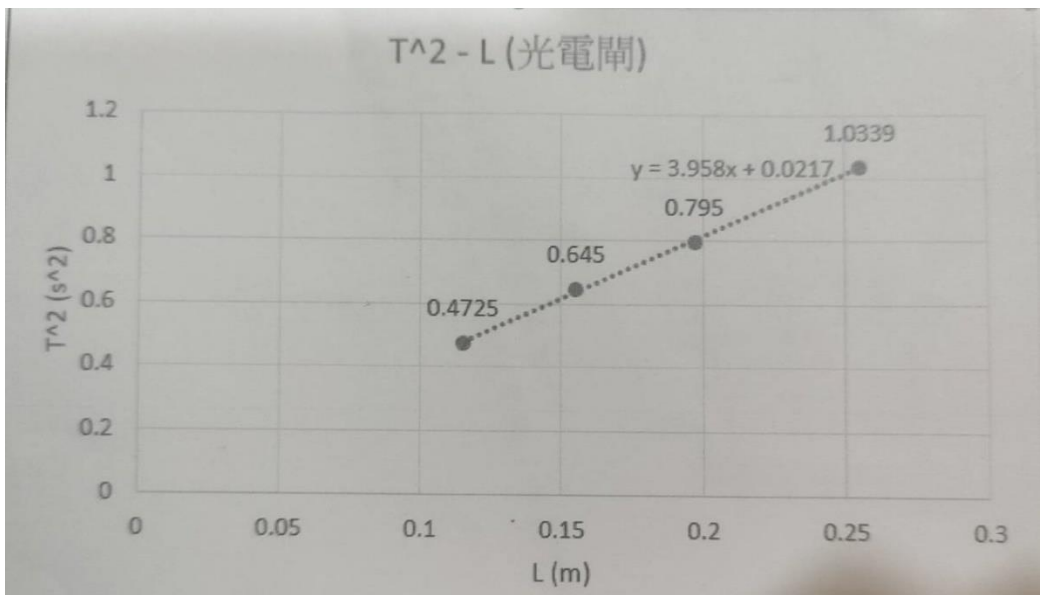
擺長 L (m)	0.2555	0.1970	0.1550	0.1150
週期 T (第一次) (s)	1.0182	0.8952	0.7947	0.6835
週期 T (第二次) (s)	1.0181	0.8848	0.7936	0.6977
週期 T (第三次) (s)	1.0225	0.9069	0.8090	0.6853
週期 T (第四次) (s)	1.0108	0.8850	0.8005	0.6840
週期 T (第五次) (s)	1.0144	0.8859	0.8178	0.6874
週期 T (平均值) (s)	1.0168	0.8916	0.8031	0.6874

根據實驗數據，繪製  $T^2 - L$  的圖形（可繪製於方格紙、使用計算機、或使用電腦）。並計算回歸直線之斜率。

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次
L (m)	0.2555	0.1970	0.1550	0.1150	
$T^2 (s^2)$	1.0339	0.7950	0.6450	0.4725	

$g = 4\pi^2 / m = 9.974$

表(一)



表(二)

- 表(一)為 4 次的實驗記錄，記錄了這 4 次的擺長 L 以及週期  $T_1 \sim T_5$ ；表(二)為 4 次的實驗記錄整理成散佈圖，由斜率求出重力加速度  $g = 4\pi^2/m = 9.974 \text{ m/s}^2$ 。
- 此實驗我成功做了 4 次，其餘失敗的次數為擺錘有太明顯的平行光電閘平面的運動分量，或是螺帽還未以紙包覆。
- 表(一)數據依照有效數字計算規則處理；表(二)斜率、截距由試算表計算。

### (四) 討論

- 此次實驗做成 Excel 散佈圖後，得知週期的平方與擺長成正比關係(y 軸截距極小，為 0.0217)。
- 求出的重力加速度  $g$  略大於  $9.8 \text{ m/s}^2$  可能是因為此單擺仍有擺角，由錐動擺週期公式

$T=(L\cos\theta/g)^{0.5}$  可得知分子的  $L\cos\theta$  小於  $L$ ，而造成  $T$  變小，帶入單擺週期公式  $T=(L/g)^{0.5}$  讓分母的  $g$  變大。

- 若要更精準的實驗結果，應將擺角的餘弦值列入計算。

## (五)結論與感想

- 擺角的餘弦值會讓計算出的重力加速度略大於  $9.8 \text{ m/s}^2$ 。
- 此次實驗中，我發現光電計時器偵測中空物體時會有問題，並學到我必須想辦法處理實驗器材，將實驗繼續下去。