

龍騰文化

113 學年度分科測驗全真模擬試卷

物理考科

請於考試開始鈴響起，在答題卷簽名欄位以正楷簽全名

龍騰物理科編輯小組

【教用卷】

—作答注意事項—

考試時間：80 分鐘

作答方式：

- 選擇題用 2B 鉛筆在「答題卷」上作答；更正時，應以橡皮擦擦拭，切勿使用修正液（帶）。
- 除題目另有規定外，非選擇題用筆尖較粗之黑色墨水的筆在「答題卷」上作答；更正時，可以使用修正液（帶）。
- 考生須依上述規定劃記或作答，若未依規定而導致答案難以辨識或評閱時，恐將影響成績並損及權益。
- 答題卷每人一張，不得要求增補。

選擇題計分方式：

- 單選題：每題有  $n$  個選項，其中只有一個是正確或最適當的選項。各題答對者，得該題的分數；答錯、未作答或劃記多於一個選項者，該題以零分計算。
- 多選題：每題有  $n$  個選項，其中至少有一個是正確的選項。各題之選項獨立判定，所有選項均答對者，得該題全部的分數；答錯  $k$  個選項者，得該題  $\frac{n-2k}{n}$  的分數；但得分低於零分或所有選項均未作答者，該題以零分計算。

祝考試順利

版權所有・侵害者必究

龍騰文化

肯定自己 ▶ 肯定不同

學用卷定價 20 元

63001N11 A

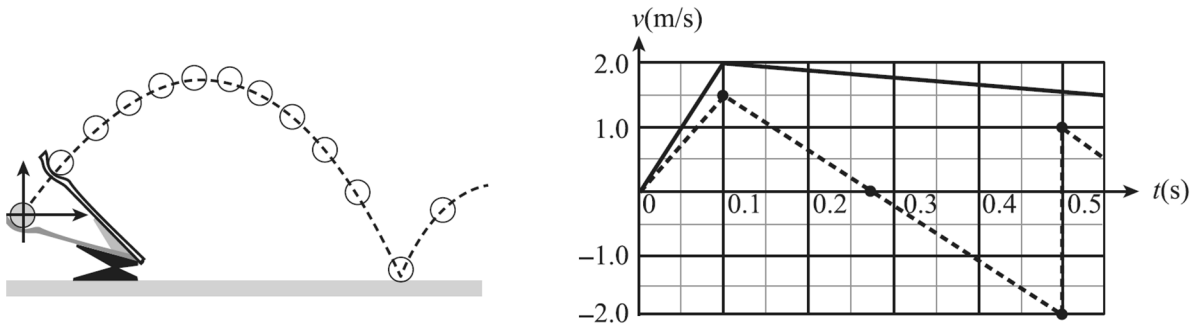
贈品禁止轉售

## 第壹部分、選擇題（占 69 分）

### 一、單選題（占 39 分）

說明：第 1 題至第 13 題為單選題，每題 3 分。

1. 附圖為湯匙投球器，將乒乓球利用曬衣夾彈力投擲出去，將投射與飛行過程錄影，並且分析乒乓球的運動軌跡，繪製成乒乓球水平及垂直速度與時間關係圖，則下列敘述何者正確？



- (A)  $v-t$  圖的實線為乒乓球的垂直速度，虛線為其水平速度  
 (B) 此乒乓球拋射出去，其水平速度為等速，垂直速度受重力作用為等加速運動  
 (C) 此乒乓球拋射出瞬間，水平速度約為 2.0 m/s、垂直速度約為 1.5 m/s  
 (D) 由  $v-t$  圖得知，此乒乓球歷時約在 0.3 s 時達到最高點  
 (E) 由  $v-t$  圖得知，此乒乓球約在 0.4 s 時著地。

參考答案：C

試題解析：(A) 由  $v-t$  圖得知，拋出後水平速度變化較小為實線；垂直速度受重力作用，速度由正變負為虛線。

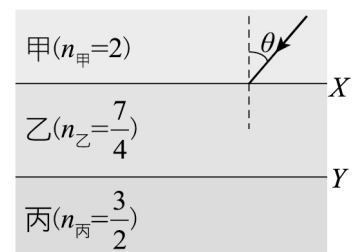
(B) 由  $v-t$  圖得知，此乒乓球拋射出去，其水平速度受空氣阻力作用，略為減速。

(C) 乒乓球拋射出的瞬間，有最大初速。實線為水平速度且最大為 2.0 m/s，虛線為垂直速度且正方向最大為 1.5 m/s。

(D) 由  $v-t$  圖得知，此乒乓球歷時約在 0.271 s 時垂直速度為零，達到最高點。

(E) 由  $v-t$  圖得知，此乒乓球約在 0.5 s 時著地反彈。

2. 甲、乙、丙三介質的折射率如圖中所示，已知甲、乙介質間的界面  $X$  與乙、丙介質間的界面  $Y$  彼此平行。一束光線由甲介質入射  $X$  界面，如入射角  $\theta$  逐漸增大，則第一次全反射將在何種情況下於何界面發生？



- (A)  $\sin \theta > \frac{7}{8}$  時，於  $X$  界面 (B)  $\sin \theta > \frac{6}{7}$  時，於  $X$  界面  
 (C)  $\sin \theta > \frac{6}{7}$  時，於  $Y$  界面 (D)  $\sin \theta > \frac{3}{4}$  時，於  $X$  界面  
 (E)  $\sin \theta > \frac{3}{4}$  時，於  $Y$  界面。

參考答案：E

試題解析：由圖，若各界面皆發生折射時，由司乃耳定律：

$$n_{\text{甲}} \sin \theta_{\text{甲}} = n_{\text{乙}} \sin \theta_{\text{乙}} = n_{\text{丙}} \sin \theta_{\text{丙}}$$

$$\Rightarrow 2 \sin \theta_{\text{甲}} = \frac{7}{4} \sin \theta_{\text{乙}} = \frac{3}{2} \sin \theta_{\text{丙}}$$

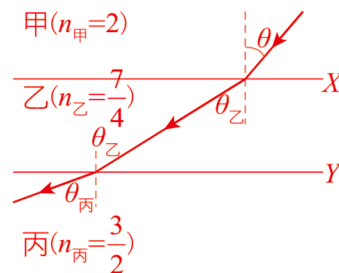
$$\Rightarrow \sin \theta_{\text{丙}} > \sin \theta_{\text{乙}} > \sin \theta_{\text{甲}} \Rightarrow \theta_{\text{丙}} > \theta_{\text{乙}} > \theta_{\text{甲}} = \theta$$

(1) 當  $\theta$  逐漸增大時

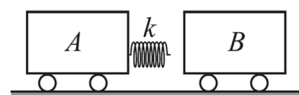
$\Rightarrow \theta_{\text{丙}}$  將先增大為  $90^\circ$  (恰產生全反射時)

$\Rightarrow$  第一次全反射將先發生在 Y 界面。

$$(2) \text{此時 } 2 \sin \theta_{\text{甲}} = \frac{7}{4} \sin \theta_{\text{乙}} = \frac{3}{2} \sin 90^\circ \Rightarrow 2 \sin \theta = \frac{3}{2} \sin 90^\circ \Rightarrow \sin \theta = \frac{3}{4}。$$



3. 兩輛臺車 A、B 在水平光滑軌道上發生碰撞，兩臺車的質量分別為  $m_A$  與  $m_B$ 。臺車 A 的一側有力常數為  $k$  的輕質彈簧，如圖所示。碰撞前，臺車 A 的動能為  $K$ ，臺車 B 為靜止。當兩車間的



距離最短時，彈簧的位能為  $\frac{1}{2}K$ 。假定兩車作彈性碰撞，則  $m_A$  與  $m_B$  的關係為下列何者？

- (A)  $m_A = 2m_B$  (B)  $2m_A = m_B$  (C)  $m_A = 3m_B$  (D)  $3m_A = m_B$  (E)  $m_A = m_B$ 。

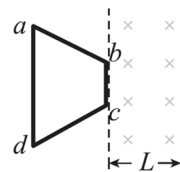
參考答案：E

試題解析：水平方向無外力，兩臺車的總動量守恆，其值為  $p_C = \sqrt{2m_A K}$ 。

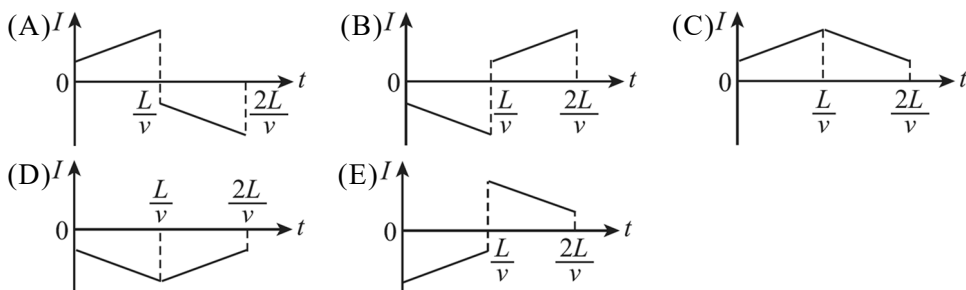
兩車作彈性碰撞，力學能守恆，

$$\text{由 } K = \frac{1}{2}K + \frac{p_C^2}{2(m_A + m_B)} = \frac{1}{2}K + \frac{2m_A K}{2(m_A + m_B)}, \text{ 得 } m_A = m_B。$$

4. 圖中兩條平行虛線之間存在均勻磁場，虛線間的距離為  $L$ ，磁場方向為垂直射入紙面。 $abcd$  是位於紙面內的梯形線圈， $ad$  與  $bc$  間的距離也為  $L$ 。 $t = 0$  時刻， $bc$  邊與磁場區域邊界重合（如圖）。現令線圈以恆定的速度  $v$  沿垂直於磁場區域邊界的方向穿過磁場區域。取沿  $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow a$  的感應



電流方向為正，則在線圈穿越磁場區域的過程中，感應電流  $I$  隨時間  $t$  變化的圖線可能為：



參考答案：B

試題解析：由題意知電流方向順時針為正，當  $t = 0 \sim \frac{L}{v}$  (線圈進入磁場中時)，

通過線圈之磁力線為射入且增加  $\Rightarrow$  感應磁場為射出紙面

$\Rightarrow$  感應電流方向為逆時針，且大小為  $I = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{\ell v B}{R}$ ，其中  $\ell$  由  $\overline{bc} \rightarrow \overline{ad}$  變大；

同理，當  $t = \frac{L}{v} \sim \frac{2L}{v}$  時，

感應電流為順時針且大小為  $I = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{\ell v B}{R}$ ，其中  $\ell$  由  $\overline{bc} \rightarrow \overline{ad}$  變大。

5. 珠寶商使用最小刻度為  $1\text{ mg}$  的電子秤測量金飾質量 5 次，求得平均值為  $m_{AV}$ ，標準差為  $SD$ 。若以  $u_A$ 、 $u_B$  與  $u_C$  分別代表標準的 A 類、B 類與組合不確定度，且已知分析過程計算機顯示  $m_{AV}$  為  $95.367823\text{ g}$ 、 $u_C$  為  $0.35686524\text{ mg}$ ，則下列選項何者正確？

(A)  $u_A = \frac{SD}{4}$  (B)  $u_B = 1\text{ mg}$  (C)  $u_C = \frac{(u_A + u_B)}{2}$

(D) 金飾質量的報告應為  $m_{AV} = 95.4\text{ g}$ ， $u_C = 0.4\text{ mg}$

(E) 金飾質量的報告應為  $m_{AV} = 95.36782\text{ g}$ ， $u_C = 0.36\text{ mg}$ 。

參考答案：E

試題解析：(A)  $u_A = \frac{SD}{\sqrt{n}} = \frac{SD}{\sqrt{5}}$ 。(B)  $u_B = \frac{\text{最小刻度}}{2\sqrt{3}} = \frac{1}{2\sqrt{3}}\text{ mg} \approx 0.29\text{ mg}$ 。(C)  $u_C = \sqrt{u_A^2 + u_B^2}$ 。

(D)(E) 金飾重量的最佳表示法應為  $u_C$  以無條件進位法取 2 位有效數字  $= 0.36\text{ mg}$ ，

$m_{AV}$  以四捨五入進位法取至與  $u_C$  末位一致，故報告  $m_{AV}$  應為

$95367.82\text{ mg} = 95.36782\text{ g}$ 。

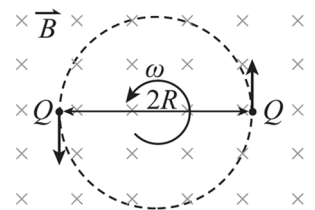
6. 臺北 101 大樓為了應付頻繁的地震、颱風威脅，在 87 到 92 樓安置了史上最大、重達 660 公噸的阻尼器。阻尼器是什麼？正式名稱調諧質量阻尼器 TMD (Tuned Mass Damper)，是放置在臺北 101 高樓層處的大型金屬鋼球，可供抑制震動、減少大樓受強風吹襲的擺動，並減少高樓層人員的不適程度。阻尼器的運動可視為水平方向的簡諧運動。2015 年的「蘇迪勒」颱風席捲臺灣，在臺灣造成了各項災情，超強的 10 級以上強風也吹倒了各地路樹、招牌與 T 霸，同時造成了阻尼器的振幅達到了  $115\text{ cm}$ ，所承受的力道是該阻尼器所能承受最大力量的 7 成。試求阻尼器最大振幅約為多少  $\text{cm}$ ？

(A) 150 (B) 200 (C) 250 (D) 300 (E) 350。

參考答案：A

試題解析：簡諧運動  $|\Sigma \vec{F}| = m\omega^2 r \propto r$ ， $115 \approx \frac{70}{100} r_{\max} \Rightarrow r_{\max} \approx \frac{10}{7} \times 115 \approx 150(\text{cm})$ 。

7. 質量均為  $m$  的兩個質點，皆帶正電荷  $Q$ 。兩質點以長度  $2R$  的絕緣細線連接，在均勻磁場  $B$  中，繞通過質心且垂直紙面的軸作等角速度  $\omega$  的轉動，如圖所示。忽略絕緣細線的質量，不計所有阻力，則絕緣細線的張力為下列何者？（靜電常數為  $k$ ）



(A)  $m\omega^2 R + \frac{kQ^2}{4R^2}$  (B)  $m\omega^2 R + Q\omega RB$  (C)  $Q\omega RB - \frac{kQ^2}{4R^2}$  (D)  $m\omega^2 R + \frac{kQ^2}{4R^2} - Q\omega RB$  (E)  $m\omega^2 R$ 。

參考答案：D

試題解析：考慮右端處的質點，其力圖如圖所示，此時質點的向心力等於張力、靜電力與磁力的合力。

由  $m\omega^2 R = T + Q\omega RB - \frac{kQ^2}{4R^2}$ ，得  $T = m\omega^2 R + \frac{kQ^2}{4R^2} - Q\omega RB$ 。



8. 下列何者是電壓單位？

- (A)安培 (B)韋伯·秒 (C)特斯拉·公尺<sup>2</sup>/秒 (D)庫侖/焦耳 (E)千瓦·小時。

參考答案：C

試題解析：(A)電壓單位即為伏特。

(B)由法拉第電磁感應定律得知，感應電動勢＝磁通量時變率，磁通量單位為：韋伯，伏特＝韋伯/秒。

(C)磁通量為磁場與面積的內積，感應電動勢＝磁通量時變率  
⇒ 伏特＝韋伯/秒＝(特斯拉·公尺<sup>2</sup>)/秒。

(D)電位能＝電量×電位差，焦耳＝庫侖×伏特 ⇒ 伏特＝焦耳/庫侖。

(E)千瓦·小時為功率×時間＝能量單位。

9. 兩支玻璃圓管 A、B，玻璃管 A 的長度為  $L_A$ ，兩端開口。玻璃管 B 的長度為  $L_B$ ，只有一端開口。有一頻率固定的音叉，可使 A、B 兩管發生共鳴，則  $\frac{L_A}{L_B}$  不可能是下列何者？

- (A)4 (B)2 (C) $\frac{3}{2}$  (D) $\frac{2}{3}$  (E) $\frac{2}{5}$ 。

參考答案：C

試題解析：A 管共鳴時： $f = n \frac{v}{2L_A}$ ， $n=1、2、3、\dots$ ，

B 管共鳴時： $f = m \frac{v}{4L_B}$ ， $m=1、3、5、\dots$ ，

由  $f = n \frac{v}{2L_A} = m \frac{v}{4L_B}$ ，得  $\frac{L_A}{L_B} = \frac{2n}{m}$ 。

由於  $2n$  為偶數， $m$  為奇數，所以  $\frac{L_A}{L_B} \neq \frac{3}{2}$ 。

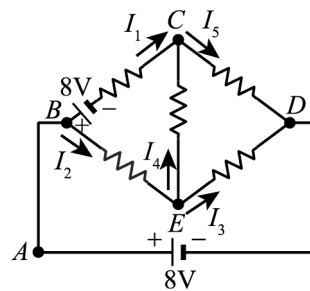
10. 如圖所示為由五個  $1\ \Omega$  電阻及兩個電壓為  $8\text{ V}$  的電池所組成之電路，則下列敘述何者錯誤？

- (A)由節點 E 可知  $I_4 = I_2 - I_3$   
(B)由節點 C 可知  $I_5 = I_1 + I_4$   
(C)由最上方迴路 BCDEB 可知  $2I_1 + I_2 - 2I_3 + 8 = 0$   
(D)由左邊三角迴路 BCEB 可知  $2I_2 - I_3 - I_1 - 8 = 0$   
(E)由下方的迴路 ABEDA 可知  $I_2 + I_3 - 8 = 0$ 。

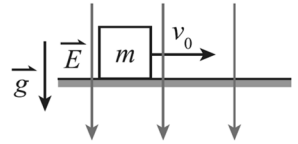
參考答案：C

試題解析：(1)由節點定則：  
 在節點 E： $I_2 = I_3 + I_4 \Rightarrow I_4 = I_2 - I_3 \dots\dots(A)\bigcirc$ 。  
 在節點 C： $I_1 + I_4 = I_5 \dots\dots(B)\bigcirc$ 。

(2)由迴路定則：  
 在 BCDEB 迴路： $8 = I_2 \times 1 + I_3 \times 1 + (-I_5) \times 1 + (-I_1) \times 1$ ，  
 又  $I_5 = I_1 + I_4 = I_1 + I_2 - I_3 \Rightarrow 8 = I_2 + I_3 - (I_1 + I_2 - I_3) - I_1$   
 $\Rightarrow 2I_3 - 2I_1 - 8 = 0 \dots\dots(C)\times$ 。  
 在 BCEB 迴路： $8 = I_2 \times 1 + I_4 \times 1 + (-I_1) \times 1 = I_2 + (I_2 - I_3) - I_1$   
 $\Rightarrow 2I_2 - I_3 - I_1 - 8 = 0 \dots\dots(D)\bigcirc$ 。  
 在 ABEDA 迴路： $8 = I_2 \times 1 + I_3 \times 1 \Rightarrow I_2 + I_3 - 8 = 0 \dots\dots(E)\bigcirc$ 。



11. 在粗糙水平面上，有一質量為  $m$  的木塊，帶有正電荷  $Q$ 。當木塊以初速  $v_0$  開始滑行時，最大滑行距離為  $d$ 。當空間有向下的均勻電場  $E$  時，如圖所示，若木塊初速仍為  $v_0$  時，其最大滑行距離為下列何者？（重力加速度量值為  $g$ ）



- (A)  $d$  (B)  $\frac{mg}{QE}d$  (C)  $\frac{mg}{mg+QE}d$  (D)  $\frac{mg}{mg-QE}d$  (E)  $\sqrt{\frac{mg}{mg+QE}}d$ 。

參考答案：C

試題解析：令動摩擦係數為  $\mu$ ，無電場時，由力平衡知，水平面對木塊的正向力為  $mg$ 。

$$\text{由功能定理，} -\mu mgd = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2。$$

有電場時，水平面對木塊的正向力為  $mg + QE$ ，令最大滑行距離為  $d'$ ，由功能定理， $-\mu(mg + QE)d' = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2$ 。

$$\text{將兩式聯立，} \mu mgd = \mu(mg + QE)d'，\text{得 } d' = \frac{mg}{mg + QE}d。$$

12. 水波槽實驗中，若形成的水波為直線波且波速為  $20 \text{ cm/s}$ ，而水波槽長度為  $30 \text{ cm}$ ，倘若水槽中形成的駐波有三條節線（邊緣不計），試問水波的振動週期為多少  $s$ ？  
(A) 2 (B) 1 (C) 0.5 (D) 10 (E) 0.6。

參考答案：B

試題解析：水波槽兩端為自由端  $\Rightarrow$  兩端皆為腹點，又中間 3 個節點，可知駐波圖形為



$$\Rightarrow L = 3 \times \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = \frac{2L}{3} \Rightarrow f = \frac{3 \times 20}{2 \times 30} = 1(\text{Hz}) \Rightarrow T = 1(\text{s})。$$

13. 在單狹縫繞射實驗中，若所使用的光波波長為  $\lambda$ 、狹縫寬度為  $b$ 、屏幕上中央亮紋寬度為  $W$ ，狹縫中心至屏幕上繞射位置連線與屏幕中垂線的夾角為  $\theta$ ，則當滿足  $b \sin \theta = \frac{3}{2}\lambda$  的條件時，屏幕上的繞射條紋為第幾亮紋或暗紋？其寬度為何？

- (A) 第一亮紋，寬度為  $W$  (B) 第一暗紋，寬度為  $W$  (C) 第一亮紋，寬度為  $\frac{W}{2}$   
(D) 第一暗紋，寬度為  $\frac{W}{2}$  (E) 第二亮紋，寬度為  $\frac{W}{2}$ 。

參考答案：C

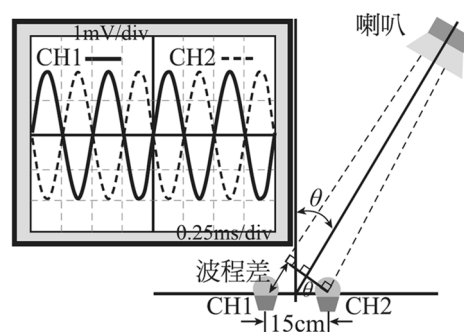
試題解析：在單狹縫繞射中，波程差為  $\frac{3\lambda}{2}$ ，為繞射第一亮紋，其寬度只有中央亮紋寬度的一半。



## 二、多選題（占 30 分）

說明：第 14 題至第 19 題為多選題，每題 5 分。

14. 人可以判斷聲源的方向，原理是大腦判斷兩耳分別接收些微時間差異的聲波。實驗中利用麥克風取代耳朵，示波器顯示兩麥克風接收的聲波訊號。附圖中示波器橫軸為時間，每格為  $0.25\text{ ms}$ 。縱軸為電壓，每格為  $1.0\text{ mV}$ 。已知兩麥克風模擬人耳，間距為  $15\text{ cm}$ ，分別接上示波器 CH1 與 CH2。已知聲速為  $300\text{ m/s}$ ，喇叭與麥克風距離遠大於兩麥克風間距，下列敘述哪些正確？



- (A) 麥克風接收的聲波週期為  $0.50\text{ ms}$  (B) 示波器顯示兩電訊號振幅皆為  $2.0\text{ mV}$   
(C) 兩麥克風收到聲音的最小波程差為  $5.0\text{ cm}$  (D) 圖中  $\theta$  為  $10^\circ$   
(E) 此喇叭產生聲音的波長為  $15\text{ cm}$ 。

參考答案：ABE

試題解析：(A) 兩波峰時距為： $2 \times 0.25 = 0.50\text{ (ms)}$ 。

(B) 振幅皆為： $2 \times 1.0 = 2.0\text{ (mV)}$ 。

(C)(E) 兩麥克風收到聲音最小波程差為半波長，波速 =  $\frac{\text{波長}}{\text{週期}}$ ， $300 = \frac{\text{波長}}{0.50 \times 10^{-3}}$ ，

得到波長為  $0.15\text{ (m)} = 15\text{ (cm)}$ ，半波長為  $0.075\text{ (m)} = 7.5\text{ (cm)}$ 。

(D)  $15 \times \sin \theta = 7.5\text{ (cm)}$ ， $\theta$  為  $30^\circ$ 。

15. 在透明固體的折射率測定實驗中，某生以長方體的透明壓克力磚放在方格紙及保麗龍板上當作待測物，以插針法追蹤經待測物的入射光線及折射光線的路徑。已知壓克力磚的長、寬、高分別為  $30$ 、 $10$  及  $2\text{ cm}$ ，下列敘述哪些正確？  
(A) 在同一側所插的 2 針，間距愈近所量測的折射率愈準  
(B) 若在壓克力磚二平行面外側各插 2 針，共插 4 針，可測得其折射率  
(C) 若壓克力磚二平行面不是真的平行，亦可由本實驗方法測定其折射率  
(D) 壓克力磚二平行面是否真的平行，無法由兩側所插針的實驗結果判定  
(E) 以相距  $10\text{ cm}$  的平行面量測折射率，較利用相距  $2\text{ cm}$  平行面的結果為精準。

參考答案：BCE

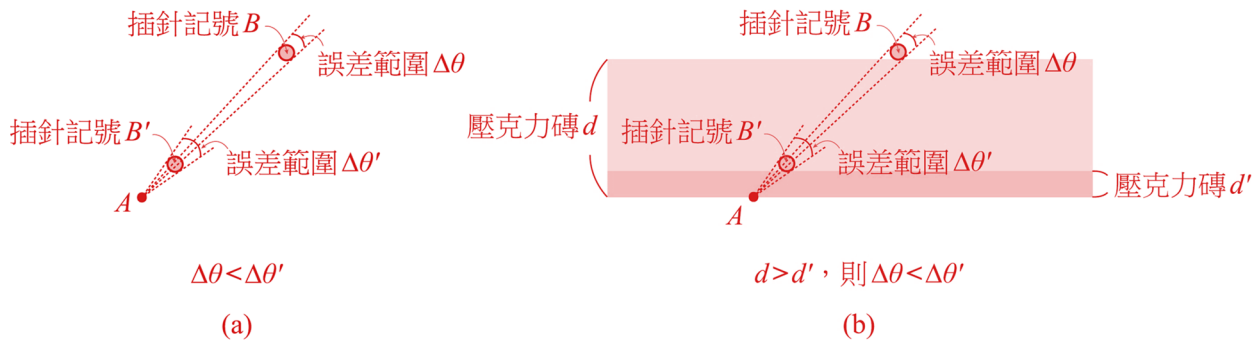
試題解析：(A)  $\times$ ：插針之記號，可能因為針的粗細占有體積或人眼判斷直線而存在誤差，故如圖(a)，當 A 點和 B 點距離愈遠，則相同插針偏移造成的角度誤差會較小，故在同一側所插的 2 針，間距愈遠所量測的折射率愈準。

(B)  $\circ$ ：兩針方可連出入射光線和折射光線。

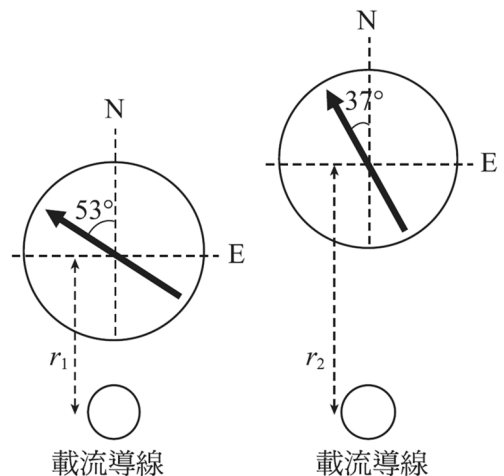
(C)  $\circ$ ：只要描出壓克力磚的兩面，畫出垂直的法線，一樣可以計算出折射率。

(D)  $\times$ ：若磚二面平行，則入射光和離開折射光應該會平行，故壓克力磚二平行面是否真的平行，可由兩側所插針的實驗結果判定。

(E)○：承(A)選項同理，如圖(b)，壓克力磚愈寬厚，則相同插針偏移造成的角度誤差會較小，故壓克力磚愈寬厚，測量愈準。



16. 附圖為指北針與無窮長載流導線，若導線無電流，則指北針受地磁作用指向正北方，若指北針與載流導線相距  $r_1$  時，則指北針指向為北偏西  $53^\circ$ ，若指北針與相同電流的載流導線相距  $r_2$  時，則指北針指向為北偏西  $37^\circ$ ，已知地磁為  $30$  微特斯拉，試問下列敘述哪些正確？



- (A)此無窮長載流導線，電流方向為射入紙面  
(B)此無窮長載流導線，在指北針位置，所產生磁場方向為向東  
(C)指北針與載流導線相距  $r_1$  時，指北針指向為北偏西  $53^\circ$ ，此電流產生  $4.0 \times 10^{-5}$  特斯拉的磁場  
(D)指北針北偏西  $53^\circ$  與北偏西  $37^\circ$ ，其載流導線距離比  $\frac{r_1}{r_2} = \frac{9}{16}$   
(E)指北針所指的方向為地磁、電流磁效應等合成磁場的磁力線方向。

參考答案：CDE

試題解析：(A)(B)根據安培右手定則，若電流方向為射入紙面，則會在指北針處產生向右磁場。

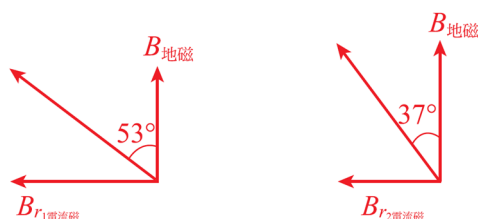
(C)由指北針  $53^\circ$  角度得知  $B_{r_1 \text{ 電流磁}} : B_{\text{地磁}} = 4 : 3 = 40 : 30$ 。

(D)由指北針  $37^\circ$  角度得知  $B_{r_2 \text{ 電流磁}} : B_{\text{地磁}} = 3 : 4 = 9 : 12$ ，

$$\text{又 } B_{r_1 \text{ 電流磁}} : B_{\text{地磁}} = 4 : 3 = 16 : 12, \quad B_{r_1 \text{ 電流磁}} : B_{r_2 \text{ 電流磁}} = 16 : 9 = \frac{1}{r_1} : \frac{1}{r_2}$$

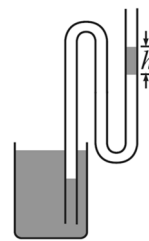
得到  $r_1 : r_2 = 9 : 16$ 。

(E)如圖所示，





17. 如圖所示，兩端開口的彎管，左管插入水銀槽中，右管有一段高為  $h$  的水銀柱，中間封有一段空氣，則：



- (A) 左管內外水銀面的高度差為  $h$   
 (B) 若把左管向上移動少許，則管內氣體體積增大  
 (C) 若把左管向下移動少許，則右管內的水銀柱沿管壁上升  
 (D) 若環境溫度升高，則右管內的水銀柱沿管壁上升  
 (E) 不論環境溫度如何變化，則右管內的水銀柱會維持原來位置。

參考答案：ACD

試題解析：令封閉空氣柱壓力為  $P$ 、體積  $V$ 、大氣壓力為  $P_a$ 、水銀柱  $h$  段壓力  $P_h$ 、左端液面壓力差為  $P'_h$ 。

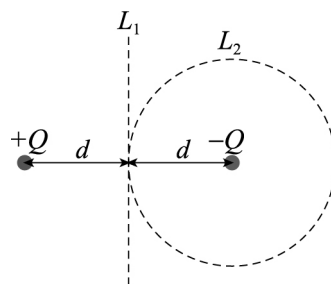
$$(A) \begin{cases} P_a + P_h = P \\ P = P'_h + P_a \end{cases} \Rightarrow P_h = P'_h。$$

(B)(C) 封閉端壓力  $P = P_a + P_h \Rightarrow$  內外液面必固定  $h$ ，且溫度不變的情況下，封閉

端之體積  $V$  必固定  $\Rightarrow \begin{cases} \text{左管向上，則右管的水銀面必下降} \\ \text{左管向下，則右管的水銀面必上升} \end{cases}。$

(D)(E)  $PV = nRT$  ( $P$ 、 $n$ 、 $R$  皆不變)  $\Rightarrow V \propto T \Rightarrow$  溫度上升，則封閉端  $V$  增大。

18. 如平面上有兩個固定的點電荷，其電量分別為  $+Q$  與  $-Q$ ，且兩者距離為  $2d$ ，如圖所示。圖中的  $L_1$  是兩電荷連線的中垂線， $L_2$  是以  $-Q$  為圓心， $d$  為半徑的圓。設庫侖常數為  $k$ ，令無窮遠處的電位為零，則下列敘述哪些正確？



- (A)  $L_1$  直線上任意點的電位皆隨距離而改變  
 (B)  $L_1$  直線上任意點的電位皆為零  
 (C)  $L_2$  圓周上各點的電位為固定值  
 (D)  $L_2$  圓周上電位的最大值為  $\frac{2kQ}{3d}$   
 (E)  $L_2$  圓周上電位的最小值為  $-\frac{2kQ}{3d}$ 。

參考答案：BE

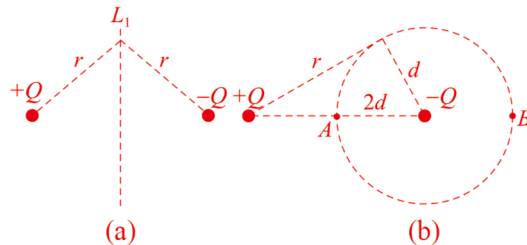
試題解析：(A)×、(B)○：令直線  $L_1$  上任一點與兩電荷的距離為  $r$ ，如圖(a)所示，則該點

$$\text{的電位 } V = V_{+Q} + V_{-Q} = \frac{k(+Q)}{r} + \frac{k(-Q)}{r} = 0。$$

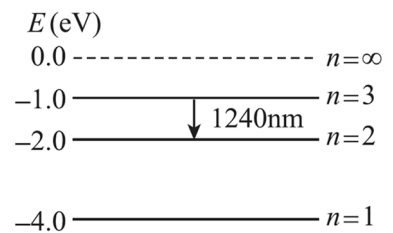
(C)(D)×、(E)○：令圓周  $L_2$  上任一點與  $+Q$  的距離為  $r$ ，如圖(b)所示，則該點

$$\text{的電位 } V' = V_{+Q} + V_{-Q} = \frac{k(+Q)}{r} + \frac{k(-Q)}{d} = \frac{kQ}{r} - \frac{kQ}{d}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \text{在圖(b)的 } A \text{ 點}(r=d) \text{ 有最大值} \\ V'_{\max} = 0 \\ \text{在圖(b)的 } B \text{ 點}(r=3d) \text{ 有最小值。} \\ V'_{\min} = \frac{kQ}{3d} - \frac{kQ}{d} = -\frac{2kQ}{3d} \end{cases}$$



19. 某種原子的能階圖，如圖。該種原子在基態時，吸收一個光子之後，會發射一個波長為 1240 nm 的光子，則下列有關該種原子的敘述，哪些選項正確？



- (A) 游離能為  $-4.0 \text{ eV}$   
 (B) 入射光子的能量為  $2.0 \text{ eV}$   
 (C) 入射光子的能量可以是  $3.0 \text{ eV}$   
 (D) 射出光子的能量為  $1.0 \text{ eV}$   
 (E) 動能為  $3.2 \text{ eV}$  的電子與基態原子碰撞時，無法使原子發光。

參考答案：CD

試題解析：(A)×：由圖可知，游離能為  $0.0 - (-4.0) = 4.0(\text{eV})$ 。

(B)×、(C)○：原子的量子數由  $n=1$  變成  $n=3$ ，必須吸收能量

$(-1.0) - (-4.0) = 3.0(\text{eV})$ ，此時入射光子能量為  $3.0 \text{ eV}$ 。若原子的量子數由  $n=1$  變成  $n>3$  時，入射光子的能量會大於  $3.0 \text{ eV}$ 。

(C)○：只要入射光子能量等於  $E_n - E_1 (n \geq 3)$ ，就可能使原子發射波長為 1240 nm 的光子。

(D)○：由能量守恆，可知射出的光子能量為  $E_3 - E_2 = 1.0(\text{eV})$ 。

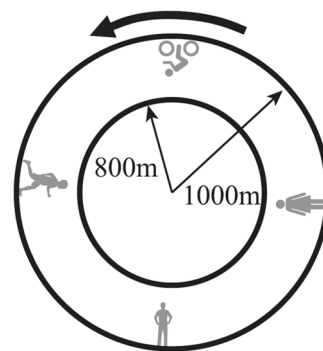
(E)×：電子動能  $3.2 \text{ eV} > 3.0 \text{ eV}$ ，所以電子與基態原子碰撞時，有機會使原子激發。

## 第貳部分、混合題或非選擇題（占 31 分）

說明：本部分共有 3 題組，每一子題配分標於題末。限在答題卷標示題號的作答區內作答。  
選擇題與「非選擇題作圖部分」使用 2B 鉛筆作答，更正時，應以橡皮擦擦拭，切勿使用修正液（帶）。非選擇題請由左而右橫式書寫，作答時必須寫出計算過程或理由，否則將酌予扣分。

### 20～21 題為題組

- ◎ 人類想在地球高空軌道建立巨大環形太空站，外觀像中空的甜甜圈，透過旋轉讓太空站外緣地板產生假想的重力場，以克服人類長期在太空中因失重產生生理不適的症狀。假設此環形太空站的外環半徑為 1000 m，內環半徑為 800 m，如附圖。



20. 試問為什麼太空站的太空人環繞地球軌道會失重？（4 分）

參考答案：見解析

試題解析：太空站的太空人環繞地球軌道，受到地球的萬有引力會作為圓周運動的向心力。

太空站與太空人同時受萬有引力不斷改變運動方向，只因為太空站與太空人兩者並無相互作用力，所以會感覺失重。

21. 如果要產生如地表一般的重力（令地表重力加速度為  $10 \text{ m/s}^2$ ），此環形太空站大約旋轉一周需要多少時間？（4 分）

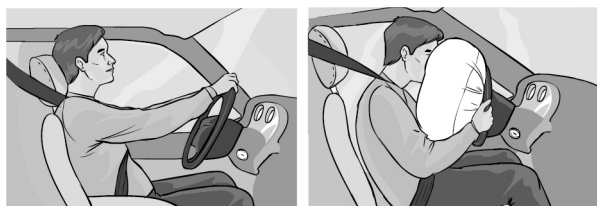
參考答案：62.8 s

試題解析：旋轉時外緣地板對太空人施予正向力，作為旋轉所需的向心力，同時以太空人加速坐標的角度，會感覺由內向外甩出的假想力。

$$g = \frac{v^2}{R} = R\omega^2 = R\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2, \quad 10 = R\omega^2 = 1000 \times \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2, \quad \text{得到週期 } T = 62.8(\text{s}).$$

### 22～24 題為題組

- ◎ 俗稱氣囊（Air bag）的英文正式名稱為 Supplementary Restraint System，縮寫為 SRS，指安裝在汽車上的充氣軟囊，使用在車輛發生撞擊事故的瞬間彈出，藉以達到緩衝的作用，保護駕駛和乘客的安全。但在臺



灣將之譯為「安全」氣囊，事實上有誤導大眾之嫌，應譯為「輔助」氣囊較為適宜。因為氣囊是一種輔助型的防護系統，需與安全帶同時使用才能發揮功效。根據美國國家公路交通安全管理局（NHTSA）研究，正確使用氣囊時，可使駕駛者死亡率降低 14%。

以物理觀點而言，發生車禍時，車內乘客由於具有慣性，仍會依原來的車速往前移動，撞到前方的方向盤和玻璃後，就會造成極大的傷害。根據物理原理，我們只要想办法延長將乘客速度減速至零的碰撞時間，就可以降低傷害。

如圖所示，某汽車公司研發部門為測試新研發成功的氣囊之效果，以測試用假人，將汽車以 54 km/h 的速度正面撞上堅固的水泥鋼筋牆壁，測量發現，裝有氣囊並繫上安全帶時，質量為 30 kg 的假人上半身，自接觸開始，身體可在前進 50 cm 後完全停住。若沒有氣囊且未繫上安全帶直接撞到方向盤時，自接觸開始，假人身體可在前進 15 cm 後完全停住。



設重力加速度  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ，依據上文，試回答下列問題：

22. 裝有氣囊並繫上安全帶時，作用在假人上半身的平均力量值約多少 kgw？（3 分）

(A) 375 (B) 675 (C) 1120 (D) 1650 (E) 2250。

參考答案：B

試題解析：車速  $54 \text{ km/h} = \frac{54 \times 1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 15 \text{ m/s}$

$$\text{由 } v^2 = v_0^2 + 2a\Delta x$$

$$\Rightarrow 0 = 15^2 + 2a \times 0.50 \Rightarrow a = -225 (\text{m/s}^2)$$

$$\Rightarrow F = m|a| = 30 \times 225 = 6750 (\text{N}) = 675 (\text{kgw})。$$

23. 未裝氣囊且未繫上安全帶時，作用在假人上半身的平均力量值約多少 kgw？（3 分）

(A) 375 (B) 675 (C) 1120 (D) 1650 (E) 2250。

參考答案：E

試題解析：由  $v^2 = v_0^2 + 2a\Delta x$

$$\Rightarrow 0 = 15^2 + 2a \times 0.15 \Rightarrow a = -750 (\text{m/s}^2)$$

$$\Rightarrow F = m|a| = 30 \times 750 = 22500 (\text{N}) = 2250 (\text{kgw})。$$

24. 試從作用時間的角度，簡要分析裝有氣囊並繫上安全帶時，可大幅降低車禍時人所受傷害的物理原理。（4 分）

參考答案：見解析

試題解析：根據衝量－動量定理  $J = F\Delta t = m\Delta v = \Delta p$ ，可知車禍時人所受的平均作用力

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t}。自發生車禍至人停下來為止，人的  $\Delta p$  為定值，當作用時間愈長，則$$

人所受的撞擊力愈低。安全帶和氣囊可延長作用時間，進而降低車禍時人受到的撞擊力。

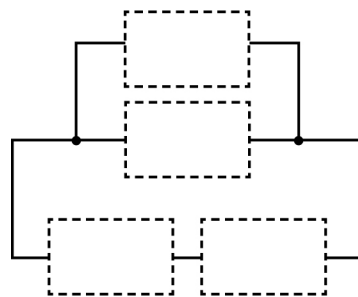
25~26 題為題組

◎ 二十世紀初期對於光電效應有許多不同的解釋，密立坎經由實驗證實愛因斯坦的光量子論，從而奠定了現代光電科技的基礎，現代生活中常見的太陽能板，能將太陽能轉換為電能，即是應用此一效應。令  $h$  代表普朗克常數， $e$  代表基本電荷。

25. (1) 於作答區將下表的元件圖例，繪製於如圖所示的虛線方格中，並加以正確連接（注意接點的極性），使其成為光電效應實驗的電路圖。（2 分）

(2) 承(1)，若對同一金屬，選擇多種波長不同、但都能產生光電效應的入射光進行測量，則對於其中每種波長的入射光，必須改變何種物理量，使電路的電流發生何種情況，

並取得哪個物理量的實驗數據，才能估測普朗克常數對基本電荷的比值  $\frac{h}{e}$ ？（2 分）



光電管	可調直流電壓源	直流安培計	直流伏特計

參考答案：見解析

試題解析：(1) 本題需掌握安培計需串聯、伏特計需並聯的基本知識，並配合逆向電源的設置，故可先將光電管—安培計—直流電源完成一完整迴路，再將伏特計並聯即可。

(2) 由愛因斯坦光電方程式  $eV_0 = hf - W$  可知，用各種波長的入射光去操作光電效應實驗，調整電壓使得電流為 0，求得  $V_0$ ，畫出  $V_0 - f$  圖，即可由圖的斜率求得  $\frac{h}{e}$ ，因此要估測比值  $\frac{h}{e}$ ，

需對於每種波長的入射光操作如下表：

必須改變何種物理量	調整直流電壓
使電路的電流發生何種情況	使安培計讀數降至 0
取得哪個物理量的實驗數據	取得當光電流為 0 時，伏特計之讀數

【滿分參考答案】

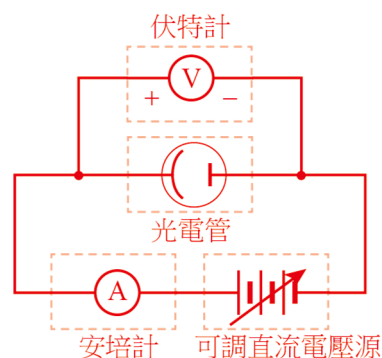
光電效應的實驗裝置有兩種電路圖，每一種電路圖可依實驗測量目的（量測飽和電流或量測截止電壓）設計光電管兩極的相對電壓。

電路圖一：直流伏特計與可調直流電壓源並聯；直流安培計與光電管串聯。

（註：並聯的兩元件可上、下對調，串聯的兩元件可左、右對調）

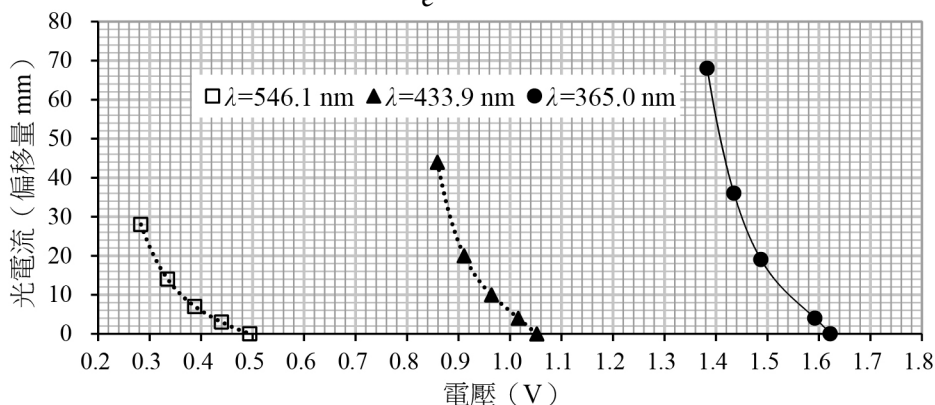
電路圖二：直流伏特計與光電管並聯；直流安培計與可調直流電壓源串聯。

（註：並聯的兩元件可上、下對調，串聯的兩元件可左、右對調）



26. 附圖為密立根測得的光電效應數據。他使用光槓桿裝置來記錄光電流的大小，即是以光點偏移量 (mm) 代表光電流值。

- (1) 試依據圖中入射光波長  $\lambda = 546.1 \text{ nm}$ 、 $433.9 \text{ nm}$ 、 $365.0 \text{ nm}$  (頻率  $f = 5.49 \times 10^{14} \text{ Hz}$ 、 $6.91 \times 10^{14} \text{ Hz}$ 、 $8.22 \times 10^{14} \text{ Hz}$ ) 的三組數據與其趨勢線，估測截止電壓 (即遏止電位)  $V_0$ ，將其值填入作答區的表格第 3 列。(3 分)
- (2) 於方格紙中作  $V_0 - f$  圖。(3 分)
- (3) 求出普朗克常數與基本電荷的比值  $\frac{h}{e}$ 。(3 分)

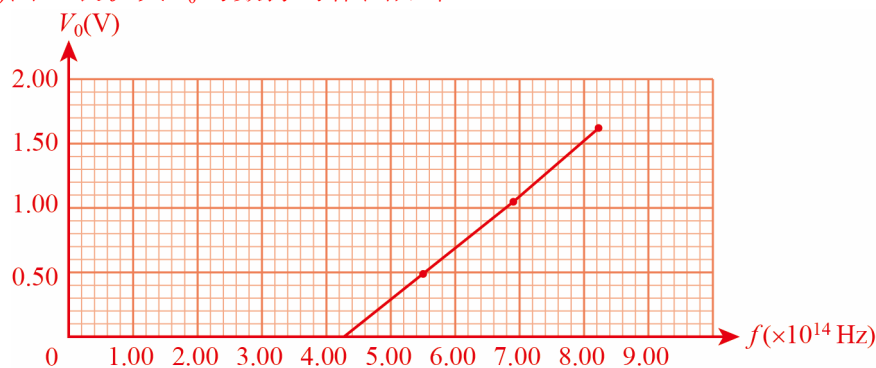


參考答案：見解析

試題解析：(1)由截止電壓之定義，即由表中尋找各波長之光電流降至 0 的逆向電壓值  $V_0$  即為截止電壓，如表第 3 列所示。

波長 $\lambda(\text{nm})$	546.1	433.9	365.0
頻率 $f(\text{Hz})$	$5.49 \times 10^{14}$	$6.91 \times 10^{14}$	$8.22 \times 10^{14}$
截止電壓 $V_0(\text{V})$	0.49	1.05	1.62

(2)由上表  $f$  與  $V_0$  的數據可作圖如下。



(3)由光電效應方程式  $eV_0 = hf - W \Rightarrow V_0 = \frac{h}{e}f - \frac{W}{e}$  可知， $\frac{h}{e}$  為  $V_0 - f$  圖之斜率，

$$\text{故 } \frac{h}{e} = \frac{1.05 - 0.49}{(6.91 - 5.49) \times 10^{14}} \approx 3.9 \times 10^{-15} (\text{V} \cdot \text{s})。$$

(也可繼續計算出另一段斜率，求其平均值，則數據會更為準確。)

【滿分參考答案】

第(1)小題：

截止電壓 $V_0(\text{V})$	0.48 ~ 0.50	1.04 ~ 1.06	1.61 ~ 1.63
----------------------	-------------	-------------	-------------

第(3)小題：合理數值範圍為  $3.6 \times 10^{-15} \text{ V} \cdot \text{s} \sim 4.4 \times 10^{-15} \text{ V} \cdot \text{s}$ 。