

自由落體實驗 Free fall experiment

(鋼球搭配光電計時器)

一、實驗目的：

利用自由落體的運動行為測量重力加速度。方法乃利用一鋼球落下時，通過光電閘記錄下時間及距離，即可算出其相對應的重力加速度。

二、實驗原理：

可利用直接測量法與間接測量：

我們可由運動學中的

$$V = V_0 + at \quad (1)$$

$$S = V_0t + \frac{1}{2}at^2 \quad (2)$$

$$V^2 = V_0^2 + 2aS \quad (3)$$

可由(1)式得知，當初速為 0 時，g 值(假設即程式中的 a 值)可得：

$$g = \frac{2S}{t^2} \quad (4)$$

即為直接測量的公式。

而間接測量可由水平台實驗可得：

$$S_0 = V_i t_0 + \frac{1}{2}gt_0^2 \quad (5)$$

$$S_1 = V_i t_1 + \frac{1}{2}gt_1^2 \quad (6)$$

將上(5)(6)兩式整理可得：

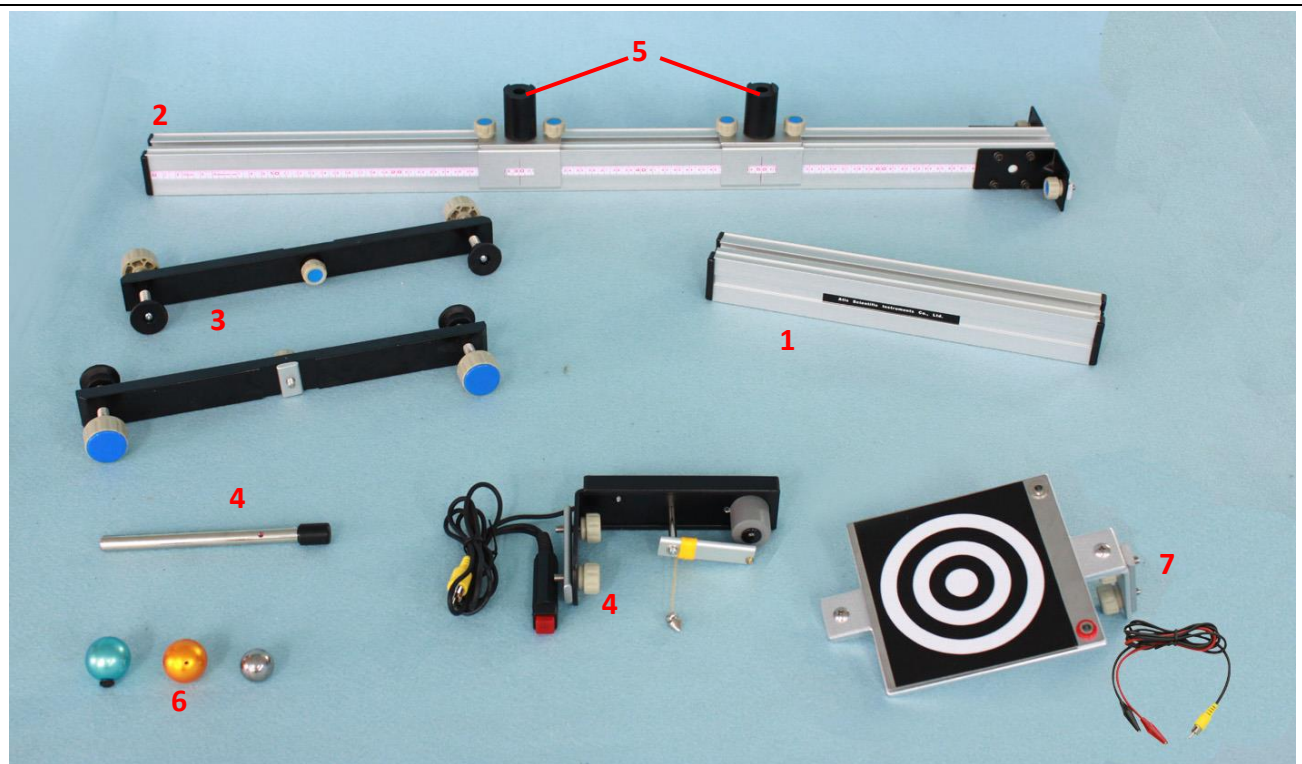
$$g = \frac{2(S_1 t_0 - S_0 t_1)}{t_0 t_1 (t_1 - t_0)} \quad (7)$$

此即為我們本實驗用來求 g 值的間接測量計算公式了。

三、實驗儀器：(請依實際產品為主)

實驗儀器對照表					
編號	實驗儀器	數量	編號	實驗儀器	數量
1.	鋁軌平台	1	2.	鋁軌支柱 (附 L 型移動式固定腳×2)	1
3.	兩點式調整腳底	2	4.	可移動電磁鐵 (附鉛錘調整器)	1
5.	光電閘指標移動座	2	6.	落體球	3
7.	電路目標靶 (附單接頭轉二接連線源)	1	8.	光電閘感應器(B) (附鐵柱)	選購 (2)
9.	光電計時器(E01-111A-Y01) (附電源供應器：12VDC)	選購 (1)			

實驗儀器對照圖



光電計時器(E01-111A-Y01)



光電閘感應器(B)

光電計時器(E01-111A-Y01)簡易操作



Magnet



Switch



Power : DC 12V



Photogate

Power : DC 12V

Start : 啟動，開始計時或是接續計時，同時間電磁鐵瞬間斷電磁力消失一瞬間，

Reset : 啟動，計時歸零，電磁鐵重新通電。

Stop : 啟動，停止計時。

Magnet : 接通，電磁鐵磁力持續產生。不用時請摘除連接線避免電磁鐵過熱。(由於電磁鐵通電會產生高溫，本裝置設有 60sec 自動斷電功能，以保護裝置及避免過熱燙傷。)

左 Switch : 接通，電路保持正常迴路，直至簧片微動，碰觸迴路呈短路，便啟動 Start 功能開始計時或是接續計時。

右 Switch : 接通，電路保持正常迴路，直至簧片微動，碰觸迴路呈短路，便啟動 Stop 功能停止計時。

左 Photogate : 接通，保持光訊號通聯，直至遮斷光訊號，便啟動 Start 功能開始計時或是接續計時。

右 Photogate : 接通，保持光訊號通聯，直至遮斷光訊號斷聯，便啟動 Stop 功能停止計時。

四、實驗步驟：

1. 實驗組裝如圖 4-1，並利用腳底座調整好水平，其調整方式如下：

- a、利用電磁鐵裝置搭配的鉛錘調整器，調整底座的 4 支螺絲轉到一定的高度，鉛錘錐對到鉛錘調整器上之凹點，如下圖 4-1。
- b、此時可將鉛錘線捲至旁邊收起，水平的調整大致完成。

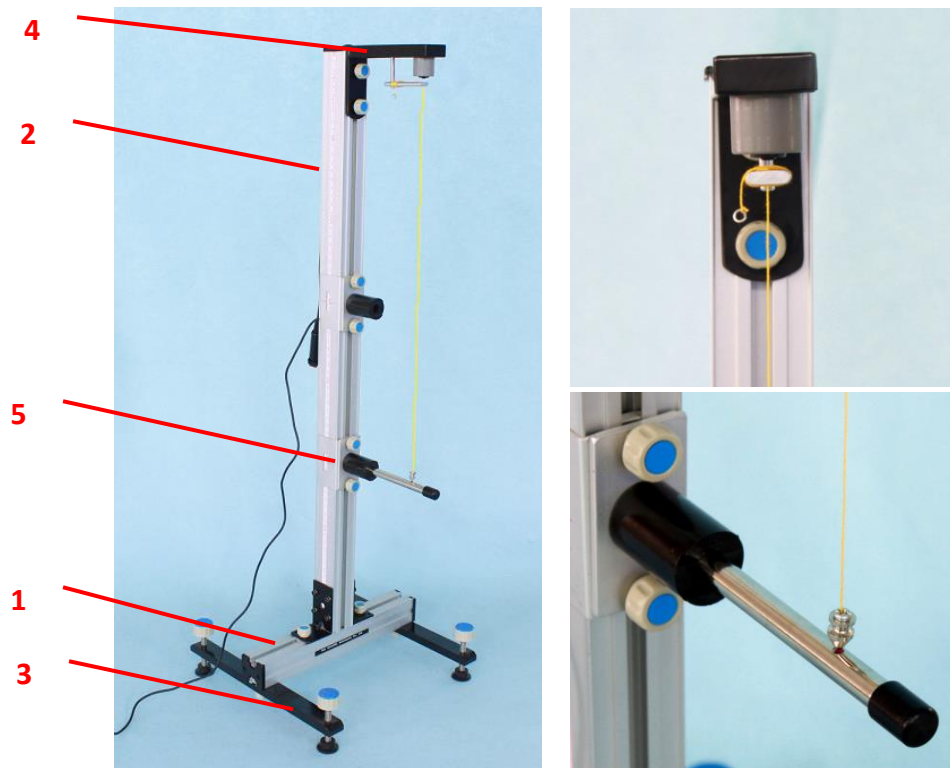


圖 4-1

2. 直接測量實驗裝置如圖 4-2、4-3。根據實驗記錄表 5-1，記錄並計算實驗結果。

- a. 先設定好落體球到光電閘間的距離 S ，並記錄下來。將落體球吸附於電磁鐵上並將光電計時器數值歸零(按 Reset 鍵)。
- b. 歸零後按下光電計時器上 Start 鍵，落體球落下且通過 A 光電閘。光電計時器將顯示出，球從落下通過 A 光電閘所耗費的時間。此時間即為公式中的 t 。將 S 和 t 代入公式即可求得加速度並和重力加速度 g 做比較。

當初速度 $V_0 = 0$ 時， $g = \frac{2S}{t^2}$ 。

(S 為落體球到光電閘 A 的距離， t 為球落下開始到經過光電閘 A 之間的時間。)

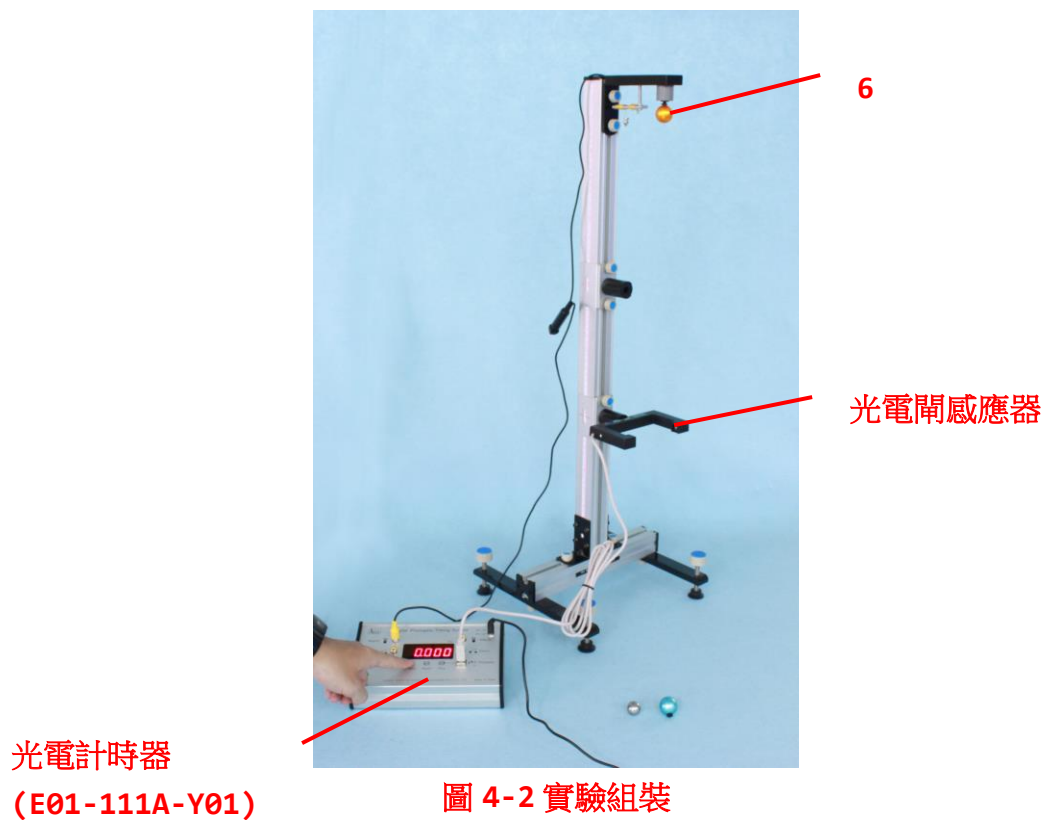


圖 4-2 實驗組裝

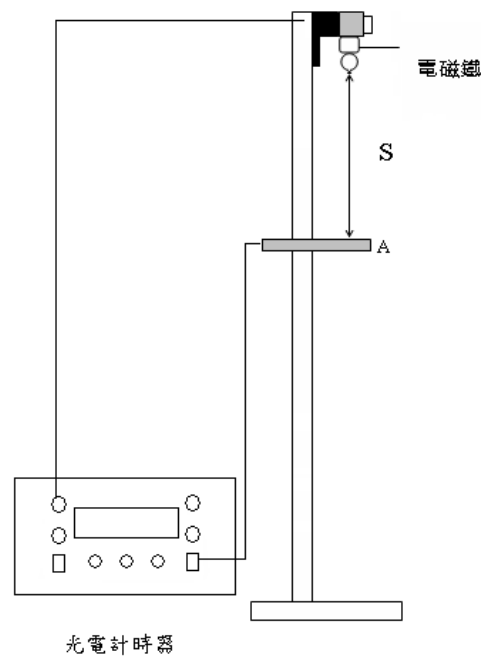


圖 4-3 示意圖

3. 自由落體落地測量，便於教師授課操作，如圖 4-5，更能輕易的測量到落體時間。根據實驗步驟 2。（ S 為落體球到目標靶的距離， t 為球落下開始到目標靶之間的時間。）

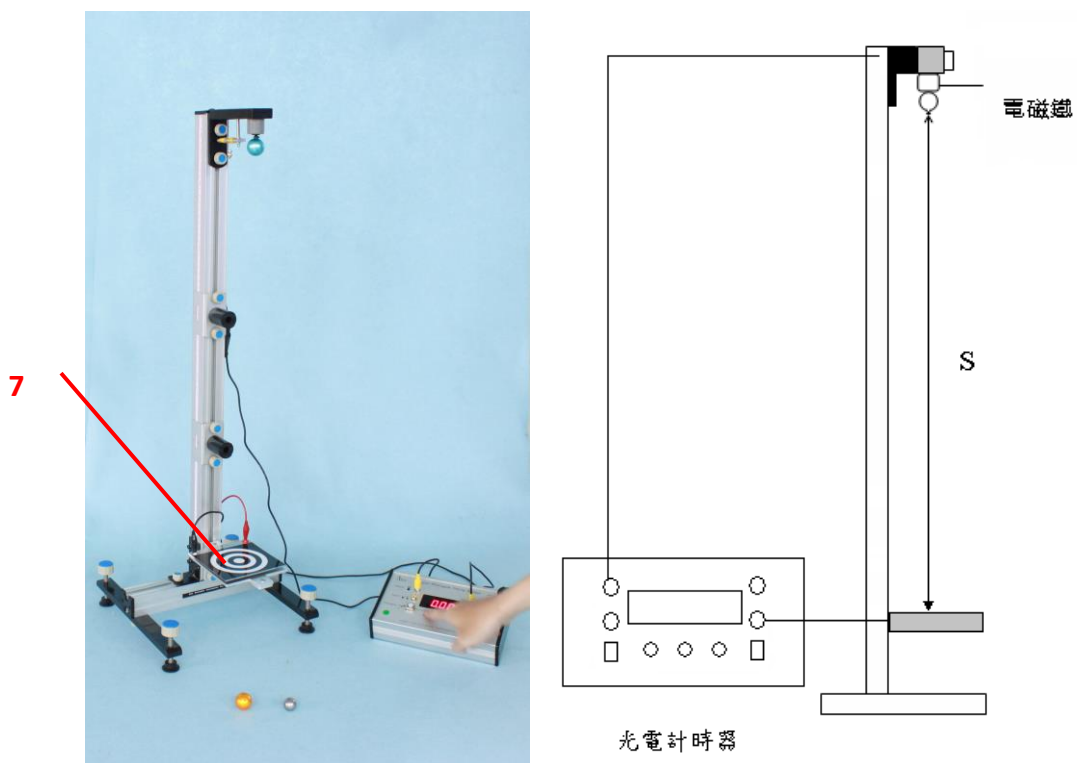


圖 4-5 實驗組裝

4. 間接測量實驗裝置如圖 4-6。根據實驗記錄表 5-3，記錄並計算實驗結果。

若初速度 $V_0 \neq 0$ 時，當自由落體落下時，經過某一點 A，至另二點 B、C 的距離各為 S_1 與 S_2 ，時間為 t_1 與 t_2 ，則

$$S_1 = V_1 t_1 + \frac{1}{2} g t_1^2$$

$$S_2 = V_2 t_2 + \frac{1}{2} g t_2^2$$

由式上兩式得

$$g = \frac{2(S_2 t_1 - S_1 t_2)}{t_1 t_2 (t_2 - t_1)}$$

其中 S_1 為光電閘 A 至光電閘 B 之距離。 S_2 為光電閘 A 至光電閘 B' 之距離。

t_1 為光電閘 A 至光電閘 B 之時間。 t_2 為光電閘 A 至光電閘 B' 之時間

- 將 AB 兩光電閘分別接於光電計時器的左 Photogate 及右 Photogate 插孔，如圖 4-7。
- 先設定好 AB 光電閘間的距離 S_1 ，並記錄下來。將落體球吸附於電磁鐵上並將光電計時器數值歸零(按 Reset 鍵)。
- 電磁鐵附有一按鈕開關，如圖 4-6，按鈕不壓時可吸附落體球；若壓下按鈕開關，則電磁鐵消磁，落體球落下。歸零後按下電磁鐵按鈕，落體球落下且通過 AB 光電閘。光電計時器將顯示出，球從落下通過 AB 光電閘之間所耗費的時間。此時間即為公式中的 t_1 。
- 如圖 4-7 光電閘 B' 表示光電閘 B 移動後的位置，AB' 即為 S_2 ，重覆實驗步驟 4 的 b 和 c，記錄下球通過 AB' 光電閘的時間 t_2 。並計算出重力加速度 g 值。



圖 4-6 實驗組裝

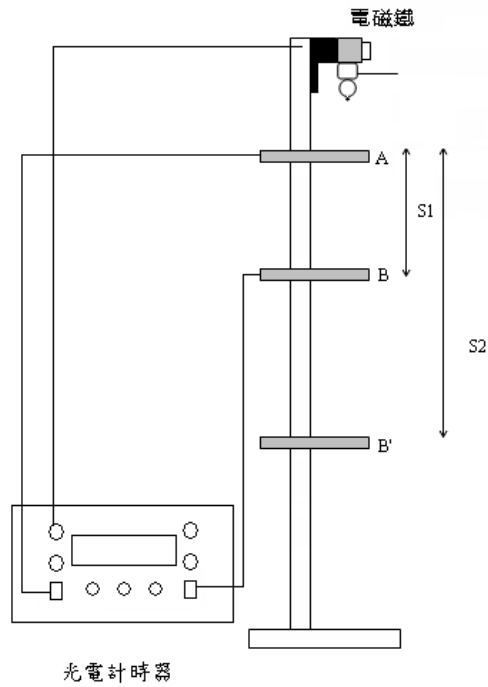


圖 4-7 示意圖

5. 便於授課老師實驗操作，實驗中可將 B 光電閘更換為電路目標靶，如圖 4-8。

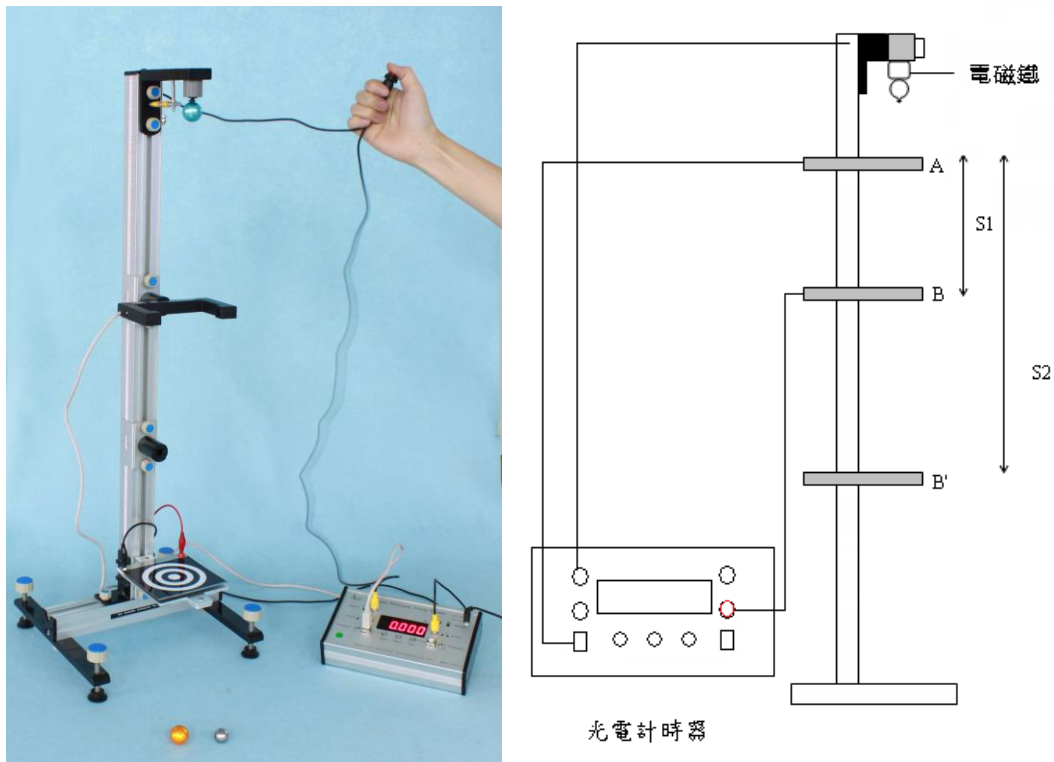


圖 4-8