

# 第 111 學年度清華大學普通物理實驗(一)

☐預報 或 ☐結報    課程編號：\_\_\_\_\_

實驗名稱：\_\_\_\_\_

系      級：\_\_\_\_\_      組      別：\_\_\_\_\_

學      號：\_\_\_\_\_      姓      名：\_\_\_\_\_

組      員：\_\_\_\_\_

實驗日期：\_\_\_\_年\_\_月\_\_\_\_日    補作日期：\_\_\_\_年\_\_月\_\_\_\_日

◎ 以下為助教記錄區

預報繳交日期	報告成績	助教簽名欄
結報繳交日期		
報告缺失紀錄		

# 碰撞預報

## 一、實驗目的

1. 熟悉光電計時器和光電閘測量儀器的使用技巧和如何獲得精確的測量值。
2. 學習以光電計時器和光電閘測量物體做一維運動時，各種運動物理量隨時間變化的軌跡和趨勢，如運動體的位置、速度、加速度和所受淨力隨時間的變化關係。
3. 學習以不同儀器、不同方法量測或紀錄運動體的運動軌跡和運動相關的物理量。
4. 並觀察比較各使用儀器的差異性、優缺點、與所得之實驗數據的精確度。
5. 觀測軌道上的滑車彈性及非彈性碰撞時的運動情形，以驗證在隔離的系統，碰撞過程為動量守恆；若為彈性碰撞，則動能亦守恆。

## 二、原理

1. 兩個質點碰撞時動量守恆，則  $m_1v_1 = m_2v_2 = \text{常數向量}$ 。  
( $m_i$  為滑車的質量  $v_i$  為滑車的速度， $m_1v_1$  與  $m_2v_2$  分別為第一輛與第二輛滑車的動量)
2. 在水平面上作任何一維的碰撞，都須滿足能量守恆定律：

$$\frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 + U = \text{常數} \quad (U \text{ 是整個系統的內能})$$

3. 如果是彈性碰撞，則碰撞前與碰撞後的內能相同，則：  
( $i$  表示碰撞前， $f$  表示碰撞後)

$$\frac{1}{2}m_1v_{1i}^2 + \frac{1}{2}m_2v_{2i}^2 = \frac{1}{2}m_1v_{1f}^2 + \frac{1}{2}m_2v_{2f}^2$$

4. 恢復係數 (coefficient of restitution) 為兩個物體在碰撞後的反彈程度。

$$C_r = \left| \frac{\mathbf{u}_f \cdot \hat{\mathbf{n}}}{\mathbf{u}_i \cdot \hat{\mathbf{n}}} \right|$$

$u_f$  是碰撞後的分離速度， $u_i$  是碰撞前的接近速度， $n$  是與衝擊線同線、任意設定的單位向量，衝擊線是這兩個物體接觸時連結其各自質心的直線。

## 三、實驗器材

光電閘式測量系統、一維碰撞運動軌道系統及配件

## 四、實驗步驟

1. 一維滑車運動軌道架設：
  - (1) 熟悉軌道和搭配使用之滑車的結構、功能和應注意的使用事項。
  - (2) 軌道水平校正

## 2. 以光電計時裝置觀測物體的運動狀況：

### A. 彈性碰撞：

- (1)將碰撞擋片及橡皮繩架分別置於 2 滑車前端，將其中一輛滑車靜置在整條軌道的中央，輕推另一輛滑車，以大約 20cm/s 的速度去撞擊靜止的滑車，記錄兩輛滑車碰撞前後的移動情況。
- (2)以磁鐵同極互斥代替緩衝片，作完全彈性碰撞。重複步驟(1)。
- (3)以不同的初速度，重覆步驟(1)、(2)。
- (4)研究  $m_1 > m_2$  和  $m_1 < m_2$  條件下的碰撞，方法如同步驟(1)、(2)。
- (5)請與上述理論計算所得的結果  $x(t)$ 、 $v(t)$  作比較，並估算誤差值。

### B. 非彈性碰撞：

- (1)將以針插及黏土座插置於兩滑車上，使碰撞之後兩車會互相吸住而一同前進，重複實驗 A 步驟。
- (2)計算各種情況的動量和能量是否守恆？實驗結果和預計的前後動量與動能百分比誤差有多大？假如守恆律不成立，試說明其理由。

## 五、問題

### 1. 詳述實驗中將如何調整軌道的水平，並說明驗證方法。

Ans：將滑車置於軌道上，輕輕施一外力，觀察滑車的減速度的狀況，調整軌道使滑車向左滑與向右滑情形趨於一致。

### 2. 於實驗中使用磁鐵進行碰撞，與其他方法（請列舉）有什麼差異，為什麼？應注意什麼？

Ans：在此實驗中，我們利用磁鐵進行彈性碰撞，可使我們的實驗更加接近於完全彈性碰撞。若使用緩衝片或是碰撞擋片來做彈性碰撞，可能因為滑車和擋片間的摩擦力，使其系統受到外力而動量不守恆，也會消耗滑車動能使前後動能不守恆。使用磁鐵進行碰撞時應特別注意速度不可太大，以免兩滑車接觸彼此。

### 3. 請說明於〈實驗二：運動軌跡〉中使用的光電計時器的基本運作方式。（如擋板的運作方式及原理，簡述即可）

Ans：將光電閘接上光電計時器，按 Function 功能鍵，選擇 Collision 碰撞運動，按 Changover 鍵選擇速度單位(cm/s)。長按 Changover 鍵可選擇擋板寬度，當顯示值至欲設定寬度(3cm)時，將按鍵放開，即設定完成。計時器會顯示擋光片經過光電閘時依序測得之速度。Px.y 後之數據為經過 Px 光電閘第 y 次時之速度。可按 Function 功能鍵歸零，再重新進行測量數據。

**4. 請比較影像紀錄分析與光電計時器分析的利弊。**

Ans：利用影像紀錄分析時可能會應為拍攝角度、手抖等問題造成誤差，且將影片放到 Logger Pro 上後，也可能因人為失誤，導致在標定滑車位置時，沒有選取滑車上相同的位置進行標點而造成誤差。相反的，因為光電計時器是直接測出所需物理量，少去了繁複且不精確的人為步驟，可以有效的降低人為誤差。