

98 學年度大學入學指定科目考試

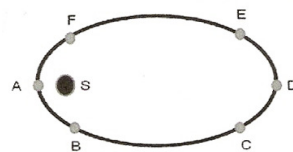
物理考科試題詳解

第壹部分：選擇題

一、單一選擇題

1. 若有一行星繞著恆星 S 作橢圓軌道運動，則下列有關行星在右圖所示各點的加速度量值的敘述，何者正確？

- (A) 所有點都一樣大 (B) 點 A 處最大
(C) 點 B 與點 F 處最大 (D) 點 C 與點 E 處最大
(E) 點 D 處最大。



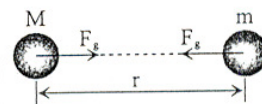
【參考答案】：(B)

【考題難度】：★★

【命題出處】：高級中學物質科學（物理篇）課程標準一七、萬有引力定律

【解題策略】：萬有引力定律：

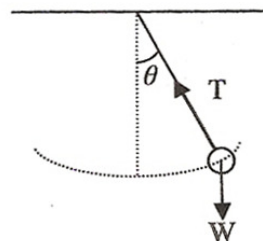
$$F_g = \frac{GMm}{r^2} \begin{cases} m, M : \text{兩質點的質量}(kg) \\ F_g : \text{兩質點間的萬有引力}(N) \\ r : \text{兩質點間的連心距離}(m) \\ G : \text{萬有引力常數} \left(G = 6.67 \times 10^{-11} \frac{Nm}{kg^2} \right) \end{cases}$$



【試題解析】：(B) 行星繞日運轉，僅受萬有引力作用：

$$\begin{aligned} \text{依 } F_g &= \frac{GMm}{r^2} \xrightarrow{m: \Sigma F = F_g} \frac{GMm}{r^2} = m \cdot a \\ \therefore a &= \frac{GM}{r^2} \xrightarrow{G, M = \text{const.}} a \propto \frac{1}{r^2} \begin{cases} r \downarrow \\ a \uparrow \end{cases} \xrightarrow{A: r_{\min}} (a_{\max})_A \end{aligned}$$

2. 如右圖所示，一單擺左右來回擺動，擺錘受有重力 W 、擺線的張力 T 與空氣阻力 R 。下列有關此三力對擺錘做功的敘述何者正確？



- (A) W 一定作正功， T 一定作負功
- (B) R 一定作負功， T 一定不作功
- (C) W 一定作正功， R 一定作負功
- (D) T 與 W 一定作正功， R 一定作負功
- (E) W 與 R 一定作負功， T 一定不作功。

【參考答案】：(B)

【考題難度】：★

【命題出處】：高級中學物質科學（物理篇）課程標準一八、功與動能

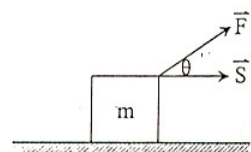
【解題策略】：功的定義：

$$\vec{F} \text{ 對物體 } m \text{ 做功 } W = \vec{F} \cdot \vec{S} = FS \cos \theta$$

(1) $0^\circ \leq \theta < 90^\circ$ ， $W > 0$ ，外力對系統作正功。

(2) $\theta = 90^\circ$ ， $W = 0$ ，外力對系統不作功。

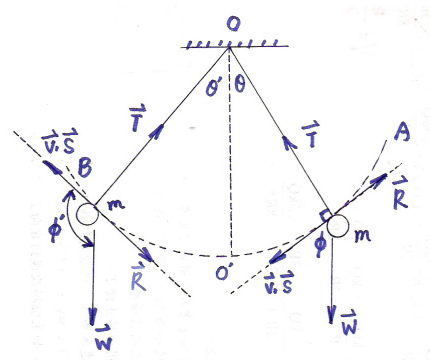
(3) $90^\circ < \theta \leq 180^\circ$ ， $W < 0$ ，外力對系統作負功。



【試題解析】：(B) O 依

$$W = \vec{F} \cdot \vec{S} = FS \cos \theta \left\{ \begin{array}{l} (1) A \rightarrow O' : \left\{ \begin{array}{l} \vec{T} \perp \vec{S} \Rightarrow \vec{T} \text{ 對 } m \text{ 不作功} \\ \phi < 90^\circ \Rightarrow \vec{W} \text{ 對 } m \text{ 作正功} \\ \vec{R} // -\vec{S} \Rightarrow \vec{R} \text{ 對 } m \text{ 作負功} \end{array} \right. \\ (2) O' \rightarrow B : \left\{ \begin{array}{l} \vec{T} \perp \vec{S} \Rightarrow \vec{T} \text{ 對 } m \text{ 不作功} \\ \phi' > 90^\circ \Rightarrow \vec{W} \text{ 對 } m \text{ 作負功} \\ \vec{R} // -\vec{S} \Rightarrow \vec{R} \text{ 對 } m \text{ 作負功} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$\therefore R$ 一定作負功， T 一定不作功。

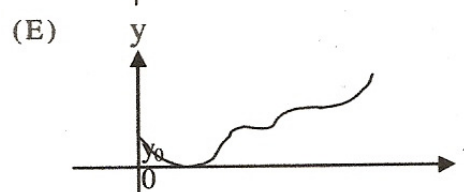
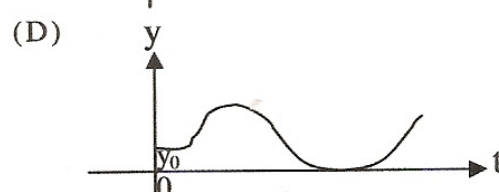
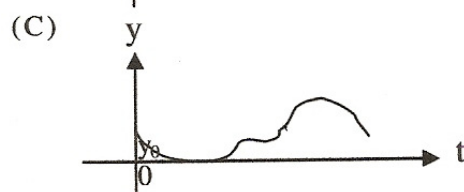
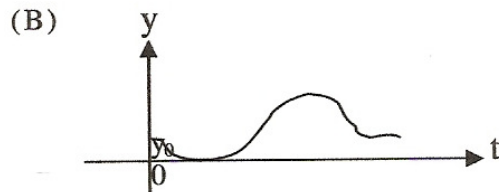
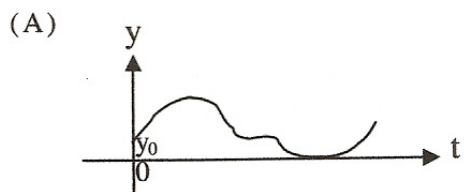
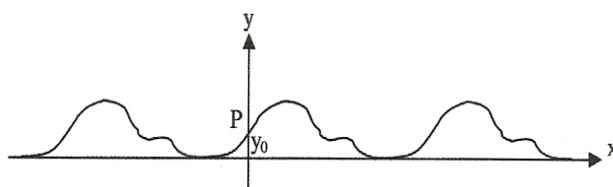


3. 如右圖所示，是由左向右行進的一週期波

，其長波列的一部分波形。設此時 $t=0$ ，

P 點的位移為 y_0 。下列哪一項是在 $t=0$

以後的時間中， P 點位移隨時間變化的圖？



【參考答案】：(C)

【考題難度】：★★

【命題出處】：高級中學選修物理課程標準——波動

【解題策略】：波動：

所謂波動，就是介質中的某一點作往返（上下或前後）振動時，其能量逐漸由該點傳遞到其他，而引發各點也做往返振動的現象。

【試題解析】：(1) x 軸的座標代表各質點的所在位置。

(2) 圖示的週期波「波形」由「左向右」依次通過 P 點位置， P 處質點隨之振動。

(3) $t=0$ 以後傳遞通過 P 點的波形如負 x 軸區域所示，則 P 點振動之位移圖呈「左右相反」，如選項 (C) 所示。

4. 長度為 l_A 的閉管(一端閉口，另一端開口)，其基音頻率為 f_A ；長度為 l_B 的開管(兩端開口)，其基音頻率為 f_B 。已知 f_A 等於 f_B ，則 l_A 對 l_B 的比值為下列哪一項？

(A) 4 (B) 2 (C) 3/2 (D) 1 (E) 1/2。

【參考答案】：(E)

【考題難度】：★

【命題出處】：高級中學選修物理課程標準—二、聲波

【解題策略】：(1) 縱波的駐波：開管（兩端開口皆為波腹）

若管長為 l ，則在管中形成駐波的條件為

$$l = \frac{n\lambda}{2} \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

或 $f = \frac{nV}{2l} \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$

(2) 縱波的駐波：閉管（一端開口而另一端封閉）

若管長為 l ，則在管中形成駐波的條件為

$$l = \frac{n\lambda}{4} \quad (n = 1, 3, 5, \dots)$$

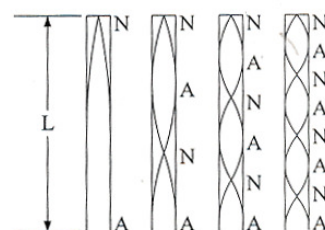
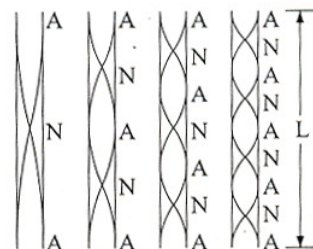
或 $f = \frac{nV}{4l} \quad (n = 1, 3, 5, \dots)$

【試題解析】：依

$$f = \frac{nV}{4l} \quad , \quad n = 1, 3, 5, \dots \xrightarrow{\text{基音}, n=1} f_A = \frac{V}{4l_A}$$

$$\text{依 } f = \frac{mV}{2l} \quad , \quad m = 1, 2, 3, \dots \xrightarrow{\text{基音}, m=1} f_B = \frac{V}{2l_B}$$

$$\text{又 } f_A = f_B \text{，得 } \frac{V}{4l_A} = \frac{V}{2l_B} \text{，} \frac{l_A}{l_B} = \frac{1}{2}$$



5. 將 15°C 、6公升的冷水與 80°C 、9公升的熱水，在一絕熱容器內混合。在達到熱平衡後，若忽略容器吸收的熱，則水的溫度為下列何者？

(A) 24°C (B) 34°C (C) 44°C (D) 54°C (E) 64°C 。

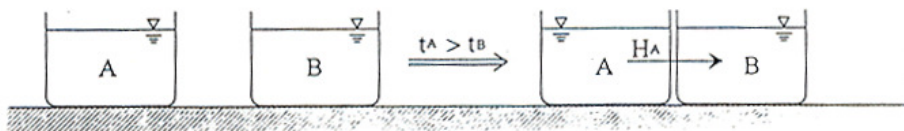
【參考答案】：(D)

【考題難度】：★

【命題出處】：高級中學物質科學（物理篇）課程標準—十二、熱學

【解題策略】：熱平衡：

當孤立的兩個物體互相接觸時，經過一段時間，兩物體的巨觀性質（如壓力、體積）將不再變化，此兩物體具有相同的溫度，這時我們稱此兩物體達熱平衡。



$$\Sigma E = \text{const.} \rightarrow H_{\text{放}} = H_{\text{吸}}$$

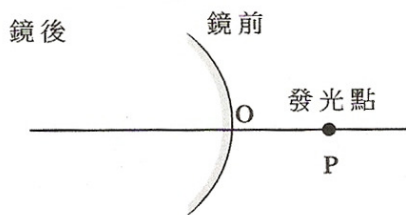
【試題解析】：(1) 依

$$D = \frac{M}{V} \rightarrow \begin{cases} D_{\text{水}} = 1 \text{ g/cm}^3 \\ 1 \text{ 公升} = 1000 \text{ cm}^3 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} m_1 = 6000 \text{ g} \\ m_2 = 9000 \text{ g} \end{cases}$$

$$(2) \text{ 依 } H_{\text{放}} = H_{\text{吸}} \xrightarrow{\text{末溫 } T_f} 9000 \times 1 \times (80 - T_f) = 6000 \times 1 (T_f - 15), T_f = 54^{\circ}\text{C}$$

6. 如右圖所示，一發光點從凸面鏡主軸上的 P 點沿主軸緩慢向鏡頂 O 移動，則此光點的像，其位置以及其移動的方向為下列哪一項？

- (A) 先成像於鏡前，接著成像於鏡後
- (B) 成像於鏡後，遠離 O 點移動
- (C) 成像於鏡後，朝向 O 點移動
- (D) 成像於鏡前，遠離 O 點移動
- (E) 成像於鏡前，朝向 O 點移動。



【參考答案】：(C)

【考題難度】：★

【命題出處】：高級中學選修物理課程標準—三、光的反射

【解題策略】：面鏡成像公式：

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} = \frac{2}{r}$$

符號法則

$$\left\{ \begin{array}{l} (1) \text{ 焦距}(f): \begin{cases} a. \text{凹面鏡取} "+" \\ b. \text{凸面鏡取} "-" \end{cases} \\ (2) \text{ 物距}(p): \text{鏡前實物取} "+" \\ (3) \text{ 像距}(q): \text{鏡前實像取} "+", \text{鏡後虛像取} "-" \end{array} \right.$$

【試題解析】：依

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \xrightarrow{\text{凸面鏡: } f \text{ 取} "-", p > 0} \frac{1}{q} = -\left| \frac{1}{f} + \frac{1}{p} \right| \left\{ \begin{array}{l} q < 0 \Rightarrow \text{成} " \text{虛像} ", \text{在} " \text{鏡後} " \\ p \downarrow \Rightarrow |q| \downarrow, \text{朝向} O \text{ 點(鏡頂)移動} \end{array} \right.$$

7. 在近代科技的領域中，下列敘述何者錯誤？

- (A) 雷射可用於光纖通信
- (B) 純矽的晶體摻入少量三價元素後可製成 P 型半導體
- (C) 即使超導體在超導狀態，其電阻也不會是零
- (D) 利用外在電場可改變液晶的光學特性
- (E) 奈米是一個長度單位。

【參考答案】：(C)

【考題難度】：★

【命題出處】：高級中學選修物理課程標準—十三、現代科技簡介

【解題策略】：(1) 雷射光的原理：原子於能階躍遷時，將能階間能量的差以光的形式放出。

(2) 半導體經「摻雜」可大大改善導電本質：

①在純半導體的矽或鍺中摻入三價元素，如硼 (B)、鋁 (Al)、鎵 (Ga) 等，成為一以「電洞」為多數載子的 P 型半導體。

②在純半導體的矽或鍺中摻入五價元素，如砷 (As)、磷 (P)、銻 (Sb) 等，成為一以「電子」為多數載子的 N 型半導體。

(3) 超導體：物體冷卻至某一特定溫度時，具有零電阻、永久電流、完全反磁性的特性稱為超導體。

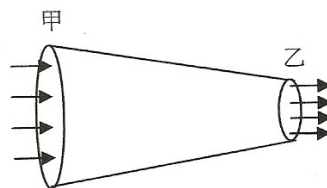
(4) 液晶：兼具固體的結晶次序，與液體的流動特性的物質，統稱為液晶材料。

(5) 奈米科技：在奈米尺度 ($100\text{nm} \sim 0.1\text{nm}$) 上研究物質技術發展的科學。

【試題解析】：(C)× 超導體在超導狀態，其電阻為零。

8. 如右圖所示，一水管水平放置，水以 1.50kg/sec 的固定速率，穩定地從甲截面流入，從乙截面流出。已知甲截面的面積為 12.0cm^2 ，乙截面的面積為 5.00cm^2 。假設管內同一截面上各點的流速相等，則甲截面的水流速 $v_{\text{甲}}$ 和乙截面的水流速 $v_{\text{乙}}$ 各為下列哪一項？

- (A) $v_{\text{甲}} = 3.00\text{m/sec}$ ， $v_{\text{乙}} = 1.50\text{m/sec}$
 (B) $v_{\text{甲}} = 2.50\text{m/sec}$ ， $v_{\text{乙}} = 1.50\text{m/sec}$
 (C) $v_{\text{甲}} = 1.25\text{m/sec}$ ， $v_{\text{乙}} = 3.00\text{m/sec}$
 (D) $v_{\text{甲}} = 1.00\text{m/sec}$ ， $v_{\text{乙}} = 3.00\text{m/sec}$
 (E) $v_{\text{甲}} = 1.00\text{m/sec}$ ， $v_{\text{乙}} = 4.25\text{m/sec}$ 。



【參考答案】：(C)

【考題難度】：★★

【命題出處】：高級中學物質科學（物理篇）課程標準—十一、流體的性質

【解題策略】：連續方程式： $AV = \text{const.}$ 方程式的本質:質量守恆 $\rightarrow A_1V_1 = A_2V_2$

【試題解析】：依 $AV = \text{const.}$ $A_{\text{甲}}v_{\text{甲}} = A_{\text{乙}}v_{\text{乙}}$ ， $\frac{v_{\text{甲}}}{v_{\text{乙}}} = \frac{A_{\text{乙}}}{A_{\text{甲}}} = \frac{5.00}{12.0} = \frac{5}{12}$

$$\therefore \text{檢驗各選項：} \left\{ \begin{array}{l} (A) \times \frac{v_{\text{甲}}}{v_{\text{乙}}} = \frac{3.00}{1.50} = \frac{2}{1} \\ (B) \times \frac{v_{\text{甲}}}{v_{\text{乙}}} = \frac{2.50}{1.50} = \frac{5}{3} \\ (C) O \frac{v_{\text{甲}}}{v_{\text{乙}}} = \frac{1.25}{3.00} = \frac{5}{12} \\ (D) \times \frac{v_{\text{甲}}}{v_{\text{乙}}} = \frac{1.00}{3.00} = \frac{1}{3} \\ (E) \times \frac{v_{\text{甲}}}{v_{\text{乙}}} = \frac{1.00}{4.25} = \frac{4}{17} \end{array} \right.$$

9. 在一開口水槽的平靜水面上，將一半徑為 2.5cm 、質量為 2.4g 細鋁線製成的圓圈（鋁的密度為 2.70g/cm^3 ），輕輕平放該水面上而不下沉，則水的表面張力最可能是下列哪一項？

- (A) $7.5 \times 10^{-2} \text{N/m}$ (B) $1.5 \times 10^{-1} \text{N/m}$ (C) $1.2 \times 10^{-2} \text{N/m}^2$
 (D) $2.4 \times 10^{-2} \text{N/m}^2$ (E) $2.4 \times 10^{-2} \text{N}$ 。

【參考答案】：(A)

【考題難度】：★

【命題出處】：高級中學物質科學（物理篇）課程標準—十一、流體的性質

【解題策略】：表面張力的測量：

液體表面上對每單位長度所呈現的張力，以 T 表之。

$$T = \frac{F}{L} \text{ (單位為 } \text{N/m})$$

【試題解析】：依 $T = \frac{F}{L}$ $\xrightarrow{L=2 \times 2.5\pi R}$ $F = T \cdot (4\pi \times \frac{2.5}{100}) = \frac{\pi T}{10} \text{N}$

又 $\Sigma F_y = 0$ $F = mg$, $\frac{\pi T}{10} = \frac{2.4}{1000} \times 9.8$, $T = 7.5 \times 10^{-2} \frac{\text{N}}{\text{m}}$

10. 有一平行板電容器，內部抽成真空，其中一板帶正電，另一板帶等量的負電。已知當兩個電極板的間距為 1.2cm 時，電容器內部電場的強度為 25kV/m 。若此電容器兩電極板間的電位差維持不變，但兩極板的間距變為 2.0cm 時，則電容器內部電場的強度為下列哪一項？
 (A) 30kV/m (B) 24kV/m (C) 18kV/m (D) 15kV/m (E) 10kV/m 。

【參考答案】：(D)

【考題難度】：★★

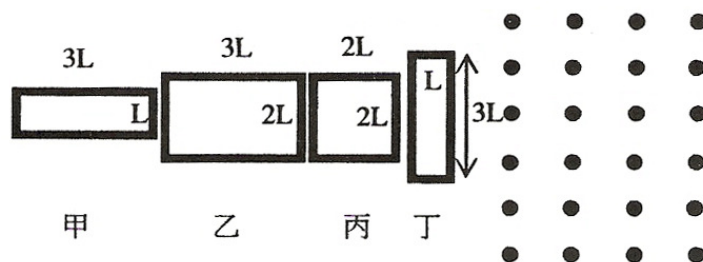
【命題出處】：高級中學選修物理課程標準一六、靜電

【解題策略】：電容器內部的電場強度：

$$\begin{array}{l} \boxed{E = \frac{V}{d}} \left\{ \begin{array}{l} V: \text{兩電板間之電位差}(V) \\ d: \text{兩電板間之距離}(m) \\ E: \text{兩電板間之電場強度}(N/C) \end{array} \right. \end{array}$$

【試題解析】：依 $\boxed{E = \frac{V}{d}} \xrightarrow{V=\text{const.}} Ed = \text{const.}$ ， $25 \times \frac{1.2}{100} = E \times \frac{2.0}{100}$ ， $E = 15(\text{kV/m})$

11. 如下圖所示，甲、乙、丙、丁四個方形線圈以相同水平速度 v 分別進入垂直射出紙面的均勻磁場 B 中，四個線圈的邊長如圖所示之尺寸，則在四個線圈剛進入磁場時，它們的感應電動勢的量值之關係為下列何者？



- (A) 甲 = 丁 < 丙 < 乙 (B) 甲 > 乙 > 丙 > 丁 (C) 丁 > 丙 > 乙 > 甲
(D) 甲 = 乙 > 丙 > 丁 (E) 丁 > 丙 = 乙 > 甲。

【參考答案】：(E)

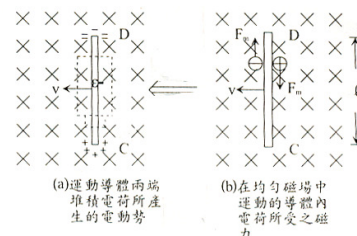
【考題難度】：★★

【命題出處】：高級中學選修物理課程標準一九、電磁感應

【解題策略】：導線切割磁力線產生感應電動勢 (ε)：

$$\varepsilon = \frac{W}{q} = (\vec{V} \times \vec{B}) \cdot \vec{l} \quad \text{或} \quad \varepsilon = (VB \sin \theta) \cdot l \cos \phi$$

式中 $\begin{cases} \theta: \vec{V} \text{ 和 } \vec{B} \text{ 之間所夾的角度} \\ \phi: (\vec{V} \times \vec{B}) \text{ 所決定之 } \vec{F}_m \text{ 與 } \vec{l} \text{ 間之夾角} \end{cases}$



【試題解析】：(E) 依 $\varepsilon = (VB \sin \theta) \cdot l \cos \phi \xrightarrow{0=90^\circ, \phi=0^\circ} \varepsilon = VBl \xrightarrow{V, B=\text{const}} \varepsilon \propto l$

又圖示 $l_{\text{丁}} > l_{\text{丙}} = l_{\text{乙}} > l_{\text{甲}}$ ，故 $\varepsilon_{\text{丁}} > \varepsilon_{\text{丙}} = \varepsilon_{\text{乙}} > \varepsilon_{\text{甲}}$

12. 一重為 $W = mg$ 的長方形物體 (g 為重力加速度)，靜置於一以等速度 v 、水平向右直線行駛的火車車箱內的地板上，火車質量為 M 。當火車以等加速度 a 向右加速時，若物體相對火車車箱而言，仍然維持在原地不動，忽略空氣阻力，則對地面上的觀察者而言，有關此時物體的受力及運動，下列敘述哪一項是正確的？

- (A) 物體未受力，故仍然可在原地不動
- (B) 物體受一大小為 Ma 、向左的摩擦力，以維持在原地不動
- (C) 物體受一大小為 Ma 、向右的摩擦力，以維持等加速度運動
- (D) 物體受一大小為 ma 、向左的摩擦力，以維持在原地不動
- (E) 物體受一大小為 ma 、向右的摩擦力，以維持等加速度運動。

【參考答案】：(E)

【考題難度】：★★

【命題出處】：高級中學物質科學（物理篇）課程標準—四、牛頓運動定律

【解題策略】：擅取隔離體圖，分析內力：

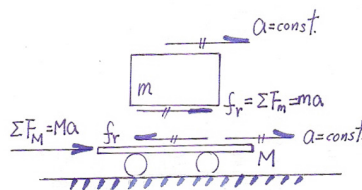
(1) 隔離物塊，物塊週邊凡有與之接觸的部分就有力的作用，均需一一繪出，如此的物塊受力圖即為隔離體圖。

(2) 依牛頓第二運動定律， $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$ ，列式解析。

【試題解析】：取長方形物體為隔離體圖：如右圖所示

$$\text{依 } \boxed{\Sigma \vec{F} = m\vec{a}} \xrightarrow{m, M \text{ 間沒有相對運動}} a_m = a_M = a, \rightarrow$$

$$\therefore f_r = \Sigma F_m = ma, \rightarrow$$



13. 如右圖所示，一質量為 m 的棒球以速度 v 水平飛向擊球手，擊球手揮棒擊球，使球以速度 v 鉛垂向上飛出，設水平飛行方向為 $+x$ ，鉛垂向上飛出方向為 $+y$ ，則球所受到衝量的量值及方向為下列何者？

(A) $2mv$ ，向 $+y$ 方向

(B) mv ，與 $+x$ 方向成 45°

(C) mv ，與 $+x$ 方向成 135°

(D) $\sqrt{2}mv$ ，與 $+x$ 方向成 45°

(E) $\sqrt{2}mv$ ，與 $+x$ 方向成 135° 。

【參考答案】：(E)

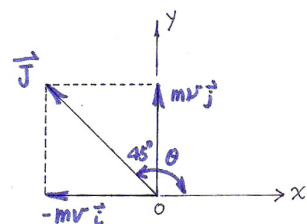
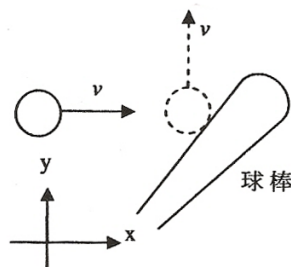
【考題難度】：★★

【命題出處】：高級中學物質科學（物理篇）課程標準—四、牛頓運動定律

【解題策略】：衝量（ J ）與動量（ P ）間的關係： $\vec{J} = \Delta \vec{P} = m \cdot \Delta \vec{V} = m(\vec{V}_f - \vec{V}_i)$

【試題解析】：依 $\vec{J} = \Delta \vec{P} = m \cdot \Delta \vec{V} = m(\vec{V}_f - \vec{V}_i)$ $\vec{J} = m \cdot (v\vec{j} - v\vec{i}) = -mv\vec{i} + mv\vec{j}$

$\therefore J = \sqrt{(-mv)^2 + (mv)^2} = \sqrt{2}mv$ ， $\theta = 135^\circ$ ，如右圖所示。



14. 如右圖所示，定量的理想氣體密封於一絕熱氣室內，氣室的右側裝有一可以活動的氣密活塞。

今緩慢對活塞施以一水平力，使活塞向左移動一段距離後，氣室的體積減少，若忽略活塞與氣室內壁間的摩擦力，並以 P 表氣體壓力， T 表氣體溫度， U 表氣體內能，則 P 、 T 、 U 三者各自有何變化？

(A) P 增加， T 增加， U 減少

(B) P 減少， T 減少， U 增加

(C) P 增加， U 增加， T 減少

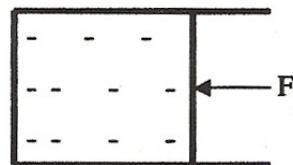
(D) T 減少， U 減少， P 增加

(E) P 增加， T 增加， U 增加。

【參考答案】：(E)

【考題難度】：★★

【命題出處】：高級中學物質科學（物理篇）課程標準一十三、氣體動力論



【解題策略】：(1) 氣體物態方程式：

$$PV = nRT$$

P ：氣體壓力(N/m^2)
 V ：容器體積(m^3)
 n ：氣體莫耳數($mole$)
 R ：氣體常數(8.3)
 T ：氣體溫度(K)

(2) 氣體的內能 (U) — $U \approx (E_K)_{C,T} = \frac{3}{2} NkT$

【試題解析】：(1) 對密封絕熱氣室內之氣體，施力推動活塞壓縮之，則氣體體積縮小 ($V \downarrow$)、壓力增大 ($P \uparrow$)。

(2) 外力對氣室系統作功，使系統內能增加 ($U \uparrow$)。

依 $\Delta U \approx \Delta(E_K)_{C,T} = \frac{3}{2} Nk\Delta T \xrightarrow{N=const.} \Delta U \propto \Delta T \begin{cases} \Delta U > 0 \\ \Delta T > 0 \Rightarrow T \uparrow \end{cases}$

15. 如右圖所示，長 5.0m 的均勻細線，質量為 0.010kg ，一端繫於固定在桌上的起振器 P 點，另一端經光滑的定滑輪 Q ，懸掛質量為 1.0kg 的重物， PQ 間恰好是 4.0m 。調整起振器的振動頻率，直到 PQ 間產生三個清楚的駐波波節(不含 P 、 Q 兩節點)為止，若繩波的速率等於 $\sqrt{\frac{T}{\mu}}$ ，

其中 T 及 μ 分別為繩之張力及線密度，則當時起振器的振動頻率為若干？

(A) 3Hz (B) 10Hz

(C) 35Hz (D) 41Hz

(E) 140Hz 。

【參考答案】：(C)

【考題難度】：★★

【命題出處】：高級中學物質科學(物理篇)課程標準——波動

【解題策略】：(1) 弦線產生駐波的條件—兩端均為固定端：

$$L = n \cdot \frac{\lambda}{2} \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

或

$$f = \frac{nV}{2L} \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

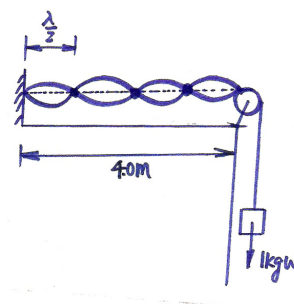
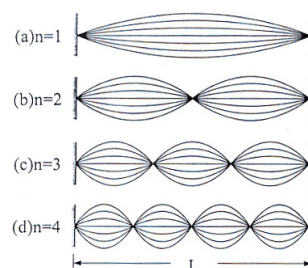
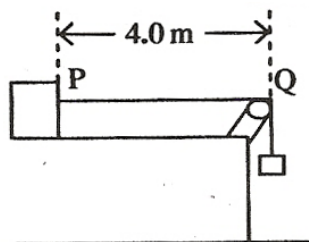
(2) 弦波波速(V):

$$V = \sqrt{\frac{F}{\rho}} \xrightarrow{\rho = \frac{M}{L}} V = \sqrt{\frac{FL}{M}}$$

F : 弦線張力(N)
 L : 弦線長度(m)
 M : 弦線質量(kg)
 V : 弦波速度(m/sec)
 ρ : 線密度(kg/m)

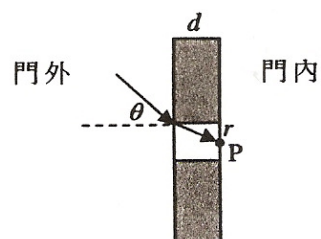
【試題解析】：(1) 依 $V = \sqrt{\frac{FL}{M}}$ 弦線波速: $V \rightarrow V = \sqrt{\frac{(1.0 \times 9.8) \cdot 5.0}{0.010}} = 70(m/sec)$

(2) 依 $f = \frac{nV}{2L}$ $\xrightarrow[\overline{PQ=L=4.0m}]{\overline{PQ} \text{內共有5個節點} \Rightarrow n=4}$ $\rightarrow f = \frac{4 \cdot 70}{2 \cdot 4.0} = 35(Hz)$



16. 如右圖所示，在一厚度為 d 的門中，安置一長度與門厚相同的玻璃圓柱體，其半徑為 r 。若玻璃圓柱體的折射率 $n = \frac{3}{2}$ ，且 $\frac{d}{r} = \frac{4}{3}$ ，則從門外射入門內的光線中，可到達玻璃圓柱體右側中心點 P 的最大角 θ (如圖所示) 的正弦值 ($\sin$) 為下列何者？

- (A) $\frac{4}{5}$ (B) $\frac{5}{6}$
 (C) $\frac{9}{10}$ (D) $\frac{8}{15}$
 (E) $\frac{9}{15}$ 。



【參考答案】：(C)

【考題難度】：★★

【命題出處】：高級中學選修物理課程標準—四、光的折射

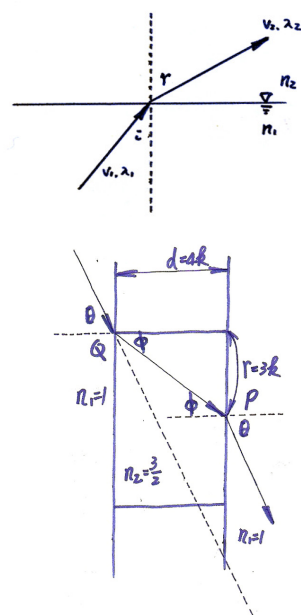
【解題策略】：司乃耳定律：

$$n_{12} = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

【試題解析】：依

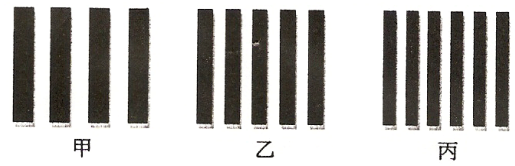
$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1} \xrightarrow{\text{右圖}} \begin{cases} n_1 = 1 (\text{空氣}) \\ n_2 = \frac{3}{2} (\text{玻璃圓柱體}) \end{cases}$$

$$\therefore \frac{\sin \theta}{\sin \phi} = \frac{\left(\frac{3}{2}\right)}{1} = \frac{3}{2} \xrightarrow{\sin \phi = \frac{r}{PQ} = \frac{3}{5}} \sin \theta = \frac{3}{2} \times \frac{3}{5} = \frac{9}{10}$$



17. 小明將 L 、 M 、 N 三種單色光在同一雙狹縫的裝置上作繞射實驗，在所有實驗條件相同狀況下， L 、 M 、 N 三種單色光分別在屏幕上獲得如下圖的甲、乙、丙三種干涉條紋，則下列敘述何者正確？

- (A) L 光的波長最短
 (B) M 光在水中傳播的速度最慢
 (C) N 光的頻率最低
 (D) 三種單色光波長大小關係為 L 光 $>$ M 光 $>$ N 光
 (E) 三種單色光的每個光子能量均相同。



【參考答案】：(D)

【考題難度】：★★

【命題出處】：高級中學選修物理課程標準一五、光的干涉與繞射

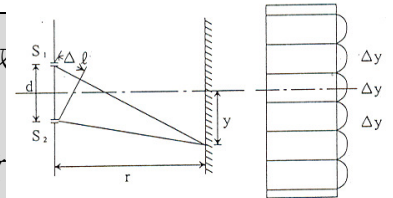
【解題策略】：雙狹縫干涉實驗裝置：

(1) 條件式（光程差）－

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

(2) 位置式－

$$y = \begin{cases} m \cdot \frac{r\lambda}{d} = m \cdot \Delta y \cdots, m = 0, 1, 2, 3, \cdots \text{亮紋} \\ n \cdot \frac{r\lambda}{2d} = n \cdot \frac{\Delta y}{2} \cdots, n = 1, 3, 5, 7, \cdots \text{暗紋} \end{cases}$$



式中 $\Delta y = \frac{r\lambda}{d}$ = 各亮紋寬度 = 亮紋間距 = 暗紋間距

- 【試題解析】：(A)× (1) 依 $\Delta y = \frac{r\lambda}{d} \xrightarrow{d, r = \text{const.}} \Delta y \propto \lambda \begin{cases} (\Delta y)_{\text{甲}} > (\Delta y)_{\text{乙}} > (\Delta y)_{\text{丙}} \\ \lambda_L > \lambda_M > \lambda_N \end{cases}$
 (D)O
 (B)× (2) 同一介質中： $\begin{cases} \lambda \uparrow \\ V \uparrow \end{cases} \xrightarrow{\text{承(1)}} (v_{H_2O})_L > (v_{H_2O})_M > (v_{H_2O})_N$
 (C)× (3) 依 $c = \lambda \cdot f \xrightarrow{\text{真空: } c = \text{const.}} f \propto \frac{1}{\lambda} \xrightarrow{\text{承(1)}} f_L < f_M < f_N$
 (E)× (4) 依 $E = h \cdot f \xrightarrow{h = \text{const.}} E \propto f \xrightarrow{\text{承(3)}} E_L < E_M < E_N$

18.-19. 題為題組

下表為一些金屬的功函數。今用波長為 400nm 的單色光分別照射各金屬片，從事光電效應的實驗。

金屬名稱	功函數 (eV)
鈉	2.25
鎂	3.68
銅	4.70

18. 下列敘述哪一項正確？

- (A) 鈉、鎂、銅都會產生光電子 (B) 只有鈉、鎂會產生光電子
(C) 只有鈉、銅會產生光電子 (D) 只有鎂、銅會產生光電子
(E) 只有鈉會產生光電子。

19. 若入射光照射到上表中某金屬片時的功率為 0.5W ，且產生的光電子都可全部收集，而獲得 3.2mA 的光電流，則約有多少百分比的入射光產生了光電子？

- (A) 50% (B) 25% (C) 10% (D) 5% (E) 2%。

【參考答案】：18. (E)；19. (E)

【考題難度】：★★

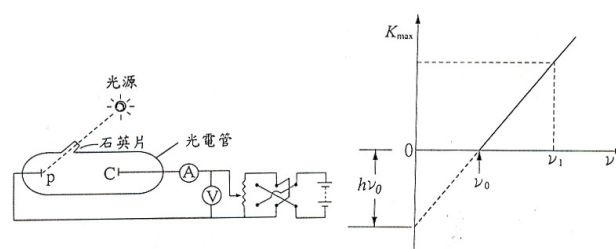
【命題出處】：高級中學選修物理課程標準—十、近代物理學的簡介

【解題策略】：(1) 電磁波能量式：

$$E = mc^2 = h\nu = \frac{hc}{\lambda} (J) \quad \text{或} \quad E = \frac{12400}{\lambda \left(\frac{\text{\AA}}{\text{\AA}} \right)} (eV)$$

(2) 光電效應：

①裝置——



②原理—— $K_{\max} = h\nu - h\nu_0$ $\xrightarrow{K_{\max}-\nu \text{ 函數圖}}$ $y = ax + b$

(a) 直線斜率的實驗值： $a = h =$ 普朗克常數

(b) 直線在 $K_{\max}$ 軸上的截距： $b = -h\nu_0 \xrightarrow{\text{得功函數(逸出功)}} E_b = h\nu_0$

(c) 直線和 ν 軸的交點可決定該金屬的低限頻率（截止頻率） ν_0 。

【試題解析】：/18./

依 $E = \frac{12400}{\lambda \left(\frac{\text{\AA}}{\text{\AA}} \right)} (eV) \xrightarrow{\lambda=400\text{nm}=4000 \text{\AA}} E_{in} = \frac{12400}{4000} = 3.1\text{eV} \left\{ \begin{array}{l} > (E_b)_{\text{鈉}} \\ < (E_b)_{\text{鎂}} \\ < (E_b)_{\text{銅}} \end{array} \right.$

$\therefore$ 只有「鈉」會產生光電效應，引發光電子。

/19./ (1) 光電流： $I = 3.2mA = 3.2 \times 10^{-3} \frac{C}{\text{sec}}$

$$\therefore \text{光電子數 } N = \frac{3.2 \times 10^{-3} \frac{\text{個}}{\text{sec}}}{1.6 \times 10^{-19} \frac{\text{個}}{\text{sec}}} = 2.0 \times 10^{16} \frac{\text{個}}{\text{sec}}$$

$$\begin{aligned} (2) \text{ 光電子總功率 } P_{\text{光電子}} &= 3.1eV \cdot \left(1.6 \times 10^{-19} \frac{J}{eV} \right) \cdot \left(2.0 \times 10^{16} \frac{\text{個}}{\text{sec}} \right) \\ &= 9.92 \times 10^{-3} \frac{J}{\text{sec}} = 9.92 \times 10^{-3} W \end{aligned}$$

$$\therefore \text{入射光產生光電子的效率：} e = \frac{P_{\text{光電子}}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$e = \frac{9.92 \times 10^{-3}}{0.5} \times 100\% \doteq 2\%$$

20. 設人造衛星以半徑 r 繞地心作圓軌道運動，令地球的質量為 M ，萬有引力常數為 G ，則人造衛星與地心的連線，在單位時間內所掃過的面積為下列哪一項？

- (A) $\sqrt{\frac{1}{4}GMr}$ (B) $\sqrt{\frac{1}{2}GMr}$ (C) $\sqrt{GMr}$ (D) $\sqrt{2GMr}$ (E) $\sqrt{4GMr}$ 。

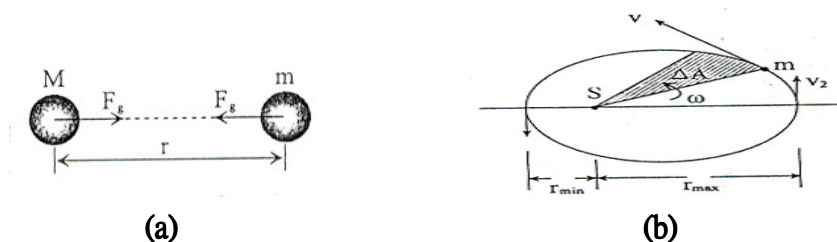
【參考答案】：(A)

【考題難度】：★★

【命題出處】：高級中學物質科學（物理篇）課程標準—七、萬有引力定律

【解題策略】：(1) 萬有引力定律：

$$F_g = \frac{GMm}{r^2} \quad \left\{ \begin{array}{l} m, M : \text{兩質點的質量}(kg) \\ F_g : \text{兩質點間的萬有引力}(N) \\ r : \text{兩質點間的連心距離}(m) \\ G : \text{萬有引力常數} \left(G = 6.67 \times 10^{-11} \frac{Nm}{kg^2} \right) \end{array} \right.$$



(2) 克卜勒行星第二運動定律：等面積速率定律

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

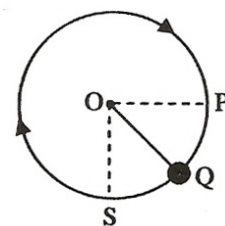
【試題解析】：(1) 依 $F_g = F_n = m \cdot \frac{V^2}{r}$ $\frac{GMm}{r^2} = m \cdot \frac{V^2}{r}$ ， $V = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ (a)

(2) 依 $\frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{1}{2} r V \sin \theta = \text{const.}$ $\xrightarrow{\text{?軌道}\theta=90^\circ} \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{1}{2} r V \dots(b)$

$$\text{將(a)代入(b)，得 } \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{1}{2} r V = \frac{1}{2} r \cdot \sqrt{\frac{GM}{r}} = \sqrt{\frac{1}{4} GMr}$$

二、多重選擇題

21. 如右圖所示，以輕繩繫住的小球，繞一水平軸在一鉛垂面作順時針、半徑固定的圓周運動， O 點為其圓心。相對 O 點而言，若忽略空氣阻力，則有關小球的角動量和小球所受的力矩的敘述，下列哪些選項是正確？



- (A) 繩上的張力不影響小球的角動量
- (B) 小球角動量的方向是垂直射出紙面
- (C) 小球角動量在 S 點時比在 P 點時為小
- (D) 小球所受的重力力矩，在 P 點時比在 Q 點時為大
- (E) 小球角動量隨時間的改變率，在 S 點時比在 Q 點時為大。

【參考答案】：(A) (D)

【考題難度】：★★

【命題出處】：高級中學物質科學（物理篇）課程標準一六、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) 角動量守恆定律：

外力對轉軸所生之力矩和為零時，則轉動體之角動量將保持不變，稱為角動量守恆定律。

$$\tau(t) = \frac{dl}{dt} = l'(t) \xrightarrow{\tau(t)=0} l(t) = \text{const.} \Leftrightarrow m \cdot r \cdot V \sin \theta = \text{const.}$$

(3) 力矩的定義：
$$\tau(t) = F_t \cdot r = I \cdot \alpha = \frac{dl}{dt} = l'(t)$$

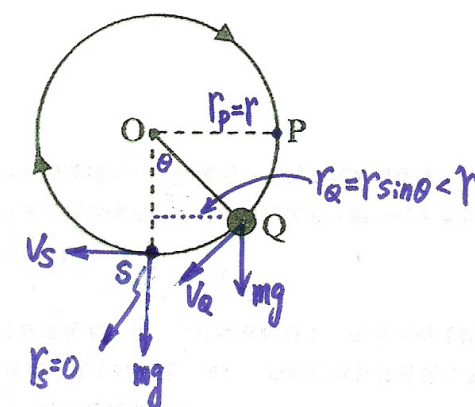
【試題解析】：(A) O (1) 張力的作用方向恆沿軸心，對小球不生外力矩，則小球角動量不受張力影響。

(B) $\times$ (2) 依 $\vec{l} = m\vec{r} \times \vec{V}$ $\xrightarrow{\text{右手螺旋定則四指沿}\vec{r}\text{方向轉至}\vec{V}\text{方向}} \vec{l} \times$ (垂直「射入」紙面)

(C) $\times$ (3) 依 $l = m \cdot r \cdot V \sin \theta$ $\xrightarrow{\theta=0^\circ, m, r=\text{const.}} l \propto V \begin{cases} V_S > V_P \\ l_S > l_P \end{cases}$

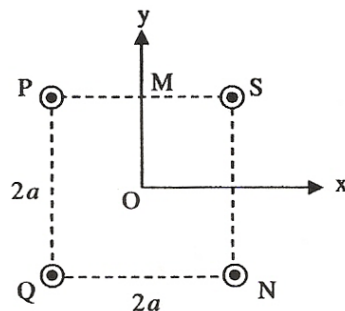
(D) O (4) 依 $\vec{\tau} = \vec{F} \times \vec{r}$ $\xrightarrow{F=mg=\text{const.}} \begin{cases} r_P > r_Q \\ \tau_P > \tau_Q \end{cases}$

(E) $\times$ (5) 依 $\tau(t) = \frac{dl}{dt} = l'(t)$ $\xrightarrow{S: \text{小球重力沿軸心方向}, r_S=0} \tau_S = 0 < \tau_Q \neq 0$



22. 如右圖所示，有四條垂直紙面且互相平行的長直導線，它們與紙面的交點分別為 P 、 Q 、 N 及 S ，緊鄰兩條導線的間距為 $2a$ ，圖中正方形中心 O 點為參考坐標 $x-y$ 的原點，都在紙面上， M 為 PS 連線的中點。已知四條長直導線上的電流大小都為 I ，電流的方向也都是射出紙面，則下列敘述哪些正確？

- (A) O 點的磁場等於零
 (B) M 點的磁場指向 $+x$ 方向
 (C) M 點的磁場的大小等於 $\frac{5}{4} \left(\frac{\mu_0 I}{2\pi a} \right)$
 (D) 與紙面交點為 S 的導線所受到磁作用力的方向為由 O 指向 S
 (E) 在紙面上距離 O 點為 r ($r \gg a$) 的任一點，其磁場的大小約為 $\frac{2\mu_0 I}{\pi r}$ 。



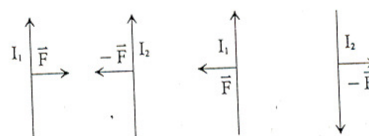
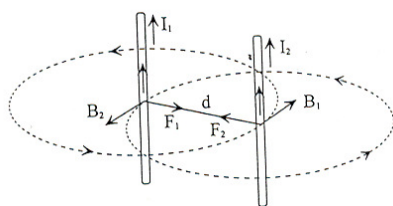
【參考答案】：(A) (E)

【考題難度】：★★★

【命題出處】：高級中學選修物理課程標準一八、磁場

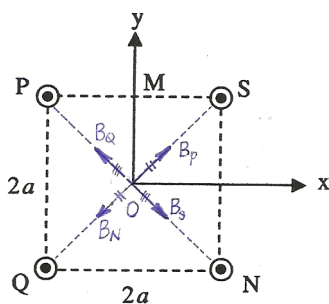
【解題策略】：(1) 載流長直導線附近的磁場強度 — $B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r}$

(2) 兩平行載流長直導線間的磁力：

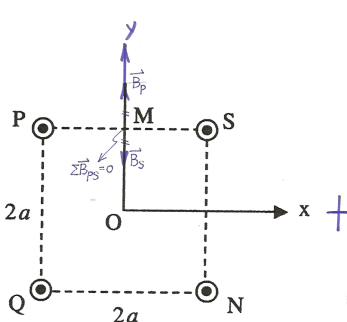


$$F_m = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d} \cdot L \quad \left\{ \begin{array}{l} d: \text{兩導線之間距} \\ L: \text{導線長度}(L \gg d) \end{array} \right.$$

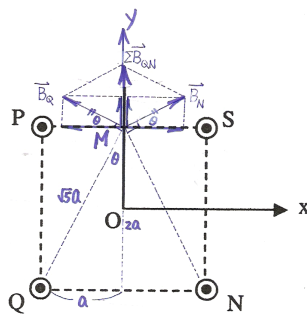
【試題解析】：(A) O 點：依 $B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r}$ $\xrightarrow{i, r = \text{const.}}$ $B = \text{const.}$ ， $\begin{cases} \vec{B}_S = -\vec{B}_Q \\ \vec{B}_P = -\vec{B}_N \end{cases}$
 $\therefore \Sigma \vec{B}_O = \vec{B}_S + \vec{B}_Q + \vec{B}_P + \vec{B}_N = 0$ ，如下圖 (a) 所示。



(a)



(b)



(c)

(B) ×
 (C) ×

(2) ① M 點：同 (1)， $\begin{cases} \vec{B}_P = -\vec{B}_S \\ (\vec{B}_Q)_x = -(\vec{B}_N)_x \end{cases}$

$\therefore \Sigma \vec{B}_M = \vec{B}_S + \vec{B}_Q + \vec{B}_P + \vec{B}_N = \vec{B}_Q + \vec{B}_N$ ，如上圖 (b) 所示。

$$\begin{aligned}\textcircled{2} \Sigma B_M &= (B_Q)_y + (B_N)_y, \uparrow = 2B \sin \theta, \uparrow \\ &= 2 \times \frac{\mu_0 I}{2\pi \cdot \sqrt{5}a} \times \frac{a}{\sqrt{5}a} = \frac{\mu_0 I}{5\pi a}, \uparrow\end{aligned}$$

(D)×

(3) 依

兩平行載流長直導線間的磁力： $\begin{cases} \text{同向相吸} \\ \text{反向相斥} \end{cases}$

① 導線 P 、 N 對 S ： $\Sigma \vec{F}_1 = \vec{F}_{PS} + \vec{F}_{NS}$ (方向：沿 $\vec{SQ}$)

② 導線 Q 對 S ： $\vec{F}_{QS}$ (方向：沿 $\vec{SQ}$)

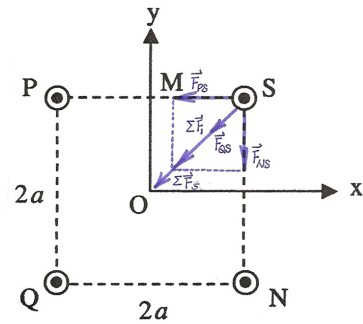
$\therefore \Sigma \vec{F}_S = \Sigma \vec{F}_1 + \vec{F}_{QS}$ (方向：沿 $\vec{SQ}$ ，由 S 指向 O)，如上圖 (c)

所示。

(E)O

(4) 依

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r} \xrightarrow{r \gg a} \Sigma B_x \approx 4 \times \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \frac{2\mu_0 I}{\pi r}$$



23. 動能為 E 的 α 粒子 ($Z=2$, $A=4$) 由無限遠處, 向固定不動的金原子核 ($Z=79$, $A=196$) 作正面彈性碰撞, 設 r 為碰撞過程中, α 粒子與金原子核的距離, k 為庫倫常數, e 為基本電荷的電量, 並取 $r=\infty$ 時的電位能為零, 若忽略重力, 則下列敘述哪些選項是正確?

(A) α 粒子在碰撞過程中, 在 r 處受到 $\frac{158ke^2}{r^2}$ 的排斥力

(B) α 粒子在碰撞過程中, 在 r 處的電位能為 $\frac{158ke^2}{r^2}$

(C) α 粒子在碰撞後, 其運動方向與原入射方向相反

(D) α 粒子在碰撞過程中的最小動能為 $\frac{1}{2}E$

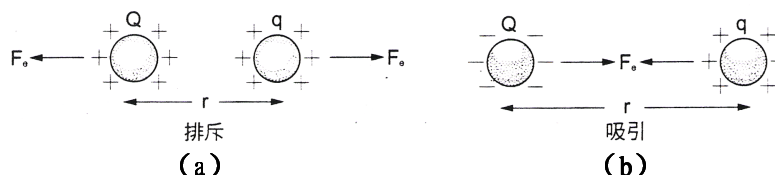
(E) α 粒子在碰撞過程中的最小距離為 $\frac{158ke^2}{E}$ 。

【參考答案】: (A) (C) (E)

【考題難度】: ★★★

【命題出處】: 高級中學選修物理課程標準—十一、原子結構

【解題策略】: (1) 庫倫(靜電力)定律:



▲ 庫倫靜電力定律

$$F_e = \frac{kQq}{r^2} \quad (k : \text{比例常數}, k = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2})$$

(2) 電位能: 兩點電荷 Q 與 q 相距 r 時之電位能

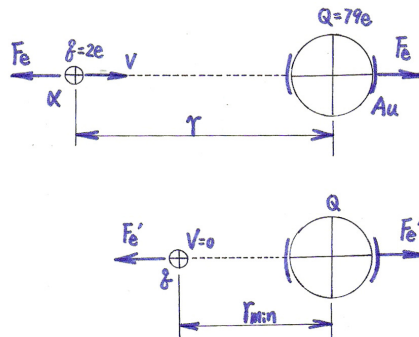
$$U(r) = \frac{kQq}{r}, \quad U(\infty) = 0$$

(3) 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。

$$W_{\text{非保守力}} = 0 \xrightarrow{\text{數學式}} \Sigma E = E_K + U = \text{const.}$$

$$U : \begin{cases} E_K = \frac{1}{2} mV^2 \dots\dots\dots \text{動能} \\ U_P = mgh \dots\dots \text{重力位能} \\ U_e = \frac{KqQ}{r} \dots\dots\dots \text{電位能} \end{cases}$$

【試題解析】:



(A) O
(C) O

(1) 依 $F_e = \frac{kQq}{r^2} \xrightarrow{\begin{cases} \alpha = {}^4_2\text{He} \rightarrow q=2e \\ {}^{196}_{79}\text{Au} \rightarrow Q=79e \end{cases}} F_e = \frac{k(2e)(79e)}{r^2} = \frac{158ke^2}{r^2}$ (排斥力)

$\therefore$ 由上圖所示, α 粒子在碰撞後, 受庫倫力向左運動 (與原入射方向相反)。

(B)×

(2) 依

$$U(r)=\frac{kQq}{r}$$

$$\xrightarrow{\text{承(1)}} U_e=\frac{k(2e)\cdot(79e)}{r}=\frac{158ke^2}{r}$$

(D)×

(3) 當 α 粒子最接近固定不動的金原子核時， $V_\alpha=0$ ， $(E_K)_{\min,\alpha}=0$ 。

(E)O

依

$$\Sigma E=E_K+U=const.$$

$$E=\frac{158ke^2}{r_{\min}}\text{，}r_{\min}=\frac{158ke^2}{E}$$

24. 如右圖所示，在一斜角為 θ 、固定於水平地面的斜面上 L 處，有一質量為 m 的物體以 v 的初速度上滑，物體與斜面間的靜摩擦係數為 μ_s ，動摩擦係數為 μ_k ，物體可達到的最高點 H 的垂直高度為 h 。設重力加速度為 g ，並忽略空氣阻力，則下列敘述哪些項正確？

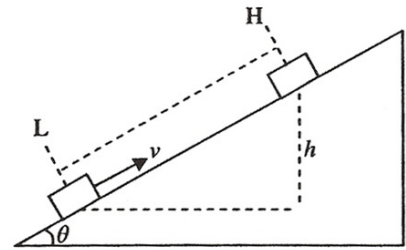
(A) $h = \frac{v^2}{2g}$

(B) $h = \frac{v^2}{2g(\sin \theta + \mu_k \cos \theta)}$

(C) L 至 H 的長度為 $\frac{v^2}{2g(\sin \theta + \mu_k \cos \theta)}$

(D) 若 $\mu_s > \tan \theta$ ，物體在 H 處的加速度為零

(E) 當物體到達 H 處即將下滑的瞬間，物體的加速度為 $g(\sin \theta - \mu_s \cos \theta)$ 。



【參考答案】：(C) (D) (E)

【考題難度】：★★★

【命題出處】：高級中學物質科學（物理篇）課程標準—四、牛頓運動定律

【解題策略】：斜面運動：

分析斜面上物塊的運動，僅考慮「物塊的重力」及「斜面的接觸力」，概分為下列兩種—

(1) 光滑斜面：{ 物塊加速度—— $a = g \sin \theta$

(2) 非光滑斜面：{ (a) 物塊沿斜面等速度下滑 $\rightarrow \mu_k = \tan \theta$
(b) 物塊沿斜面加速度上移 $\rightarrow a_{\uparrow} = g(\sin \theta + \mu_k \cdot \cos \theta)$
(c) 物塊沿斜面加速度下移 $\rightarrow a_{\downarrow} = g(\sin \theta - \mu_k \cdot \cos \theta)$

(A) ×

【試題解析】：(B) × (1) 物塊沿斜面上滑：

(C) O

依 $a_{\uparrow} = g(\sin \theta + \mu_k \cos \theta)$ $a_{\uparrow} = g(\sin \theta + \mu_k \cos \theta) = \text{const.}$

又 $V^2 = V_0^2 - 2aS$ $0 = v^2 - 2 \cdot g(\sin \theta + \mu_k \cos \theta) \cdot \overline{LH}$

$\therefore$ ① 斜面滑移最長距離 $\overline{LH} = \frac{v^2}{2g(\sin \theta + \mu_k \cos \theta)}$

② 承①，對應高度 $h = \overline{LH} \cdot \sin \theta = \frac{v^2 \sin \theta}{2g(\sin \theta + \mu_k \cos \theta)}$

(D) O (2) 由 $(\mu_s > \tan \theta) \times mg \cos \theta \Rightarrow \mu_s \cdot mg \cos \theta > mg \sin \theta$

$\therefore (f_s)_{\max} > f_{\text{下滑力}} \Rightarrow$ 物塊停止於斜面上，不動， $a = 0$

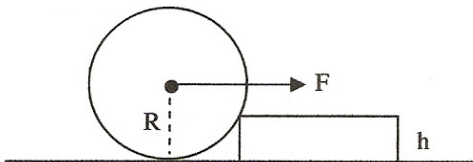
(E) O (3) 物塊沿斜面下滑：

依 $a_{\downarrow} = g(\sin \theta - \mu_k \cos \theta)$ $a_{\downarrow} = g(\sin \theta - \mu_k \cos \theta) = \text{const.}$

第貳部分：非選擇題

一、如下圖所示，有一半徑為 R 、重為 W 、材質均勻的光滑輪子，與高 h 的階梯接觸，靜置於水平地面上。今在輪子中心處施一水平力 F ，使其爬上階梯，若輪子不變形，回答下列問題。

- (1) 輪子在受到一水平力 F ，但尚未脫離地面，呈靜態平衡時，輪子受到哪些力？列舉並繪出其力圖。
- (2) 承上題，列出輪子所受垂直與水平分力的方程式。
- (3) 以輪子與階梯的接觸點為參考點，列出力矩方程式，求在輪子中心處最少需施力多少才能使輪子脫離地面？



【參考答案】：如解析

【考題難度】：★★★

【命題出處】：高級中學物質科學（物理篇）課程標準—三、靜力學

【解題策略】：擅取隔離體圖，分析內力：

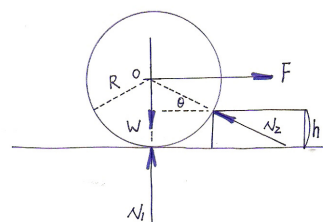
(1) 隔離物塊，物塊週邊凡有與之接觸的部分就有力的作用，均需一一繪出，如此的物塊受力圖即為隔離體圖。

(2) 依靜力學原理， $\Sigma \vec{F} = 0$ ，列式解析。

【試題解析】：(1) 取輪子為隔離體圖

→ 右圖

F : 水平外力
 W : 小球的重力
 N_1 : 地面正向力
 N_2 : 階梯正向力



(2) 依 $\Sigma \vec{F} = 0$ $\begin{cases} \text{鉛直方向: } \Sigma F_y = 0 & N_1 + N_2 \sin \theta = W \cdots (a) \\ \text{水平方向: } \Sigma F_x = 0 & F = N_2 \cos \theta \cdots (b) \end{cases}$

又圖示： $\begin{cases} \sin \theta = \frac{R-h}{R} \\ \cos \theta = \frac{\sqrt{R^2 - (R-h)^2}}{R} = \frac{\sqrt{2Rh - h^2}}{R} \cdots (c) \end{cases}$

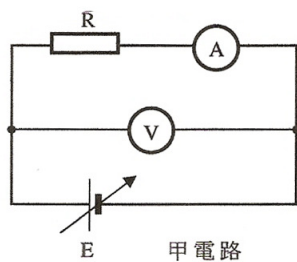
將 (c) 代入 (a)、(b)，得 $\begin{cases} N_1 + N_2 \cdot \frac{R-h}{R} = W \\ F = N_2 \cdot \frac{\sqrt{2Rh - h^2}}{R} \end{cases}$

(3) 當輪子恰離開地面： $N_1 = 0$

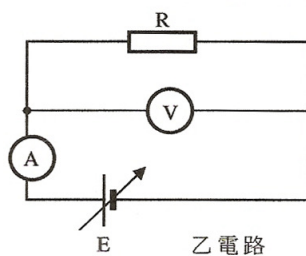
依 $\Sigma \vec{\tau} = 0$ $F \cdot (R-h) = W \cdot \sqrt{R^2 - (R-h)^2}$, $F = \frac{\sqrt{2Rh - h^2}}{R-h} \cdot W$

二. 某生欲以安培計 A (其電阻為 R_A)、伏特計 V (其電阻為 R_V) 及可調變的直流電源供應器 E ，來驗證歐姆定律並測量電阻器 R 的電阻，已知電阻器 R 的電阻約略為數歐姆的低電阻。忽略接線的電阻與電源供應器的內電阻，回答下列各問題。

- (1) 分析比較下圖 (a) 中的甲、乙兩種電路圖所能求出的電阻器 R 的電阻，並說明何者較能準確測量此電阻器的電阻。
- (2) 測量時，需要讀取那兩個儀器的數據？此數據所形成的數據組要有何種關係方能驗證歐姆定律？
- (3) 如何分析上述的數據組來獲知此電阻器的電阻？並說明此實驗值與電阻器的實際電阻，它們兩者間大小的關係。(3 分)



(a)



(b)

【參考答案】：如解析

【考題難度】：★★★

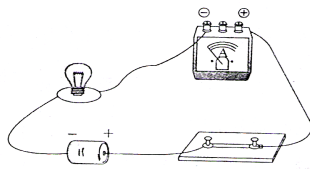
【命題出處】：高級中學選修物理課程標準—七、電流

【解題策略】：(1) 電流的測量：採安培計 (-Ⓐ-)，如下圖 (a) 所示

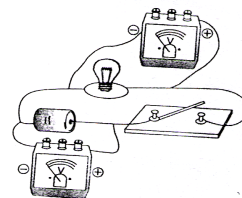
- a. 將圈轉式電流計線圈並聯一低電阻即成
- b. 使用時與被測電器成並聯，且 "+" 端接高電位，端 "-" 端接低電位端

(2) 電壓的測量：採伏特計 (-Ⓥ-)，如下圖 (b) 所示

- a. 將圈轉式電流計線圈串聯一高電阻即成
- b. 使用時與被測電器成並聯，且 "+" 端接高電位，端 "-" 端接低電位端

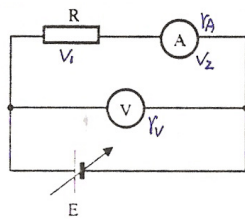


▲ 安培計的接法

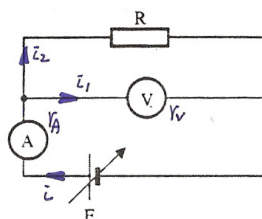


▲ 伏特計的接法

【試題解析】：(1)



甲電路



乙電路

① 甲電路：

$$R_m = \frac{V}{A} = \frac{V_1 + V_2}{A} = \frac{A \cdot R + A \cdot R_A}{A} = R + R_A = R \left(1 + \frac{R_A}{R} \right) \xrightarrow{R \text{ 甚小, } \frac{R_A}{R} \approx 0} R_m \neq R$$

② 乙電路：

$$R'_m = \frac{V}{A} = \frac{V}{i_1 + i_2} = \frac{V}{\frac{V}{R_V} + \frac{V}{R}} = \frac{R \cdot R_V}{R + R_V} = \frac{R}{\frac{R}{R_V} + 1} \xrightarrow{R \text{ 甚小, } \frac{R}{R_V} \approx 0} R'_m \approx R \text{ (較準確)}$$

(2) ①承(1)，進行測量時，讀取安培計 A 、伏特計 V 之數據，得 (V, I) 。

②依 (V, I) ，製作 $V-I$ 圖。

③當 $\frac{V}{I} = R = \text{定值}$ ，繪得一過原點之斜直線，即可驗證歐姆定律。

$$(3) \text{各電路之測量值：} \begin{cases} \text{甲電路} - R_{\text{甲}} = R_m = R + R_A > R \\ \text{乙電路} - R_{\text{乙}} = R'_m = \frac{R \cdot R_V}{R + R_V} = \frac{R}{\frac{R}{R_V} + 1} < R \end{cases}$$

$\therefore$ 得知 $R_{\text{甲}} > R > R_{\text{乙}}$