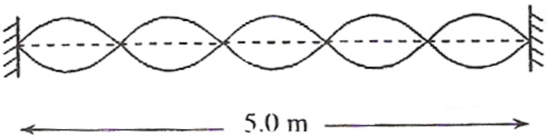
◎

100 年指考物理試題解析

◎範例 1◎

一條長度為5.0m、兩端固定的繩上所形成的駐波，其示意圖如下圖所示。此駐波是由波形相同，但行進方向相反的二波重疊而成，此二波的波長為何？



（A）1.0m （B）1.5m （C）2.0m （D）2.5m （E）3.0m。

【標準答案】:（**C**）

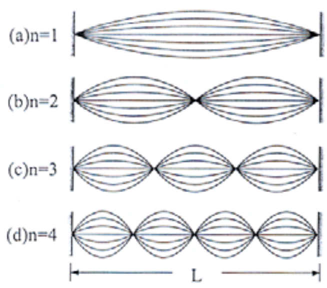
【概念中心】: 了解弦駐波的形成條件

【命題出處】: 選修物理（上）－第一章 波　動

【應考重點】: 兩端均為固定端弦線產生駐波的條件：

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

或 $$\boxed{f = \frac{nV}{2L} \quad n = 1,2,3,\cdots}$$



【試題解析】: 依 $\boxed{L = n\cdot\frac{\lambda}{2} \quad n = 1,2,3,\cdots}$ $5.0 = 5\cdot\frac{\lambda}{2}$，$\lambda = 2.0m$

◎範例 2◎

下列有關熱的敘述何者正確？
（A）當兩物體接觸時，熱量一定由溫度高的物體流向溫度低的物體
（B）互相接觸的兩物體在達到熱平衡後，一定含有相同的熱量
（C）溫度高的物體比溫度低的物體一定含有更多的熱量
（D）物體吸收熱量之後，其溫度一定會升高
（E）熱容量的因次與能量的因次相同。

【標準答案】：（**A**）

【概念中心】：了解熱的相關概念

【命題出處】：物質科學物理篇（下）－第十二章 熱 學

【應考重點】：（1）熱量：物質溫度改變時，會有能量的轉移，轉移的能量稱為熱量。

$$\boxed{H = m \times S \times \Delta t}\begin{cases} H: \text{熱量}(cal, \text{卡}) \\ m: \text{質量}(g) \\ S: \text{比熱}(cal/g \cdot {}^0C) \\ \Delta t: \text{溫度變化量}({}^0C) \end{cases}$$

（2）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。

（3）熱容量：整個物體溫度升高1^0C時所需的熱量，叫做該物體的熱容量。

$$\boxed{C = \frac{\Delta H}{\Delta t}}\begin{cases} \Delta H: \text{熱量的變化量}(cal) \\ \Delta t: \text{溫度的變化量}({}^0C) \\ C: \text{熱容量}(cal/{}^0C) \end{cases}$$

【試題解析】：

$(A)O$
$(B)\times$　（1）兩物體發生熱的交互作用，「熱量」由「溫度高」的物體傳向「溫度低」的物體，最後達熱平衡，兩者溫度相等。

$(C)\times$　（2）溫度高的物體含熱量不一定較多。

$(D)\times$　（3）物體吸收熱量發生「相變」時，溫度沒有變化。

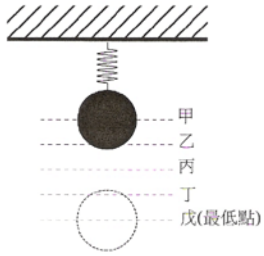
$(E)\times$　（4）依 $\boxed{C = \frac{\Delta H}{\Delta t}} \xrightarrow{\text{因次}}$ 由「熱量（能量）」與「溫差」導出。

◎範例 3◎

一個物體掛在彈簧下，如右圖所示。當物體沿鉛直方向振動時，其質心位置的最高點為甲，最低點為戊，且物體的質心在甲點時，彈簧的長度大於其自然長度。在振動過程中，彈簧作用在此物體上的力在哪一點最小？

(A)甲　(B)乙　(C)丙

(D)丁　(E)戊。



【標準答案】：(**A**)

【概念中心】：依虎克定律判定彈簧受力的大小

【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】：虎克定律：$\boxed{F = k \cdot \Delta x = k \cdot (l - l_0)}$ $\begin{cases} F: \text{彈簧的受力}(N) \\ k: \text{彈力常數}(N/m) \\ \Delta x: \text{伸長量}(m) \\ l: \text{彈簧總長度}(m) \\ l_0: \text{彈簧原長度}(m) \end{cases}$

【試題解析】：(A) ○　(1) 甲、乙、丙、丁四位置處彈簧均處於「伸張」狀態，甲位置伸張量最小。

(2) 依 $\boxed{F = k \cdot \Delta x} \xrightarrow{F \propto \Delta x}$ 甲位置處彈力最小。

◎範例 4◎

假設繫住高空彈跳者的繩索可近似為質量可忽略的理想彈簧，而空氣阻力亦可忽略。一彈跳者甲自高處鉛直落下，最後以頻率 f 作上下的小振幅簡諧振盪。若換成一個體重為甲的 2 倍之彈跳者乙，以同一繩索重覆相同的過程，則乙最後作簡諧振盪的頻率為下列何者？

(A) $2f$ (B) $\sqrt{2}f$ (C) f (D) $\dfrac{f}{\sqrt{2}}$ (E) $\dfrac{f}{2}$。

【標準答案】：(**D**)

【概念中心】：了解影響簡諧運動頻率的變因

【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】：$S.H.M.$：週期 $\boxed{T = 2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}}} \xrightarrow{\text{頻率},f} \boxed{f = \dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{k}{m}}} \begin{cases} k: \text{彈力常數}(N/m) \\ m: \text{滑塊質量}(kg) \end{cases}$

【試題解析】：$(D)O$ 依 $S.H.M.$：$\boxed{T = 2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}}} \xrightarrow{f=\frac{1}{T}} f = \dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{k}{m}} \propto \dfrac{1}{\sqrt{m}}$

$$\therefore \frac{f}{f'} = \frac{\sqrt{2m}}{\sqrt{m}} = \sqrt{2} \Rightarrow f' = \frac{f}{\sqrt{2}}$$

◎範例 5◎

質量為 2000kg 的轎車，原本在水平地面上以等速度前進，接著駕駛急踩煞車，使車輪迅速停止轉動，在車輪不轉的情況下，轎車隨即減速滑行至靜止。若地面與輪胎間的動摩擦係數為 0.4，且取重力加速度 $g=10\dfrac{m}{\sec^2}$，則減速滑行時的加速度量值為多少？

（A）$0\dfrac{m}{\sec^2}$　（B）$0.4\dfrac{m}{\sec^2}$　（C）$4\dfrac{m}{\sec^2}$　（D）$80\dfrac{m}{\sec^2}$　（E）$800\dfrac{m}{\sec^2}$。

【標準答案】：（**C**）

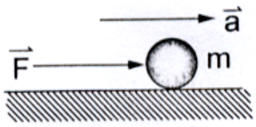
【概念中心】：了解牛頓第二運動定律的概念

【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】：牛頓第二運動定律(運動定律)：

物體所受外力之合力不為零時，則會沿合力方向產生一個「加速度」，此加速度的大小和外力的合力成正比，和物體的質量成反比。

$$\boxed{F=m\times a}\begin{cases}F:\text{作用淨外力(合力)}(N)\\ m:\text{物體質量}(kg)\\ a:\text{加速度}(m/\sec^2)\end{cases}$$



【試題解析】：轎車受動摩擦力作用而煞車減速：

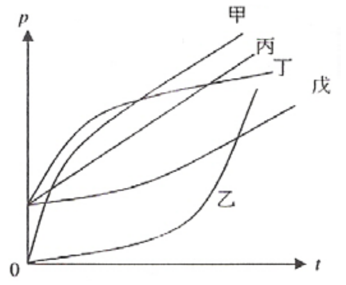
依 $\boxed{F=m\times a}\xrightarrow{F=f_K=\mu_K\cdot N}0.4\cdot mg=m\cdot a$，$a=0.4g=4m/\sec^2$

◎範例 6◎

原來靜止於高處的質點，在時間$t=0$時沿水平方向被拋射出去，假設在其後的運動過程中僅受重力作用，且重力加速度為定值。在質點落地前，其動量的量值P隨時間t的變化，可用右圖中的哪一條圖線來描述？

(A)甲　(B)乙　(C)丙

(D)丁　(E)戊。



【標準答案】：(**E**)

【概念中心】：熟記動量的定義並了解動量是一向量

【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）$\boxed{\vec{P}=m\cdot\vec{V}}\begin{cases}P:\text{動量}(kg\cdot m/\sec)\\ m:\text{質量}(kg)\\ V:\text{速度}(m/\sec)\end{cases}$

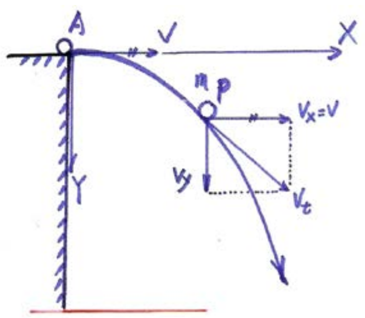
（2）水平拋射運動：水平拋射運動＝（等速度運動）$_X$＋（自由落體）$_Y$

【試題解析】：（1）如右圖所示，質點m自A水平拋出，$t$sec後達P位置：

$$\vec{V_t}:\begin{cases}X\text{方向}:V_x=V\\ Y\text{方向}:V_y=gt\end{cases}\Rightarrow\vec{V_t}=V\vec{i}+gt\vec{j}$$

（2）依 $\boxed{\vec{P}=m\cdot\vec{V}}$　$\vec{P}(t)=m\cdot\vec{V_t}=mV\vec{i}+mgt\vec{j}$

$\therefore\ P(t)=\sqrt{m^2V^2+m^2g^2t^2}\xrightarrow{\text{繪圖}}$曲線戊。

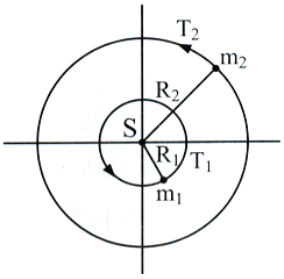


◎範例 7◎

已知某行星自轉週期為T，半徑為R。環繞它的某一衛星之圓軌道半徑為$32R$，繞行週期為$8T$。則環繞該行星運行的同步衛星，其圓軌道半徑應是多少？
（A）$16R$　（B）$8R$　（C）$4R$　（D）$\sqrt{8}R$　（E）$\sqrt{2}R$。

【標準答案】：（**B**）
【概念中心】：用克卜勒行星第三運動定律解同步衛星問題
【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】：克卜勒行星第三運動定律：
行星到太陽平均距離R的立方與行星繞太陽週期T的平方的比值，對各個行星皆相同，又稱為週期定律。

$$\boxed{\frac{R^3}{T^2}=const.}\Leftrightarrow\boxed{\frac{R_1^{\ 3}}{T_1^{\ 2}}=\frac{R_2^{\ 3}}{T_2^{\ 2}}}$$



【試題解析】：$(B)O$　依 $\boxed{\frac{R^3}{T^2}=const.}$　$\frac{(32R)^3}{(8T)^2}=\frac{R'^3}{T^2}\Rightarrow R'=8R$

◎範例 8◎

一個半徑為 R、沒有大氣的星球，在其表面處的重力加速度為 g。若由該星球表面以 $v=\sqrt{gR}$ 的初速，垂直向上發射一個沒有推進力的物體，則此物體上升的最高點與星球表面的距離，為下列何者？ (A) $\frac{R}{4}$　(B) $\frac{R}{2}$　(C) R　(D) $\frac{3R}{2}$　(E) $2R$。

【標準答案】:(**C**)

【概念中心】:擅用力學能守恆定律解物體遷移問題

【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】: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。

$$\boxed{W_{\text{非保守力}}=0\xrightarrow{\text{數學式}}\Sigma E=E_K+U_g=const.}\begin{cases}E_K=\frac{1}{2}mV^2\cdots\cdots\text{動能}\\ U_g=-\frac{GMm}{r}\cdots\text{引力位能}\end{cases}$$

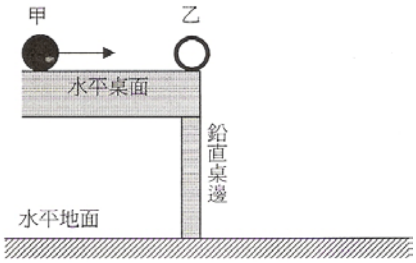
【試題解析】:$(C)O$　依 $\boxed{\Sigma E=E_K+U_g=const.}$ $\frac{1}{2}m\cdot\left(\sqrt{gR}\right)^2+\left(-\frac{GMm}{R}\right)=-\frac{GMm}{h+R}$

又 $\boxed{g=\frac{GM}{R^2}}$ $\frac{1}{2}mgR-mgR=-\frac{mgR^2}{h+R}$，$h=R$

◎範例 9◎

如右圖所示，水平光滑桌面上的甲球向右等速滑行，過程中無滾動，接著與靜置於桌邊的乙球作正向(面)彈性碰撞。碰撞後兩球各自落於水平地面上，落地過程中兩球僅受重力。已知甲、乙兩球半徑相同，質量分別為$2m$及m，落地點與鉛直桌邊底部的水平距離分別為P和Q，則$\frac{P}{Q}$之值為何？

(A) 2　(B) 1　(C) $\frac{1}{2}$　(D) $\frac{1}{4}$　(E) $\frac{1}{8}$。

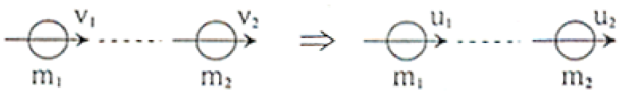


【標準答案】：(**D**)

【概念中心】：了解正向彈性碰撞的基本原理

【命題出處】：物質科學物理篇（下）－第十章 碰　撞

【應考重點】：正向完全彈性碰撞：



$$\boxed{u_1=\frac{m_1-m_2}{m_1+m_2}\cdot V_1+\frac{2m_2}{m_1+m_2}\cdot V_2}\quad \boxed{u_2=\frac{2m_1}{m_1+m_2}\cdot V_1+\frac{m_2-m_1}{m_1+m_2}\cdot V_2}$$

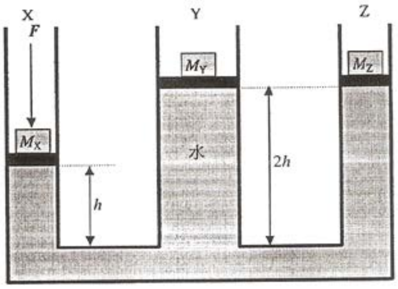
【試題解析】：(1) 依 $\boxed{u_1=\frac{m_1-m_2}{m_1+m_2}V_1+\frac{2m_2}{m_1+m_2}V_2}\xrightarrow{\text{甲入射速度為}V} u_{甲}=\frac{2m-m}{2m+m}\cdot V=\frac{V}{3}$

依 $\boxed{u_2=\frac{2m_1}{m_1+m_2}V_1+\frac{m_2-m_1}{m_1+m_2}V_2}$ $u_{乙}=\frac{2\cdot 2m}{2m+m}\cdot V=\frac{4V}{3}$

(2) 由 $\boxed{R=V_0\cdot t}$ $\boxed{t=\sqrt{\frac{2h}{g}}}$ $R=V_0\cdot\sqrt{\frac{2h}{g}}\xrightarrow{h,g=const.}R\propto V_0\xrightarrow{\text{承}(1)}\frac{P}{Q}=\frac{u_{甲}}{u_{乙}}=\frac{1}{4}$

◎範例 10◎

X 、Y 、Z 三根上方開口的垂直管子，管內半徑之比為1：2：1，底部由一水平導管連接成連通管，注入水後以質量可忽略的活塞封蓋著，並將質量為 M_X 、M_Y 和 M_Z 的物體依序置於 X 、Y 、Z 三管的活塞上，此時三者的液面等高。當施一外力 F 於 M_X 上時，X 、Y 、Z 三根管子的液面高度分別為 h 、$2h$ 和 $2h$ ，如右圖所示。若水的密度為 d ，重力加速度為 g ，則下列選項何者正確？



（A）外力 F 對 X 管液面產生的壓力為 $\frac{1}{2}dgh$

（B）外力 F 對 X 管液面產生的壓力為 dgh

（C）外力 F 對 X 管液面產生的壓力為 $2dgh$

（D）M_X 、M_Y ：M_Z =1：2：1

（E）M_X 、M_Y 和 M_Z =1：8：1。

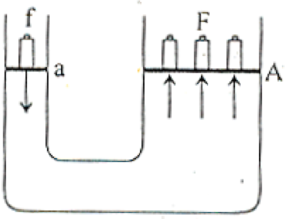
【標準答案】：（**B**）

【概念中心】：了解帕斯卡原理的基本概念

【命題出處】：物質科學物理篇（下）－第十一章 流體的性質

【應考重點】：巴斯卡原理：

封閉容器內的液體任一處所受的壓力變化，可以傳遞至液體內部其他各處，且強度不變。



$$\boxed{P_{in} = P_{out}} \Leftrightarrow \boxed{\frac{f}{a} = \frac{F}{A}}$$

【試題解析】：

$(D)\times$
$(E)\times$
（1）未施外力（ F ）前：

①由 $\boxed{A = \pi r^2}$ $A \propto r^2$ ，$A_X : A_Y : A_z = 1:4:1$

②依 $\boxed{P = \frac{F}{A}} \xrightarrow{P_X = P_Y = P_Z} \frac{M_X g}{A} = \frac{M_Y g}{4A} = \frac{M_z g}{A} \Rightarrow M_X : M_Y : M_Z = 4:1:4$

$(A)\times$
$(B)O$
$(C)\times$
（2）施外力（ F ）後：

依 $\boxed{P = \frac{F}{A}} \xrightarrow{P'_X = P'_Y = P'_Z} \frac{M_X g + F}{A} = \frac{M_Y g}{4A} + hdg = \frac{M_z g}{A} + hdg \cdots (a)$

又 $M_X = \frac{1}{4} M_Y$ ，代入（a）式

得 $\frac{\left(\frac{1}{4} M_Y\right) g + F}{A} = \frac{M_Y g}{4A} + hdg \Rightarrow F = Ahdg$ ，$P_X = \frac{F}{A_X} = \frac{F}{A} = hdg$

◎範例 11◎

題組

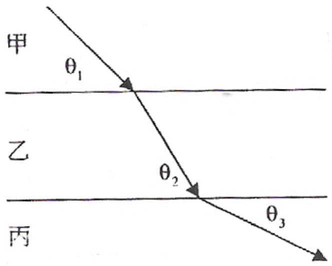
如右圖所示，一光束由甲介質進入乙介質，再進入丙介質，θ_1、θ_2與θ_3為該光束與各界面的夾角。已知丙介質為空氣，其折射率為 1。

（1）當$\theta_1=45^0$，$\theta_2=60^0$，$\theta_3=30^0$時，甲、乙兩介質的折射率$n_{甲}$、$n_{乙}$分別為下列何者？

(A) $n_{甲}=\frac{1}{\sqrt{2}}$，$n_{乙}=\frac{1}{\sqrt{3}}$　(B) $n_{甲}=\sqrt{2}$，$n_{乙}=\sqrt{3}$

(C) $n_{甲}=\frac{1}{2}$，$n_{乙}=\frac{1}{3}$　(D) $n_{甲}=2$，$n_{乙}=3$

(E) $n_{甲}=\sqrt{\frac{3}{2}}$，$n_{乙}=\sqrt{3}$。



（2）若光束在乙、丙間的界面發生全反射，則$\sin\theta_1$的範圍為下列何者？

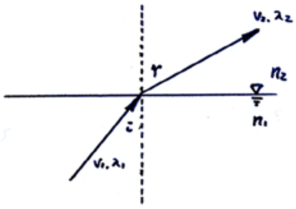
(A) $\sin\theta_1\le\frac{1}{\sqrt{2}}$　(B) $\sin\theta_1\le\frac{1}{\sqrt{3}}$　(C) $\sin\theta_1\le\sqrt{\frac{2}{3}}$　(D) $\sin\theta_1\ge\frac{1}{\sqrt{3}}$

(E) $\sin\theta_1\ge\frac{1}{\sqrt{2}}$。

【標準答案】：(1)(E)；(2)(B)

【概念中心】：擅用斯乃耳定律解光的折射問題

【命題出處】：選修物理（上）－第四章 光的折射



【應考重點】：（1）司乃耳定律：$\boxed{n_{12}=\frac{\sin i}{\sin r}=\frac{V_1}{V_2}=\frac{\lambda_1}{\lambda_2}=\frac{n_2}{n_1}}$

（2）全反射的條件：$\begin{cases}光自n_{大}\to n_{小}\\ i>\theta_C\end{cases}$

【試題解析】：（1）依 $\boxed{n_{12}=\frac{\sin i}{\sin r}=\frac{n_2}{n_1}}$ $\begin{cases}甲\to乙:\frac{\sin45^0}{\sin30^0}=\frac{n_{乙}}{n_{甲}}\\ 乙\to丙:\frac{\sin30^0}{\sin60^0}=\frac{n_{丙}}{n_{乙}}\end{cases}\xrightarrow{n_{丙}=1}\begin{cases}n_{甲}=\sqrt{\frac{3}{2}}\\ n_{乙}=\sqrt{3}\end{cases}$

（2）①光束在乙、丙間的界面發生全反射：$\boxed{(90^0-\theta_2)\ge\theta_C}\cdots\cdots(a)$

由$(a)\cdot n_{乙}\times\sin$，得

$n_{乙}\times\sin(90^0-\theta_2)\ge n_{乙}\times\sin\theta_C=n_{丙}\cdot\sin90^0\Leftrightarrow n_{乙}\times\cos\theta_2\ge n_{丙}\cdots\cdots\cdots(b)$

又 $n_{甲}\times\sin(90^0-\theta_1)=n_{乙}\times\sin(90^0-\theta_2)\Leftrightarrow n_{甲}\times\cos\theta_1=n_{乙}\times\cos\theta_2\cdots\cdots(c)$

③由(b)、(c)，得 $n_{甲}\times\cos\theta_1\ge n_{丙}=1$

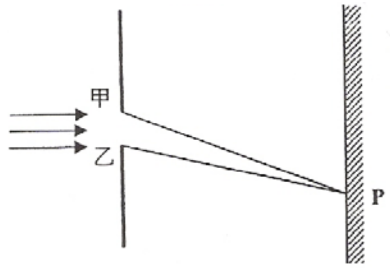
$\therefore\ \cos\theta_1\ge\sqrt{\frac{2}{3}}\Rightarrow\sin\theta_1\le\frac{1}{\sqrt{3}}$

◎範例 12◎

以波長為λ的平行光，垂直入射單狹縫作繞射實驗。單狹縫的上端為甲，下端為乙，如右圖的示意圖所示。若圖中屏幕距狹縫極遠，且屏幕上P點為第二暗紋，則甲、乙二點到P點的光程差為下列何者？

（A）$\dfrac{\lambda}{2}$　（B）λ　（C）$\dfrac{3\lambda}{2}$

（D）2λ　（E）$\dfrac{5\lambda}{2}$。

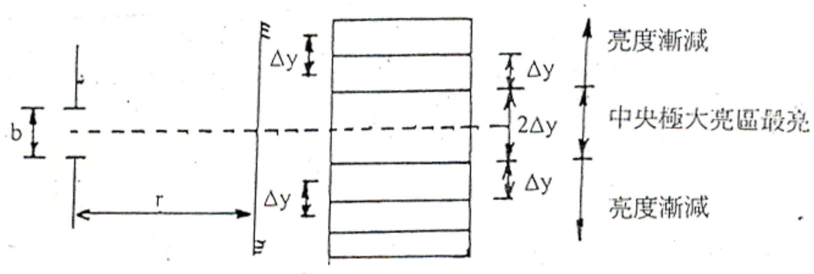


【標準答案】:（**D**）

【概念中心】:了解光的單狹縫繞射基本原理

【命題出處】:選修物理（上）－第五章 光的干涉與繞射

【應考重點】:單狹縫繞射實驗裝置：



條件式（光程差）－ $\Delta l = \left|\overline{PS_1} - \overline{PS_2}\right| \approx b\sin\theta = \begin{cases} m\lambda \cdots\cdots, m = 1,2,3,\cdots\cdots\text{暗紋} \\ 0 \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\text{中央亮帶} \\ n\cdot\dfrac{\lambda}{2}\cdots\cdots, n = 3,5,7,\cdots\cdots\text{亮紋} \end{cases}$

【試題解析】:題圖示P點為第二暗紋$\xrightarrow{\text{條件}}$ $\Delta l = \left|\overline{P\text{甲}} - \overline{P\text{乙}}\right| = 2\lambda$

◎範例 13◎

有兩個形狀與大小完全相同的實心圓柱體，分別由純矽與甲材質做成，下表為兩圓柱體的溫度、電阻及施加於其兩端的電壓關係。已知在 20℃時純矽的電阻率約為純鍺的 5000 倍，則甲材質在常溫下最可能是下列何者？

圓柱材質	溫度	圓柱兩端電壓	圓柱電阻
純矽	20℃	10V	1000 $k\Omega$
甲材質	20℃	10V	5Ω
甲材質	100℃	10V	3Ω

(A)超導體　(B)絕緣體　(C)金屬導體　(D)純鍺半導體　(E)P 型或 N 型半導體。

【標準答案】：(**E**)

【概念中心】：了解影響電阻率的因素

【命題出處】：選修物理（上）－第七章 電　流

【應考重點】：電阻定律：

由實驗得知，一金屬導線的電阻 R 與導体長度 L 成正比，而與其截面積 A 成反比。

$\boxed{R=\rho\cdot\frac{L}{A}}$（$\rho$：電阻率，與導体物質的材料及溫度有關）

【試題解析】：（1）甲材質；$\begin{cases}20^0C\rightarrow 100^0C\\ \frac{10V}{5\Omega}=2A\rightarrow\frac{10V}{3\Omega}=3.3A\end{cases}\xrightarrow{\text{顯示}}$溫度上升，甲材質的導電性上升。

$\therefore$甲材質是「半導體」。

（2）依 $\boxed{R=\rho\cdot\frac{L}{A}}\xrightarrow{L,A=const.}R\propto\rho$

當溫度與電壓相同時：$\begin{cases}m_1=\frac{\rho_{矽}}{\rho_{鍺}}=\frac{1000000}{R_{鍺}}=5000,R_{鍺}=200\Omega\\ m_2=\frac{\rho_{甲}}{\rho_{鍺}}=\frac{5}{200}=\frac{1}{40}\neq m_2\end{cases}$

$\therefore$甲材質不是「純鍺半導體」；有滲入雜質，為「P 型或 N 型半導體」。

◎範例 14◎

五位同學談到他們最敬佩的科學家在近代物理上的貢獻：
（1）甲同學說：「普朗克首提量子論，完整解釋黑體輻射能量分布的實驗結果，開啟近代物理研究之門」
（2）乙同學說：「拉塞福由α粒子的散射實驗，發現了原子核內的中子與質子，使人類對原子核結構的了解更為深入」
（3）丙同學說：「侖琴發現 X 射線，對近代科學的發展及醫學上的應用，貢獻極大」
（4）丁同學說：「波耳依據德布羅依的物質波假說，提出氫原子角動量與能量的量子化，使人類對原子結構的了解跨進一大步」
（5）戊同學說：「愛因斯坦不但以光量子說完美解釋光電效應的實驗結果，又提出相對論，開啟近代物理的新頁」
以上五位同學的談話內容，正確的為哪幾位？
(A)僅有戊　(B)僅有甲、丙　(C)僅有甲、丙、戊　(D)僅有甲、乙、丙、戊
(E)甲、乙、丙、丁、戊。

【標準答案】：(**C**)
【概念中心】：了解近代物理科學家的偉大貢獻
【命題出處】：選修物理（下）－第十章 近代物理學的簡介
【應考重點】：（1）普朗克首提量子論，完整解釋黑體輻射能量分布的實驗結果。
（2）拉塞福由α粒子的散射實驗，發現了原子核的存在；又以α粒子撞擊氮核，發現質子。
（3）侖琴由陰極射線實驗發現 X 射線。
（4）波耳依據巴耳摩公式的結果再去做氫原子模型的計算時發現電子運動的角動量是量子化的。
（5）1900 年普朗克提出能量量子化，1905 年愛因斯坦提出光量子化，1909 年密立根確定電荷量子化，1913 年波耳提出角動量量子化。
【試題解析】：（乙）×　（1）中子由「查兌克」發現。
（丁）×　（2）波耳的角動量量子化是直到德布羅依提出物質波假說後，才得以解釋、了解。

◎範例 15◎

日本福島核電廠因大地震及海嘯而產生核災變，凸顯核能發電與其安全使用在現代生活上的重要性。$^{235}_{92}U$ 原子核吸收熱中子後產生核分裂，分裂後減損的質量轉換成能量而可用來發電。下列有關核能基本知識的相關敘述，何者正確？

（A）核衰變產生的γ射線、α與β粒子，穿透物質能力的順序為$\gamma>\beta>\alpha$
（B）$^{235}_{92}U$ 原子核吸收熱中子後，每次核分裂後僅可釋出 1 個中子
（C）$^{235}_{92}U$ 原子核分裂後的碎片不再具有放射性
（D）太陽輻射的能量主要來自核分裂反應
（E）$^{235}_{92}U$ 約佔天然鈾元素中的 99%。

【標準答案】：（**A**）
【概念中心】：了解放射性元素的基本特性
【命題出處】：選修物理（下）－第十二章 原子核
【應考重點】：（1）放射性元素：具高能量的原子核種
①放射線共有三種，「α射線」、「β射線」、「γ射線」。
②穿透物質能力的順序為 γ射線>β射線>α射線。
（2）$^{235}_{92}U$ 原子核分裂：$\boxed{^{1}_{0}n+^{235}_{92}U\rightarrow^{141}_{56}Ba+^{92}_{36}Kr+3^{1}_{0}n+\text{能量}}$
【試題解析】：$(B)\times$ （1）$^{235}_{92}U$ ，每次核分裂後可釋出 2～3 個中子。
$(C)\times$ （2）$^{235}_{92}U$ ，分裂後的碎片仍具放射性。
$(D)\times$ （3）太陽輻射的能量主要來自「核融合」反應。
$(E)\times$ （4）天然鈾元素：$^{235}_{92}U$ 約佔 0.7%，$^{238}_{92}U$ 約佔 99.3%。

◎範例 16◎

題組

有一個半徑為$10.0cm$的金屬球體，遠離其他導體，而可將其表面的正電荷近似為均勻分布，經測得其表面與地面間的電位差為$1.0\times10^{3}V$。已知庫侖常數$k=9\times10^{9}\dfrac{N\cdot m^{2}}{C^{2}}$。

（1）此帶電金屬球在距其球心$1.0cm$處的電場量值為多少V/m？

（A）0　（B）1.0×10^{2}　（C）1.0×10^{3}　（D）1.0×10^{4}　（E）1.0×10^{5}

（2）此金屬球上所帶的電量大小約為多少庫侖？

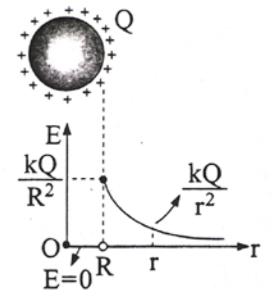
（A）1×10^{-4}　（B）1×10^{-5}　（C）1×10^{-6}　（D）1×10^{-7}　（E）1×10^{-8}。

【標準答案】：(1)(A)；(2)(E)

【概念中心】：了解金屬球體的電場分佈、電位分佈

【命題出處】：選修物理（上）－第六章 靜　電

【應考重點】：（1）荷電Q之金屬球（半徑R）所建立之電場：

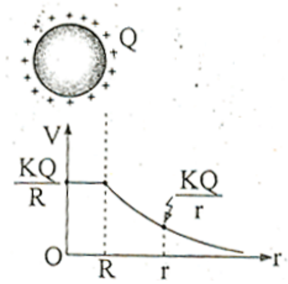


①球　外（$r>R$）－$\boxed{E=0}$

②球表面（$r=R$）－$\boxed{E=\dfrac{kQ}{R^{2}}}$

③球　內（$r<R$）－$\boxed{E=\dfrac{kQ}{r^{2}}}$

（2）荷電Q之金屬球（半徑R）所建立之電位：



①球　外（$r>R$）－$\boxed{V=\dfrac{kQ}{r}}$

②球表面（$r=R$）－$\boxed{V=\dfrac{kQ}{R}}$

③球　內（$r<R$）－$\boxed{V=\dfrac{kQ}{R}}$

【試題解析】：（1）$(A)O$　金屬球體內部不具電場。

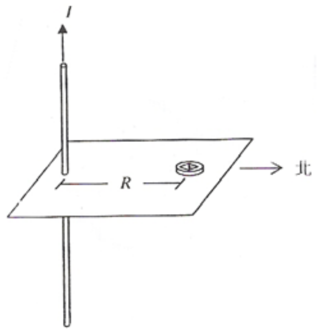
（2）$(E)O$　依金屬球體表面電位：$\boxed{V=\dfrac{kQ}{R}}$　$1.0\times10^{3}=\dfrac{(9\times10^{9})\cdot Q}{0.1}$

$\therefore Q=\dfrac{1}{9}\times10^{-7}C\approx1\times10^{-8}C$

◎範例 17◎

如右圖所示，一條細長的直導線與水平桌面垂直，桌面上平放的小磁針沿桌面到導線的距離 $R=10cm$。設導線未通電流時，小磁針保持水平且其 N 極指向北方；而當導線上的直流電流為 I 時，小磁針 N 極與北方的夾角為 θ。當 R 改為 $20cm$ 時，若欲使小磁針 N 極與北方的夾角仍為 θ，則導線的電流大小必須調整成下列何者？

(A) $\frac{I}{4}$　(B) $\frac{I}{2}$　(C) I　(D) $2I$　(E) $4I$。



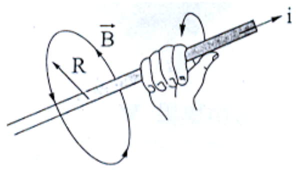
【標準答案】：(**D**)

【概念中心】：了解電流磁效應

【命題出處】：選修物理（下）－第八章 磁　場

【應考重點】：載流長直導線附近的磁場強度：

$$\boxed{B=\frac{\mu_0 i}{2\pi r}}\begin{cases}\mu_0:\text{真空中的導磁率},\mu_0=4\pi\times10^{-7}\dfrac{T\cdot m}{A}\\ i:\text{電流}(A)\\ r:\text{與導線的距離}(m)\end{cases}$$

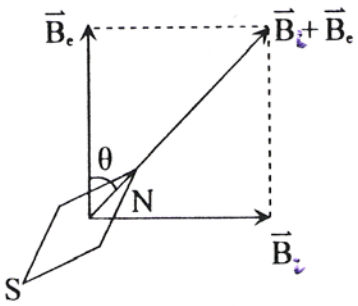


【試題解析】：磁針所指的方向為該位置處合磁場的方向，如右圖所示。

$$\text{由}\begin{cases}\tan\theta=\dfrac{B_i}{B_e}\\ B_i=\dfrac{\mu_0\cdot i}{2\pi r}\end{cases}\xrightarrow{\text{聯立}}\tan\theta=\frac{\mu_0\cdot i}{2\pi r\cdot B_e}$$

$\because\theta$，$B_e=const.$

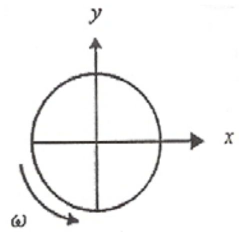
$\therefore i\propto r\Rightarrow\frac{10}{20}=\frac{I}{I'}$，$I'=2I$



◎範例 18◎

如右圖所示，xy 平面上有一半徑為 a 的圓形細線圈，其上的電荷線密度 λ（即每單位長度的電量）均相同。當線圈以 ω 的等角速度繞通過圓心且垂直 xy 平面的轉軸轉動時，則線圈上所產生的電流 I 為下列何者？

(A) $\dfrac{a\lambda}{\omega}$　(B) $a\lambda\omega$　(C) $\dfrac{2\pi a\lambda}{\omega}$　(D) $\dfrac{\lambda\omega}{a}$　(E) $\dfrac{a\lambda\omega}{2\pi}$。



【標準答案】：(**B**)

【概念中心】：了解電流的成因

【命題出處】：選修物理（上）－第七章 電　流

【應考重點】：電流：導線內（正、負）電荷的集體行動，統稱為電流。

$$\boxed{I=\frac{Q}{t}}\begin{cases}Q:\text{電量}(C)\\ t:\text{時距}(\text{sec})\\ I:\text{電流}(A)\end{cases}$$

【試題解析】：依 $\boxed{I=\dfrac{Q}{t}}\xrightarrow{\omega=\frac{2\pi}{T}} I=\dfrac{\lambda\cdot 2\pi a}{\left(\dfrac{2\pi}{\omega}\right)}=a\lambda\omega$

◎範例 19◎

某人於無風的狀態下在水平路面上沿一直線騎腳踏車。若輪胎與路面間的靜摩擦係數大於動靜摩擦係數，則下列有關其騎車過程的敘述，哪些是正確的？
（A）以不同的等速行進時，車速越快越費力，主要是需要克服來自空氣的阻力
（B）如果考慮的系統包括人和腳踏車，則腳踏車行進時，系統的動量是守恆的
（C）腳踏車行進時，地面與輪胎間的正向力，對人和腳踏車構成的系統並不作功
（D）腳踏車行進時，地面與輪胎間如有滑動，則動摩擦力對人和腳踏車構成的系統並不作功
（E）如果考慮的系統包括人、腳踏車和地球，則腳踏車在加速、減速時，整個系統的力學能是守恆的。

【標準答案】：（A）（C）

【概念中心】：了解力學能守恆律、動量守恆律的基本條件

【命題出處】：物質科學物理篇（上）－第三章 靜力平衡

【應考重點】：（1）力學能守恆律：非保守力作功為零的系統，其總力學能守恆。

$$\boxed{W_{非保守力}=0\xrightarrow{數學式}\Sigma E=E_K+E_P+E_e=const.}\begin{cases}E_K=\dfrac{1}{2}mV^2\cdots\cdots\cdots動能\\E_P=mgh\cdots\cdots重力位能\\E_e=\dfrac{1}{2}k\Delta x^2\cdots彈力位能\end{cases}$$

（2）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。

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

【試題解析】：（A）◯　（1）依 $\boxed{\Sigma F=0}$ $f_{腳踏力}=(f_{阻力})_{air}$

（B）×　（2）（人＋腳踏車）系統，受有摩擦力（外力）作用，系統動量不守恆。

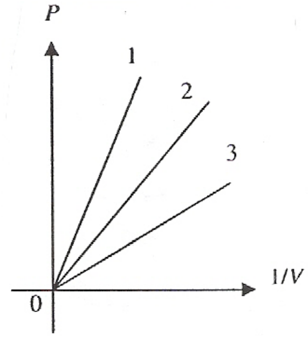
（C）◯　（3）因 $\vec{N}\perp\vec{S}$，故 $\vec{N}$ 對（人＋腳踏車）系統不作功。

（D）×　（4）因 $\vec{f_K}//\vec{S}$，故 $\vec{f_K}$ 對（人＋腳踏車）系統有作功。

（E）×　（5）非保守力作功為零的系統，其總力學能守恆；對（人＋腳踏車＋地球）系統，受有摩擦力作用，摩擦力為非保守力，對系統作負功，總力學能不守恆。

◎範例 20◎

右圖所示為某生做「波以耳定律」實驗，以密閉容器內氣體壓力 P 為縱坐標，體積 V 的倒數為橫坐標所作的數據圖，在 1、2、3 三種不同的狀況下，得到斜率不同的圖形。若以 n_1 、 n_2 、 n_3 與 T_1 、 T_2 、 T_3 分別代表三種情況下的氣體分子莫耳數與氣體溫度，則下列有關容器內氣體狀態的敘述，哪些是正確的？



（A）若溫度 $T_1 = T_2 = T_3$ ，則氣體分子莫耳數的關係為 $n_1 < n_2 < n_3$
（B）若溫度 $T_1 = T_2 = T_3$ ，則氣體分子莫耳數的關係為 $n_1 > n_2 > n_3$
（C）若莫耳數 $n_1 = n_2 = n_3$ ，則氣體溫度的關係為 $T_1 > T_2 > T_3$
（D）若莫耳數 $n_1 = n_2 = n_3$ ，則氣體溫度的關係為 $T_1 < T_2 < T_3$
（E）若溫度一定，且莫耳數一定，則氣體的壓力 P 與體積 V 成反比。

【標準答案】：**（B）（C）（E）**

【概念中心】：了解氣體物態變因的改變與控制

【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： $\boxed{PV = nRT} \begin{cases} P:\text{氣體壓力}\left(N/m^2\right) \\ V:\text{容器體積}\left(m^3\right) \\ n:\text{氣體莫耳數}(mole) \\ R:\text{氣體常數}(8.3) \\ T:\text{氣體溫體}(K) \end{cases}$

【試題解析】：

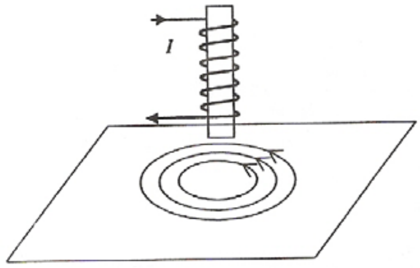
$(A)\times$
$(B)O$
（1）依 $\boxed{PV = nRT} \xrightarrow{V,T=const.} P \propto n \begin{cases} P_1 > P_2 > P_3 \\ n_1 > n_2 > n_3 \end{cases}$

$(C)O$
$(D)\times$
（2）依 $\boxed{PV = nRT} \xrightarrow{V,n=const.} P \propto T \begin{cases} P_1 > P_2 > P_3 \\ T_1 > T_2 > T_3 \end{cases}$

$(E)O$
（3）依 $\boxed{PV = nRT} \xrightarrow{T,n=const.} P \propto \dfrac{1}{V}$

◎範例 21◎

一螺線管置於一固定金屬板的正上方一小段距離處，螺線管通有電流 I ，電流方向如右圖所示。下列哪些情況，可使金屬板產生逆時針方向（如圖）的感應渦電流？



（A）電流 I 及螺線管的位置均不變動
（B）螺線管不動，但其電流 I 逐漸增大
（C）螺線管不動，但其電流 I 逐漸減小
（D）電流 I 不變，但使螺線管垂直向下移動
（E）電流 I 不變，但使螺線管垂直向上移動。

【標準答案】：（**B**）（**D**）
【概念中心】：了解電磁感應的原理
【命題出處】：選修物理（下）－第九章 電磁感應
【應考重點】：電磁感應（英國法拉第）：

藉由線圈和磁棒磁場間的相對運動，或線圈內磁場的變化，會使線圈內產生一感應電流（ i' ）。

$$\begin{cases} i' \propto V_{\text{線圈/磁棒}}(\text{線圈與磁棒間的相對速度}) \\ i' \propto \Delta B(\text{磁場的變化量}) \end{cases}$$

【試題解析】：$(A)\times$

（1）電流 I 及螺線管的位置均不變動：
∵無法在金屬面上產生磁通量變化，$\Delta\phi = 0$
∴無感應磁場（ $B' = 0$ ）$\Rightarrow$ 無感應電流（ $i' = 0$ ）。

$(B)O$
$(C)\times$

（2）螺線管不動，改變電流（ I ）量：
∵金屬面上產生磁通量變化，$\Delta\phi \neq 0$
∴生感應磁場 $\Rightarrow$ 生感應電流，且 $\begin{cases} I\uparrow \Rightarrow B\uparrow \Rightarrow B'\uparrow \Rightarrow i'\uparrow, \text{逆時針方向} \\ I\downarrow \Rightarrow B\downarrow \Rightarrow B'\uparrow \Rightarrow i'\uparrow, \text{順時針方向} \end{cases}$

$(D)O$
$(E)\times$

（3）電流（ I ）不變，螺線管垂直移動：
∵金屬面上產生磁通量變化，$\Delta\phi \neq 0$
∴生感應磁場 $\Rightarrow$ 生感應電流，且
①線圈接近金屬板 $\Rightarrow B\uparrow$，接近金屬板 $\Rightarrow B'\uparrow$，朝金屬板向外 $\Rightarrow i'\uparrow$，逆時針方向
②線圈遠離金屬板 $\Rightarrow B\downarrow$，遠離金屬板 $\Rightarrow B'\uparrow$，朝金屬板向外 $\Rightarrow i'\uparrow$，逆時針方向

◎範例 22◎

有一光電效應實驗，以不同頻率 f 的光入射同一金屬表面，並測量與各頻率對應的截止電壓 V_S，所得結果如右圖所示，若 h 代表普朗克常數，$-e$ 代表電子電荷，下列敘述哪些是正確的？

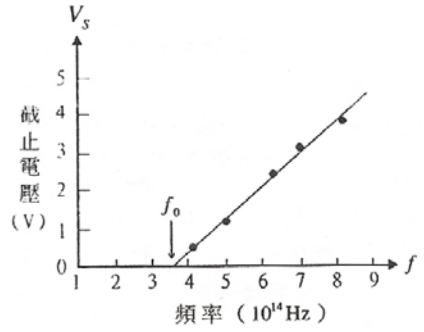
(A) 截止電壓 V_S 對光頻率 f 的關係為一直線，其斜率為 $\dfrac{h}{e}$

(B) 截止電壓 V_S 對光頻率 f 的關係為一直線，其斜率為 eh

(C) 若入射光的頻率為 $3\times10^{14}Hz$，則需較長時間照射方能產生光電子

(D) 若入射光的頻率為 $5\times10^{14}Hz$，則即使光強度很弱，光電子仍能立即產生

(E) 截止電壓 V_S 對光頻率 f 的關係為一直線，且此直線與橫軸的交點為 f_0，則該金屬的功函數為 hf_0



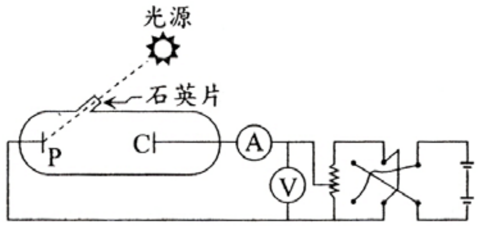
【標準答案】：(A)(D)(E)

【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】：光電效應實驗：

(1) 逐漸增加逆向電壓 V，則光電流逐漸減少，當電流適減為零時，該 V 值稱為截止電壓，以 V_S 表之。



(2) 由 $eV = K_{\max}$，得

$h\nu = e\cdot V_S + e\phi = eV_S + h\nu_0$，故

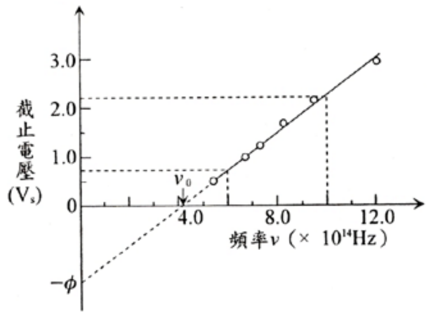
$\boxed{V_S = \dfrac{h}{e}(\nu-\nu_0)}$……光電方程式

(3) $V_S-\nu$ 函數圖：

①直線斜率的實驗值即可得 $\dfrac{h}{e}$，如 e 之值已知，則可由此得 h 之值。

②直線在 V_S 軸上的截距為 $-\phi$，可決定 P 板（即發射板）的功函數 $e\phi$。

③直線和 ν 軸的交點可決定金屬的低限頻率 ν_0。



【試題解析】：

$(A)O$ (1) 依 $\boxed{V_S = \dfrac{h}{e}(\nu-\nu_0)} \xrightarrow{\nu\to f,\nu_0\to f_0} V_S = \dfrac{h}{e}f - \dfrac{hf_0}{e} \xrightarrow{\text{斜率}:m} m = \dfrac{h}{e}$

$(B)\times$

$(C)\times$ (2) 由題圖得知，低限頻率約為 $f_0 = 3.5\times10^{14}Hz$

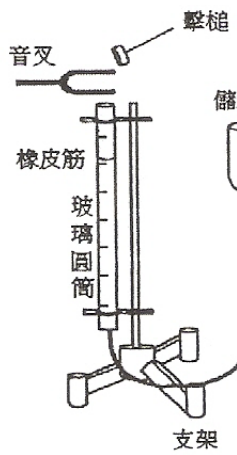
$(D)O$

$\therefore f > f_0$，即可產生光電效應（與光的強度無關）。

$(E)O$ (3) 承 (1)，$V_S - f$ 圖為一直線，此直線與橫軸的交點為 f_0，該金屬的功函數為 $E_b = hf_0$。

◎範例 23◎

某生在物理實驗室做「氣柱的共鳴」實驗，儀器裝置如右圖所示，包括鉛直豎立的細玻璃圓筒、儲水器、連通管、支架、音叉、擊槌、橡皮筋等。細玻璃圓筒的管長約 $75cm$，其上並附有刻度尺，且玻璃圓筒的管口位置刻度為零。將頻率為 $620Hz$ 的振動音叉置於管口上方，再上下移動儲水器以調整玻璃圓筒中的水面高低，實驗上測得產生共鳴的水面刻度有三，分別為 13.0、41.0 與 $69.0cm$。



1. 依據題目所給定的產生共鳴時水面刻度的實驗數據，在答案卷作圖區畫出玻璃圓筒中空氣分子的位移出現波腹與波節的位置，並標示其刻度。
2. 依據題目所給定的產生共鳴時水面刻度的實驗數據，計算當時的聲速。
3. 若使用某一音叉卻始終無法找到任何共鳴的位置，應該是什麼原因造成的？

【標準答案】：（1）見詳解；（2）$347.2m/\sec$；（3）音叉頻率太低

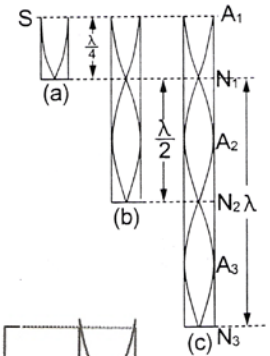
【概念中心】：了解空氣柱（共鳴管）發生共鳴的基本原理

【命題出處】：選修物理（上）－實驗二 氣柱的實驗

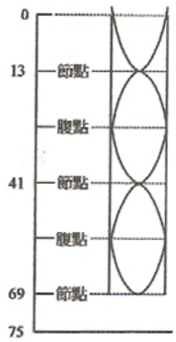
【應考重點】：駐波和空氣柱的共振：

任何半封閉管的長度，若為波長四分之一的奇數倍，即能產生共鳴，即

$\boxed{L = n \cdot \frac{\lambda}{4}, \cdots}$（$L$:空氣柱長度）



【試題解析】：（1）繪得空氣柱產生共鳴時的水面刻度數據，如右圖所示。



（2）承（1），得 $\frac{\lambda}{2} = 41.0 - 13.0 = 28.0cm$，$\lambda = 56.0cm$

又 $\boxed{V = \lambda \cdot f}$ $V = 0.56 \times 620 = 347.2m/\sec$

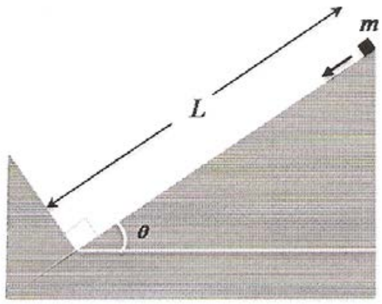
（3）當音叉頻率過短，引發聲波波長過長，則無法找到共鳴位置：

① $\frac{\lambda}{4} > 75cm$，即 $\lambda > 300cm$

②由 $347.2 = \lambda \cdot f$，$\lambda = \frac{347.2}{f} > 3$，$f < 115.7Hz$

◎範例 24◎

有一個斜角為 θ、長度為 L 的固定斜面，其底端設有一與斜面垂直的牆面，如圖 14 所示。一個質量為 m 的小木塊從斜面上端滑下，其初速度為零。小木塊滑至斜面底端與牆面發生彈性碰撞，設小木塊與斜面間的動摩擦係數為 μ，重力加速度為 g。



（1）求小木塊從斜面上端滑到斜面底端時，碰撞前瞬間的動能。

（2）計算第一次碰撞牆面後，小木塊沿斜面向上滑行的加速度。

（3）計算第一次碰撞牆面後，小木塊沿斜面向上滑行的最大距離。

【標準答案】：（1）$(mg\sin\theta-\mu mg\cos\theta)L$；（2）$g(\sin\theta+\mu\cos\theta)$；（3）$\dfrac{\sin\theta-\mu\cos\theta}{\sin\theta+\mu\cos\theta}\cdot L$

【概念中心】：應用牛頓定律、功能原理解斜面運動問題

【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）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）。

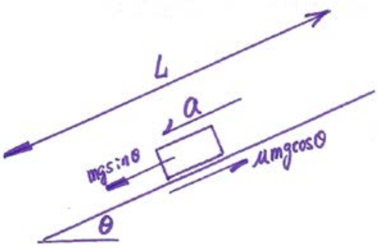
$$\boxed{W_{合}=\Sigma F\cdot S=(E_K)_f-(E_K)_i=\Delta E_K}$$

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

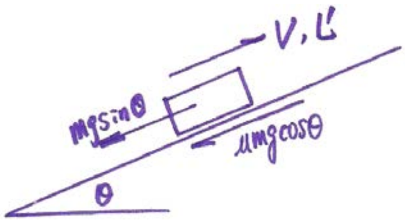
【試題解析】：（1）依 $\boxed{W_{外力}=\Delta E_K}\xrightarrow{\text{下圖(一)}}(mg\sin\theta-\mu mg\cos\theta)\cdot L\cdot\cos 0^0=E_K-0$

$\therefore\ E_K=(mg\sin\theta-\mu mg\cos\theta)L$

（2）依 $\boxed{\Sigma F=ma}\xrightarrow{\text{下圖(二)}} mg\sin\theta-\mu mg\cos\theta=ma$，$a=g(\sin\theta+\mu\cos\theta)$，$\swarrow$



圖（一）



圖（二）

（3）①小木塊彈性碰撞牆面，承（1），得反彈速度為 V_i，且

$$\frac{1}{2}mV_i^2=(mg\sin\theta-\mu mg\cos\theta)L\Rightarrow V_i^2=2gL(\sin\theta-\mu\cos\theta)$$

②依 $\boxed{V^2=V_0^2+2aS}\xrightarrow{\text{承(2)}}0^2=V_i^2-2\cdot g(\sin\theta+\mu\cos\theta)\cdot L'$

$$\therefore\ L'=\frac{\sin\theta-\mu\cos\theta}{\sin\theta+\mu\cos\theta}\cdot L$$