

台北區公立高中 100 學年度第二學期 大學入學第三次指定考科聯合模擬考 物理科 試題詳解

湯烈漢老師編解

一、單選擇題（占 60%）

1. 一架戰鬥機在水平方向上沿一直線作等速度飛行，在某時刻該戰鬥機飛過某人頭頂的正上方，當此人聽到戰鬥機所產生的音爆聲，此時他所見戰鬥機的仰角為 45° ，如右圖所示。已知當時空氣中的聲速為 340，則戰鬥機的飛行速率約為若干？

- (A) $170\sqrt{2} \text{ m/s}$ (B) $170\sqrt{3} \text{ m/s}$
(C) 340 m/s (D) $340\sqrt{2} \text{ m/s}$
(E) 680 m/s 。

【參考答案】：(D)

【考題難度】：★★

【命題出處】：選修物理（上）－第二章 聲 波

【解題策略】：音爆：

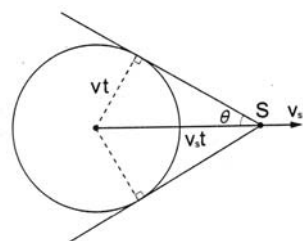
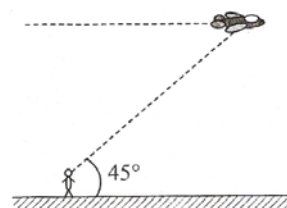
(1) 震波通過聽者時，聽者會聽到很大的尖嘯聲，稱為音爆。

(2) 飛機產生的震波為圓錐狀，其頂點位於飛機處，若聲速為 v ，飛機速度為 u ，圓錐角為 θ ，則

$$\sin \theta = \frac{v \cdot t}{v_s \cdot t} = \frac{v}{v_s} = \frac{v}{u}$$

$$\text{馬赫數 (Mach Number) } M = \frac{1}{\sin \theta} = \frac{u}{v} \quad (\theta: \text{馬赫角})$$

【試題解析】：(D) 依 $\sin \theta = \frac{v}{v_s}$ $\sin 45^\circ = \frac{340}{v_s}$ ， $v_s = 340\sqrt{2} \text{ m/s}$



2. 下列有關陰極射線和陰極射線管的相關敘述，何者正確？

- (A) 湯姆森研究改良陰極射線管，並可以測得陰極射線的質量
- (B) 密立坎從陰極射線管中可以測得陰極射線的電量
- (C) 倫琴研究陰極射線時，意外發現陰極射線管的陽極可以發射出 X 射線
- (D) 愛因斯坦從陰極射線管中發現了光電效應
- (E) 普朗克從研究陰極射線當中，首先提出了量子論。

【參考答案】：(C)

【考題難度】：★★

【命題出處】：選修物理（下）－第十章 近代物理學的簡介

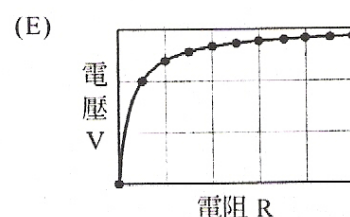
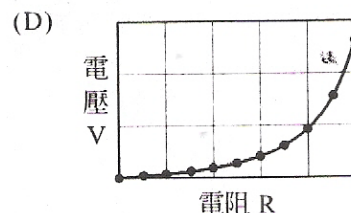
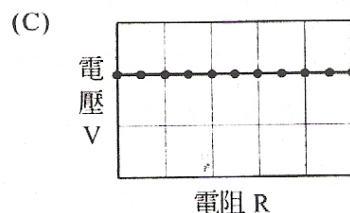
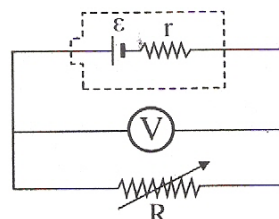
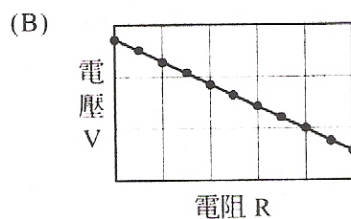
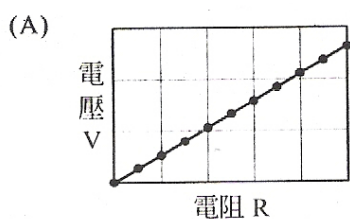
【解題策略】：近代物理的重大實驗：

{	(1) 電子的發現 → 湯姆生
	(2) X射線的發現 → 倫琴
	(3) 黑體輻射的研究 → 史特凡－波茲曼
	(4) 光電效應 → 愛因斯坦
	(5) 康普頓效應 → 康普頓

【試題解析】：

- (A)× (1) 湯姆森由陰極射線管實驗測得陰極射線的「荷質比」。
- (B)× (2) 密立坎從「油滴實驗」測得陰極射線（電子）的電量。
- (D)× (3) 愛因斯坦從光電效應實驗提出光電方程式，證實「光子論」。
- (E)× (4) 普朗克從研究「黑體輻射」的現象，提出了量子論。

3. 一電池與一可變電阻連接如右圖所示。已知電池電動勢、內電阻分別為 ε 與 r ，則下列選項何者最適合描述電阻器兩端之電壓 V 隨著電阻器的電阻值 R 的變化？（圖中Ⓥ為電阻趨近無限大的理想伏特計）

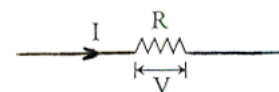


【參考答案】：(E)

【考題難度】：★★

【命題出處】：選修物理（上）－第七章 電 流

【解題策略】：歐姆定律： $I = \frac{V}{R}$ 或 $R = \frac{V}{I}$ $\text{歐姆}(\Omega) = \frac{\text{伏特}(V)}{\text{安培}(A)}$



【試題解析】：(E) 依 $R = \frac{V}{I}$ $R + r = \frac{\varepsilon}{I}$, $I = \frac{\varepsilon}{R + r}$

$$\therefore \text{Ⓥ} = R \cdot I = \frac{\varepsilon R}{R + r} \begin{cases} R = 0 \Rightarrow V = 0 \\ R \uparrow \Rightarrow V \uparrow \end{cases} \xrightarrow{\text{繪圖不呈直線}} \text{選項 (E)}$$

4. 下列那一種電磁波，比較容易觀察到康普頓效應？

(A) 無線電短波 (B) 紅外線 (C) 可見光 (D) 紫外線 (E) X 射線。

【參考答案】：(E)

【考題難度】：★★

【命題出處】：選修物理（下）－第十章 近代物理學的簡介

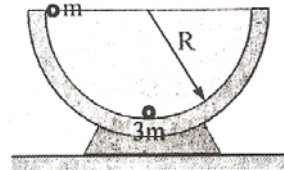
【解題策略】：康普頓效應

以高能量的光子（如 X 光或 γ 射線）撞擊原子，則原子中之電子被撞擊出來後，原光子之波長變長（即能量減少）之現象稱為康普頓效應。

【試題解析】：(E) 康普頓效應實驗必須以高能量的光子，如「 X 光」或「 γ 射線」撞擊原子。

5. 一固定在水平面上的半球形碗，內壁光滑，碗的半徑為 R 。一質量為 m 之質點自碗的內壁頂端由靜止開始滑落至碗底，碗底處有另一質量 $3m$ 的質點，如右圖所示。假設二質點作一維的彈性碰撞，則碰撞後 $3m$ 質點可沿碗壁爬升的最大垂直高度為何？

- (A) $\frac{R}{10}$ (B) $\frac{R}{8}$ (C) $\frac{R}{6}$
 (D) $\frac{R}{4}$ (E) $\frac{R}{2}$ 。

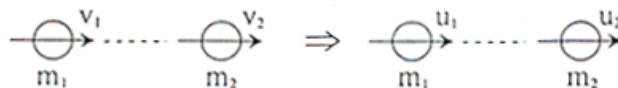


【參考答案】：(D)

【考題難度】：★★

【命題出處】：物質科學物理篇（上）—第十章 碰 撞

【解題策略】：(1) 正向完全彈性碰撞：



$$u_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \cdot V_1 + \frac{2m_2}{m_1 + m_2} \cdot V_2$$

$$u_2 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} \cdot V_1 + \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} \cdot V_2$$

(2) 力學能守恆原理：非保守力作功為零的系統，其總力學能守恆。

$$W_{\text{非保守力}} = 0 \xrightarrow{\text{數學式}} \Sigma E = E_K + U = \text{const.} \quad \left\{ \begin{array}{l} E_K = \frac{1}{2} m V^2 \cdots \cdots \text{動能} \\ U_g = mgh \cdots \cdots \text{重力位能} \end{array} \right.$$

【試題解析】：(D) (1) 計算質點 m 撞擊 $3m$ 前瞬間速度 (V_1)：

$$\text{依 } \Sigma E = \text{const.} \xrightarrow{U_g \rightarrow E_K} mgR = \frac{1}{2} m V_1^2, \quad V_1 = \sqrt{2gR}$$

(2) 承 (1)，兩質點進行正向完全彈性碰撞：

$$\text{依 } u_2 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} \cdot V_1 + \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} \cdot V_2 \quad (V_2 = 0)$$

$$\therefore u_2 = \frac{2m}{m + 3m} \cdot \sqrt{2gR} = \frac{\sqrt{2gR}}{2}$$

$$(3) \text{ 依 } \Sigma E = \text{const.} \xrightarrow{E_K \rightarrow U_g} \frac{1}{2} \cdot 3m \cdot u_2^2 = 3m \cdot g \cdot H, \quad H = \frac{R}{4}$$

6. 在某一金屬之光電效應實驗中，當入射光頻率為 f 時，截止電壓為 V ；將入射光頻率增為 $2f$ 時，截止電壓變為 $3V$ 。則使該金屬產生光電子的底限頻率為何？

- (A) $\frac{f}{6}$ (B) $\frac{f}{5}$ (C) $\frac{f}{4}$ (D) $\frac{f}{3}$ (E) $\frac{f}{2}$ 。

【參考答案】：(E)

【考題難度】：★★

【命題出處】：選修物理（下）－第十章 近代物理學的簡介

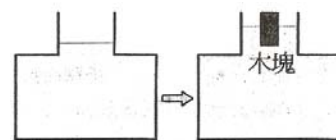
【解題策略】：愛因斯坦光電方程式：

$$E_{in} = E_b + K_{\max} \Leftrightarrow K_{\max} = h\nu - h\nu_0 \Leftrightarrow V_s = \frac{h}{e}(\nu - \nu_0)$$

【試題解析】：(E)O 依 $V_s = \frac{h}{e}(\nu - \nu_0)$ $\left\{ \begin{array}{l} V = \frac{h}{e}(f - f_0) \\ 3V = \frac{h}{e}(2f - f_0) \end{array} \right. \xrightarrow{\text{相除}} \frac{1}{3} = \frac{f - f_0}{2f - f_0}, f_0 = \frac{f}{2}$

7. 如右圖所示，一瓶頸截面積 $1.3 \times 10^{-2} \text{ m}^2$ 、底面積 $9.1 \times 10^{-2} \text{ m}^2$ 的容器，此容器內裝有密度為 1000 kg/m^3 的水。現置入一細長之木塊，木塊質量 0.26 kg ，密度為 600 kg/m^3 ，設水沒有溢出，且重力加速度為 10 m/s^2 ，則容器底面增加之壓力為若干？

- (A) 200 N/m^2 (B) 140 N/m^2
 (C) 130 N/m^2 (D) 70 N/m^2 (E) 35 N/m^2 。



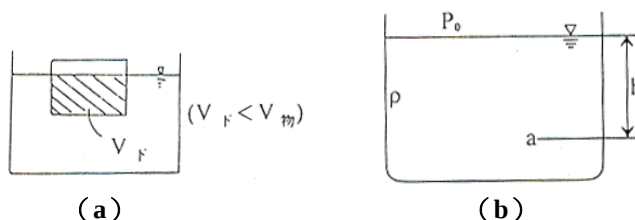
【參考答案】：(A)

【考題難度】：★★

【命題出處】：物質科學物理篇（下）—第十一章 流體的性質

【解題策略】：(1) 浮力（浮體）： $\boxed{\text{浮力}(B) = W_{\text{空}} = V_{\text{下}} \times \rho_{\text{液}} \times g}$ ($W_{\text{液}} = 0$)

(2) 靜止液體的壓力： $\boxed{P_a = P_0 + h\rho g}$ (P_0 ：大氣壓力)



【試題解析】：(A)O (1) 依 $\boxed{\text{浮力}(B) = W_{\text{空}} = V_{\text{下}} \times \rho_{\text{液}} \times g}$ $0.26 = V_{\text{下}} \times 1000$ ， $V_{\text{下}} = 2.6 \times 10^{-4} \text{ m}^3$

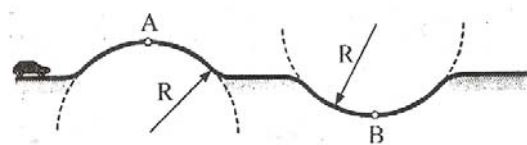
$$\therefore \text{瓶頸水面上升高度 } \Delta h = \frac{2.6 \times 10^{-4}}{1.3 \times 10^{-2}} = 2.0 \times 10^{-2} \text{ m}$$

(2) 承 (1)，計算容器底面增加的壓力：

依 $\boxed{\Delta P = \Delta h \rho g}$ $\Delta P = (2.0 \times 10^{-2}) \times 1000 \times 10 = 2.0 \times 10^2 \text{ N/m}^2$

8. 如右圖所示，一輛汽車連同駕駛總質量大約 2000 kg ，以固定的速率沿著水平路面和曲率半徑皆為 R 的圓形小山丘和小山谷前進。當汽車經過小山丘的頂端 A 點時，路面施給汽車的正向力恰為 $1.0 \times 10^4\text{ N}$ ；則汽車經過小山谷的底端 B 點時，路面施給汽車的正向力為何？（重力加速度 $g = 10\text{ m/s}^2$ ）

- (A) $5.0 \times 10^3\text{ N}$ (B) $1.0 \times 10^4\text{ N}$
 (C) $2.0 \times 10^4\text{ N}$ (D) $3.0 \times 10^4\text{ N}$
 (E) $4.0 \times 10^4\text{ N}$ 。



【參考答案】：(D)

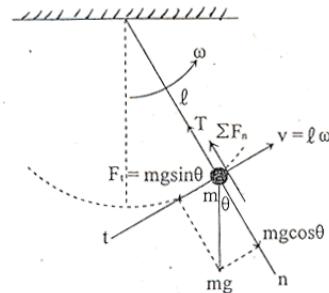
【考題難度】：★★

【命題出處】：物質科學物理篇（下）－第九章 位能與能量守恆定律

【解題策略】：鉛直面圓周運動的力學分析：

法線方向(n) — $\Sigma F_n = ma_n = m \cdot \frac{V^2}{r}$

$$T - mg \cos \theta = m \cdot \frac{V^2}{l} \quad \left\{ \begin{array}{l} T = mg \cos \theta + m \cdot \frac{V^2}{l} \\ a_n = \frac{V^2}{l} \end{array} \right.$$



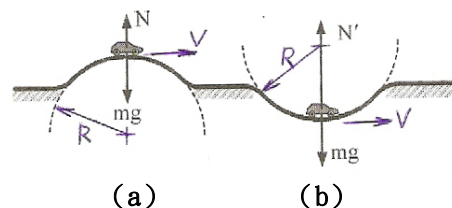
【試題解析】：(D)O

依 $\Sigma F_n = ma_n = m \cdot \frac{V^2}{r}$ (鉛直面圓周運動)

$$\begin{cases} \text{圖(a): } mg - N = m \cdot \frac{V^2}{R} \dots (1) \\ \text{圖(b): } N' - mg = m \cdot \frac{V^2}{R} \dots (2) \end{cases}$$

由 $\frac{(1)}{(2)}$ ，得 $\frac{mg - N}{N' - mg} = 1 \dots (3)$

又 $\begin{cases} N = 1.0 \times 10^4\text{ N} \\ mg = 20000\text{ N} \end{cases} \xrightarrow{\text{代入(3)式}} N' = 3.0 \times 10^4\text{ N}$



9. 長度的因次以 L 表示，質量的因次以 M 表示，時間的因次以 T 表示，則「衝量」的物理因次應表示為何？

- (A) ML^2T^{-2} (B) MLT^{-2} (C) MLT^{-1} (D) ML^2T^{-1} (E) LT^{-2} 。

【參考答案】：(C)

【考題難度】：★★

【命題出處】：物質科學物理篇（上）－第五章 牛頓運動定律的應用

【解題策略】：(1) 力學物理量的基本單位是「長度 (L)」、「質量 (M)」、「時間 (T)」。

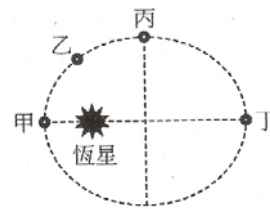
(2) 衝量 = 外力 · 作用時間 $\Leftrightarrow J = F \cdot \Delta t$ (單位： $N \cdot \text{sec}$)

【試題解析】：(C) 依 $J = F \cdot \Delta t$ $J = F \cdot \Delta t = ma \cdot \Delta t = m \cdot \frac{\Delta V}{\Delta t} \cdot \Delta t = m \cdot \Delta V \xrightarrow{\text{單位}} kg \cdot \frac{m}{s}$

$\therefore$ 對應的因次為 $M \cdot \frac{L}{T} = MLT^{-1}$

10. 右圖所示為一行星環繞一恆星的橢圓軌道，則此行星對恆星轉動的角動量量值，在哪一個位置最大？

- (A) 甲 (B) 乙
(C) 丙 (D) 丁
(E) 甲、乙、丙、丁 4 個位置相等。



【參考答案】：(E)

【考題難度】：★★

【命題出處】：物質科學物理篇（上）－第六章 轉 動

【解題策略】：(1) 角動量的定義：
$$\begin{cases} \vec{l} = \vec{r} \times \vec{P} = m \cdot \vec{r} \times \vec{V} (\text{向量式}) \\ l = r \cdot P \sin \theta = m \cdot r \cdot V \sin \theta (\text{純量式}) \end{cases} \quad (\theta: \vec{r}, \vec{V} \text{ 之夾角})$$

(2) 克卜勒行星第二運動定律：等面積速率定律

$$\frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{1}{2} r^2 \omega = \frac{1}{2} r V \sin \theta = \text{const.} \quad (\theta: \vec{r}, \vec{V} \text{ 間之夾角})$$

【試題解析】：(E) 依 $\frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{1}{2} r V \sin \theta = \text{const.}$ $\left(\frac{1}{2} r V \sin \theta = C \right)_{\text{甲,乙,丙,丁}} \times 2m$
 $\therefore (mrV \sin \theta = \text{const.})_{\text{甲,乙,丙,丁}} \Leftrightarrow l_{\text{甲,乙,丙,丁}} = \text{const.}$

11~12 題為題組

有甲、乙兩個密閉容器，兩容器內裝有相同的單原子理想氣體。某生對兩容器內的氣體做壓力 P 與體積的倒數 $\frac{1}{V}$ 在恆溫

27°C 下的實驗，得到兩容器的 $P - \frac{1}{V}$ 關係如右圖所示，已知理

想氣體常數 $R = 8.3 \text{ J/mole} \cdot \text{K}$

11. 乙容器內的氣體分子莫耳數約為若干？

- (A) 1.6mol (B) 2.5mol (C) 3.6mol
(D) 4.4mol (E) 5.5mol。

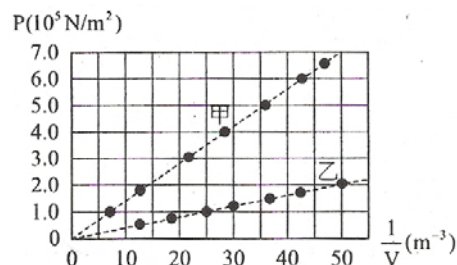
12. 甲、乙兩容器內氣體分子的總動能之比為何？

- (A) 1:2 (B) 2:1 (C) 7:2 (D) 2:7 (E) 1:1。

【參考答案】：11. (A)；12. (C)

【考題難度】：★★

【命題出處】：物質科學物理篇（上）—第十三章 氣體動力論



【解題策略】：(1) 氣體物態方程式：

$$\left\{ \begin{array}{l} P: \text{氣體壓力} (\text{N/m}^2) \\ V: \text{容器體積} (\text{m}^3) \\ n: \text{氣體莫耳數} (\text{mole}) \\ R: \text{氣體常數} (8.3) \\ T: \text{氣體溫度} (\text{K}) \end{array} \right.$$

(2) 定量氣體 (N 或 n 一定)，這些氣體分子總質心動能：

$$(E_K)_T = N \overline{E_{KC}} = \frac{3}{2} PV = \frac{3}{2} NkT = \frac{3}{2} nRT$$

【試題解析】：11. (A) 依 $PV = nRT$ 查題圖 $\rightarrow (P_Z, \frac{1}{V_Z}) = (2.0 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}, 50 \text{m}^{-3})$

$$n_Z = \frac{P}{\left(\frac{1}{V}\right) \cdot RT} = \frac{2.0 \times 10^5}{50 \cdot 8.3 \cdot (273 + 27)} = 1.6 \text{mol}$$

12. (C) ① 由題圖甲、乙兩容器在 $\frac{1}{V}$ 同為 42.5m^{-3} 時，取得 $\begin{cases} P_{\text{甲}} = 6.0 \times 10^5 \text{ N/m}^2 \\ P_{\text{乙}} = 1.7 \times 10^5 \text{ N/m}^2 \end{cases}$

② 依 $(E_K)_T = \frac{3}{2} PV \xrightarrow{V=\text{const.}} (E_K)_T \propto P$, $\frac{(E_K)_{T,\text{甲}}}{(E_K)_{T,\text{乙}}} = \frac{6.0}{1.7} \approx \frac{7}{2}$

13. 在近代科技的領域中，下列敘述何者正確？

- (A) 核磁共振造影 (MRI) 是利用不同角度的 X 光，得出人體組織一層層切面的影像，是一種具有放射性的影像技術
- (B) 二極體的 p 、 n 接觸面形成一空乏區，空乏區的 p 型部分帶負電
- (C) 雷射光的同調性高，所以在真空中的傳播速率比日光燈所發出的螢光還快
- (D) 光學顯微鏡可以使用於觀察奈米大小的顆粒，並可操控粒子製造元件
- (E) 所謂「高溫超導體」，是指在常溫下具有超導狀態的超導體。

【參考答案】：(B)

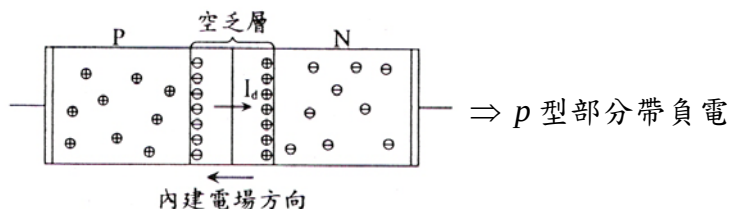
【考題難度】：★★

【命題出處】選修物理（下）—第十三章 現代科技簡介

【解題策略】：現代科技成就：核磁共振造影、X 射線、超聲波掃描成像術、電腦斷層掃描、正子層析術、超導體、半導體、雷射光、奈米科技等。

【試題解析】：(A)× (1) 核磁共振造影 (MRI) 是將人體置於均勻的磁場中，以「無線電波」脈衝來激發人體內水分子中的氫原子產生共振，再透過電腦影像處理分辨組織的異常。

(B)O (2) P 型及 N 型半導體結合時，接面處附近會產生空乏區：



(C)× (3) 雷射光、日光燈的螢光在真空的速度均相等。

(D)× (4) 光學顯微鏡僅能觀察可見光所及的範圍，約「數百奈米」。

(E)× (5) 高溫超導體，是可以用「液態氮（沸點 $77K$ ）」來加以冷卻，使其進入超導狀態，稱為高溫超導體。

14. 在外太空，質量分別為 m 和 $2m$ 的雙星相距 d ，受彼此的萬有引力繞共同質心做圓周運動，已知萬有引力常數為 G ，則質量為 m 的星體其動能為何？

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

【參考答案】：(A)

【考題難度】：★★

【命題出處】：物質科學物理篇（上）－第九章 位能與能量守恆定律

【解題策略】：(1) 雙星運動： $F_g = F_n$ $F_n = ma_n = m \cdot \frac{V^2}{r} = mr\omega^2 = 4\pi^2 mrf^2 = \frac{4\pi^2 mr}{T^2}$

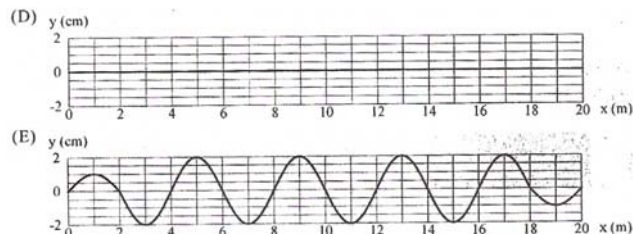
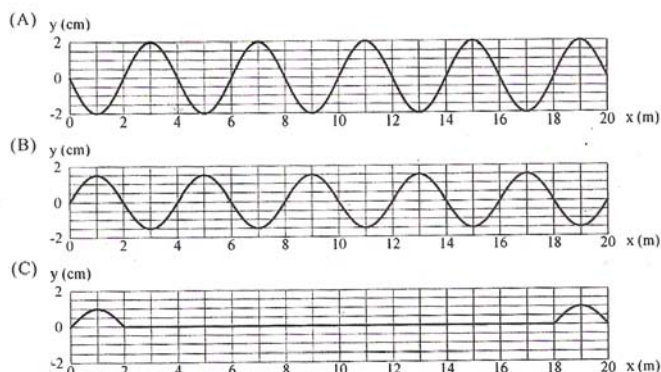
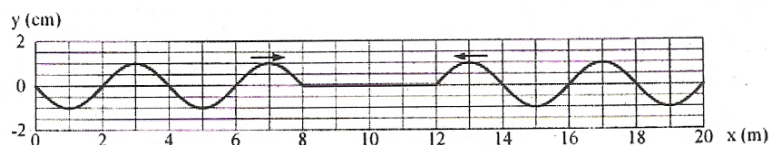
(2) 質心定理： $\frac{m_1}{m_2} = \frac{l_2}{l_1}$

【試題解析】：(A)O (1) 依 $\frac{m_1}{m_2} = \frac{l_2}{l_1}$ $r_m = \frac{2m}{m+2m} \times d = \frac{2}{3}d$

(2) 依 $F_g = F_n$ $F_n = m \cdot \frac{V^2}{r}$ $\frac{Gm \cdot 2m}{d^2} = \frac{\left(\frac{1}{2} \cdot mV^2\right)}{\frac{1}{2} \cdot r_m} = \frac{(E_K)_m}{\left(\frac{d}{3}\right)}$

$$\therefore (E_K)_m = \frac{2Gm^2}{3d}$$

15. 在一條粗細均勻且張緊的弦上，有兩個振幅、頻率、波長皆相等的正弦週期波反向行進，在時間 $t = 0$ 秒時，兩波的位置如右圖所示。已知兩波的頻率為 2.0Hz 則在 $t = 1.25$ 秒時，弦上的波形應為下列那一選項？



【參考答案】：(C)

【考題難度】：★★

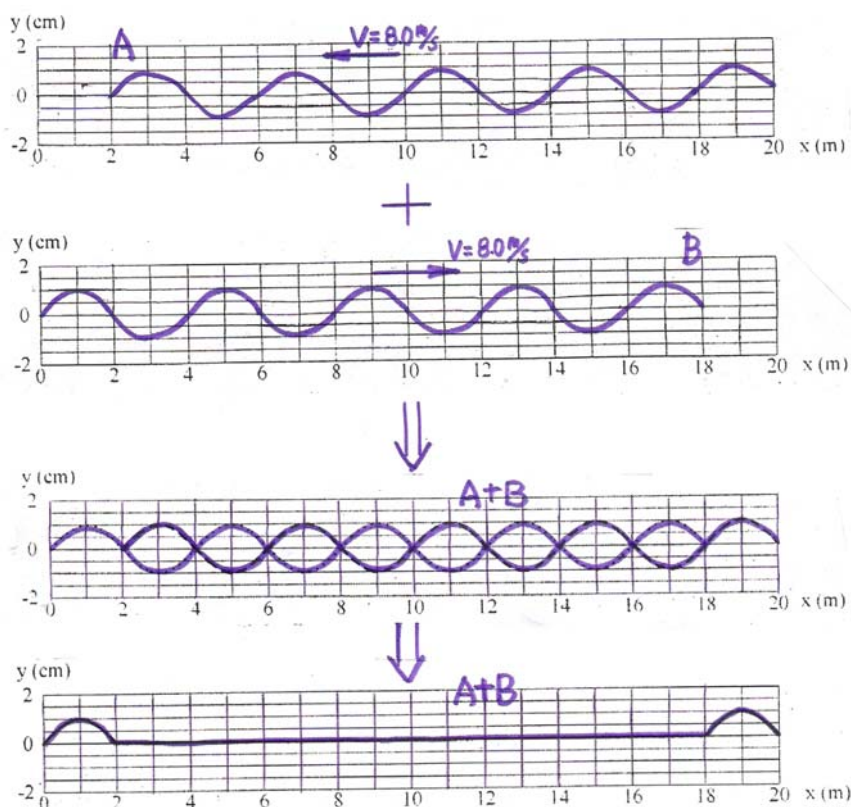
【命題出處】：選修物理（上）－第一章 波 動

【解題策略】：波的重疊原理：

當幾個獨立的波在同一介質中相遇時，介質中任何一點的瞬時位移都是這幾個波各在此點之瞬時位移的「代數和」（二度空間以上的波為位移之「向量和」）；此種加法稱為波的重疊原理。

【試題解析】：(1) 依 $V = \lambda \cdot f$ 題圖 $\lambda = 4\text{cm}$ $\rightarrow V = 4 \cdot 2.0 = 8.0\text{m/s}$

(2) 依「波的重疊原理」繪圖： $\Delta x = V \cdot t = 8.0 \times 1.25 = 10\text{m}$



16. 有一電熱水爐，若流入電熱水爐的自來水水溫為 25°C ，流出電熱水爐的水溫為 45°C ，且入水流量為 $40\text{cm}^3/\text{s}$ 。已知 $1.0\text{cal} = 4.2\text{J}$ ，若此電熱水爐可將電能全部轉換成水所吸收的熱能，則電熱水爐所消耗的電功率約為何？

(A) 0.8kW (B) 1.8kW (C) 3.4kW (D) 4.5kW (E) 5.0kW 。

【參考答案】：(C)

【考題難度】：★★

【命題出處】：選修物理（上）－第七章 電 流

【解題策略】：(1) 物質的熱量計算：

$$\boxed{H = m \times S \times \Delta t} \begin{cases} H: \text{熱量}(\text{cal}, \text{卡}) \\ m: \text{質量}(\text{g}) \\ S: \text{比熱}(\text{cal}/\text{g} \cdot ^{\circ}\text{C}) \\ \Delta t: \text{溫度變化量}(^{\circ}\text{C}) \end{cases}$$

(2) 電功率： $\boxed{P = \frac{W}{t} = \frac{U}{t}} \quad \frac{\text{J}}{\text{s}} = \text{Watt}.$

【試題解析】：(C)O (1) 水流量為 $40\text{cm}^3/\text{s}$ ，表示每秒有水 40 克流經電熱水爐，溫度上升 20°C 。

依 $\boxed{H = m \times S \times \Delta t}$ $H_{\text{水吸熱}} = 40 \times 1 \times 20 = 800\text{cal} = H_{\text{熱水爐放熱}}$

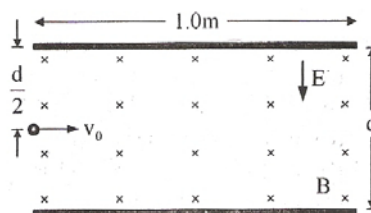
(2) 依 $\boxed{P = \frac{U}{t}} \xrightarrow{1\text{cal}=4.2\text{J}} P = \frac{800 \times 4.2}{1.0} = 3360\text{W} \approx 3.4\text{kW}$

17~18 題為題組

有一平行板電容器，內部為真空，兩個電極板的間距為 d ，每一個正方形電極板的長度均為 1.0m 。電容器內有互相垂直的均勻電場 E 和均勻磁場 B ，磁場方向垂直進入紙面，如右圖所示。其中 $E = 7.5 \times 10^2 \text{ N/C}$ ， $B = 2.5 \times 10^{-2} \text{ T}$ 。一帶電粒子從電容器左端的正中央以初速 v_0 射入，其方向平行於電極板之一邊，粒子進入電磁場後運動方向仍不改變，已知粒子的電荷與質量的比值（荷質比）為 $6.0 \times 10^7 \text{ C/kg}$ ，且不重力的作用。

17. 粒子的初速 v_0 應為何？

- (A) $4.0 \times 10^2 \text{ m/s}$ (B) $7.5 \times 10^2 \text{ m/s}$
 (C) $3.3 \times 10^3 \text{ m/s}$ (D) $3.0 \times 10^4 \text{ m/s}$
 (E) $6.0 \times 10^5 \text{ m/s}$ 。



18. 若粒子在電磁場中移動 50cm 後，電場突然消失，則兩電極板的間距 d 至少須大於何值，粒子才不會撞擊到電極板？

- (A) 4.0cm (B) 8.0cm (C) 12cm (D) 16cm (E) 20cm 。

【參考答案】：17. (D)；18. (B)

【考題難度】：★★

【命題出處】：選修物理（下）—第八章 磁 場

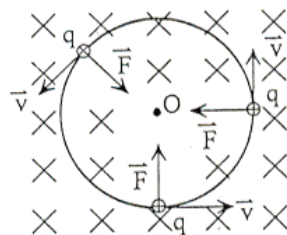
【解題策略】：(1) 帶電質點在均勻電場中的受力： $F_e = QE(N)$

(2) 帶電質點在磁場中的運動 ($\vec{V} \perp \vec{B}$)：等速率圓周運動。

① 向心力 $F_n = F_m = qVB = m \cdot \frac{V^2}{r}$

② 迴轉半徑 $r = \frac{mV}{qB} = \frac{P}{qB} = \frac{\sqrt{2mE_k}}{qB}$

③ 迴轉週期 $T = \frac{2\pi r}{V} = \frac{2\pi m}{qB}$



【試題解析】：17. (D) 帶電粒子在電磁場中呈直線等速度運動：

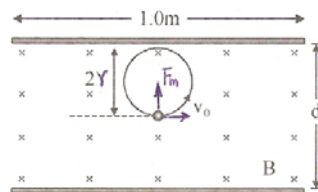
依 $\Sigma F = 0 \rightarrow F_e = F_m \rightarrow qE = qv_0 B$ ， $v_0 = \frac{E}{B} = \frac{7.5 \times 10^2}{2.5 \times 10^{-2}} = 3.0 \times 10^4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

18. (B) ① 電場消失後，帶電粒子在磁場中進行等速率圓周運動。

② 粒子不致撞擊電極板的條件： $2r \leq \frac{d}{2}$

依 $r = \frac{mV}{qB}$ $d \geq 4r = 4 \cdot \frac{v_0}{\left(\frac{q}{m}\right) \cdot B}$

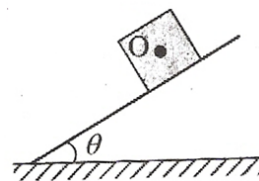
$= 4 \cdot \frac{3.0 \times 10^4}{(6.0 \times 10^7) \cdot (2.5 \times 10^{-2})}$
 $= 8.0 \times 10^{-2} \text{ m}$



19. 一重量 W 、邊長為 L 的均勻立方體置於斜角為 θ 的固定斜面上呈靜止，如右圖所示。若以立方體質心 O 為參考點，並取能使立方體繞 O 作逆時針方向轉動的力矩為正，則斜面正向力施加於此立方體的力矩為何？

(A) $-WL\sin\theta$ (B) $-\frac{WL}{2}\sin\theta$

(C) 0 (D) $\frac{WL}{2}\sin\theta$ (E) $WL\sin\theta$ 。



【參考答案】：(B)

【考題難度】：★★★

【命題出處】：物質科學物理篇（上）－第三章 靜力平衡

【解題策略】：靜力平衡：

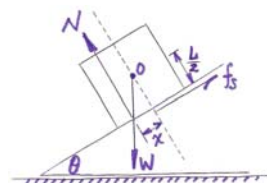
$$\begin{cases} \text{移動平衡} \Leftrightarrow \text{不移動} \Leftrightarrow \Sigma F = 0 \Leftrightarrow \begin{cases} \Sigma F_x = 0 \\ \Sigma F_y = 0 \end{cases} \\ \text{轉動平衡} \Leftrightarrow \text{不轉動} \Leftrightarrow \Sigma L = 0 \Leftrightarrow L_{\text{順}} = L_{\text{逆}} \end{cases}$$

【試題解析】：(B)O 取立方體為隔離體圖：

(1) 依 $\Sigma \vec{\tau}_O = 0$ $N \cdot x - f_s \cdot \frac{L}{2} = 0 \dots (a)$

(2) 依 $\Sigma \vec{F} = 0$ $\begin{cases} N = f_{\perp} = W \cdot \cos\theta \\ f_s = N = W \cdot \sin\theta \end{cases} \dots (b)$

(3) 由 (a)，得 $\vec{\tau}_N = N \cdot x = f_s \cdot \frac{L}{2}$ (順時針) $\xrightarrow{\text{代入}(b)} \vec{\tau}_N = -\frac{WL}{2}\sin\theta$



20. 以氦氖雷射做雙狹縫干涉實驗，在屏幕上所得干涉條紋如右圖所示。已知雷射光波長為 632.8 nm ，則屏幕上 P 點到兩狹縫之間的波程差約為何？

- (A) 1582 nm (B) 1265.6 nm
 (C) 949.2 nm (D) 632.8 nm
 (E) 316.4 nm 。



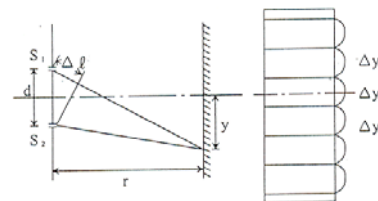
【參考答案】：(B)

【考題難度】：★★

【命題出處】：選修物理（上）－第五章 光的干涉與繞射

【解題策略】：雙狹縫干涉實驗裝置：光程差 (Δl)

$$\Delta l = |\overline{PS_1} - \overline{PS_2}| \approx d \sin \theta = \begin{cases} m\lambda \cdots, m = 0, 1, 2, 3, \dots \text{亮紋} \\ n \cdot \frac{\lambda}{2} \cdots, n = 1, 3, 5, 7, \dots \text{暗紋} \end{cases}$$



【試題解析】：(B)O 依題圖所示， P 點大約落在「第二亮紋中線」的位置。

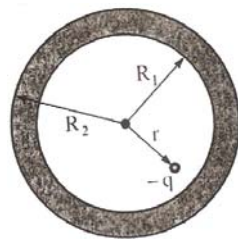
又屏幕產生第二亮紋條件： $\Delta l = |\overline{PS_1} - \overline{PS_2}| = 2\lambda$

$$\therefore \Delta l = 2 \cdot 632.8 = 1265.6\text{ nm}$$

二、多選題

21. 有一未帶電的厚金屬球殼，內、外半徑分別為 R_1 與 R_2 ，如右圖所示。若在距球心 r 處 ($0 < r < R_1$) 放置一帶負電的點電荷，其電量為 $-q$ ，則在該金屬球殼靜電感應後，下列敘述哪些正確？

- (A) 該球殼內表面感應正電荷，且均勻分布
 (B) 該球殼內表面所感應的電量等於 $+q$ ，且不均勻分布
 (C) 該球殼外表面感應負電荷，且均勻分布
 (D) 該球殼外表面所感應的電量等於 $-q$ ，且不均勻分布
 (E) 球殼外表面處的電場強度為零。



【參考答案】：(B)(C)

【考題難度】：★★★

【命題出處】：選修物理(上)－第六章 靜電

【解題策略】：(1) 靜電感應：

由於帶電體的接近(未互相接觸)而使一個導體內正、負電荷分離的現象，稱為靜電感應。聚集於導體不同部分的局部正負電荷，稱為感應電荷。

① 接近帶電體的一端帶異性電，較遠一端帶同性電。

② 正負電荷同時產生且電量相等。

(2) 均勻帶電球體 Q 在空間中 r 處建立之電場 E ：

$$E(r) = \frac{kQ}{r^2} \left(\frac{N}{C} \right) \begin{cases} +Q: E \text{向外} \\ -Q: E \text{向內} \end{cases}$$

(A) ×

(B) O

(C) O

(D) ×

【試題解析】：

(1) 點電荷 $-q$ 置入金屬球殼內，因「靜電感

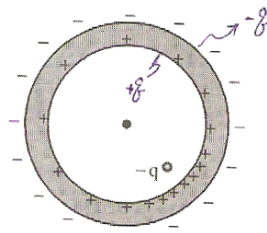
應」的作用，使球殼內表面感應出與點電荷 $-q$ 相等電量的 $+q$ 電荷，而外表面感應出 $-q$ 的電量。

(2) ① 帶電金屬球殼具屏蔽作用，球殼內、外表面的感應電荷不會互相影響。

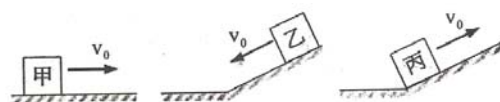
② 球殼外表面的感應電荷，因彼此互相排斥，故感應電荷會均勻的分布在外表面上。

③ 球殼內表面的感應電荷，受 $-q$ 的吸引，使得靠近 $-q$ 的附近電荷密度較大，故感應電荷分布不均勻。

(E) × (3) 距球心 x 處殼外表面的電場強度量值為 $E(x) = \frac{kq}{x^2} \neq 0$ 。



22. 如右圖所示，三個質量相同的物體甲、乙及丙，初速皆為 v_0 。其中甲沿著水平面滑動，乙沿著斜面下滑，丙沿著斜面上滑，三者最後都因為摩擦的關係而停止運動。下列敘述哪幾項正確？



- (A) 三個物體所減少力學能的大小關係：甲 = 乙 = 丙
 (B) 三個物體所減少力學能的大小關係：乙 > 甲 > 丙
 (C) 三個物體所減少力學能的大小關係：甲 < 乙 = 丙
 (D) 合力對三個物體所作的功的大小關係：甲 = 乙 = 丙
 (E) 合力對三個物體所作的功的大小關係：丙 > 甲 > 乙。

【參考答案】：(B)(D)

【考題難度】：★★

【命題出處】：物質科學物理篇（上）－第九章 位能與能量守恆定律

【解題策略】：(1) 廣義功能原理：

非保守力對物體（或系統）所做的總功，等於物體（或系統）的力學能改變量。

$$W_{\text{非保守力}} = \Delta E = E_f - E_i \xrightarrow{\text{力學能}} \begin{cases} E_K = \frac{1}{2} m V^2 \cdots \cdots \text{動能} \\ U_g = mgh \cdots \cdots \text{重力位能} \end{cases}$$

(2) 功能原理：

合力（ ΣF ）對一物體所作的功，等於此物體動能的變化量（ ΔE_K ）。

$$W_{\text{合}} = \Sigma F \cdot S = (E_K)_f - (E_K)_i = \Delta E_K$$

(A) ×

【試題解析】：(B) O

(C) ×

(1) 依 $\Delta E = E_f - E_i$ 令 $\begin{cases} \text{物體乙下降鉛直高度 } h_1 \\ \text{物體丙爬升鉛直高度 } h_2 \end{cases}$

$$\textcircled{1} \Delta E_{\text{甲}} = 0 - \frac{1}{2} m V_0^2 = -\frac{1}{2} m V_0^2$$

$$\textcircled{2} \Delta E_{\text{乙}} = mgy - \left(\frac{1}{2} m V_0^2 + mgy + mgh_1 \right) = -\left(\frac{1}{2} m V_0^2 + mgh_1 \right)$$

$$\textcircled{3} \Delta E_{\text{丙}} = (mgy + mgh_2) - \left(\frac{1}{2} m V_0^2 + mgy \right) = -\left(\frac{1}{2} m V_0^2 - mgh_2 \right)$$

∴ 比較 ΔE 的大小：乙 > 甲 > 丙

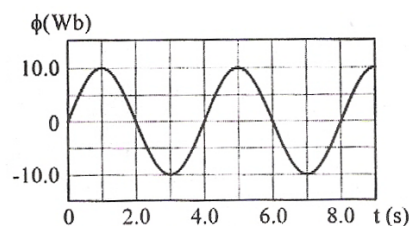
(D) O

(E) ×

(2) 依 $W_{\text{合}} = \Delta E_K$ $W_{\text{合}} = (\Delta E_K)_{\text{甲}} = (\Delta E_K)_{\text{乙}} = (\Delta E_K)_{\text{丙}} = -\frac{1}{2} m V_0^2$

23. 有一封閉金屬線圈在均勻磁場中作等角速度轉動時，通過線圈面的磁通量 ϕ 與時間 t 成正弦關係，如右圖所示。下列有關此線圈的敘述哪些正確？

- (A) $t=1.0\text{s}$ 時，線圈上的瞬時感應電動勢大小達最大值
 (B) 當磁通量等於零的瞬間，線圈上的感應電流也恰為零
 (C) 線圈轉動的角速度為 $\frac{\pi}{2}\text{rad/s}$
 (D) 線圈上瞬時感應電動勢大小的最大值為 10V
 (E) $t=0\text{s}$ 到 $t=1.0\text{s}$ 的時間間隔內，線圈上的平均感應電動勢大小為 10V 。



【參考答案】：(C)(E)

【考題難度】：★★★

【命題出處】：選修物理（下）－第九章 電磁感應

【解題策略】：法拉第定律：

①平均感應電動勢－

$$\boxed{\bar{\varepsilon} = -\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}} \xrightarrow{\Phi_B = B \cdot A} \begin{cases} (a) A = \text{const.} & \bar{\varepsilon} = -A \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} \\ (b) B = \text{const.} & \bar{\varepsilon} = -B \cdot \frac{\Delta A}{\Delta t} \end{cases}$$

②瞬時感應電動勢－

$$\boxed{\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt}} \xrightarrow{\Phi_B = B \cdot A} \begin{cases} (a) A = \text{const.} & \varepsilon(t) = -A \cdot \frac{dB}{dt} = -A \cdot B'(t) \\ (b) B = \text{const.} & \varepsilon(t) = -B \cdot \frac{dA}{dt} = -B \cdot A'(t) \end{cases}$$

【試題解析】：(C)O (1) 依 $\boxed{\phi(t) = R \sin \omega t} \xrightarrow{\text{題圖示}} \begin{cases} R = 10.0\text{Wb} \\ \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{4.0} = \frac{\pi}{2.0} \text{ rad/s} \end{cases}$

$$\therefore \phi(t) = 10.0 \sin\left(\frac{\pi}{2.0}t\right) \xrightarrow{\varepsilon(t) = -\phi'(t)} \varepsilon(t) = 5.0\pi \cos\left(\frac{\pi}{2.0}t\right)$$

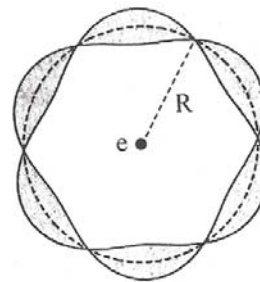
(A)× (2) 依 $\varepsilon(t) = 5.0\pi \cos\left(\frac{\pi}{2.0}t\right) \begin{cases} t = 0\text{s}, \varepsilon \rightarrow \max \\ \varepsilon_{\max} = 5.0\pi\text{V} \end{cases}$

(B)× (3) 依 $\phi(t) = 10.0 \sin\left(\frac{\pi}{2.0}t\right) \begin{cases} \phi = 0 \\ t = 0\text{s} \Rightarrow \varepsilon(0) = 5.0\pi\text{V} \end{cases}$

(E)O (4) 依 $\boxed{\bar{\varepsilon} = -\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}} \quad \bar{\varepsilon}_{0 \sim 1.0\text{s}} = \frac{10.0 - 0}{1.0} = 10\text{V}$

24. 依據德布羅意的物質波理論，氫原子的電子在特定軌道上會形成駐波。某氫原子的電子其駐波示意圖如右圖所示，其中 R 為電子的軌道半徑。已知普朗克常數為 h ，質子的電量為 e ，庫倫常數為 k ，則下列對此氫原子的敘述哪些正確？

- (A) 此氫原子的量子數 $n=3$
 (B) 電子的物質波波長為 $\frac{\pi R}{3}$
 (C) 電子對原子核的角動量量值為 $\frac{3h}{\pi}$
 (D) 依照波耳的氫原子模型，此電子的動能為 $\frac{ke^2}{2R}$
 (E) 此氫原子在基態時，電子的軌道半徑為 $\frac{R}{9}$ 。



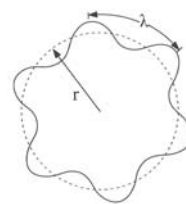
【參考答案】：(A) (D) (E)

【考題難度】：★★★

【命題出處】：選修物理（下）－第十一章 原子結構

【解題策略】：(1) 以駐波說明氫原子的穩定態假定：

$$\begin{cases} \text{駐波條件: } 2\pi r = n\lambda \\ \text{物質波波長: } \lambda = \frac{h}{mv} \end{cases} \xrightarrow{\text{聯立}} L = mrv = n \cdot \left(\frac{h}{2\pi} \right)$$



(2) 穩定態的物理量量子化：

①角動量量子化 — $L_n = \frac{nh}{2\pi}$ 、②軌道半徑量子化 — $r_n = \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 m k Z e^2}$ 、

③原子能階 (H) — $E_n = -\frac{13.6}{n^2} eV$

【試題解析】：(A)O (1) 由物質波理論：「 $2\pi r = n\lambda$ 」 $\xrightarrow{\text{題圖示}} \begin{cases} 2\pi R = 3\lambda \Rightarrow n=3 \\ \lambda = \frac{2\pi R}{3} \end{cases}$

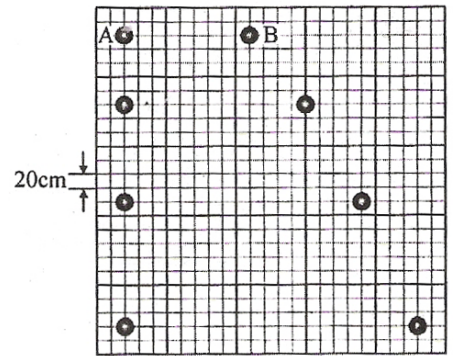
(C)× (2) 依 $L_n = \frac{nh}{2\pi} \xrightarrow{n=3} L_3 = \frac{3h}{2\pi}$

(D)O (3) 依 $E_K(r) = \frac{kQq}{2r} \xrightarrow{Q=q=e} (E_K)_3 = \frac{ke^2}{2R}$

(E)O (4) 依 $r_n = \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 m k Z e^2}$ $r \propto n^2$ ， $\frac{r_1}{R} = \left(\frac{1}{3}\right)^2 \Rightarrow r_1 = \frac{R}{9}$

第貳部分：非選擇題

一、在一真空的狀態下，將兩個完全相同的小鋼珠，自同一高度同時作落體運動實驗。其中 A 鋼珠作初速為 0 的自由落體運動，B 鋼珠則以初速 v_0 作水平拋體運動，並以相等時間間隔的曝光方式，拍攝得其中一段軌跡，將影像以等比例縮小畫在方格紙上，如右圖所示（A、B 兩鋼珠最上面的影像都不是鋼珠的釋放點）。其中每一小方格邊長代表實際長度 20cm，已知實驗地點的重力加速度恰為 10m/s^2 。



(1) 連續兩次曝光的時間間隔為若干秒？(4 分)

(2) v_0 為若干？(3 分)

(3) 以 B 鋼珠出發點為坐標原點，向右為 +x 軸，向上為

+y 軸，則 B 鋼珠的運動軌跡方程式為何？(即求出 $y = y(x)$ 的方程式)(3 分)

【參考答案】：(1) 0.2；(2) 4m/s ；(3) $y = -\frac{5}{16}x^2$

【考題難度】：★★

【命題出處】：物質科學物理篇（上）－第二章 平面運動

【解題策略】：(1) 加速度的測量：

$$\bar{a} = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V_2 - V_1}{\Delta t} = \frac{\frac{L_2}{\Delta t} - \frac{L_1}{\Delta t}}{\Delta t} = \frac{L_2 - L_1}{\Delta t^2}$$

(2) 水平拋射運動 = (等速度運動)_x + (自由落體)_y

【試題解析】：(1) 觀察 A 鋼珠鉛直下落的情形：

$\Delta y(\text{cm})$	100cm	140cm	180cm
$\Delta t(\text{s})$	Δt	Δt	Δt
$\bar{V} = \frac{\Delta y}{\Delta t} \left(\frac{\text{cm}}{\text{s}} \right)$	$\frac{100}{\Delta t}$	$\frac{140}{\Delta t}$	$\frac{180}{\Delta t}$

依 $\bar{a} = \frac{\Delta V}{\Delta t}$ 得：

$$\begin{cases} \bar{a}_1 = \frac{\left(\frac{140}{\Delta t} \right) - \left(\frac{100}{\Delta t} \right)}{\Delta t} = \frac{40}{\Delta t^2} \\ \bar{a}_2 = \frac{\left(\frac{180}{\Delta t} \right) - \left(\frac{140}{\Delta t} \right)}{\Delta t} = \frac{40}{\Delta t^2} \end{cases} \Rightarrow \frac{40}{\Delta t^2} = 1000, \Delta t = 0.2\text{s}$$

(2) 觀察 B 鋼珠水平拋射的情形：

① 題圖示「相鄰兩影像的水平間隔 $\Delta x = 80\text{cm}$ 」。

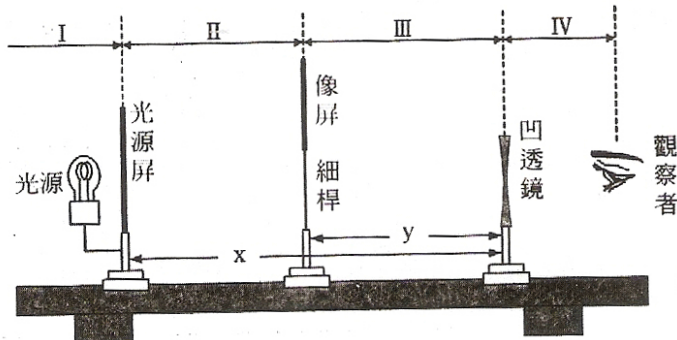
② 依 $V = \frac{S}{t}$ 得： $v_0 = \frac{80}{0.2} = 400 \frac{\text{cm}}{\text{s}} = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

(3) 令 B 鋼珠拋出 t 秒後抵達位置 $P(x, y)$ ：

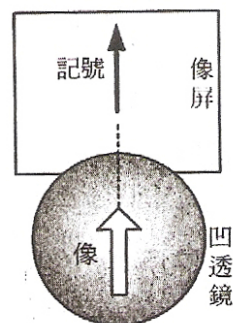
$$\begin{cases} x = 4 \cdot t \cdots \cdots (a) \\ y = -\frac{1}{2} \cdot 10 \cdot t^2 \cdots \cdots (b) \end{cases} \xrightarrow{\text{由(a)式 } t = \frac{x}{4} \text{ 代入(b)式}} y = -5 \cdot \left(\frac{x}{4} \right)^2 = -\frac{5}{16}x^2$$

二、在「薄透鏡的成像」實驗中，利用視差法測量凹透鏡成像位置時，實驗裝置與觀察者的位置如下圖（a）所示；當眼睛透過凹透鏡向光源屏的方向看去，可看見光源屏的像，此時調整像屏的左右位置，使像屏上記號與像落在同一條鉛直線上，如下圖（b）所示。實驗時觀察者若將頭部向右側移動，發現屏上記號也向右側移動，依據此現象和圖中的關係，回答下列問題。

- （1）此時成像的位置應落在圖（a）中 I、II、III、IV 區的哪一區？
- （2）要找出確實的成像位置時，該如何調整像屏？（2 分）在什麼情況下，像屏的位置才可以真正表示成像的位置？
- （3）假設已經找到確實的成像位置，此時在圖（a）中光源屏與凹透鏡距離 $x = 45\text{cm}$ ，像屏與凹透鏡距離 $y = 18\text{cm}$ ，則凹透鏡的焦距為若干？



(a)



(b)

【參考答案】：見詳解

【考題難度】：★★

【命題出處】：選修物理（上）－實驗四 薄透鏡的成像

【解題策略】：視差法：凹透鏡成虛像的實驗

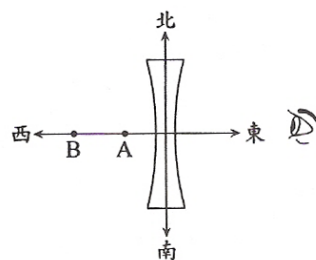
（1）原理：

如右圖所示，當我們坐在行駛中的公車或汽車上時，往窗外瞭望景色，常覺得遠處的物體看起來會隨車前進，而近處的物體則往後退，這是因為遠處和近處的物體之間有「相對運動」，導致車內的觀察者觀看時產生視差。



（2）應用：

如右圖所示，在東南西北的坐標軸中，當眼睛透過薄凹透鏡觀看某物體的成像（虛像）A 時，可以利用一可移動的記號 B，在 A 的前後移動，並藉由眼睛左右移動，以（1）所述的視差原理來尋找 A、B 重合的位置：



①當鏡內所見的成像 A 與眼睛的移動方向一致時，表示 A 位置較 B 遠離觀察者，此時應將記號 B 往後挪動。

②當 A 與眼睛的移動方向相反時，則表示 A 位置較 B 接近觀察者，而需將記號 B 往前挪動。

③當見到 A、B 兩者之間沒有相對運動，即表示記號 B 的位置就是成像 A 的位置。

【試題解析】：（1）實驗時發現像屏上記號與觀察者移動方向相同，表示像屏較「遠離」觀察者，故成像的位置落在「Ⅲ區」。

（2）①將像屏往觀察者方向挪動。

②當見到像屏上記號、成像兩者之間沒有相對運動，即表示像屏的位置就是成像的位置。

（3）依 $\boxed{\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}}$ $\xrightarrow{\begin{cases} p=45cm \\ q=-18cm \end{cases}}$ $\frac{1}{45} + \frac{1}{(-18)} = \frac{1}{f}$, $f = -30cm$