

光電式虎克定律與簡諧運動

一、實驗目的：

1. 測量彈簧彈性係數並驗證虎克定律。
2. 觀測彈簧簡諧運動，並推算彈簧彈性係數。

二、實驗原理：

1. 虎克定律：

構造適當的彈簧，當其受外力伸長時，其伸長的長度在不超過彈簧彈性限度下和外力成正比，此乃虎克定律。若一物體 M 懸掛於彈簧下方，則此物體將施以 $F=Mg$ 的外力於彈簧上而使其伸長 X ，如 Fig.1 所示。根據虎克定律可得 $F=-kX$ ， k 為彈簧的彈性係數， F 代表回復力， X 表伸長量。式中之負號代表彈力方向和形變的方向相反。因此利用測量外力對伸長量的關係便可求出彈簧之彈性係數 k 。

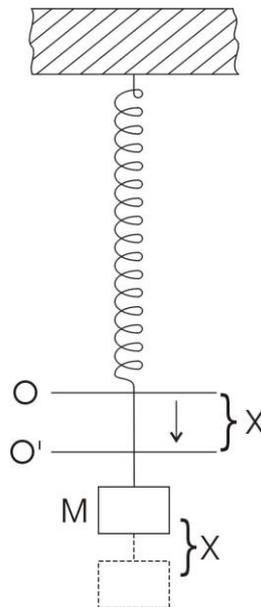


Fig.1 彈簧受力後伸長量 X 之示意圖

2. 簡諧運動：

簡諧運動在自然界中是最普通且重要的一項運動過程，在許多物理現象都可以發現簡諧運動的蹤影。在分析上，由牛頓第二運動定律知：

$$F = ma = m \frac{d^2 x}{dt^2} \quad (1)$$

$$\therefore m \frac{d^2 x}{dt^2} = -kx \quad (2)$$

$$\text{得 } x(t) = A \cos \omega t \quad (3)$$

$$\text{其中 } \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (4)$$

式中 t 表時間； A 表振幅，即在此運動中最大的位移； $x(t)$ 表 t 時間後物質所在位置； ω 表物體在簡諧運動中的角頻率。

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (5)$$

$$\text{得 } T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (6)$$

$$\Rightarrow k = \frac{4\pi^2 m}{T^2} \quad (7)$$

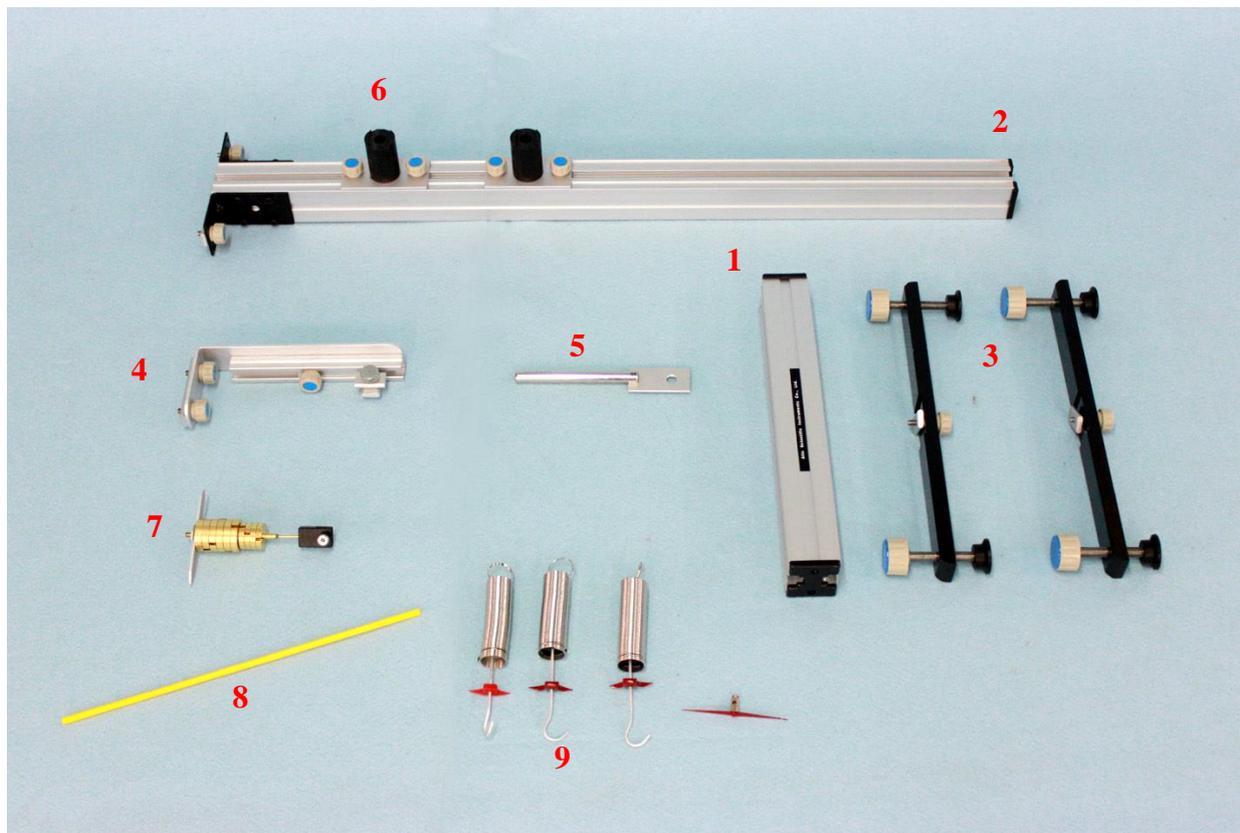
其中 f 表頻率； T 表週期，由式(6)得知週期只和物體質量 m 和彈性係數 k 相關。在此實驗中我們將驗證方程式(6)的正確性。

三、實驗儀器：

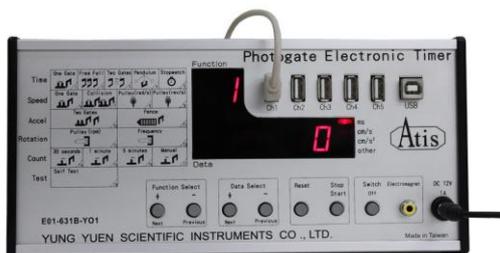
實驗儀器對照表

編號	實驗儀器	數量	編號	實驗儀器	數量
1.	虎克實驗架 (鋁軌平台)	1 只	2.	虎克實驗架(鋁軌支柱)	1 只
3.	虎克實驗架 (兩點式調整腳底)	2 只	4.	L 型軌道掛勾組	1 只
5.	鉛錘穩定裝置	1 只	6.	附磁性移動座	2 組
7.	砝碼組(砝碼 20g×6、10g×4、砝碼座、光閘指標器)	1 組	8.	鉛錘指標	1 支
9.	彈簧組(2N、3N、5N)	1 組	10.	光電閘	選購(1)
11.	運動數據擷取器 E01-631B-Y01	選購			

實驗儀器對照圖表(請依實際產品為主)



選購配件



運動數據擷取器 E01-631B-Y01



光電閘

四、實驗方法和步驟：

1. 虎克定律

a. 實驗儀器組裝如圖 1 所示，將懸吊彈簧下掛上附掛勾砝碼，調整彈簧使紅色箭頭指示至較易讀取刻度尺的地方，紀錄紅色箭頭指標值。

註：彈簧紅色指標有大與小，以及砝碼底座下光閘指標器，皆可當量測高度差的參考指標。

b. 根據實驗紀錄表，依序增加 10g 的砝碼，待彈簧趨於靜止時，紀錄紅色箭頭指標的值。需注意彈簧本身所能承受的重量，所懸掛的重量不能超過彈簧所能負荷的重量。例如 1N 的彈簧大約能測量至 100g。

c. 記錄增加重量和伸長量之值後，更換別組彈簧做實驗。並依所記錄之值依公式驗證是否符合虎克定律。

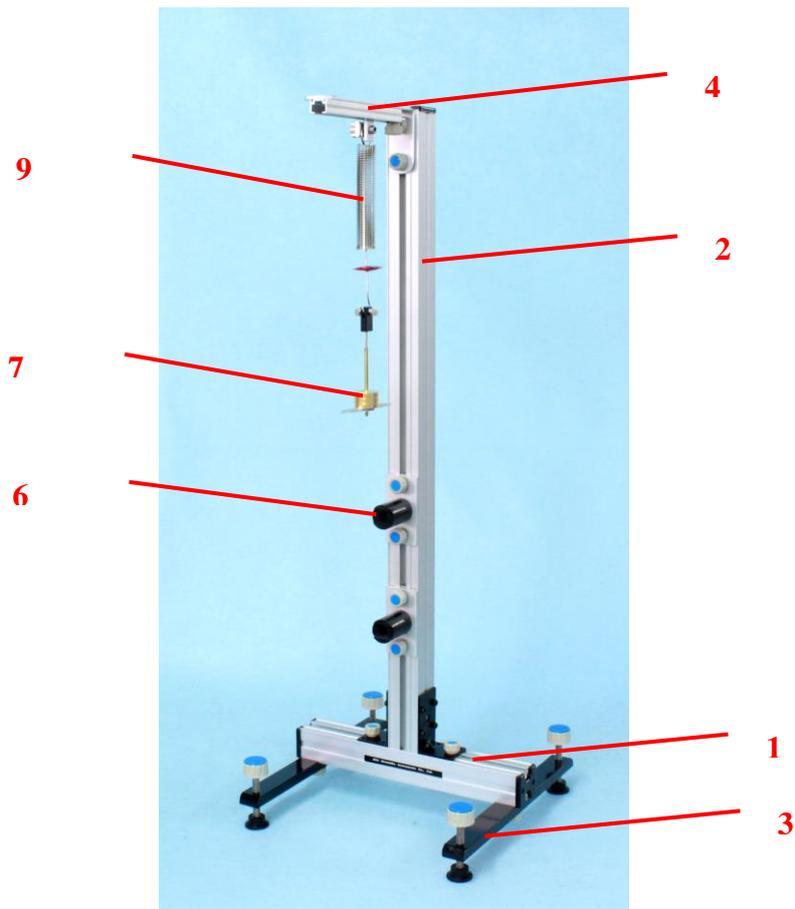


圖 1

2.簡諧運動

- a.將實驗儀器架設如圖 2 所示，將光電閘和運動數據擷取器做連接。開啟多功能計時器，計時功能 function 選至 4、Pendulum。
- b.將簡諧運動砝碼架上掛上砝碼後，砝碼架往下拉，確定通過光電閘的是砝碼架底座下光閘指標器，而計時器先歸零按下 Reset，放開之後在砝碼固定上下擺動，再按 start；待計時器讀取超過十次時，按下計時器的 Stop，紀錄平均週期 T 的 data 值。
- c.再依序增加砝碼以及改變彈簧，並將週期 T 和砝碼質量 m(含砝碼固定架)代入公式，即可得知此組彈簧之彈性係數。



注意：

- 1.做簡諧實驗時，每增加砝碼，皆要適當調整光電閘高度，以便砝碼架邊緣得以經過量測器。
- 2.實驗中讀值與計算時，所需的單位換算要統一。

五、實驗結果記錄：

1.虎克定律：

可將砝碼重量當成施力 F ，將每增加 10g 彈簧的伸長量記錄下來，並可自行做 X 軸為伸長量、Y 軸為掛勾重量的平面圖，觀察出施力和伸長量的關係是否符合虎克定律。

虎克定律實驗記錄表一				
彈簧__0.5__N				
掛勾增加重量(kg)	回復力 N	伸長量(m)	彈性係數 k	平均彈性係數
0.01				
0.02				
0.03				
0.04				平均誤差%
0.05				
0.06				

虎克定律實驗記錄表二				
彈簧____N				
掛勾增加重量(kg)	回復力 N	伸長量(m)	彈性係數 k	平均彈性係數
0.01				
0.02				
0.03				
0.04				平均誤差%
0.05				
0.06				

虎克定律實驗記錄表三				
彈簧____N				
掛勾增加重量(kg)	回復力 N	伸長量(m)	彈性係數 k	平均彈性係數
0.01				
0.02				
0.03				
0.04				平均誤差%
0.05				
0.06				

虎克定律實驗記錄表四				
彈簧 _____ N				
掛勾增加重量(kg)	回復力 N	伸長量(m)	彈性係數 k	平均彈性係數
0.01				
0.02				
0.03				
0.04				平均誤差%
0.05				
0.06				



掛勾砝碼增加重量—伸長量關係圖一



掛勾砝碼增加重量—伸長量關係圖二



掛勾砝碼增加重量—伸長量關係圖三



掛勾砝碼增加重量—伸長量關係圖四

2. 簡諧運動

簡諧運動實驗紀錄表一				
彈簧 1.0N				
質量 m(kg)	週期 T(s)	T(sec ²)	彈性係數 k	平均彈性係數
				平均誤差%

簡諧運動實驗紀錄表二				
彈簧 2.0N				
質量 m(kg)	週期 T(s)	T(sec ²)	彈性係數 k	平均彈性係數
				平均誤差%

簡諧運動實驗紀錄表三				
彈簧 3.0N				
質量 m(kg)	週期 T(s)	T(sec ²)	彈性係數 k	平均彈性係數
				平均誤差%

簡諧運動實驗紀錄表四				
彈簧 5.0N				
質量 m(kg)	週期 T(s)	T(sec ²)	彈性係數 k	平均彈性係數
				平均誤差%