

4、牛頓運動定律與斜面加速運動

4-1 牛頓運動定律

實驗目的

利用牛頓運動定律來測量物體運動之加速度，使能更瞭解運動公式 $F = m \cdot a$ 之意義。

實驗原理

由牛頓定律可知，物體在一無摩擦之水平面上，若無淨力之作用，則物體將靜者恒靜，動則作等速直線運動，若受一淨力之作用則物體將會有加速度產生而改變運動狀態，今只考慮物體受一淨力作一維運動之情形。

如圖 1 所示，物體質量 m 受淨力 F 之作用，而有一加速度 a 產生，當改變 F 之大小時，物體 m 所受之加速度大小，也將隨之改變，而可得到 F 與 a 成正比 ($F \propto a$) 之關係。若淨力 F 大小不變，改變物體質量 m ，則加速度之值亦隨之而改變，亦可得 m 與 a 成反比 ($m \propto 1/a$) 之關係，而當 F 與 m 值均有所改變時， a 之值也會有改變，也會得到 $F \propto m \cdot a$ 之關係。若 F 、 m 、 a 三者之單位以 M.K.S.或 C.G.S.。單位制表示，則我們可得到 $F = m \cdot a$ 之關係，此為牛頓運動公式。



圖 1

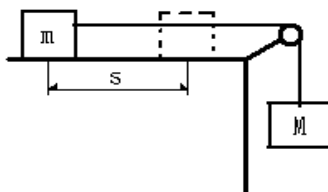


圖 2

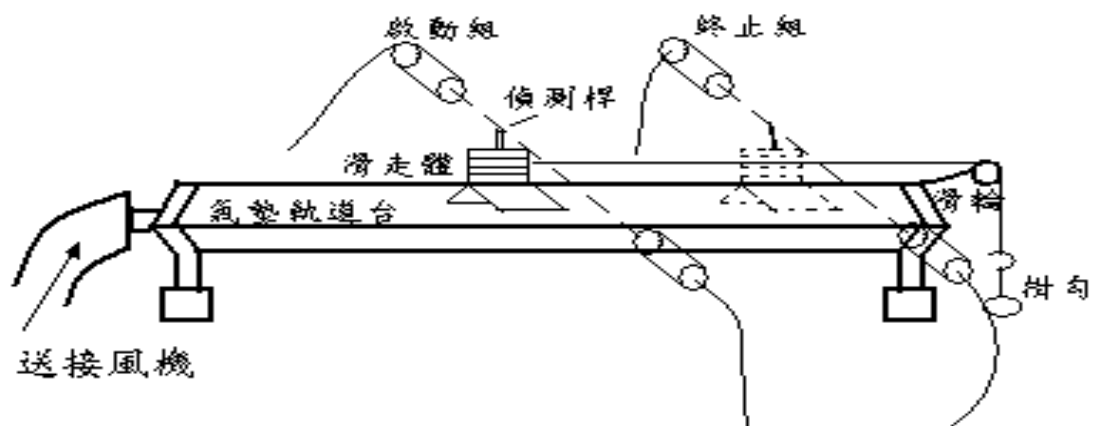
在此實驗中，我們利用圖中之掛鉤與砝碼的重量作為淨力 F 之值即 $F = m \cdot g$ ，若能量出物體 m 由靜止受淨力 F 作用，運動距離 s 後之時間 t ，則可由 $S = \frac{1}{2}at^2$ 之公式求得加速度 a 之值，進而可推論知 F 、 m 、 a 三者之相互關係。

實驗儀器

氣墊軌道台、送風機及管、光電計時裝置，大小滑走體各一，偵測桿二，掛鉤，砝碼 50g，100g，150g，200g 各一，細線。

實驗步驟

1. 以送風管連接送風機與軌道台，調整軌道台使滑走體靜置於其上，不會自動滑走，即使軌道台為水平。
2. 將軌道台一端裝置定滑輪，並在軌道台上置一滑走體，其上裝偵測桿，且將滑走體繫在細線之一端，此線經過定滑輪，另一端繫於掛鉤上，如圖 3-3 所示。將計時裝置之起動組與停止組相距約 30 公分，且將起動組至於適當位置，使滑走體一動，即可開始記錄時間，測量起動組與終止組間之距離 S ，並記錄之。
3. 在掛鉤上置於砝碼 50g，使滑走體在氣墊軌道上滑走，記錄其通過計時裝置之時間 t ，即砝碼與掛鉤質量 M ，並算出 $F = M \cdot g$ 之值。
4. 改變砝碼質量，依序為 100g，150g，200g 分別重作步驟 3。
5. 增加距離 s ，重作步驟 3、4。
6. 秤滑走體之質量 m 並記錄之。
7. 變換滑走體重作步驟 3、4、5、6。



問題討論

1. 由數據中你能否說明 F 、 m 、 a 三者間有何相互關係？
2. 此實驗中加速度 a 之值與重力加速度 g 之值不同，你能說明嗎？
3. 你能說出牛頓在力學上三個基本定律嗎？

實驗記錄

滑走體質 量 m , kg	距 離 s , m	砝碼與掛鈎 質量 M , kg	$F=Mg$, N	時 間 t , s			加速度 a , m/s ²
		0.05					
		0.10					
		0.15					
		0.20					
		0.05					
		0.10					
		0.15					
		0.20					
		0.05					
		0.10					
		0.15					
		0.20					
		0.05					
		0.10					
		0.15					
		0.20					

4-2 斜面加速度運動

實驗目的

由物體在無摩擦的斜面上之加速運動，來驗證牛頓第二定律，由加速度之大小集合力之作用，可求的重力加速度 G 之值。

實驗儀器

氣墊軌道台，送風機及管，滑走體，光電計時裝置，偵測桿，米尺，木塊。

實驗原理

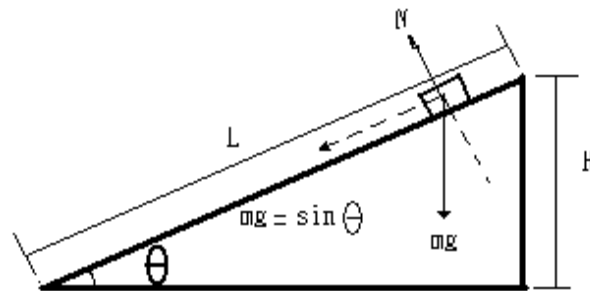
物體在斜面上，會因其重力之關係而有沿斜面方向之作用分力，使物體沿斜面上有一運動之驅動力。如圖所示，若物體所受重力為 MG ，則斜面之分量為 $mg \sin \theta$ ，於無摩擦的斜面上依牛頓第二運動定律可知

$$mg \sin \theta = ma$$

$$a = g \sin \theta$$

若斜面長度為 L ，高為 H ，則知

$$a = g \sin \theta = g \cdot H/L \quad (1)$$



又若物體由靜止而滑動，於 t 時間內沿斜面下滑了 x 之距離，則

$$x = \frac{1}{2} a t^2 \rightarrow a = 2x/t^2 \quad (2)$$

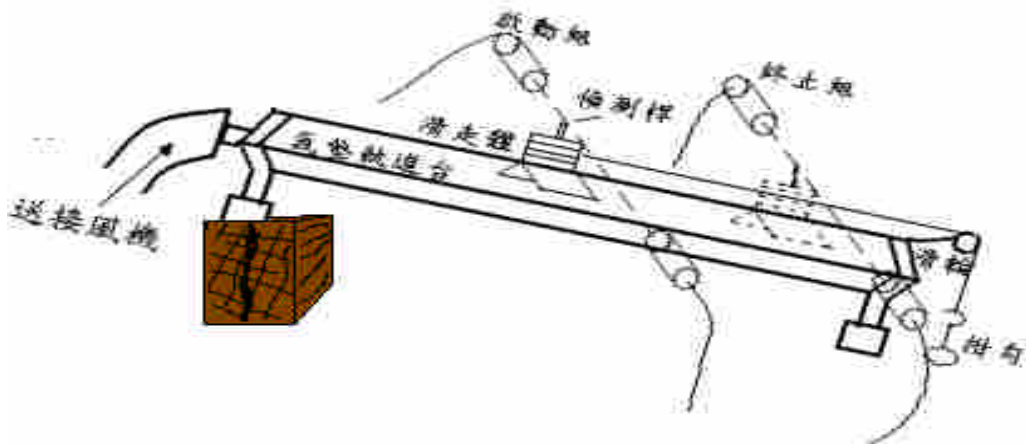
(1) 式與 (2) 式之加速度 a 值，理論上應該相等，又因在實驗室中其 g 值不易得知，故可由 (1)、(2) 式合併得知

$$g = 2x/H t^2 \quad (3)$$

而可與自由落體所得之 g 值比較。

實驗步驟

1. 送風管連接軌道台與送風機，將滑走體置於軌道中間，打開送風機，調整軌道台使滑走體運動時會以等速運動，已確定軌道之水平而定基準點。
2. 於軌道台之一端用木塊墊高，而形成一無摩擦之斜面。
3. 置放光電計時裝置，使啓動組靠近木塊之邊緣，使滑走組一動即可開始計時，而停止組於另一端，啓動組與停止組相距約 30 公分（可自訂），並調整計時裝置使其妥當。
4. 如圖所示之裝置，將滑走體安置於啓動組處使滑走體一滑動，其偵測趕集可使啓動組開始計時。
5. 將木塊滑下，記錄滑走體至停止組時之距離 x 及時間 t ，可求初期平均加速度 a 。
6. 改變啓動組與停止組之距離（可以單獨移動停止組之位置即可），每次增加約 10cm 左右，重複步驟 5 二次，求 a 之平均值。
7. 量取木塊之高度 H 及軌道台兩邊距離 L ，記錄之並由 (3) 式計算 g 之值。
8. 改變木塊之厚度（或增加木塊個數），重複步驟 2~7。
9. 更改滑走體重複上述步驟。



問題討論

1. 所求得之加速度 a 值，在實驗過程中哪些會影響其準確性。
2. 大小不同的滑走體，在相同之角度下， a 值是否會相同？說明滑走體質量 m 與 a 之關係？
3. 斜面角度 θ 不同，是否會使 g 值不同？何故？
4. 實驗時為減少儀器造成的誤差，有哪些可能產生誤差的來源，須予特別注意？

實驗記錄

滑走體 m, kg	距離 x, m	次數	時間 t, s	加速度 $a=2x/t^2, \text{m/s}^2$	平均值 m/s^2	木塊高 度 H, m	軌道台 長 L, m	g 值 m/s^2		
		1								
		2								
		3								
		1								
		2								
		3								
			1							
			2							
			3							
				1						
				2						
				3						
		1								
		2								
		3								
		1								
		2								
		3								
			1							
			2							
			3							
				1						
				2						
				3						