

實驗五 二維碰撞實驗

一、目的：

觀測二維碰撞之特性，並驗證動量守恆定律。

二、原理與方法：

當兩個物體發生碰撞時，碰撞前後兩個物體的動量和不變，即滿足動量守恆定律 (conservation of momentum)。

假設碰撞前一物體靜止不動，另一物體的動量為 \vec{P}_{ai} ，碰撞後兩物體的動量分別為 \vec{P}_{af} 及 \vec{P}_{bf} 。由動量守恆定律得知

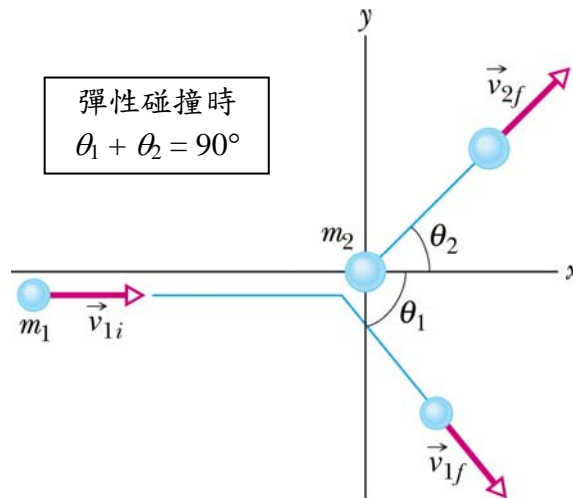
$$\vec{P}_{ai} = \vec{P}_{af} + \vec{P}_{bf} \quad (1)$$

如果兩物體的質量相同，則式(1)可簡化為速度的表示式，即

$$\vec{V}_{ai} = \vec{V}_{af} + \vec{V}_{bf} \quad (2)$$

通常兩個剛體的碰撞為為彈性碰撞 (elastic collision)，即碰撞前後兩個物體的動能總和不變。對於質量相同的物體，由動能守恆定律得

$$V_{ai}^2 = V_{af}^2 + V_{bf}^2 \quad (3)$$



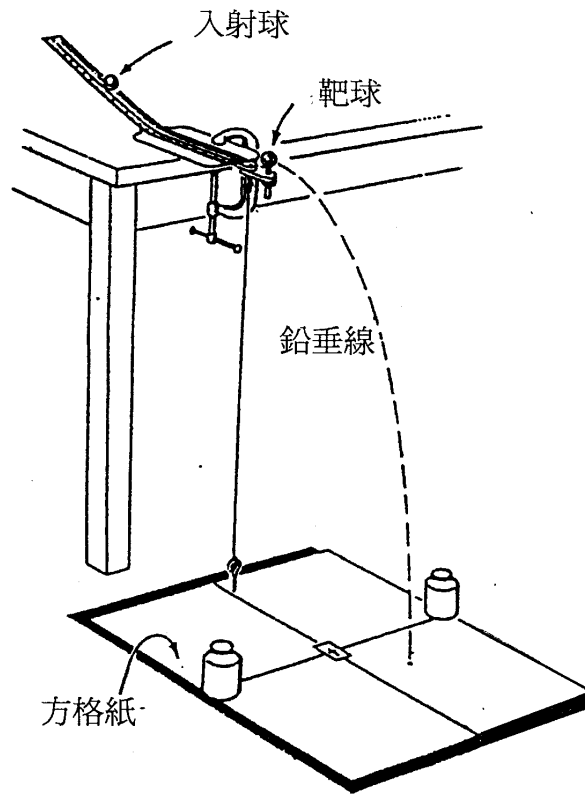
式(2)顯示 \vec{V}_{ai} 以及 \vec{V}_{af} 、 \vec{V}_{bf} 三個向量構成一個三角形，而式(3)則顯示這個三角形兩股的平方和等於斜邊的平方，即符合畢氏定理。因此可由式(2)與式(3)二式得知 V_{ai} 以及 V_{af} 、 V_{bf} 構成一個直角三角形，而其底邊為 V_{af} 及 V_{bf} ，故碰撞後兩個物體的運動方向相互垂直， $\theta_1 + \theta_2 = 90^\circ$ 。如上圖所示。

三、儀器設備：

C型夾、支撐台、凹槽軌道尺、靶球、鉛錘、方格紙。

四、實驗步驟：

1. 用C型夾將發射器裝置固定於實驗桌緣處，如下圖所示。



2. 旋轉靶球之支撐台，令靶球 b 位於弧尺底緣之前方略有偏斜。調整支撐台與弧尺底緣之距離以使兩球碰撞時，入射球 a 恰好已離開發射裝置為準。
3. 在支撐台螺旋帽下方，用準線垂直掛一小鉛垂。
4. 地面鋪放一大張方格紙。方格紙正方對準線之處，標示出一參考點。
5. 先使入射球 a 從凹槽軌道尺上一定刻劃處向下滾動數次，而不與靶球 b 碰撞，直接滑離弧尺底緣而墜落於地面方格紙上。將此點與參考點連成一直線，得到一正比於入射動量的向量，設為 $\overline{d_{ai}}$ 。
6. 使入射球下滑並與靶球作固定偏向之碰撞數次，在二球的下落點做記點，並各自與參考點連成直線，得到正比於碰撞後動量的兩個向量，分別為 $\overline{d_{af}}$ 及 $\overline{d_{bf}}$ 。
7. 記錄 $\overline{d_{af}}$ 及 $\overline{d_{bf}}$ 的夾角 θ 。
8. 以 $\overline{d_{ai}}$ 的方向為 x 軸方向，而垂直於 $\overline{d_{ai}}$ 的方向為 y 軸。將 $\overline{d_{af}}$ 及 $\overline{d_{bf}}$ 作向量投影於 x 軸及 y 軸，記錄其分量大小。
9. 改變靶球的撞擊角度，重覆步驟 5、6、7、8。
10. 由以上數據分析：
 - (a) 碰撞前後之動量變化，即 $\Delta P_x = d_{ai} - d_{af,x} - d_{bf,x}$ 及 $\Delta P_y = -d_{af,y} - d_{bf,y}$
 - (b) 碰撞前後之動能變化，即 $\Delta K = d_{ai}^2 - (d_{af}^2 + d_{bf}^2)$

***注意事項：**

1. 如果發生碰撞時， a 球未完全離開發射台，則桌面的水平衝量會使動量守恆定律無法適用。
2. 為固定每次入射動量，入射球釋放時的高度必須力求一致。

3. 鉛垂準線的位置應儘量擺在兩球碰撞時的質量中心處。
4. 取同樣大小之球碰撞。

五、問題與討論：

1. 實驗的結果是否驗證動量守恆？若否，誤差的來源為何？
2. 實驗的結果是否顯示兩顆剛球為彈性碰撞？請解釋為何是「彈性碰撞」或「非彈性碰撞」？
3. 為什麼本實驗可以用距離的測量來取代動量？
4. 注意事項 1 所提到的桌面水平衝量是如何產生的？
5. 如果靶球支臺與弧尺底緣距離太遠，會對結果有何影響？

