第 1 題評分標準：

小題	內容	得分	備註
(a) 13 分	寫出理想氣體方程式$P_0V_{\mathrm{A0}} = P_0V_{\mathrm{B0}} = RT_0$ ， 算出$V_{\mathrm{A0}} = V_{\mathrm{B0}} = 22.5\mathrm{L}$ 。	2	
	寫出熱力學第一定律：$\Delta U_{\mathrm{A+B}} = 5R\Delta T = Q - W$。	3	
	算出$W = R\Delta T$。	2	
	求出 A、B 的溫度變化$\Delta T = 6.71\mathrm{K}$。	2	
	求出 A 部分的壓力$P_{\mathrm{A}} = 2480\mathrm{Pa}$。	2	
	求出 B 部分的體積$\Delta V_{\mathrm{B}} = 0.552\mathrm{L}$。	2	
(b) 12 分	寫出熱力學第一定律：$\Delta U_{\mathrm{A}} = Q - W$ ， $(5R/2)\Delta T_{\mathrm{A}} = 80.0 \times 4.18 - P_0(\Delta V_{\mathrm{A}})$。	3	
	由理想氣體方程式：$(7R/2)\Delta T_{\mathrm{A}} = 80.0 \times 4.18$。 求得$\Delta T_{\mathrm{A}} = 11.5\mathrm{K}$。	3	
	求出$\Delta V_{\mathrm{A}} = 0.946\mathrm{L}$。	2	
	求出$\Delta P_{\mathrm{A}} = \Delta P_{\mathrm{B}} = 0$。	2	
	求出$\Delta V_{\mathrm{B}} = 0$；$\Delta T_{\mathrm{B}} = 0$。	2	

第 2 題評分標準：

小題	內容	得分	備註
(A) 6 分	寫下 A 點經由 P 點至 B 點的光程： $f(x_1)=\frac{\sqrt{h_1^2+x_1^2}+\sqrt{h_1'^2+(d-x_1)^2}}{(\lambda/n_1)}$。	1	
	由$f'(x_1)=0$得到$\frac{x_1}{\sqrt{h_1^2+x_1^2}}-\frac{d-x_1}{\sqrt{h_1'^2+(d-x_1)^2}}=0$。 即 $\sin\theta_1=\sin\theta_1'$	2	
	寫下 A 點經由 P 點至 B 點的光程： $f(x_1)=\frac{\sqrt{h_1^2+x_1^2}}{(\lambda/n_1)}+\frac{\sqrt{h_2^2+(d-x_1)^2}}{(\lambda/n_2)}$。	1	
	由$f'(x_1)=0$得到$\frac{n_1x_1}{\sqrt{h_1^2+x_1^2}}-\frac{n_2(d-x_1)}{\sqrt{h_2^2+(d-x_1)^2}}=0$。 即$n_1\sin\theta_1=n_2\sin\theta_2$。	2	
(B) 4 分	寫出相鄰兩路徑的光程差： $_{\text{實線}}\int_A^B d\varphi(\vec{r})-{}_{\text{虛線}}\int_A^B d\varphi(\vec{r})$。	2	
	由穩定相位條件得到$\frac{2\pi dx\sin\theta_1}{(\lambda/n_1)}+\frac{2\pi dx\sin\theta_2}{(\lambda/n_2)}=0$。 即$n_1\sin\theta_1=n_2\sin\theta_2$。	2	
(C) 5 分	寫出折射時相鄰兩路徑的光程差，並由穩定相位條件得到$\frac{2\pi dx\sin\theta_1}{(\lambda/n_1)}+\frac{2\pi dx\sin\theta_2}{(\lambda/n_2)}+d\Phi=0$， 即 $n_2\sin\theta_2=n_1\sin\theta_1+\frac{\lambda}{2\pi}\frac{d\Phi}{dx}$。	3	
	寫出反射時相鄰兩路徑的光程差，並由穩定相位條件得到$\frac{2\pi dx\sin\theta_1'}{(\lambda/n_1)}+\frac{2\pi dx\sin\theta_1}{(\lambda/n_1)}+d\Phi=0$， 即 $n_1\sin\theta_1'=n_1\sin\theta_1+\frac{\lambda}{2\pi}\frac{d\Phi}{dx}$。	2	
(D)(a) 3 分	由(c)中廣義化反射定律得： $\sin\theta_1'=\sin\theta_1+\alpha$。	1	
	求出反射光的條件：$\theta_1>\sin^{-1}(1-\alpha)$。	2	
(D)(b) 7 分	由廣義化折射定律得： $n_2\sin\theta_2=n_1\sin\theta_1+\alpha$。	1	
	求出$n_1<n_2$時有全反射的條件: $n_2-\alpha<n_1$，且$\theta_1>\sin^{-1}[(n_2-\alpha)/n_1]$。	4	
	求出臨界入射角$\theta_c=\sin^{-1}[(n_2-\alpha)/n_1]$。	2	

第 3 題評分標準：

小題	內容	得分	備註
(a) 6 分	將穩態解$Ae^{i(\omega t-\phi)}$ 帶入微分方程式 $M\frac{d^2z}{d^2t}+b\frac{dz}{dt}+kz=F_0e^{i\omega t}$ 得 $\{-M\omega^{2+bi\omega}+k\}Ae^{i(\omega t-\phi)}=F_0e^{i\omega t}$。	2	
	求出$A(\omega)=\frac{F_0/M}{\sqrt{\left(\omega_0^2-\omega^2\right)^2+(b/M)^2\omega^2}}$。	2	
	求出$\phi=\tan^{-1}\frac{(b\omega/M)}{(\omega_0^2-\omega^2)}$。	2	
(b) 4 分	振幅最大時之角頻率：$\frac{dA(\omega)}{d\omega}=0$。	2	
	$\omega_r=\sqrt{\omega_0^2-(b^2/2M^2)}\approx\omega_0$。	2	
(c) 9 分	寫出受磁力後之共振角頻率$\omega_1=\sqrt{\frac{k_1}{M}}=\sqrt{\frac{k-\partial F_z/\partial z}{M}}$。	2	
	寫出共振角頻率的變化 $\Delta\omega=\sqrt{\frac{k_1}{M}}-\sqrt{\frac{k}{M}}=\omega_0\left(\sqrt{1-\frac{\partial F_z/\partial z}{k}}-1\right)$。	1	
	展開到$\partial F_z/\partial z$的一階得$\Delta\omega\cong-\omega_0(\partial F_z/\partial z)/(2k)$。	2	
	由$U=-mH_z$，求出探針受到的磁力$F_z=m\,\partial H_z/\partial z$。	2	
	求出$\Delta\omega\cong-\frac{\omega_0 m}{2k}\left(\frac{\partial^2H_z}{\partial z^2}\right)=-\frac{\omega_0 ma}{k}$。	2	
(d) 6 分	寫出$H_z\propto-\left\{\frac{x}{x^2+z^2}+\frac{x_0-x}{(x_0-x)^2+z^2}\right\}$	2	
	求出$\frac{\partial^2H_z}{\partial z^2}\approx\left\{\frac{2x}{[x^2+z^2]^2}+\frac{2(x_0-x)}{[(x_0-x)^2+z^2]^2}\right\}$	1	
	判斷區域 I 為亮階	1	
	判斷區域 II 為暗階	1	
	判斷區域 III 為亮階	1	

第 4 題評分標準：

小題	內容	得分	備註
(a) 6 分	寫出圓球底部之速度$\vec{u}$為$\vec{u}=\vec{v}+\vec{\omega}\times(-R\hat{z})$。	2	
	代入初值條件，求得 $\vec{u}_0=\omega_0 R(-\hat{x}+3\hat{y})/\sqrt{2}$。	2	
	$u_0=\sqrt{5}\omega_0 R$。	1	
	$\hat{u}_0=(-\hat{x}+3\hat{y})/\sqrt{10}$。	1	
(b) 4 分	寫出圓球質心的運動方程式$m\frac{d}{dt}\vec{v}=\vec{F}=-\mu_{\mathrm{k}}mg\hat{u}$。	2	
	寫出圓球繞質心轉動的運動方程式 $mk^2\frac{d}{dt}\vec{\omega}=\vec{\tau}=(-R\hat{z})\times\vec{F}=\mu_{\mathrm{k}}mgR\hat{z}\times\hat{u}$。	2	
(c) 5 分	寫出$\frac{d\vec{u}}{dt}=\frac{d\vec{v}}{dt}+\frac{d\vec{\omega}}{dt}\times(-R\hat{z})$	1	
	求出$\frac{d\vec{u}}{dt}=-\mu_{\mathrm{k}}g\left(1+\frac{R^2}{k^2}\right)\hat{u}$	2	
	求出$\vec{u}(t)=(u_0-\gamma\mu_{\mathrm{k}}gt)\hat{u}_0$ 。	2	
(d) 3 分	求出圓球開始做純滾動之時刻$T=\frac{2\sqrt{5}\omega_0 R}{7\mu_{\mathrm{k}}g}$ 。	3	
(e) 7 分	將(b1)式對時間積分一次得：$\vec{v}(t)=\vec{v}_0-\mu_{\mathrm{k}}gt\hat{u}_0$ 。	2	
	再次積分得$\vec{r}(t)=\vec{v}_0 t-\frac{1}{2}\mu_{\mathrm{k}}gt^2\hat{u}_0$。	2	
	帶入初值條件(a2)與(a3)得 $\vec{r}_T=\vec{r}(T)=\frac{u_0}{\gamma\mu_{\mathrm{k}}g}\left(\vec{v}_0-\frac{u_0}{2\gamma}\hat{u}_0\right)$ 。	1	
	求出$\vec{r}_T=\frac{\sqrt{10}(\omega_0 R)^2}{49\mu_{\mathrm{k}}g}(\hat{x}+11\hat{y})$。	2	

第 5 題評分標準：

小題	內容	得分	備註
(A)(a) 6 分	求出圓形線圈中央之磁場為$\frac{\mu i a^2}{2(a^2+z^2)^{3/2}}$	2	
	求出通過金屬環之磁通量為：$\Phi = \frac{\mu N \pi a^4}{2(a^2+z^2)^{3/2}} I(t)$	2	
	求出互感$M(z) = \frac{\mu N \pi a^4}{2(a^2+z^2)^{3/2}}$	2	
(A)(b) 5 分	列出通過長dz、半徑r之圓柱面(包括兩端之截面)之磁通量為零 $dz 2\pi r B_r(z,r) + \pi r^2 B_z(z+dz,r) - \pi r^2 B_z(z,r) = 0$	2	
	得出$B_r(z,r) = -\frac{r}{2}\frac{\partial B_z(z,r)}{\partial z}$	2	
	求出$B_r(z,r) \approx \frac{3\mu N I(t) a^2 z r}{4(a^2+z^2)^{5/2}}$	1	
(B)(a) 6 分	寫出金屬環中之感應電動勢$-M(z)\omega \cos\omega t\, I(z)$	1	
	用 Kirchoff’s law 寫下電路方程式： $Ri + L\frac{di}{dt} = -M(z)\omega\cos\omega t\, I(z)$	2	
	求出$i(t) = -\frac{M\omega I(z)}{R^2+\omega^2 L^2}[R\cos\omega t + \omega L \sin\omega t]$	2	
	求出$\tan\delta = \frac{R}{\omega L}$。	1	
(B)(b) 8 分	寫出螺線管及金屬環中之電路方程式： $(i\omega L_0 + R_0)i_1 + i\omega M i_2 = V_0$； $i\omega M i_1 + (i\omega L) i_2 = 0$。	3	
	求出$I(z) = \frac{V_0}{\sqrt{R_0^2+\omega^2 L_0^2\left(1-\frac{M^2}{LL_0}\right)^2}}$	3	
	說明$I(z)$隨z增加而遞減	2	

第 6 題評分標準：

小題	內容	得分	備註
(a) 9 分	用 Kirchoff’s law 寫下左半邊的電路方程式：$\frac{\int idt}{C} + L\frac{di}{dt} + R(I+i) + [V_1 - r(I+i)] = 0$	2	
	說明直流分量抵消：$RI + (V_1 - rI) = 0$	1	
	微分求得二階微分方程式： $L\frac{d^2 i}{dt^2} + (R-r)\frac{di}{dt} + \frac{i}{C} = 0$	1	
	寫出微分方程式的一般解： $i(t) = \alpha_1 e^{(-\xi+s)t} + \alpha_2 e^{(-\xi-s)t},\ s = \sqrt{\xi^2 - \omega_0^2}$	2	
	帶入初始條件$i(0) = 0, i'(0) = \alpha$求得電流： $i(t) = (\alpha/s)e^{-\xi t}\sinh(st)$	3	
(b) 6 分	寫出第 1 個產生振盪的條件(電路能量不損耗)： $\xi \le 0 \Rightarrow R \le r$。	2	
	寫出第 2 個產生振盪的條件(s是純虛數)： $< \omega_0 \Rightarrow R < r + 2\sqrt{L/C}$	2	
	求出振盪頻率: $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \xi^2}$	2	
(c) 3 分	寫出$v_{\text{out}}/v_{\text{in}} = r/(r-R)$	4	
(d) 7 分	說明振盪交流電壓振幅最大為 $(V_2 - V_1)/2$ ，振幅超過時r_d變成正值， 振盪振幅飽和。	1	
	求出$P_{\text{DC}}^{\text{Gunn}} = [(V_2 - V_1)/$ $2]\{[V_b - (V_2 - V_1)/2]/R\}$	3	
	求出 $P_{\text{AC}}^{\text{Gunn}} = \langle(\Delta V)(\Delta I)\rangle = \langle iv\rangle = -(V_2 - V_1)^2/(8r)$	3	