

國立彰化高級中學 114 學年度 科學班甄選 實驗實作【物理科】器材清單

請檢查桌上器材與下列器材清單是否相符

器材清單	
鋼珠	2 個
三角板	2 個
壓克力板	1 個
橡皮筋	3 條
透明圓柱筒	1 個
30 公分直尺	1 個
計算機	1 台

【上述實驗器材若有缺失，請立即向監考老師反應；測驗結束後，器材請回復原狀】

【請將答案用黑色或藍色墨水的筆寫在答案卷上，否則不予計分】

提醒

- 請同學注意控制變因（如釋放高度保持一致）。
- 分析原因時，請從實驗數據、物理原理與變因進行陳述，展現實驗分析能力。
- 請注意計算時的有效位數。
- 請注意測量工具的最小刻度與估計值。

考試開始後，請先檢查試題卷(共 7 頁)是否有缺頁或漏印

第一部分：基本量測(共 10 分)

(一) 有效位數說明：

在實驗測量時，有意義的位數稱為有效位數。有效位數的舉例如下：

1. 非零的數字都是有效數字，例如：8.33 共有 3 位有效數字。
2. 非零數字間的零是有效數字，例如：2025.2024 共有 8 位有效數字。
3. 前綴零不是有效數字，例如：0.0055 僅有 2 位有效數字。
4. 小數點後綴零是有效數字，例如：174.9000 共有 7 位有效數字。

(二) 不確定度的 A 類評估之測量說明：

1. 若對某物理量 x 進行 n 次測量，得到測量數據 x_1 、 x_2 、...、 x_n 。計算平均值 $\bar{x}$ 與樣本標準差 s 的方式如下：

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}, \quad s = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + (x_3 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n-1}}$$

2. 利用測量數據的平均值與樣本標準差，就可以得到不確定度。根據 ISO-GUM，不確定度的計算如下：

$$u(X) = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

3. 將 不確定度 無條件進位 且取 兩位有效位數。
4. 將 平均值對齊不確定度的最小位數且四捨五入 後，則可以得到 最佳估計值 X 。

最後，可將測量結果表示為：最佳估計值 ± 不確定度

範例說明：

測量一杯水的溫度四次，數值分別為 31.6、31.8、31.2、31.7 °C

$$\text{平均值 } \bar{x} = \frac{31.6 + 31.8 + 31.2 + 31.7}{4} = 31.575 \text{ °C}$$

$$\text{樣本標準差 } s = \sqrt{\frac{(31.6 - 31.575)^2 + (31.8 - 31.575)^2 + (31.2 - 31.575)^2 + (31.7 - 31.575)^2}{4-1}} = 0.262995564 \text{ °C}$$

$$\text{不確定度 } u(X) = \frac{0.262995564}{\sqrt{4}} = 0.131497782 \rightarrow 0.14 \text{ °C (無條件進位且取兩位有效位數)}$$

$$\text{最佳估計值 } X = 31.575 \rightarrow 31.58 \text{ °C (平均值對齊不確定度的最小位數且四捨五入)}$$

$$\text{測量結果} = 31.58 \pm 0.14 \text{ °C}$$

(三) 實驗步驟 1

1. 測量鋼珠的直徑，並記錄其數據。
2. 重複測量四次，取平均值、標準差、最佳估計值與不確定度後，寫下測量結果。

(四) 實驗數據 1

【第一題】(10 分)：

請依照不確定度的 A 類評估之說明，量測鋼珠的直徑四次，並計算出平均值、標準差、最佳估計值、不確定度與測量結果，並填於實驗表格 1。

實驗表格 1：鋼珠的直徑量測

測量次數 與計算	鋼珠直徑 d (mm)
1	
2	
3	
4	
平均值	
標準差	
不確定度	
最佳估計值	
測量結果	

第二部分：碰撞量測(共 40 分)

(一) 原理說明

1. A、B 兩物體碰撞之恢復係數 e 的定義為 $e = \left| \frac{v_{2f} - v_{1f}}{v_{1i} - v_{2i}} \right|$ ，其中 v_{1i} 和 v_{2i} 分別是碰撞前 A、B 兩物體的速度， v_{1f} 和 v_{2f} 分別是碰撞後 A、B 兩物體的速度。
2. 以鋼珠碰撞壓克力板實驗(如實驗步驟 2)為例：
 v_{1i} 是鋼珠撞擊壓克力板前一瞬間的落下速度， v_{1f} 是鋼珠撞擊壓克力板後一瞬間的反彈速度，而壓克力板速度在撞擊前後 v_{2i} 、 v_{2f} 皆可視為零。

(二) 實驗步驟 2

1. 將壓克力板平放在桌面上，透明圓柱筒垂直置於壓克力板上方。
2. 測量圓柱筒高度 H 。
3. 將鋼珠置於圓柱筒內部的頂端，由靜止釋放鋼珠。測量鋼珠的第一次反彈高度 H_{1r} 和第二次反彈高度 H_{2r} 。
4. 重複測量九次，取平均值、標準差、最佳估計值與不確定度後，寫下測量結果。

(三) 實驗數據 2

【第二題】(20 分)：

放置壓克力板於桌面，將鋼珠由圓柱筒頂端落下，使鋼珠碰撞到壓克力板，測量落下高度與反彈高度。請依照不確定度的 A 類評估之說明，對鋼珠的落下高度、第一次反彈高度與第二次反彈高度量測九次，並計算出平均值、標準差、最佳估計值、不確定度與測量結果，並填於實驗表格 2。

實驗表格 2：鋼珠與壓克力板碰撞的高度量測。

測量次數 與計算	初始高度 H (cm)	第一次反彈高度 H_{1r} (cm)	第二次反彈高度 H_{2r} (cm)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
平均值			
標準差			
不確定度			
最佳估計值			
測量結果			

(四) 實驗步驟 3

1. 將透明圓柱筒垂直置於桌面上。
2. 將鋼珠置於圓柱筒內部的頂端，由靜止釋放鋼珠。測量鋼珠的第一次反彈高度 h_{1r} 和第二次反彈高度 h_{2r} 。
3. 重複測量九次，取平均值、標準差、最佳估計值與不確定度後，寫下測量結果。

(五) 實驗數據 3

【第三題】(20 分)：

將鋼珠由圓柱筒頂端落下，使鋼珠直接碰撞桌面，測量落下高度與反彈高度。請依照 A 類評估，對鋼珠的落下高度、第一次反彈高度與第二次反彈高度量測九次，並計算出平均值、標準差、最佳估計值、不確定度與測量結果，並填於實驗表格 3。

實驗表格 3：鋼珠與桌面碰撞的高度量測。

測量次數 與計算	第一次反彈高度 h_{1r} (cm)	第二次反彈高度 h_{2r} (cm)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
平均值		
標準差		
不確定度		
最佳估計值		
測量結果		

第三部分：問題與討論(共 40 分)

(一) 請依照第二題與第三題的實驗內容，列出操縱變因、控制變因與應變變因

【第四題】(6 分)：

操縱變因	
控制變因	
應變變因	

(二) 推導第二部分碰撞量測的理論

【第五題】(10 分)：

已知重力加速度為 g ，鋼珠落下高度為 H ，鋼珠碰撞壓克力板後的反彈高度為 H_r ，若不計空氣阻力，由兩物體碰撞之恢復係數 e 的定義 $e = \left| \frac{v_{2f} - v_{1f}}{v_{1i} - v_{2i}} \right|$ ，推導出鋼珠碰撞壓克力板的恢復係數 e 與 H 、 H_r 的關係式。(提示：可由自由落體與鉛直上拋的運動觀點著手)

(三) 由實驗表格 2 和實驗表格 3 的數據之 平均值，並利用第五題推導出的關係式，算出恢復係數 e

【第六題】(4 分)：

(1) 壓克力板放置在桌面時，鋼珠碰撞壓克力板的恢復係數 $e_1 =$ _____

(2) 鋼珠碰撞桌面的恢復係數 $e_2 =$ _____

(四) 比較鋼珠碰撞壓克力板及鋼珠碰撞桌面的差異

【第七題】(10 分)：

比較鋼珠碰撞壓克力板與鋼珠碰撞桌面的情況，你所算出的恢復係數是否有差異？請以科學的角度解釋有差異或無差異的原因。(提示：請觀察碰撞的運動情形與撞擊時的聲音)

(五) 比較鋼珠與壓克力板碰撞的兩次反彈高度

【第八題】(10 分)：

請由實驗表格 2 鋼珠與壓克力板碰撞的兩次反彈高度數據，以科學的角度解釋你所測量的數據是否合理？不論你的回答是合理或不合理，皆請詳細解釋其原因。

第四部分：延伸問題(共 10 分)

(一) 說明

彈簧在彈性限度內，彈力(彈簧回復力) $\vec{F}$ 與形變量 $\vec{x}$ 的關係式為 $\vec{F} = -k\vec{x}$ ，其中 k 為彈簧的彈性係數，負號則是代表彈力方向與形變(伸長或壓縮)方向相反。當彈簧形變 x 時，儲存在彈簧內的位能稱為彈性位能 $U_k = \frac{1}{2}kx^2$ 。若彈性係數 k 以牛頓/公尺為單位，形變 x 以公尺為單位，則彈性位能 U_k 的單位為焦耳。

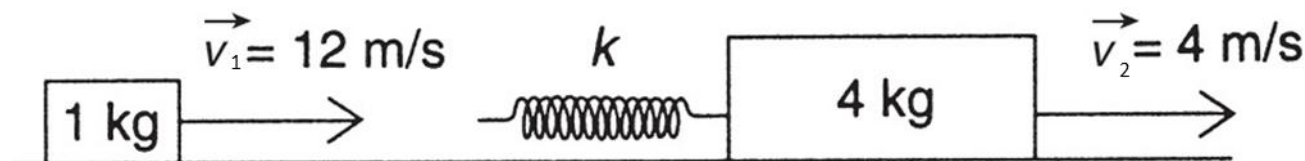
彈性位能也是一種位能，跟重力位能類似，只是重力位能是儲存交互作用的物體與地球之間，而彈性位能則是儲存在形變的彈簧內。

當兩物體碰撞時，如果過程中系統沒有其他外力作用，只有兩物體間的內力作用，如下列的題組，且系統內部也沒有熱能產生，則兩物體在碰撞過程中，會將動能轉換成彈性位能儲存，當碰撞結束(彈簧恢復為自然長度)時，則又會將彈性位能釋放出來變成物體動能。

(二) 題組

【第九題】(10 分)：

兩物體質量分別為 1 公斤和 4 公斤，其中 4 公斤的物體繫有一不計質量的彈簧(彈性常數 $k = 1000 \text{ N/m}$)。兩物體在一光滑水平面上，1 公斤的物體以初速 $\vec{v}_1 = +12 \text{ m/s}$ ，碰撞前方質量 4 公斤初速為 $\vec{v}_2 = +4 \text{ m/s}$ 的物體，如圖所示。



1. (3 分)請問當兩物體速度分別為 $\vec{v}_1 = +8 \text{ (m/s)}$ ， $\vec{v}_2 = +5 \text{ (m/s)}$ 時，彈簧的壓縮量為多少？(請列出詳細計算過程)
2. (4 分)碰撞過程中， $\vec{v}_1$ 、 $\vec{v}_2$ 代表 1 公斤及 4 公斤物體的初速度， $\vec{v}_1'$ 、 $\vec{v}_2'$ 代表 1 公斤及 4 公斤物體碰撞過程中某瞬間的速度，已知 $(\vec{v}_1 - \vec{v}_1') : (\vec{v}_2' - \vec{v}_2) = 4 : 1$ 。試求出兩物體碰撞過程中，彈簧的最大壓縮量為多少公尺？(請列出詳細計算過程)
3. (3 分)已知兩物體的碰撞是一種恢復係數 $e = 1$ 的彈性碰撞(恢復係數 e 的定義請參考第二部分的原理說明)，則兩物體碰撞後的速度分別為多少公尺/秒？(請列出詳細計算過程)

試題結束