

實驗二 牛頓第二運動定律實驗

一、目的：

觀察滑車在軌道上的運動情形，測量物體的加速度分別與作用力及質量的關係，並藉以驗證牛頓第二運動定律。

二、原理與方法：

牛頓第一運動定律：當物體不受外力或所受之合力為零，則此物體將永遠保持靜止或在一直線上作等速運動。如果所受之合力不為零，則物體將沿著合力的方向作一加速度運動，此為牛頓第二運動定律，如下所示：

$$F = ma$$

其中， F 表示力，單位為 N， m 表示質量，單位為 kg， a 表示加速度，單位為 m/s^2 。

我們可以運用以下兩種實驗方式來驗證牛頓第二運動定律：

一、當物體總質量 m 固定時，則加速度 a 與所受合力 F 成正比，即

$$a \propto F$$

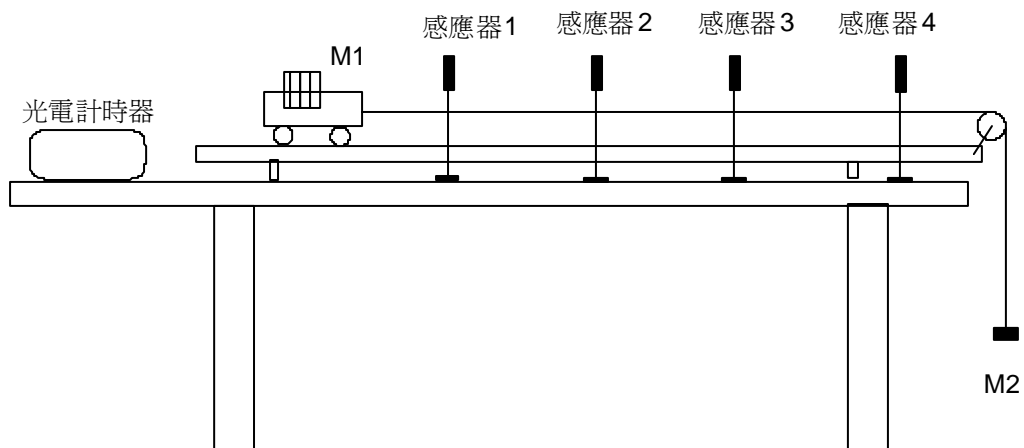
二、當物體所受合力 F 為一定，則加速度 a 與總質量 m 成反比

$$a \propto \frac{1}{m}$$

如圖一所示，一物體質量 m_1 ，放在光滑的桌面上，以一繩跨過一摩擦極小的滑輪，連接另一質量為 m_2 的物體，則此系統的總質量為 $m = m_1 + m_2$ ，加速度為

$$a = \frac{F}{m} = \frac{m_2 g}{m_1 + m_2}$$

其中 g 是重力加速度，一般以 $9.8 m/s^2$ 為公認值，因此，由質量 m_1 及 m_2 就可算出此系統加速度的理論值。



三、儀器設備：

軌道滑走台、滑車、光電計時器、砝碼掛鉤、砝碼組

四、實驗步驟：

(一) 總質量 m 固定時→加速度 a 正比於作用力 F ($F = m_2g$)

1. 儀器裝置如上圖所示，首先調整水平螺絲，使軌道成水平狀態。
2. 使用天平測量滑車的質量，記為 m_0 ；砝碼掛鉤質量為 100 g，砝碼每個 100 g；記錄所使用的總質量 m 。
3. 將滑車置於軌道上，再放 4 個砝碼在滑車上，以細繩之一端繫滑車，另一端經軌道邊的滑輪垂下連接砝碼掛鉤。
4. 架設四組光電計時器之感應器，以量測滑車移動之時間。
5. 實驗開始，砝碼掛鉤往下運動（此時 $m_2 = 100$ g），並帶動滑車。由光電計時器顯示之時間，即可取得兩個感應器之時間，除以兩點的距離即得平均速度，再從前段及後段的平均速度算出速度變化，再除以時間間隔即得加速度，最後得平均加速度，並與理論值比較。
6. 其次，將滑車上的 1 個砝碼 100 g，移到砝碼掛鉤上（此時 $m_2 = 200$ g），重覆步驟 5，得到 $m_2 = 200$ g 時而總質量不變時的加速度。如此，逐一將砝碼從滑車上移到砝碼掛鉤上，使 m_2 依次增加為 300 g 與 400 g，分別從光電感應器算出其相對應之加速度。
7. 將同一作用力所得的加速度實驗值與理論值相比較，並算出其百分誤差。
8. 繪出關係曲線圖，以橫軸表示作用力（以質量 g 為單位），縱軸表示加速度實驗值（以 cm/s^2 為單位），並加以討論之。

(二) 作用力 F 定值→加速度 a 正比於 $1/m$

1. 同（一）之步驟 1 與步驟 2。
2. 將滑車置於軌道上，將砝碼（4 個，每個 100 g），放在桌上備用，以細繩之一端繫滑車，另一端經軌道邊的滑輪垂下連接砝碼掛鉤。
3. 架設四組光電計時器之感應器，以量測滑車移動之時間。
4. 實驗開始，砝碼掛鉤往下運動（此時 $m_2 = 100$ g），並帶動滑車。由光電計時器之時間，即可取得兩個感應器之時間，除以兩點的距離即得平均速度，再從前段及後段的平均速度算出速度變化，再除以時間間隔即得加速度，最後得平均加速度，並與理論值比較。
5. 將 1 個砝碼 100 g 加在滑車上，砝碼掛鉤不變，重覆步驟 4，得同一力 $m_2 = 100$ g 作用，但總質量增加 100 g 時的加速度。如此，逐一將砝碼加在滑車上，使總質量每次均增加 100 g，算出加速度。
6. 將同一總質量所得的加速度實驗值與理論值相比較，並算出其百分誤差。
7. 繪出關係曲線圖，以橫軸表示總質量（以質量 g 為單位），縱軸表示加速度實驗值（以 cm/s^2 為單位），並加以討論之。

五、問題：

1. 簡述由本實驗所獲得的結論為何？
2. 在本實驗中，如不測量滑車質量，是否可獲得同樣的結論？其理由為何？
3. 將一定力 F 作用於質量為 m_1 的 A 質點上，產生加速度 a_1 ，作用於質量為 m_2 的 B 質點上，則產生的加速度 a_2 ，今將 A、B 兩質點結合在一起，仍以 F 作用時，所產生的加速度為多少？

物理實驗記錄表格

實驗二、牛頓第二運動定律實驗

實驗時間： 年 月 日 姓名：_____

(一) 總質量 m 固定時 → 加速度 a 正比於作用力 $F (F = m_2g)$

滑車質量 m_0	系統總質量 m	砝碼掛鉤質量	每個砝碼質量

編號	m_2	兩個光電閘距離		通過光電閘時間		平均速度		加速度 a
		$\Delta x = x_n - x_{n-1}$		$\Delta t = t_n - t_{n-1}$		$v = \Delta x / \Delta t$		
1		Δx_{21}		Δt_{21}		v_{1-2}		
		Δx_{32}		Δt_{32}		v_{2-3}		
		Δx_{43}		Δt_{43}		v_{3-4}		
2		Δx_{21}		Δt_{21}		v_{1-2}		
		Δx_{32}		Δt_{32}		v_{2-3}		
		Δx_{43}		Δt_{43}		v_{3-4}		
3		Δx_{21}		Δt_{21}		v_{1-2}		
		Δx_{32}		Δt_{32}		v_{2-3}		
		Δx_{43}		Δt_{43}		v_{3-4}		
4		Δx_{21}		Δt_{21}		v_{1-2}		
		Δx_{32}		Δt_{32}		v_{2-3}		
		Δx_{43}		Δt_{43}		v_{3-4}		
5		Δx_{21}		Δt_{21}		v_{1-2}		
		Δx_{32}		Δt_{32}		v_{2-3}		
		Δx_{43}		Δt_{43}		v_{3-4}		
						平均值		

(二) 作用力 F 固定時 → 加速度 a 正比於 $1/m$ ($m = m_1 + m_2$)

滑車質量 m_0	砝碼掛鉤質量	每個砝碼質量

編號	m	兩個光電閘距離		通過光電閘時間		平均速度		加速度 a
		$\Delta x = x_n - x_{n-1}$		$\Delta t = t_n - t_{n-1}$		$v = \Delta x / \Delta t$		
1		Δx_{21}		Δt_{21}		v_{1-2}		
		Δx_{32}		Δt_{32}		v_{2-3}		
		Δx_{43}		Δt_{43}		v_{3-4}		
2		Δx_{21}		Δt_{21}		v_{1-2}		
		Δx_{32}		Δt_{32}		v_{2-3}		
		Δx_{43}		Δt_{43}		v_{3-4}		
3		Δx_{21}		Δt_{21}		v_{1-2}		
		Δx_{32}		Δt_{32}		v_{2-3}		
		Δx_{43}		Δt_{43}		v_{3-4}		
4		Δx_{21}		Δt_{21}		v_{1-2}		
		Δx_{32}		Δt_{32}		v_{2-3}		
		Δx_{43}		Δt_{43}		v_{3-4}		
5		Δx_{21}		Δt_{21}		v_{1-2}		
		Δx_{32}		Δt_{32}		v_{2-3}		
		Δx_{43}		Δt_{43}		v_{3-4}		
						平均值		