

115 學年度分科測驗

物理考科非選擇題評分原則

115 學年度分科測驗物理考科的非選擇題共有 5 題，包含第 18、20、23、24、25 題。其中第 18 題為 4 分、20 題為 6 分、23 題為 4 分、24 題為 5 分、25 題為 4 分，總計 23 分。

物理考科的非選擇題評量重點為考生是否能夠清楚表達推理過程，故答題時應將解題過程說明清楚。解題的方式可能有很多種，但考生用以解題的觀點必須符合題目所設定的情境。考生表述的概念內容正確，解題所用的相關公式也正確，且得到正確答案(物理量需包含數值與單位，題目已標示答案單位者除外)，方可得到滿分。若考生的觀念正確，也用對相關公式，但計算錯誤，可獲得部分分數。本公告謹提供各題滿分參考答案及評分原則供各界參考，詳細評分原則說明與部分學生作答情形，請參見本中心將於 9 月 15 日出刊的第 352 期《選才電子報》。

115 學年度分科測驗物理考科非選擇題各題的滿分參考答案與評分原則說明如下：

第 18 題

一、滿分參考答案：

兩打點之間的時間間隔為 $\frac{1}{50}$ s，第 n 個打點的時間為 $t_n = (n-1)\frac{1}{50}$ s，

【方法一】以 $S = v_0\Delta t + \frac{1}{2}a\Delta t^2$ 求解

設第 1 個打點的位置為 x_1 ，依題幹敘述，第 1 個打點的速度 $v_1 = 0$ ，

$$\text{第 1 個打點到第 6 個打點的距離：} 5.5 - x_1 = \frac{1}{2}a_{\text{甲}}\left(\frac{5}{50}\right)^2 \quad (1)$$

$$\text{第 1 個打點到第 8 個打點的距離：} 9.8 - x_1 = \frac{1}{2}a_{\text{甲}}\left(\frac{7}{50}\right)^2 \quad (2)$$

$$\text{第 1 個打點到第 11 個打點的距離：} 19.0 - x_1 = \frac{1}{2}a_{\text{甲}}\left(\frac{10}{50}\right)^2 \quad (3)$$

任兩式聯立求解：

例如：式(1)、式(3)聯立

$$\text{式(3)} - \text{式(1)} \rightarrow (19 - 5.5) \times 2 = a_{\text{甲}}\left(\frac{10}{50}\right)^2 - a_{\text{甲}}\left(\frac{5}{50}\right)^2$$

$$27 = a_{\text{甲}}\left(\frac{75}{2500}\right), \quad a_{\text{甲}} = 900 \text{ cm/s}^2$$

$$\text{或 } \frac{\text{式(3)}}{\text{式(1)}} \rightarrow \frac{19.0 - x_1}{5.5 - x_1} = \frac{\frac{1}{2}a_{\text{甲}}\left(\frac{10}{50}\right)^2}{\frac{1}{2}a_{\text{甲}}\left(\frac{5}{50}\right)^2} = 4, \quad x_1 = 1.0 \text{ cm 代回式(1), } a_{\text{甲}} = 900 \text{ cm/s}^2$$

【方法二】以 $S = v_0 \Delta t + \frac{1}{2} a \Delta t^2$ 求解

設第 6 個打點的速度為 v_6 ，

$$\text{第 6 個打點到第 8 個打點的距離：} 9.8 - 5.5 = v_6 \left(\frac{2}{50} \right) + \frac{1}{2} a_{\text{甲}} \left(\frac{2}{50} \right)^2 \quad (1)$$

$$\text{第 6 個打點到第 11 個打點的距離：} 19.0 - 5.5 = v_6 \left(\frac{5}{50} \right) + \frac{1}{2} a_{\text{甲}} \left(\frac{5}{50} \right)^2 \quad (2)$$

$$\text{式(2)} \times 0.4 - \text{式(1)} \quad a_{\text{甲}} = \frac{1.1}{0.0012} \approx 917 \text{ cm/s}^2 \approx 920 \text{ cm/s}^2$$

【方法三】以 $v = v_0 + a \Delta t$ 、 $S = v_0 \Delta t + \frac{1}{2} a \Delta t^2$ 求解

依題幹敘述，第 1 個打點的速度 $v_1 = 0$ ，設第 6 個打點的速度為 v_6 ，

$$\text{由 } v_6 = v_1 + at, \text{ 可得 } v_6 = a_{\text{甲}} \left(\frac{5}{50} \right),$$

$$\text{第 6 個打點到第 11 個打點的距離：} 19.0 - 5.5 = v_6 \left(\frac{5}{50} \right) + \frac{1}{2} a_{\text{甲}} \left(\frac{5}{50} \right)^2 = a_{\text{甲}} \left(\frac{5}{50} \right) \left(\frac{5}{50} \right) + \frac{1}{2} a_{\text{甲}} \left(\frac{5}{50} \right)^2$$

$$a_{\text{甲}} = 900 \text{ cm/s}^2$$

【方法四】以 $v = v_0 + a \Delta t \rightarrow a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ 求解

第 6 個與第 8 個打點之間的平均速度（視為相當於第 7 個打點的瞬時速度）：

$$\frac{9.8 \text{ cm} - 5.5 \text{ cm}}{2 \times \frac{1}{50} \text{ s}} = 107.5 \text{ cm/s}$$

第 8 個與第 11 個打點之間的平均速度（視為相當於第 9.5 個打點的瞬時速度）：

$$\frac{19.0 \text{ cm} - 9.8 \text{ cm}}{3 \times \frac{1}{50} \text{ s}} = \frac{460}{3} \text{ cm/s} = 153.3 \text{ cm/s}$$

平均加速度 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ ，故

$$a_{\text{甲}} = \frac{\frac{19.0 \text{ cm} - 9.8 \text{ cm}}{3 \times \frac{1}{50} \text{ s}} - \frac{9.8 \text{ cm} - 5.5 \text{ cm}}{2 \times \frac{1}{50} \text{ s}}}{(9.5 - 7) \times \frac{1}{50} \text{ s}} = \frac{2750}{3} \text{ cm/s}^2 \approx 917 \text{ cm/s}^2 \approx 920 \text{ cm/s}^2$$

【方法五】以 $v = v_0 + a\Delta t$ 、 $v^2 = v_0^2 + 2aS$ 求解

依題幹敘述，第 1 個打點的速度 $v_1 = 0$ ，設第 6 個與第 8 個打點的速度為 v_6 與 v_8 ，

$$\text{由 } v_6 = v_1 + a\Delta t, \text{ 可得 } v_6 = \frac{5}{50}a_{\text{甲}},$$

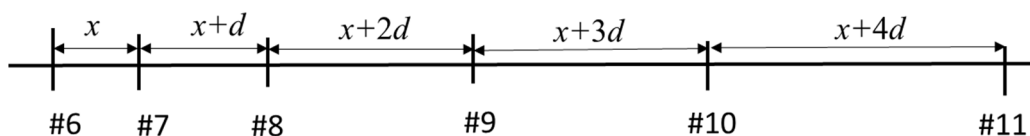
$$\text{由 } v_8 = v_1 + a\Delta t, \text{ 可得 } v_8 = \frac{7}{50}a_{\text{甲}},$$

$$\text{代入 } v_8^2 = v_6^2 + 2a_{\text{甲}}(x_8 - x_6), \text{ 可得 } \left(\frac{7}{50}a_{\text{甲}}\right)^2 = \left(\frac{5}{50}a_{\text{甲}}\right)^2 + 2a_{\text{甲}}(9.8 - 5.5)$$

$$\frac{24}{2500}a_{\text{甲}}^2 = 8.6a_{\text{甲}}, \quad a_{\text{甲}} = 896 \text{ cm/s}^2 \approx 900 \text{ cm/s}^2$$

【方法六】利用兩相鄰打點間距隨時間增加 d 的特性

假設第 6 個與第 7 個打點的間距為 x ，之後每相鄰兩打點間距增加 d ，如下圖，



若相鄰兩打點之時間間隔為 Δt ，則以前 3 個打點計算

$$\text{平均加速度 } a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\frac{x+d}{\Delta t} - \frac{x}{\Delta t}}{\Delta t} = \frac{d}{(\Delta t)^2}$$

$$\text{第 6 個與第 8 個打點的間距為 } 2x + d = 9.8 - 5.5 = 4.3 \text{ cm}$$

$$\text{第 8 個與第 11 個打點的間距為 } 3x + 9d = 19.0 - 9.8 = 9.2 \text{ cm}$$

$$\text{可得 } d \approx 0.367 \text{ cm}, \quad a_{\text{甲}} = \frac{d}{(\Delta t)^2} = \frac{0.367}{\left(\frac{1}{50}\right)^2} = 918 \text{ cm/s}^2 \approx 920 \text{ cm/s}^2$$

【方法七】以 $v = v_0 + a\Delta t$ 與 $v-t$ 圖求解

第 1 個打點時間 $t_1 = 0$ ，速度 $v_1 = 0$ ；第 6 個打點時間 $t_6 = \frac{5}{50} \text{ s} = 0.1 \text{ s}$ ，速度 $v_6 = 0.1a_{\text{甲}}$ ；

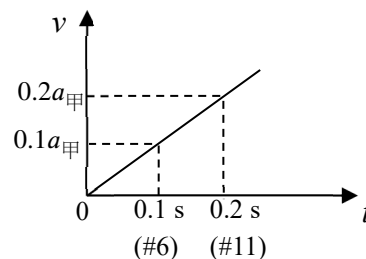
第 11 個打點時間 $t_{11} = \frac{10}{50} \text{ s} = 0.2 \text{ s}$ ，速度 $v_{11} = 0.2a_{\text{甲}}$ ，

自第 6 個打點至第 11 個打點間位移為 $v-t$ 圖中關係線與時間軸

所包圍之梯形面積，故

$$\frac{(0.2a_{\text{甲}} + 0.1a_{\text{甲}}) \times 0.1}{2} = 19.0 - 5.5 = 13.5 \text{ cm}$$

$$a_{\text{甲}} = 900 \text{ cm/s}^2$$



二、評分原則：

(一) 正確引用等加速度運動相關公式，列式正確且數值代入正確，並且有求解的過程，算出所對應之正確 $a_{\text{甲}}$ 值(題幹已標示答案單位)，即得該題滿分。

(二) 未符合上述原則，僅可得部分分數或 0 分。

第 20 題

(a) 2 分

一、滿分參考答案：

$$ma_{\text{乙}} = mg - f$$

$$Ma_{\text{甲}} = Mg - f$$

二、評分原則：

(一) 寫出 $ma_{\text{乙}} = mg - f$ 與 $Ma_{\text{甲}} = Mg - f$ ，即得該題滿分。

(二) 未符合上述原則，僅可得部分分數或 0 分。

(b) 4 分

一、滿分參考答案：

將 $m = 50 \text{ g}$ 、 $a_{\text{乙}} = 700 \text{ cm/s}^2$ 代入 $ma_{\text{乙}} = mg - f$

$$\rightarrow 50 \text{ g} \times 700 \text{ cm/s}^2 = 50 \text{ g} \times g - f \quad (1)$$

將 $M = 170 \text{ g}$ 、第 18 小題所得 $a_{\text{甲}}$ 代入 $Ma_{\text{甲}} = Mg - f$ ，

例 1： $a_{\text{甲}} = 900 \text{ cm/s}^2$

$$Ma_{\text{甲}} = Mg - f \rightarrow 170 \text{ g} \times 900 \text{ cm/s}^2 = 170 \text{ g} \times g - f \quad (2-1)$$

式(2-1) - 式(1)

$$g = \frac{170 \text{ g} \times 900 \text{ cm/s}^2 - 50 \text{ g} \times 700 \text{ cm/s}^2}{(170 \text{ g} - 50 \text{ g})} = \frac{118000}{120} \text{ cm/s}^2 = 983 \text{ cm/s}^2$$

(若維持兩位有效數字，則 $g \approx 980 \text{ cm/s}^2$)

例 2： $a_{\text{甲}} = 920 \text{ cm/s}^2$

$$Ma_{\text{甲}} = Mg - f \rightarrow 170 \text{ g} \times 920 \text{ cm/s}^2 = 170 \text{ g} \times g - f \quad (2-2)$$

式(2-2) - 式(1)

$$g = \frac{170 \text{ g} \times 920 \text{ cm/s}^2 - 50 \text{ g} \times 700 \text{ cm/s}^2}{(170 \text{ g} - 50 \text{ g})} = \frac{121400}{120} \text{ cm/s}^2 = 1012 \text{ cm/s}^2$$

(若維持兩位有效數字，則 $g \approx 1000 \text{ cm/s}^2$)

二、評分原則：

(一) 將 $m = 50 \text{ g}$ 、 $a_{\text{乙}} = 700 \text{ cm/s}^2$ 代入 $ma_{\text{乙}} = mg - f$ ，並將 $M = 170 \text{ g}$ 、第 18 小題所得 $a_{\text{甲}}$ 代入 $Ma_{\text{甲}} = Mg - f$ ，兩式數值正確並聯立求解，算出正確 g 值且含單位，即得該題滿分。

(二) 未符合上述原則，僅可得部分分數或 0 分。

第 23 題

(a) 2 分

一、滿分參考答案：

由 $R = \frac{V}{I}$ 得三電阻值：

$$\frac{0.62 \text{ V}}{2.0 \text{ mA}} = 0.31 \text{ k}\Omega, \quad \frac{1.80 \text{ V}}{6.0 \text{ mA}} = 0.30 \text{ k}\Omega, \quad \frac{2.90 \text{ V}}{10.0 \text{ mA}} = 0.29 \text{ k}\Omega$$

$$\text{故平均值為 } \frac{0.31 \text{ k}\Omega + 0.30 \text{ k}\Omega + 0.29 \text{ k}\Omega}{3} = 0.30 \text{ k}\Omega = 300 \Omega$$

二、評分原則：

(一) 知道 $R = \frac{V}{I}$ ，且得到正確平均值 $0.30 \text{ k}\Omega (= 300 \Omega)$ ，即得該題滿分。

(二) 未符合上述原則，僅可得部分分數或 0 分。

(b) 2 分

一、滿分參考答案：

A 類不確定度 $u_A = \frac{\text{標準差}}{\sqrt{N}}$ ， N 為樣本數。

【方法一】

$$\text{樣本標準差 } s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

$$\text{故 } u_A = \frac{s}{\sqrt{N}} = \sqrt{\frac{0.01^2 + 0.01^2}{2 \times 3}} = \sqrt{\frac{0.0002}{2 \times 3}} = \frac{0.01}{\sqrt{3}} \text{ k}\Omega = \frac{10\sqrt{3}}{3} \Omega = 0.0058 \text{ k}\Omega = 5.8 \Omega$$

【方法二】

以母體標準差 $\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$ 取代樣本標準差 s ，

$$\text{則 } u_A = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} = \sqrt{\frac{0.01^2 + 0.01^2}{3 \times 3}} = \sqrt{\frac{0.0002}{3 \times 3}} = \frac{0.01\sqrt{2}}{3} \text{ k}\Omega = \frac{10\sqrt{2}}{3} \Omega = 0.0047 \text{ k}\Omega = 4.7 \Omega$$

二、評分原則：

(一) 引用正確 A 類不確定度 $u_A = \frac{\text{標準差}}{\sqrt{N}}$ ，並由樣本標準差 $s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$

或母體標準差 $\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$ ，求得 $u_A = 5.8 \Omega$ 或 4.7Ω ，即得該題滿分。

(二) 未符合上述原則，僅可得部分分數或 0 分。

第 24 題

(a) 2 分

一、滿分參考答案：

反射後光強度最大是在形成建設性干涉時，意即入射相鄰兩條枝幹後反射光的光程差為波長的整數倍。

當反射光與垂直線夾角為 0° 時，光程差等於 $2 \times 230 \text{ nm} = 460 \text{ nm} = n\lambda$ ， $n=1, 2, 3, \dots$ 。

因為題幹所述可見光波長範圍為 $400 \text{ nm} \sim 700 \text{ nm}$ ，故 $n=1$ ， $\lambda=460 \text{ nm}$ 。

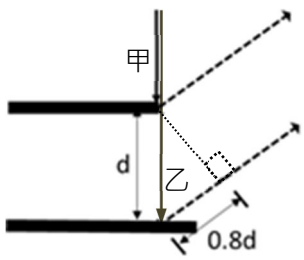
二、評分原則：

(一) 由建設性干涉發生於光程差為波長的整數倍，求得反射後強度最大之可見光波長 $\lambda=460 \text{ nm}$ ，即得該題滿分。

(二) 未符合上述原則，僅可得部分分數或 0 分。

(b) 3 分

一、滿分參考答案：

相較於(a)小題的結果是變大、變小或不變？（擇一勾選）	說明理由
☐ 變大 ☒ 變小 ☐ 不變	【方法一】 光程差等於 $230 \times (1 + \cos 37^\circ) \text{ nm} = 230 \times (1 + 0.8) \text{ nm} = 414 \text{ nm} = n\lambda$ $n=1$，$\lambda=414 \text{ nm}$ 【方法二】  由左圖可知光程差變短，由 $2d$ 變為 $d + d\cos 37^\circ = d + 0.8d = 1.8d$。 由(a)小題可知光程差即為強度最大之反射光波長，故應勾選變小。

二、評分原則：

- (一) 勾選變小，並以關係式或畫圖說明光程差變短，而使強度最大之反射光波長變小，即得該題滿分。
- (二) 未符合上述原則，僅可得部分分數或 0 分。

第 25 題

一、滿分參考答案：

由第 24 題(a)可知，當反射光與垂直線夾角為 0° 時，光程差 460 nm 恰為反射後強度最大的可見光波長。

同理，光程差 460 nm 恰為在酒精中反射後強度最大的可見光波長 $\lambda_{\text{酒精}}$ 。

光在空氣中的波長 $\lambda_{\text{空氣}}$ 與光在酒精中的波長 $\lambda_{\text{酒精}}$ 和酒精折射率 $n_{\text{酒精}}$ 的關係為

$$n_{\text{酒精}} = \frac{\lambda_{\text{空氣}}}{\lambda_{\text{酒精}}}, \text{ 故 } 1.36 = \frac{\lambda_{\text{空氣}}}{460 \text{ nm}}, \text{ 因此光在空氣中的波長 } \lambda_{\text{空氣}} = 460 \text{ nm} \times 1.36 = 625.6 \text{ nm} \approx 626 \text{ nm}。$$

二、評分原則：

- (一) 由光程差 460 nm 恰為在酒精中反射後強度最大的可見光波長 $\lambda_{\text{酒精}}$ ，再由

$$n_{\text{酒精}} = \frac{\lambda_{\text{空氣}}}{\lambda_{\text{酒精}}} \text{ 求得光在空氣中的波長 } \lambda_{\text{空氣}} = 460 \text{ nm} \times 1.36 = 625.6 \text{ nm} \approx 626 \text{ nm}, \text{ 即得該題滿分。}$$

- (二) 未符合上述原則，僅可得部分分數或 0 分。