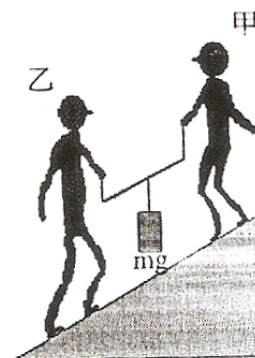


99 年指考物理試題解析

◎範例 1◎

一重物以細繩固定於均勻木棒中心點，整個系統總重量為 mg 。甲、乙兩人站在斜坡上，從木棒兩端鉛直向上提起重物而達靜力平衡，如右圖所示。甲、乙兩人的施力量值分別為 $F_{甲}$ 與 $F_{乙}$ ，則下列敘述何者正確？



- (A) $F_{甲} < F_{乙}$ 且 $(F_{甲} + F_{乙}) < mg$
- (B) $F_{甲} < F_{乙}$ 且 $(F_{甲} + F_{乙}) = mg$
- (C) $F_{甲} < F_{乙}$ 且 $(F_{甲} + F_{乙}) > mg$
- (D) $F_{甲} = F_{乙}$ 且 $(F_{甲} + F_{乙}) = mg$
- (E) $F_{甲} > F_{乙}$ 且 $(F_{甲} + F_{乙}) > mg$ 。

【標準答案】：(D)

【概念中心】：了解靜力平衡的基本條件

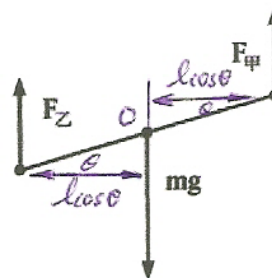
【命題出處】：物質科學物理篇（上）－第三章 靜力平衡

【應考重點】：靜力平衡：

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

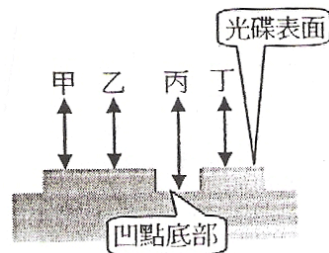
【試題解析】：(1) 依 $\Sigma F_y = 0$ $F_{甲} + F_{乙} = mg$

(2) 依 $\Sigma L = 0$ $\xrightarrow{\text{右圖}}$ $F_{甲} \cdot l \cos \theta = F_{乙} \cdot l \cos \theta \Rightarrow F_{甲} = F_{乙}$



◎範例 2◎

光碟表面以凹點記錄訊息，其放大側視的示意圖如右圖所示。圖中讀取訊號的雷射光束中之甲與乙兩光線在經過光碟表面反射之後，疊加成為建設性干涉。如果丙與丁兩光線可疊加成為破壞性干涉，則凹點底部的深度可為雷射光束波長的多少倍？



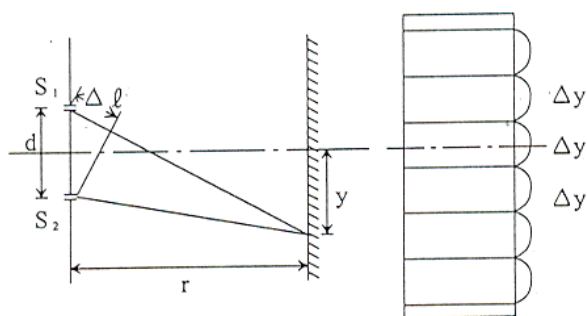
- (A) 2 (B) $\frac{3}{2}$ (C) 1
 (D) $\frac{1}{2}$ (E) $\frac{1}{4}$ 。

【標準答案】：(E)

【概念中心】：了解光的干涉在日常生活中的運用

【命題出處】：選修物理（上）－第五章 光的干涉與繞射

【應考重點】：雙狹縫干涉實驗裝置：

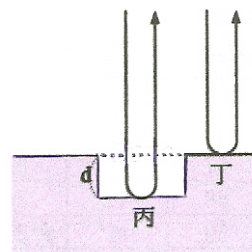


條件式（光程差） $\Delta l = |\overline{PS_1} - \overline{PS_2}| \approx d \sin \theta = \begin{cases} m\lambda \dots, m = 0, 1, 2, 3, \dots \text{亮紋} \\ n \cdot \frac{\lambda}{2} \dots, n = 1, 3, 5, 7, \dots \text{暗紋} \end{cases}$

【試題解析】：(1) 依題意得知，光線丙、丁的波程差為 $\Delta l = 2d$ 。

(2) 丙與丁兩光線可疊加成為破壞性干涉：

依 $\Delta l = n \cdot \frac{\lambda}{2} \dots (n = 1, 3, 5 \dots)$ $2d = n \cdot \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \frac{d}{\lambda} = \frac{n}{4} = \frac{1}{4}, \frac{3}{4}, \frac{5}{4} \dots$



◎範例 3◎

在正常使用下，平行板電容器的電容 C 與兩極板間電位差 V 的關係為下列何者？

- (A) C 與 V 的二次方成正比 (B) C 與 V 的一次方成正比 (C) C 與 V 無關
 (D) C 與 V 的一次方成反比 (E) C 與 V 的二次方成反比。

【標準答案】：(C)

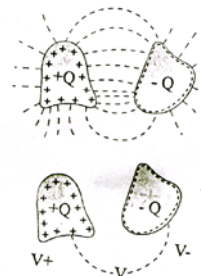
【概念中心】：了解電容器的基本定義

【命題出處】：選修物理（上）－第六章 靜電

【應考重點】：電容器：凡能儲存電荷的物體，稱為電容器。

	}	C : 電容 $\left(\frac{\text{庫侖}}{\text{伏特}} = \text{法拉}\right)$
		Q : 電量(庫侖)
		ΔV : 電位差(伏特)
		A : 電板面積(m^2)
		d : 平行電板板距(m)

$$C = \frac{Q}{\Delta V} = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$



【試題解析】：依平行板電容器的電容： $C = \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d}$ $\xrightarrow{\epsilon_0 = \text{真空中的電容率} = \text{const.}}$ $C \propto \frac{A}{d}$ (與 V 無關)

【重點補述】：(1) 以公式 $C = \frac{Q}{\Delta V}$ 而言，同學們易誤解為 $C \propto \frac{1}{\Delta V}$ (一次方成反比)，觀念錯誤！

(2) 依定義 $C = \frac{Q}{\Delta V}$ ，每提高 1 單位電位差 ($\Delta V = 1V$)，必需將兩側導體各「再充電正、負 1 庫侖」的電量，稱為電容量；故平行板的電位差改變時 ($\Delta V \rightarrow 2\Delta V$)，亦同時改變了電量 ($Q \rightarrow 2Q$)，即 C 與 ΔV 無關。

◎範例 4◎

近年來奈米科技發達，市場上有許多奈米商品，下列有關奈米尺度的敘述何者錯誤？

- (A) 類似於使蓮花葉面不沾濕的奈米結構可用來設計表面不沾濕或不沾垢的材料
- (B) 當物質尺寸縮小到奈米大小時，可能需採用量子物理的觀點來描述該物質的特性
- (C) 當物質尺寸縮小到奈米大小時，有可能出現嶄新的化學材料或是物理特性
- (D) 同樣質量的藥粉，若藥粉顆粒的尺寸從微米尺度加工製作成為奈米尺度的顆粒，加工製作前後，藥粉整體的總表面積不變
- (E) 一奈米等於 10^{-9} 公尺。

【標準答案】：(D)

【概念中心】：了解奈米科技的應用

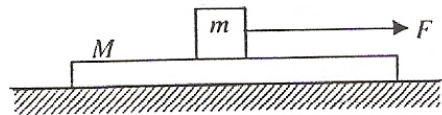
【命題出處】：選修物理（下）－第十三章 現代科技簡介

【應考重點】：(1) 奈米科技：在奈米尺度「(100 nm ~ 0.1 nm)」上研究物質技術發展的科學。
(2) 物質小到奈米尺度時，「量子效應」極為顯著。

【試題解析】：(D)× 將同樣質量的藥粉，加工製作成為奈米尺度的顆粒時，總表面積「變大」。

◎範例 5◎

如右圖所示，先將質量 M 為 1.5kg 的金屬板置於光滑水平面上，再將質量 m 為 0.5kg 的木塊置於金屬板上，金屬板與木塊之間的靜摩擦係數為 μ_s 。今施一漸增的外力 F 沿水平方向拉動木塊 m ，當木塊與金屬板間開始相對滑動時， F 恰為 7.8N ，則 μ_s 值最接近下列何者？



- (A) 1.2 (B) 0.8 (C) 0.4 (D) 0.2 (E) 0.05。

【標準答案】：(A)

【概念中心】：擅用隔離體圖分析物塊的運動

【命題出處】：物質科學物理篇（上）－第四章 牛頓運動定律

【應考重點】：(1) 何為隔離體圖 (Free Body Diagram)：

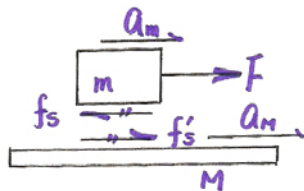
研習力學問題時，對物體內力的分析是經常遇見的，此時必須隔離包含該力的部分物塊，物塊週邊凡有與之接觸的部分就有力的作用，均需一一繪出，如此的物塊受力圖即為隔離體圖。

(2) 如何分析內力？

承 (1) 所述，取得物塊的隔離體圖，依牛頓第二運動定律， $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$ ，列式解析。

【試題解析】：(1) 如右圖所示，分別取物塊 m 、 M 為隔離體圖：

$$\begin{cases} m: \text{受向右外力 } F \text{ 作用} \xrightarrow{\text{生}} \text{向左靜摩擦力 } f_s \\ M: \text{依 } f_s, \text{受向右反作用靜摩擦力作用 } f'_s, \text{且 } f_s = f'_s \end{cases}$$



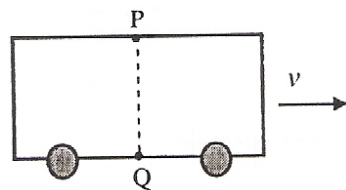
(2) 兩物塊原先一起向右滑動，接觸面間存在靜摩擦力， f_s ：

$$\text{依 } \Sigma \vec{F} = m\vec{a} \begin{cases} m: a_m = \frac{F - f_s}{m} \\ M: a_M = \frac{f_s}{M} \end{cases} \xrightarrow{\text{恰好相對滑動}} \begin{cases} f_s \rightarrow (f_s)_{\max} = \mu_s mg \\ a_m \geq a_M \end{cases}$$

$$\therefore \frac{7.8 - \mu_s \cdot 0.5g}{0.5} \geq \frac{\mu_s \cdot 0.5g}{1.5}, \mu_s \leq 1.17 \xrightarrow{\text{取最接近值}} \mu_s \approx 1.2$$

◎範例 6◎

一車廂的天花板上有一 P 點，其正下方的地板上為 Q 點，兩點的垂直距離為 $3m$ ，該車廂以固定的水平速度 v 往右直線前進，如右圖所示。在某時刻，一小球甲從 P 點相對於車廂自靜止自由落下，當甲球下墜至與 P 點的垂直距離為 $1m$ 時，另一顆小球乙也從 P 點相對於車廂自靜止自由落下。若空氣阻力可忽略，當甲球恰落於車廂地板瞬間，下列敘述何者正確？



- (A) 甲球落於 Q 點，此時兩球高度差的量值大於 $1m$
- (B) 甲球落於 Q 點，此時兩球高度差的量值等於 $1m$
- (C) 甲球落於 Q 點，此時兩球高度差的量值小於 $1m$
- (D) 甲球落於 Q 點左方，此時兩球高度差的量值大於 $1m$
- (E) 甲球落於 Q 點左方，此時兩球高度差的量值等於 $1m$

【標準答案】：(A)

【概念中心】：分析慣性座標系內的物體相對運動問題

【命題出處】：物質科學物理篇（上）－第一章 直線運動

【應考重點】：(1) 不計空氣阻力下，質點在空中進行自由落體運動：

$$\begin{cases} V = g \cdot t \\ S = \frac{1}{2} V \cdot t \\ S = \frac{1}{2} g \cdot t^2 \\ V^2 = 2g \cdot S \end{cases}$$

(2) 慣性座標系內重力場強度為 $g' = g = 10m/s^2 \downarrow$

【試題解析】：(1) 車子進行等速度運動，車廂內之等效重力場強度為 $g' = g = 10m/s^2 \downarrow$ ，故甲球應落 Q 點。

(2) 依 $S = \frac{1}{2}gt^2$ $\xrightarrow{\text{甲球抵達}Q\text{點的費時}t}$ $3 = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot t^2$ ， $t = \sqrt{\frac{3}{5}}s$

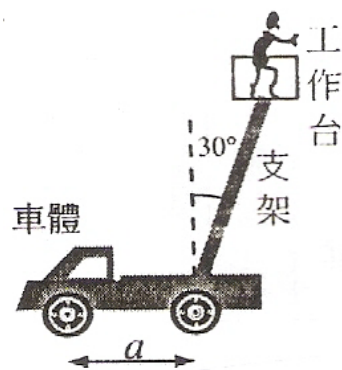
(3) 乙球落後甲球 $1m$ ，相當於落後 $t's$ ， $1 = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot t'^2$ ， $t' = \sqrt{\frac{1}{5}}s$

(4) 甲球抵達 Q 點時，乙球已掉落費時 $\Delta t = t - t' = \sqrt{\frac{3}{5}} - \sqrt{\frac{1}{5}}s$

$$\therefore \Delta h = 3 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot \left(\sqrt{\frac{3}{5}} - \sqrt{\frac{1}{5}} \right)^2 = (2\sqrt{3} - 1)m > 1m$$

◎範例 7◎

右圖為在水平面上的高架工作車示意圖，車體質量為 M （不含支架），質心恰在前輪軸正上方，前後輪軸間距為 a 。均質支架質量為 $\frac{M}{8}$ ，支架底端的支點恰在後輪軸正上方。支架頂端工作



台與人員總質量為 $\frac{M}{4}$ ，質心恰在支架頂端正上方。設工作時支架與鉛垂線的夾角為 30° ，要使車體不至翻覆，支架長度最大可為多少？

- (A) $8a$ (B) $\frac{32}{5}a$ (C) $\frac{16}{3}a$ (D) $\frac{16}{5}a$ (E) $\frac{a}{8}$ 。

【標準答案】：(B)

【概念中心】：了解靜力平衡的基本條件

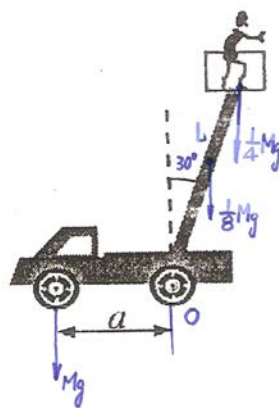
【命題出處】：物質科學物理篇（上）－第五章 牛頓運動定律的應用

【應考重點】：靜力平衡：
 移動平衡 \Leftrightarrow 不移動 $\Leftrightarrow \Sigma F = 0 \Leftrightarrow \begin{cases} \Sigma F_x = 0 \\ \Sigma F_y = 0 \end{cases}$
 轉動平衡 \Leftrightarrow 不轉動 $\Leftrightarrow \Sigma L = 0 \Leftrightarrow L_{\text{順}} = L_{\text{逆}}$

【試題解析】：如右圖所示，取整體工作車為隔離體圖：

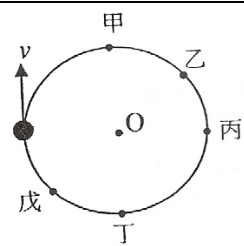
$$\text{依 } \Sigma L_0 = 0 \xrightarrow{\text{恰翻覆}} \frac{1}{8} Mg \times \left(\frac{1}{2} L \cdot \sin 30^\circ \right) + \frac{1}{4} Mg \times (L \cdot \sin 30^\circ) = Mg \times a$$

$$\therefore L = \frac{32}{5} a$$



◎範例 8◎

一質點以 O 為圓心在一水平面上作等速率圓周運動，其速率為 v ，如右圖所示。甲、乙、丙、丁、戊皆在圓周上，如果以丁點為參考點測量質點的角動量，則該質點角動量時間變化率的量值在右圖中哪一處最大？



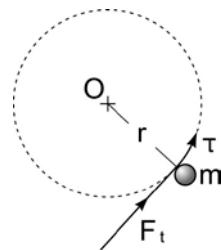
- (A) 甲 (B) 乙 (C) 丙
(D) 丁 (E) 戊。

【標準答案】：(C)

【概念中心】：了解力矩的基本定義

【命題出處】：物質科學物理篇（下）－第六章 轉 動

【應考重點】：力矩：

$$\left\{ \begin{array}{l} 1. \text{平均力矩} - \bar{\tau} = \frac{\Delta l}{\Delta t} = I \cdot \bar{\alpha} \\ 2. \text{瞬時力矩} - \begin{cases} (1) \tau(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta l}{\Delta t} = \frac{dl}{dt} = l'(t) \\ (2) \tau(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta l}{\Delta t} = I \cdot \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \omega}{\Delta t} = I \cdot \omega'(t) = I \cdot \alpha(t) \end{cases} \end{array} \right.$$


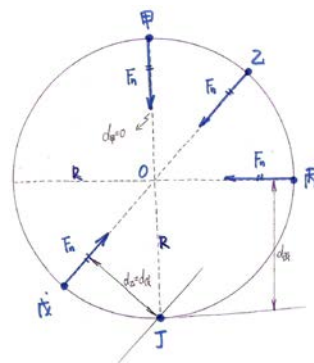
【試題解析】：(C)

(1) 如右圖所示，設質點質量為 m ，作半徑 R ，速率 v 的等速率圓周運動，質點時時受向心力作用。

(2) 依 $\tau = \frac{\Delta l}{\Delta t} = F_n \cdot d$ ($F_n \perp d$ ， d 為力臂)

$\therefore F_n = \text{const.}$

$\therefore \tau \propto d \Rightarrow \begin{cases} (d_{\text{丙}})_{\text{max}} > d_{\text{乙}} = d_{\text{戊}} > d_{\text{甲}} = 0 \\ (\tau_{\text{丙}})_{\text{max}} > \tau_{\text{乙}} = \tau_{\text{戊}} > \tau_{\text{甲}} = 0 \end{cases}$



◎範例 9◎

甲行星的質量是乙行星的 25 倍，兩衛星分別以半徑為 $R_{\text{甲}}$ 、 $R_{\text{乙}}$ 的圓軌道繞行甲、乙兩行星。若

$\frac{R_{\text{甲}}}{R_{\text{乙}}} = 4$ ，則兩衛星分別繞行甲、乙兩行星的週期之比值 $\frac{T_{\text{甲}}}{T_{\text{乙}}}$ 為何？

- (A) 6.25 (B) 2.5 (C) 1.6 (D) 0.4 (E) 0.16。

【標準答案】：(C)

【概念中心】：了解衛圓周運動之基本原理

【命題出處】：物質科學物理篇（下）－第七章 萬有引力定律

【應考重點】：衛星繞行星進行等速率圓周運動：

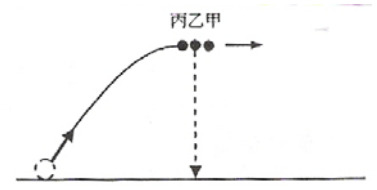
$$F_n = ma_n = m \cdot \frac{V^2}{r} = mr\omega^2 = 4\pi^2 mrf^2 = \frac{4\pi^2 mr}{T^2} \quad \text{且} \quad F_g = \frac{GMm}{r^2} = F_n$$

【試題解析】：(C) 依 $F_g = F_n = \frac{4\pi^2 mr}{T^2} = \frac{GMm}{r^2}$ ， $T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM}} \propto \sqrt{\frac{r^3}{M}}$

$$\therefore \frac{T_{\text{甲}}}{T_{\text{乙}}} = \sqrt{\left(\frac{4}{1}\right)^3 \cdot \left(\frac{1}{25}\right)} = \frac{8}{5} = 1.6$$

◎範例 10◎

一個質點自水平地面朝右上方斜向拋射，在最高點時，突然爆裂為質量相等的甲、乙、丙三質點，如右圖所示。爆裂之後乙自靜止作自由落體運動，丙循原路徑回落到原拋射點。若忽略空氣阻力，則爆裂瞬間甲與丙速率的比值約為何？



- (A) $\frac{1}{2}$ (B) 1 (C) 2 (D) 3 (E) 4。

【標準答案】：(E)

【概念中心】：利用動量守衡律解瞬間爆炸問題

【命題出處】：物質科學物理篇（上）－第五章 牛頓運動定律的應用

【應考重點】：動量守恆定律：系統所受合外力為零時，系統的總動量將保持不變

$$\vec{F} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t} = \frac{d\vec{P}}{dt} = \vec{P}'(t) \xrightarrow{\text{當 } \Sigma \vec{F} = 0} \vec{P}(t) = \text{const.}$$

【試題解析】：(1) 質點斜拋抵達最高點時，剩下水平速度 ($V_x \rightarrow$)；突爆後丙質點循原路徑回落到原拋射點，可知丙質點爆炸瞬間具水平速度 ($\vec{V}_{\text{丙}} = V_x \leftarrow$)。

(2) 質點突爆，屬內力作用：

依 $\Sigma \vec{P} = \text{const.}$ $m \cdot V_x \hat{i} = \frac{1}{3} m \cdot \vec{V}_{\text{甲}} + \frac{1}{3} m \cdot 0 + \frac{1}{3} m \cdot (-V_x) \hat{i} \Rightarrow \vec{V}_{\text{甲}} = 4V_x \hat{i} = 4\vec{V}_{\text{丙}}$

◎範例 11◎

光滑水平面上有同質量的黑白兩小球，白球以速率 v_0 沿正東方向前進，與靜止的黑球發生碰撞。如果碰撞之後，黑球以速率 $v = \frac{v_0}{2\sqrt{2}}$ 沿東偏南 45° 前進；白球沿東偏北 θ 角前進，則 $\tan\theta$ 為下列何者？

- (A) $\frac{1}{\sqrt{2}}$ (B) $\frac{1}{2\sqrt{2}}$ (C) $\frac{1}{2}$ (D) $\frac{1}{3}$ (E) $\frac{1}{4}$ 。

【標準答案】：(D)

【概念中心】：利用動量守恆律解兩球碰撞的問題

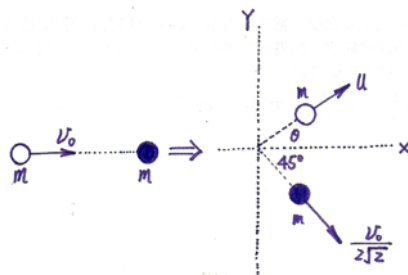
【命題出處】：物質科學物理篇（下）—第十章 碰撞

【應考重點】：動量守恆律：系統所受合外力為零時，系統的總動量將保持不變。

$$\vec{F} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t} = \frac{d\vec{P}}{dt} = \vec{P}'(t) \xrightarrow{\text{當 } \vec{F}=0} \vec{P}(t) = \text{const.}$$

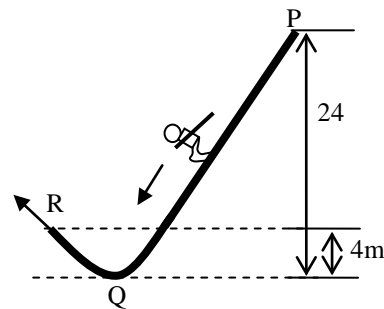
【試題解析】：依 $\Sigma \vec{P} = \text{const.}$ 右圖 \rightarrow
$$\begin{cases} X \text{ 方向: } m \cdot v_0 = m \cdot (u \cos \theta) + m \cdot \left(\frac{v_0}{2\sqrt{2}} \times \cos 45^\circ \right) \\ Y \text{ 方向: } 0 = m \cdot (u \sin \theta) - m \cdot \left(\frac{v_0}{2\sqrt{2}} \times \sin 45^\circ \right) \end{cases}$$

化簡，得
$$\begin{cases} \frac{3}{4} = u \cos \theta \cdots (1) \\ \frac{1}{4} = u \sin \theta \cdots (2) \end{cases} \xrightarrow{\frac{(2)}{(1)}} \tan \theta = \frac{1}{3}$$



◎範例 12◎

如右圖所示，一質量為 60kg 的滑雪者，由滑雪道頂端 P 靜止滑下，於滑道末端 R 飛出。滑道最低點 Q 與 P 的垂直距離為 24m ， Q 與 R 的垂直距離為 4m 。當他於滑道末端 R 飛出時，速度的大小為 $18\frac{\text{m}}{\text{sec}}$ 。若過程中他保持姿勢不變，



風阻亦可忽略。從 P 到 R 因摩擦所消耗的能量與所減少的重力位能之比值最接近下列何者？

- (A) 1 (B) 0.8 (C) 0.3
(D) 0.2 (E) 0.1。

【標準答案】：(D)

【概念中心】：了解非守恆力作功的基本原理

【命題出處】：物質科學物理篇（下）－第九章 位能與能量守恆定律

【應考重點】：廣義的功能原理：

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。

$$W_{\text{非保守力}} = \Delta E = E_f - E_i \xrightarrow{\text{力學能}} \begin{cases} \text{動能}(E_K): E_K = \frac{1}{2}mV^2 \\ \text{重力位能}(E_P): E_P = mgh \\ \text{彈力位能}(E_e): E_e = \frac{1}{2}k\Delta x^2 \end{cases}$$

【試題解析】：(D) ○ 依 $W_{\text{非保守力}} = \Delta E = E_f - E_i$

$$W_{\text{摩擦力}} = (60 \cdot 10 \cdot 4 + \frac{1}{2} \cdot 60 \cdot 18^2) - 60 \cdot 10 \cdot 24 = -2280\text{J}$$

$$\text{又 } \Delta U_g = mg\Delta h \xrightarrow{\Delta h = -20\text{m}} \Delta U_g = 60 \cdot 10 \cdot (-20) = -12000\text{J}$$

$$\therefore \frac{W_{\text{摩擦力}}}{\Delta U_g} = \frac{-2280}{-12000} \doteq 0.2$$

◎範例 13◎

飛機於長程水平飛行時，其用來平衡重力的上升力可近似為 $F_{\text{上}} = \alpha\rho v^2$ ， v 為飛行速率， ρ 為空氣密度， α 為相關的常數。若飛機此時所受的空氣阻力可假設為 $F_{\text{阻}} = \beta\rho v$ ， β 為常數。已知空氣密度 ρ 會隨著飛行高度的增加而變小。假設某一高空航線的空气密度 ρ 為另一低空的 $\frac{1}{2}$ 。僅考慮上述主要效應，並忽略浮力。若同一飛機維持固定的高度，水平飛行相同的航程，則在該高空與低空航線因阻力所消耗的能量之比為何？

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

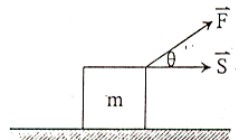
【標準答案】：(C)

【概念中心】：了解功與能之間的關係

【命題出處】：物質科學物理篇（下）－第八章 功與動能

【應考重點】：功的定義：

\vec{F} 對物體 m 作功 $W = \vec{F} \cdot \vec{S} = FS \cos \theta$ (θ ： \vec{F} 、 \vec{S} 間之夾角)



【試題解析】：(1) 鉛直方向力平衡： $F_{\text{上}} = \alpha\rho v^2 = mg \xrightarrow{\alpha, mg = \text{const.}} v \propto \frac{1}{\sqrt{\rho}}$

當高空密度 $\rho \rightarrow \frac{1}{2}\rho$ ，則 $v \rightarrow \sqrt{2}v$

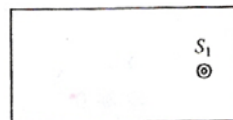
(2) 水平方向力平衡： $F_{\text{阻}} = \beta\rho v \xrightarrow{\beta = \text{const.}} F_{\text{阻}} \propto \rho v \xrightarrow{\text{承(1)}} F_{\text{阻}} \rightarrow \frac{\sqrt{2}}{2} F_{\text{阻}}$

(3) 阻力消耗的能量 (E) 為阻力作功：

依 $W = \vec{F} \cdot \vec{S} = FS \cos \theta \xrightarrow{\text{飛行相同的航程: } S = \text{const.}} E = W_{\text{阻}} \propto F_{\text{阻}} \Rightarrow E \rightarrow \frac{\sqrt{2}}{2} E$

◎範例 14◎

右圖為一點波源 S_1 靜止於水波槽中的示意圖。若此波源以 $\frac{1}{4}$ 波速而等速度向左移動，則此波源左方水波的波長變為靜止時的多少倍？



- (A) $\frac{1}{4}$ (B) $\frac{1}{2}$ (C) $\frac{3}{4}$ (D) 1 (E) 2。

【標準答案】：(C)

【概念中心】：了解都卜勒效應發生的基本原理

【命題出處】：選修物理（上）－第一章 波 動

【應考重點】：都卜勒效應 (Doppler Effect)：

由於觀察者與波源間發生「相對運動」，導致觀察者感覺波的「視頻」、「視波長」有變化的現象，稱為都卜勒效應。

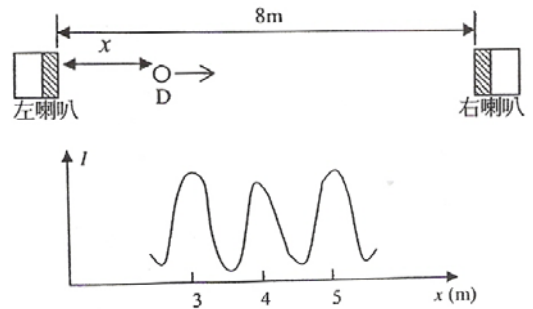
$$(1) \text{ 視波長} - \begin{cases} \text{波源前方的波長: } \lambda_{\text{前}} = \frac{v - v_s}{f} \\ \text{波源後方的波長: } \lambda_{\text{後}} = \frac{v + v_s}{f} \end{cases}$$

$$(2) \text{ 視頻} - f_a = \frac{v \pm v_o}{v \pm v_s} \cdot f \begin{cases} v \text{ 與 } v_o \text{ 同方向取 "-" 號, 反方向取 "+" 號} \\ v \text{ 與 } v_s \text{ 同方向取 "-" 號, 反方向取 "+" 號} \end{cases}$$

【試題解析】：依 $\lambda_{\text{前}} = \frac{v - v_s}{f}$ $\lambda_{\text{前}} = \lambda' = \frac{v - \left(\frac{1}{4}v\right)}{f} = \frac{3}{4} \frac{v}{f} \xrightarrow{\frac{v}{f} = \lambda} \lambda' = \frac{3}{4} \lambda$

◎範例 15◎

兩個互相面對的喇叭相距 8 公尺。兩喇叭同時放出同相位、同頻率的聲波。如右圖 (a) 所示。一偵測器 D 於兩喇叭之間偵測到聲音的強度 I 如右圖 (b)。若 x 為偵測器與左喇叭的距離，則此聲波之波長最接近下列何者？



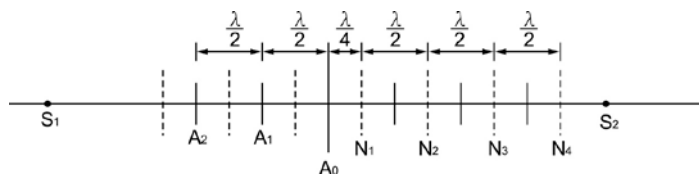
- (A) $\frac{1}{4}m$ (B) $\frac{1}{2}m$ (C) $1m$
 (D) $2m$ (E) $4m$ 。

【標準答案】：(D)

【概念中心】：了解聲音的干涉原理

【命題出處】：選修物理（上）－第二章 聲 波

【應考重點】：兩點波源連線上的腹點、節點位置：



(干涉條紋：實線為腹線，虛線為節線)

【試題解析】：(1) 依提圖所示，兩相鄰最大聲響之間距為 $1m$ 。

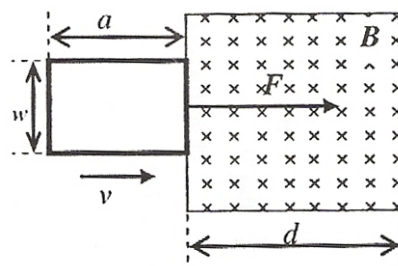
(2) 由聲音的干涉得知，兩建設性聲響之間距為 $\frac{\lambda}{2}$ ，故 $\frac{\lambda}{2} = 1$ ， $\lambda = 2m$

◎範例 16◎

題組：

有一長為 a 、寬為 w 的線圈其電阻為 R ，施一外力 F 使其以等速度 v 通過一範圍為 d ($d > a$) 的均勻磁場 B ，磁場的方向為垂直射入紙面，如右圖所示。在時間 $t=0$ 時，線圈恰接觸磁場的邊緣。

- (1) 在線圈尚未完全進入磁場之前，時間為 $0 < t < \frac{a}{v}$ 時，磁場 B 在線圈內磁通量的量值為何？
 (A) wvB (B) $wvtB$ (C) $watB$
 (D) d^2B (E) d^2Bt 。



- (2) 欲使線圈等速度完全通過磁場，全程外力 F 需施給線圈至少多大衝量？
 (A) $\frac{B^2 w^2 d}{R}$ (B) $\frac{B^2 w^2 a}{R}$ (C) $\frac{2B^2 w^2 a}{R}$ (D) $\frac{B^2 w^2 (a+d)}{R}$ (E) 0 。

【標準答案】：(1) (B)；(2) (C)

【概念中心】：了解電磁感應的基本原理

【命題出處】：選修物理（下）－第九章 電磁感應

【應考重點】：(1) 磁場強度：和磁力線垂直之封閉面上，單位面積通過之磁力線數（磁通量 ϕ_B ）

$$B = \frac{\phi_B}{A} \xrightarrow{B \text{ 與面積 } A \text{ 之夾角為 } \theta} \phi_B = B_{\perp} A = BA \sin \theta \quad \left(\frac{\text{韋伯}}{\text{m}^2} \right)$$

式中 B_{\perp} 為垂直 A 的有效磁場，磁通量之單位為韋伯(weber)。

- (2) 導線切割磁力線產生感應電動勢 (ε):

$$\varepsilon = (VB \sin \theta) \cdot l \cos \phi \quad \begin{cases} \theta: \vec{V} \perp \vec{B} \\ \phi: (\vec{V} \times \vec{B}) \text{ 與 } \vec{F}_m \text{ 間之夾角} \end{cases}$$

- (3) 載流直導線在磁場中所受的磁力：

$$\vec{F}_m = I \vec{l} \times \vec{B} \quad (\text{向量式}) \quad F_m = IlB \sin \theta \quad (\text{純量式})$$

【試題解析】：(1) ① 當時距為 $0 < t < \frac{a}{v}$ ，線圈進入磁場之距離為 $S = vt$

② 依 $B = \frac{\phi_B}{A}$ $\phi_B = B \cdot (vt \times w) = wvtB$

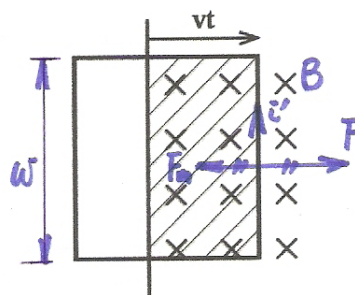
(2) ① 依 $\varepsilon = (VB \sin \theta) \cdot l \cos \phi \xrightarrow{\theta=90^\circ, \phi=0^\circ} \varepsilon = vBw$

又 $R = \frac{V}{I} \xrightarrow{\text{感應電流 } i'} i' = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{vBw}{R}$

② 由 $F_m = IlB \sin \theta \xrightarrow{\theta=90^\circ} F_m = i'wB = \frac{vB^2 w^2}{R} \Rightarrow \text{外力施力 } F = F_m = \frac{vB^2 w^2}{R}$

③ 線圈進出通過磁場期間共費時 $t' = \frac{2a}{v}$

依 $J = F \cdot t \xrightarrow{\text{受衝量 } J} J = \frac{vB^2 w^2}{R} \cdot \frac{2a}{v} = \frac{2B^2 w^2 a}{R}$



◎範例 17◎

康卜吞散射實驗是以光子與自由電子發生二維彈性碰撞，來分析散射光子波長的變化量。石墨中碳原子的電子之最小游離能約為 $5eV$ ，下列何種波長的光子最適合當作入射光照射石墨產生自由電子以進行康卜吞散射實驗？

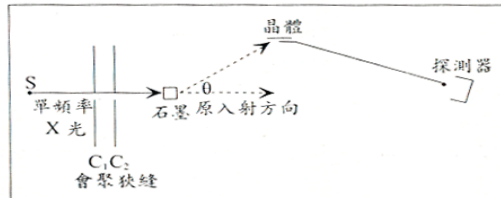
- (A) $1nm$ (B) $300nm$ (C) $500nm$ (D) $5000nm$ (E) $10000nm$ 。

【標準答案】：(A)

【概念中心】：了解康卜吞散射實驗的基本原理

【命題出處】：選修物理（下）－第十章 近代物理學的簡介

【應考重點】：康普頓效應：



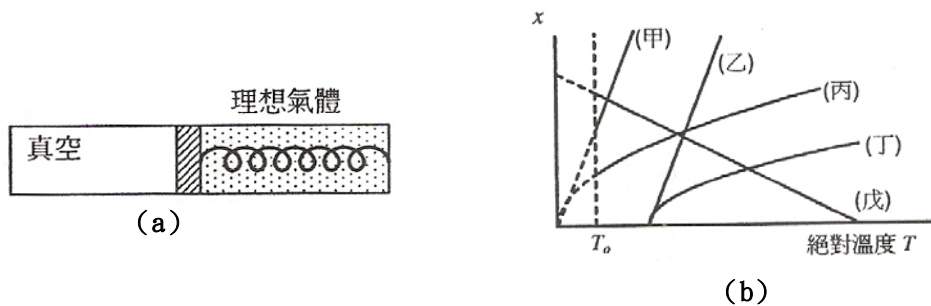
能量守恆 — $E_{\text{入射光}} = E_{\text{散射光}} + (E_K)_{\text{電子}}$ ($E_{\text{入射光}} \gg E_b$, E_b 為束縛能)

動量守恆 — $\vec{P}_{\text{入射光}} = \vec{P}_{\text{散射光}} + \vec{P}_{\text{電子}}$ (電子視為自由電子)

【試題解析】：康卜吞散射實驗是以高能量的「 γ 射線」或「X射線」入射石墨，故選波長最短者，即選項 (A)。

◎範例 18◎

右圖 (a) 為水平放置的圓柱形密閉容器，中間以無摩擦之活塞隔開。活塞右邊和圓柱形容器的右邊以輕質彈簧相連結如右圖 (a) 所示，彈簧符合虎克定律，自然長度為圓柱容器長的一半。左方為真空，右方理想氣體起初的絕對溫度為 T_0 。若緩慢增加活塞右方理想氣體的溫度 T ，且彈簧的力常數不隨溫度變化，其對應的彈簧伸長量為 x ，則 $x-T$ 的關係最接近圖 (b) 中的哪一條線？（其中甲、乙、戊為直線，丙、丁為曲線）



- (A) 甲 (B) 乙 (C) 丙 (D) 丁 (E) 戊。

【標準答案】：(C)

【概念中心】：了解密閉容器內氣體的物態平衡情形

【命題出處】：物質科學物理篇（下）－第十三章 氣體動力論

【應考重點】：氣體物態方程式：

$$PV = nRT$$

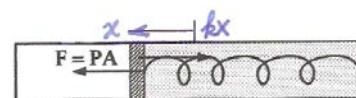
- P ：氣體壓力 (N/m^2)
- V ：容器體積 (m^3)
- n ：氣體莫耳數 (mole)
- R ：氣體常數 (8.3)
- T ：氣體溫度 (K)

【試題解析】：(1) 氣體膨脹，致活塞向左移動位移 x ，呈平衡狀態：

① 依 $\Sigma F_x = 0$ $F = PA = kx$

② 令圓柱形容器的長度為 L ，截面積為 A ，得

$$\text{氣體膨脹後體積為 } V = \left(\frac{L}{2} + x\right) \cdot A$$



(2) 依 $PV = nRT$ $\left(\frac{kx}{A}\right) \times \left(\frac{L}{2} + x\right) \cdot A = nRT \Rightarrow T(x) = \frac{k}{nR}x^2 + \frac{kL}{2nR}x$

得 $T(x) = \frac{k}{nR}x^2 + \frac{kL}{2nR}x \Leftrightarrow y = ax^2 + bx$

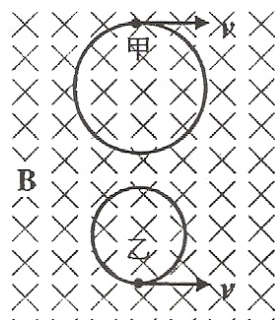
① x 為 T 的 2 次函數

② $a = \frac{k}{nR} > 0$ ，繪得一對稱 T 軸、過原點的開口向上之拋物線

③ 氣體具起始溫度 T_0 ，故必須由 T_0 開始才是實驗的數據，即曲線 (丙) 所示。

◎範例 19◎

在一均勻磁場 B 中，甲、乙兩帶電質點，皆以速率 v 垂直於磁場作等速率圓周運動，磁場的方向為鉛直射入紙面，如下圖 (a) 所示。甲為順時鐘運行，而乙為逆時鐘運行。若甲的圓半徑為乙的 2 倍，則甲質點之荷質比 ($\frac{q}{m}$ 之比值) 為乙的幾倍？甲質點所帶電荷之性質為何？



- (A) $\frac{1}{2}$ 倍；甲帶負電 (B) $\frac{1}{2}$ 倍；甲帶正電
 (C) 2 倍；甲帶負電 (D) 2 倍；甲帶正電
 (E) 4 倍；甲帶負電。

【標準答案】：(A)

【概念中心】：了解帶電質點在磁場中的受力情形

【命題出處】：選修物理 (下) - 第八章 磁 場

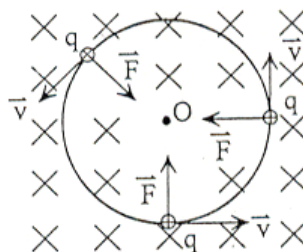
【應考重點】：帶電質點在磁場中的運動 ($\vec{v} \perp \vec{B}$)：

(1) 質點受磁力 (\vec{F}_m) 作用，且 $\vec{F}_m \perp \vec{v}$ ，質點將進行等速率圓周運動。

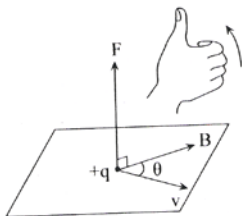
① 向心力 — $F_n = F_m = qvB = m \cdot \frac{v^2}{r}$

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

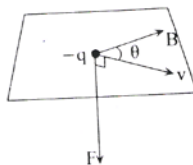
③ 迴轉週期 — $T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$



(2) 磁力方向：依右手螺旋定則判斷



(a) 正電荷



(b) 負電荷

【試題解析】：(1) 依右手螺旋定則判定得知，甲帶「負電」。

(2) 依 $r = \frac{mv}{qB}$ $\xrightarrow{\text{荷質比: } x = \frac{q}{m}}$ $x = \frac{q}{m} = \frac{v}{rB}$ $\xrightarrow{v, B = \text{const.}}$ $\frac{q}{m} \propto \frac{1}{r} \Rightarrow \frac{x_{\text{甲}}}{x_{\text{乙}}} = \frac{r_{\text{乙}}}{r_{\text{甲}}} = \frac{1}{2}$

◎範例 20◎

電梯內吊著輕繩，輕繩底端懸掛一個重量為 mg 的物體。輕繩對該物體的施力量值為 F_1 ，該物體對於輕繩的施力量值為 F_2 。下列敘述哪幾項正確？

- (A) 當電梯等速上升時， $F_1 > F_2 = mg$ (B) 當電梯等速上升時， $F_1 = F_2 = mg$
 (C) 當電梯加速上升時， $F_1 > F_2 = mg$ (D) 當電梯加速上升時， $F_1 > F_2 > mg$
 (E) 當電梯加速上升時， $F_1 = F_2 > mg$ 。

【標準答案】：(B) (E)

【概念中心】：擅用牛頓運動定律解力學問題

【命題出處】：物質科學物理篇（上）－第四章 牛頓運動定律

【應考重點】：(1) 視重：藉著「儀器（磅秤或彈簧秤）」量度而得的數值

$$\text{電梯裡秤視重} - \begin{cases} V = \text{const.} \downarrow \text{ 或靜止: } N = mg = W \\ a = \text{const.} \uparrow: N = m(g + a) > W \\ a = \text{const.} \downarrow: N = m(g - a) < W \xrightarrow{a=g} N = 0 \text{ (失重)} \end{cases}$$

(2) 第三運動定律(作用力與反作用力定律)：

任何一個作用力都有一個大小相等、方向相反的反作用力和它「同時」發生，換句話說，任何 A 、 B 兩物體， A 對 B 施力， B 必同時向 A 施力，這兩力大小相等，方向相反。

【試題解析】：分別對繩、物體繪取隔離體圖，如右圖所示：

- (1) 繩對物體的施力量值為 F_1 ，物體對繩的施力量值為 F_2 ，兩力互為作用與反作用力，故「兩力大小相等， $F_1 = F_2$ 」、方向相反。

(2) ① 當電梯 — $V = \text{const.} \uparrow$

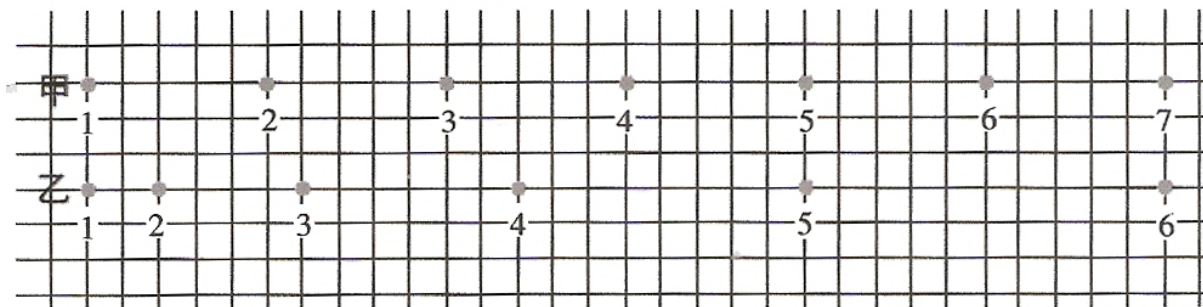
$$\text{依 } \boxed{N = mg} \xrightarrow{N=\text{繩張力}} F_1 = F_2 = mg$$

② 當電梯 — $a = \text{const.} \uparrow$

$$\text{依 } \boxed{N = m(g + a)} \xrightarrow{N=\text{繩張力}} F_1 = F_2 = m(g + a) > mg$$

◎範例 21◎

實驗時以打點計時器紀錄物體運動過程的軌跡點。經過一段時間之後，甲實驗的物體維持等速度運動，乙實驗的物體則維持等加速度運動。右圖中甲、乙為兩實驗經一段時間之後，每隔 1 秒所紀錄的某一段軌跡點。若將軌跡點的順序編號註記於該點下方，則下列敘述哪幾項正確？
 (提示：注意圖中甲之第 5、7 兩點至第 1 點之距離分別與乙之第 5、6 兩點至第 1 點之距離相同)



- (A) 乙實驗於第 1 軌跡點時的瞬時速率為零
- (B) 乙實驗於第 1 軌跡點時的瞬時速率大於零
- (C) 甲、乙實驗於第 3 軌跡點時的瞬時速率相等
- (D) 甲、乙實驗於第 5 軌跡點時的瞬時速率相等
- (E) 甲、乙實驗的瞬時速率相等時是在第 4 與第 5 點之間。

【標準答案】：(B) (C)

【概念中心】：依定義分析比較質點運動的瞬時速率值

【命題出處】：物質科學物理篇(上)－第一章 直線運動

【應考重點】：(1) 平均速度 (\bar{v})：物體在單位時間內的位置變化量， $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_f - x_i}{\Delta t}$

(2) 平均速率 (v_s)：物體在單位時間內所走的路程， $v_s = \frac{\Delta l}{\Delta t}$

【試題解析】：(1) 甲實驗：依 $v_{\text{平均}} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ $(v_{\text{平均}})_{\text{甲}} = \frac{5}{1} = 5 \text{ 格/秒}$

(2) 乙實驗：

Δx (格)	2	4	6	8	10
Δt (秒)	1	1	1	1	1
$v_{\text{平均}}$ (格/秒)	2	4	6	8	10
$a_{\text{平均}}$ (格/秒 ²)	/	2	2	2	2

$\therefore (a_{\text{平均}})_{\text{乙}} = 2 \text{ 格/秒}^2$

① 依 $V = V_0 + at$ $\xrightarrow{(v_{\text{平均}})_{1-2\text{點}} = v_{1.5\text{點}} = 2 \text{ 格/秒}}$ $2 = V_{1\text{點}} + 2 \times 0.5$

$\therefore V_{1\text{點}} = 1 \text{ 格/秒} > 0 \dots\dots (A) \times$
 $(B) O$

② $v_{3\text{點}} = \frac{1}{2}(v_{2-3\text{點}} + v_{3-4\text{點}}) = \frac{1}{2}(4 + 6) = 5 \text{ 格/秒} = (v_{\text{平均}})_{\text{甲}} \dots\dots (C) O$
 $(E) \times$

③ $v_{5\text{點}} = \frac{1}{2}(v_{4-5\text{點}} + v_{5-6\text{點}}) = \frac{1}{2}(8 + 10) = 9 \text{ 格/秒} \neq (v_{\text{平均}})_{\text{甲}} \dots\dots (D) \times$

◎範例 22◎

一可自由脹縮且絕熱的密封袋內有 1 莫耳的單原子理想氣體處在標準狀態。設法對袋內氣體輸入熱量，使該氣體的溫度增加 1K，則下列有關該氣體的敘述哪些項正確？

- (A) 內能增加約 12.5J (B) 吸收的熱完全用來增加內能
 (C) 吸收的熱完全用來對外界作功 (D) 對外界做的功必與其增加的內能相等
 (E) 增加的內能以及對外界作功之和等於外界輸入的熱量。

【標準答案】：(A) (E)

【概念中心】：了解熱力學的基本原理

【命題出處】：物質科學物理篇（下）－第十三章 氣體動力論

【應考重點】：(1) 熱力學第一定律：

系統自外界所獲得的熱量 ΔQ ，一部分用來使系統對外作功 ΔW ，剩餘的則用來增加系統的內能 ΔU ，稱為熱力學第一定律。

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta W$$

}	ΔQ : 以	{ 輸入熱量為正 喪失熱量為負
	ΔU : 以	{ 內能增加為正 內能減少為負
	ΔW : 以	{ 對外作功為正 外界對系統作功為負

(2) 理想氣體內能 = 氣體系統內所有的動能與位能。

$$U = E_K + U_g \xrightarrow{U_g=0} U = E_K = \frac{3}{2} PV = \frac{3}{2} nRT = \frac{3}{2} NkT$$

【試題解析】：(A) O

(1) 依 $\Delta U = \Delta E_K = \frac{3}{2} nR\Delta T \xrightarrow{n=1mole} \Delta U = \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot 8.3 \cdot 1 \approx 12.5J$

(B) × (C) ×

(2) 依 $PV = nRT \xrightarrow{n=1mole, P=1atm} \Delta V \propto \Delta T$

(D) × (E) O

① 氣體體積會膨脹，氣體會對外界作功。

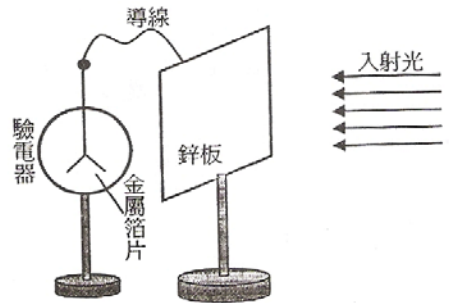
② $\Delta Q = \Delta U + \Delta W \xrightarrow{\text{系統絕熱} \Delta Q=0} \Delta W = -\Delta U = -12.5J$

由能量守恆原理得知：

$$\begin{aligned} \text{氣體對外界所作的功} &= \text{外界壓縮氣體所作的功} \\ &= \text{氣體內（動）能增加} \end{aligned}$$

◎範例 23◎

右圖為光電效應實驗裝置示意圖，其中鋅板與驗電器以導線連接，兩者底座均為絕緣體，入射光包含紅外線、可見光與紫外線；未照光時，驗電器的金屬箔片原本閉合。在光源與鋅板間加入一特殊處理的玻璃片，此玻璃片能讓可見光通過但會阻絕特定頻率的電磁波。以光源透過此玻璃片照射鋅板，驗電器之金屬箔片不會張開。若將此玻璃片移開，金屬箔片會張開，則下列推論哪些正確？



- (A) 帶負電的光電子經導線由鋅板移至驗電器的金屬箔片
- (B) 帶正電的光電子經導線由鋅板移至驗電器的金屬箔片
- (C) 驗電器的金屬箔片張開是因為鋅板帶正電
- (D) 紫外線無法穿透此玻璃片
- (E) 使鋅板產生光電效應是入射光中的紫外線成分。

【標準答案】：(C) (D) (E)

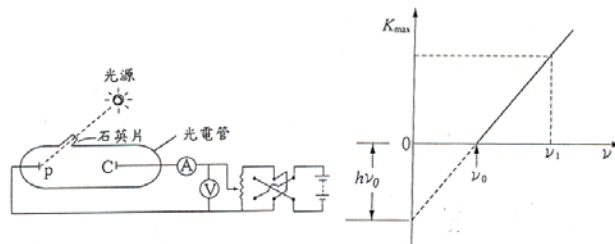
【概念中心】：了解光電效應的基本原理

【命題出處】：選修物理（下）－第十章 近代物理學的簡介

【應考重點】：光電效應：

$$E_{in} = E_b + K_{max} \Leftrightarrow K_{max} = h\nu - h\nu_0$$

E_{in} ：入射的光子能量
 E_b ：光電板的束縛能
 K_{max} ：電子最大動能



(A) ×

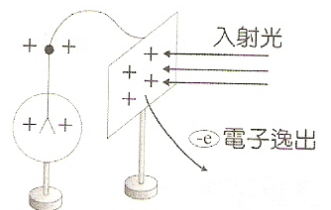
【試題解析】：(B) ×

(1) ①入射光照射鋅板，「逸出」光電子（游離），

(C) ○

產生光電效應，如右圖所示：

$$E_{in} \geq E_b \Leftrightarrow \begin{cases} h\nu \geq h\nu_0 \Rightarrow \nu \geq \nu_0 (\text{低限頻率}) \\ \frac{hc}{\lambda} \geq \frac{hc}{\lambda_0} \Rightarrow \lambda \leq \lambda_0 (\text{最長波長}) \end{cases}$$



∴鋅板表面將帶正電（電位較高）。

②在短時間內遠處金箔（電位較低）上的電子，受吸引移至高電位處（接觸起電），鋅板表面正電量減少（仍帶正電），而金箔因失去電子亦帶正電而張開；最後鋅板及金箔系統均勻分布正電荷，直到「等電位」後電子不再移動而達平衡。

(D) ○

(2) 依題意敘述，光源中僅「可見光」可透過玻璃片，但無法引發鋅板產

(E) ○

生光電效應，激發光電子；故改以頻率更大或波長更小的「紫外線」入射鋅板才可產生光電效應。

◎範例 24◎

波耳的氫原子模型假設電子以質子為圓心作等速率圓周運動，已知氫原子的電子在基態時，圓周運動的半徑為 $5.3 \times 10^{-11} m$ 。計算下列各題：

1. 此電子所受靜電力的量值。
2. 此電子作圓周運動的速率。
3. 此電子作圓周運動所產生的電流。
4. 此電子作圓周運動所產生的電流在圓心形成的磁場量值。

【標準答案】：(1) $8.2 \times 10^{-8} N$ ；(2) $2.2 \times 10^6 \frac{m}{sec}$ ；(3) $1.1 \times 10^{-3} A$ ；(4) $13T$

【概念中心】：(1) 了解波耳氫原子模型的基本假定
(2) 了解電荷的流動形成電流同時建立磁場

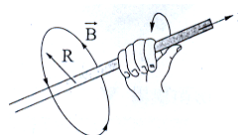
【命題出處】：選修物理（下）－第十一章 原子結構

【應考重點】：(1) 波耳氫原子穩定態理論：

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{角動量量子化: } l = mVr = \frac{nh}{2\pi} \\ \text{圓周運動: } F_e = F_n \Leftrightarrow \frac{ke^2}{r^2} = m \cdot \frac{V^2}{r} \end{array} \right.$$

(2) 載流長直導線附近的磁場強度：

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r} \left\{ \begin{array}{l} i: \text{電流}(A) \\ r: \text{與導線距離}(m) \end{array} \right.$$



【試題解析】：(1) 依 $F_e = \frac{kQq}{r^2}$ $F_e = \frac{(9 \times 10^9) \cdot (1.6 \times 10^{-19}) \cdot (1.6 \times 10^{-19})}{(5.3 \times 10^{-11})^2} \approx 8.2 \times 10^{-8} N$

(2) 依 $F_e = F_n = m \cdot \frac{V^2}{r}$ $\xrightarrow{\text{承(1)}} 8.2 \times 10^{-8} = (9.1 \times 10^{-31}) \cdot \frac{V^2}{(5.3 \times 10^{-11})}$, $V \approx 2.2 \times 10^6 \frac{m}{sec}$

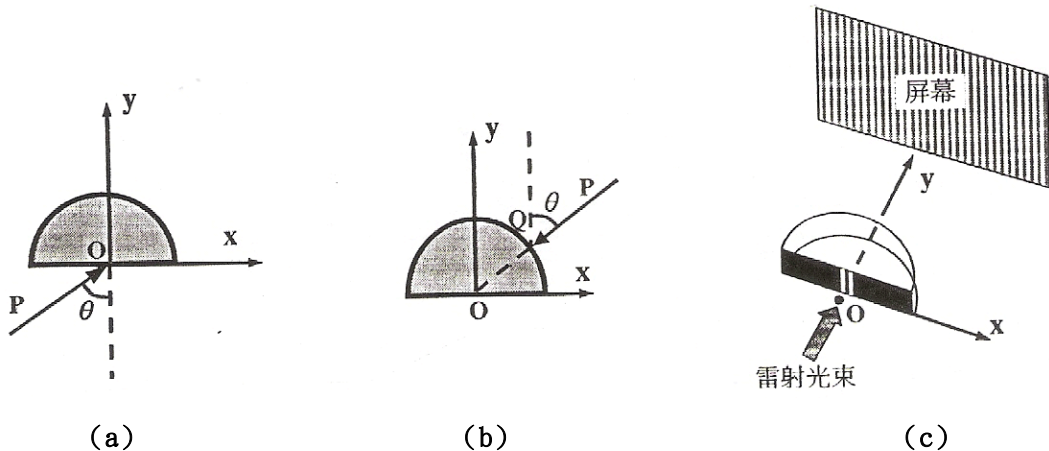
(3) 依 $I = \frac{Q}{t}$ $\xrightarrow{\text{電子環繞圓周一圈}} I = \frac{e}{T} = \frac{e}{\left(\frac{2\pi r}{V}\right)} = \frac{eV}{2\pi r}$

承(2)，帶入各數值，得 $I = \frac{(1.6 \times 10^{-19}) \cdot (2.2 \times 10^6)}{2\pi \cdot (5.3 \times 10^{-11})} \approx 1.1 \times 10^{-3} A$

(4) 依 $B = \frac{\mu_0 I}{2r}$ $\xrightarrow{\text{承(3)}} B = \frac{(4\pi \times 10^{-7}) \cdot (1.1 \times 10^{-3})}{2 \cdot (5.3 \times 10^{-11})} \approx 13T$

◎範例 25◎

大華利用半徑為 5.00cm ，薄壁折射率為 $n_c = 1.52$ ，厚度可以忽略不計的透明半圓皿，進行下列實驗。如下圖 (a) 所示，大華在白紙上繪製 xy 坐標，並以公分為單位。將半圓皿的圓心與原點 O 重合，直徑（平直面）與 x 軸重合。



1. 測量液體折射率：使入射光由 O 點入射，此時入射角為 $\theta = 53^\circ$ ($\sin 53^\circ = \frac{4}{5}$)，如上圖 (a) 所示。裝滿待測液體之後，大華測得折射之後的光線與圓弧面交點位置的 x 坐標為 2.80cm 。
 (a) 大華測量所用直尺的最小刻度為何？
 (b) 計算並以正確有效位數紀錄待測液體的折射率 $n_L = ?$
2. 觀測光線路徑：如上圖 (b) 所示，入射光線 \overline{PQ} 與 y 軸的夾角是 $\theta = 53^\circ$ ，且 \overline{PQ} 延長線與半圓皿相交於 O 點。當半圓皿內注滿折射率為 $n_L = 1.3$ 的液體之後，射出半圓皿的光線經過第幾象限？與 y 軸的夾角為何？
3. 觀測雙狹縫干涉：如圖 (c) 所示，在 O 點內側放置一個雙狹縫，狹縫間距為 0.020mm 。在空氣中波長是 650nm 的雷射光束，沿著 y 軸方向射向雙狹縫。屏幕位於 $y = 2.0\text{m}$ 。半圓皿內注滿折射率為 $n_L = 1.3$ 的液體之後，從兩狹縫發出的光波皆可視為由 O 點發出，計算屏幕上所見亮紋間距。

【標準答案】：1. (a) 0.1cm ，(b) 1.4 ；2. 第二象限， $\theta = 53^\circ$ ；3. 5cm

【概念中心】：(1) 運用折射定律求解介質的折射率
 (2) 了解光的干涉原理

【命題出處】：選修物理（上）－第五章 光的干涉與繞射

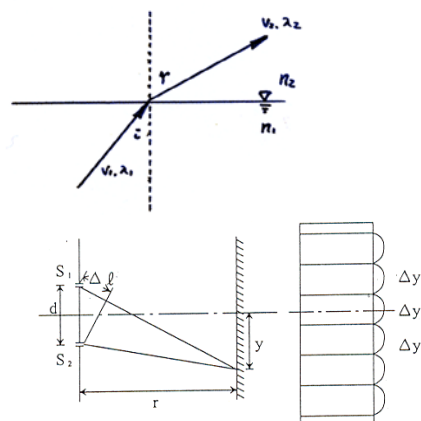
【應考重點】：(1) 測量值 = 準確值 + 一位估計值

(2) 司乃耳定律：
$$n_{12} = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

(3) 雙狹縫干涉實驗裝置：條件式（光程差）

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

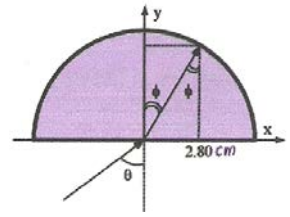
式中 $\Delta y = \frac{r\lambda}{d}$ = 各亮紋寬度 = 亮紋間距 = 暗紋間距



【試題解析】：1. (a) 實驗數據： $x = 2.80\text{cm}$ $\left\{ \begin{array}{l} \text{準確值：} 2.80\text{cm} \Rightarrow \text{最小刻度} = 0.1\text{cm} \\ \text{估計值：} 0.00\text{cm} \end{array} \right.$

(b) 依 $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1}$ 右圖(1) $\rightarrow \frac{\sin \theta}{\sin \phi} = \frac{n_L}{n_A}$, $\frac{\left(\frac{4}{5}\right)}{\left(\frac{2.80}{5.00}\right)} = \frac{n_L}{1.0}$

$\therefore n_L = 1.42857 \dots \xrightarrow{\text{取兩位有效數字}} n_L \approx 1.4$



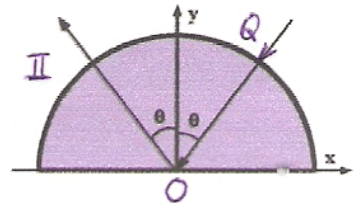
(1)

2. 由圖 (b) 所示，光沿 \overrightarrow{QO} 入射， $i = 0^\circ$ ，光將直接貫穿半圓皿抵達 O 位置：

① 依 $\sin \theta_c = \frac{n_A}{n_L}$ $\sin \theta_c = \frac{1}{1.3} = \frac{10}{13} < \sin 53^\circ = 0.8$

\therefore 光在 O 位置發生「全反射」 \Rightarrow 由第二象限射出半圓皿。

② 由第二象限射出半圓皿，且路徑與 y 軸夾 $\theta = 53^\circ$ ，如右圖 (2) 所示。



(2)

3. (1) 光在半圓皿內發生干涉：

① 由 $\lambda \propto v \propto \frac{1}{n}$, $\frac{\lambda_L}{\lambda_A} = \frac{n_A}{n_L} \Rightarrow \frac{\lambda_L}{650\text{nm}} = \frac{1}{1.3}$, $\lambda_L = 500\text{nm}$

② 依 $\Delta y = \frac{r\lambda}{d}$ $\xrightarrow{\text{亮紋間距: } \Delta y} \Delta y_L = \frac{5.00 \times 500\text{nm}}{0.002} = 0.125\text{cm}$

③ 依幾何相似原理，投影在屏幕上的亮紋間距為

$\frac{\Delta y_L}{\Delta y'} = \frac{r}{l}$, $\frac{0.125}{\Delta y'} = \frac{5}{200} \Rightarrow \Delta y' = 5\text{cm}$

