第 1 題評分標準：

小題	內容	得分	備註
(A) 8 分	寫出熱力學第一定律$dQ = dU - pdV$	1	
	寫出理想氣體方程式$pV = nRT$	1	
	結合熱力學第一定律及想氣體方程式寫出等溫過程中 $$\Delta S = \int \frac{C_V}{T} dT + \int \frac{nR}{V} dV$$	2	
	算出$\Delta S_{\mathrm{a\to b}} = nR\ln(V_{\mathrm{b}}/V_{\mathrm{a}})$	1	
	算出$\Delta S_{\mathrm{c}\to d} = nR\ln(V_{\mathrm{d}}/V_{\mathrm{c}})$	1	
	算出$\Delta S_{\mathrm{b\to c}} = 0$	1	
	算出$\Delta S_{\mathrm{d\to a}} = 0$	1	
(B) 9 分	寫出卡諾熱機可逆過程之條件: $dS_1 + dS_1 = \frac{dQ_1}{T_1} + \frac{dQ_2}{T_2} = 0$	2	
	由熱容量定義及能量守恆: $dQ = CdT \rightarrow \frac{dT_1}{T_1} = -\frac{dT_2}{T_2}$	2	
	積分得出T_1T_2=constant	2	
	求出最終溫度：$T_{\mathrm{f}} = \sqrt{T_1T_2}$	1	
	求出熱機所能作的最大功W=$C[T_1 + T_2 - 2\sqrt{T_1T_2}]$	2	
(C) 8 分	得出 T_{L} 最低溫為 100 K	2	
	將(B)的結果推廣到 3 個物質:$T_1T_2T_3$=constant	1	
	由能量守恆得出：T_1+T_2+T_3 亦為一常數	1	
	得出 $T_1+T_2+T_3 = T_{\mathrm{H}} + 2T_0$; $T_1T_2T_3 = T_{\mathrm{H}} \cdot T_0^2$	2	
	算出 T_{H} = 400 K	2	

第 2 題評分標準：

小題	內容	得分	備註
(A) 5 分	寫出至第m級繞射的相鄰兩反射線的光程差 $\frac{1}{n}\times\sin\beta_m$	2	
	寫出形成m級建設性干涉的條件 $m\lambda=\frac{1}{n}\times\sin\beta_m.$	2	
	寫出答案：$\beta_m=\sin^{-1}(nm\lambda)$。	1	
(B) 3 分	寫出$nm\lambda=\sin\beta_m\leq 1$	1	
	求出$m\leq 100$	2	
(C) 6 分	寫出λ'為亮紋之條件: $\frac{1}{n}\times\sin\beta'_m=m\lambda'$	1	
	寫出λ為暗紋之條件：$\frac{1}{n}\times\sin\beta'_m=\left(m+\frac{1}{Wn}\right)\lambda$	3	
	求出解析度：$R=\frac{\lambda}{\Delta\lambda}=Wnm$	2	
(D) 3 分	由$\frac{\lambda}{\Delta\lambda}=998.3$，求出$n=999$。	3	
(E) 3 分	求出光柵方程式 $$f(\alpha_i,\beta_i,n)=\frac{1}{n}\times\sin\alpha_i+\frac{1}{n}\times\sin\beta_m$$	3	
(F) 5 分	寫出有效入射光的光程差： $\frac{1}{n}(\cos\phi\sin\alpha_i)$	1	
	寫出反射至第m級繞射的有效光程差： $\frac{1}{n}(\cos\phi\sin\beta_m)$	1	
	求出光柵方程式 $$f(\alpha_i,\beta_i,n,\phi)=\frac{1}{n}\left(\sqrt{\sin^2\alpha_i-\sin^2\phi}+\sqrt{\sin^2\beta_m-\sin^2\phi}\right)$$	3	

第 3 題評分標準：

小題	內容	得分	備註
(A) 8 分	求出$\boldsymbol{v}=R_0\dot{\phi}\hat{\boldsymbol{e}}_\phi+\dot{z}\hat{\boldsymbol{z}}$	1	
	求出磁力： $q\boldsymbol{v}\times\boldsymbol{B}=qB\sin\phi\hat{\boldsymbol{e}}_s+qB\dot{z}\cos\phi\hat{\boldsymbol{e}}_\phi-qB\dot{\phi}\cos\phi\hat{\boldsymbol{z}}$	1	
	求出 $\boldsymbol{a}=R_0\ddot{\phi}\hat{\boldsymbol{e}}_\phi-R_0\dot{\phi}^2\hat{\boldsymbol{e}}_s+\ddot{z}\hat{\boldsymbol{z}}.$	1	
	說明不必考慮s分量	1	
	求出運動方程式ϕ分量： $mR_0\ddot{\phi}=qB\dot{z}\cos\phi\Rightarrow R_0\ddot{\phi}-\omega_c\dot{z}\cos\phi=0.$	2	
	z求出運動方程式分量： $m\ddot{z}=-qB\dot{\phi}\cos\phi\Rightarrow\ddot{z}+R_0\omega_c\dot{\phi}\cos\phi=0.$	2	
(B) 3 分	說明利用初始條件$\phi(0)=0$、$\dot{z}(0)=R_0\omega_z$及運動方程式ϕ分量(5)式	1	
	積分得出：$\dot{z}+R_0\omega_c\sin\phi=R_0\omega_z$	2	
(C) 5 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	
	說明$\dot{\phi}\times(4)+\dot{z}\times(5)=R_0^2\dot{\phi}\ddot{\phi}+\dot{z}\ddot{z}=0$，對時間$t$積分，或利用力學能守恆得出：$R_0^2\dot{\phi}^2+\dot{z}^2=R_0^2\omega_\phi^2+R_0^2\omega_z^2$	2	
	說明利用$\dot{z}+R_0\omega_c\sin\phi=R_0\omega_z$化簡上式	1	
	化簡求出 $\dot{\phi}^2+\omega_c^2\sin^2\phi-2\omega_c\omega_z\sin\phi-\omega_\phi^2=0.$	2	
(D) 5 分	由$\dot{\phi}^2\geq 0$得出不等式： $\omega_c^2\sin^2\phi-2\omega_c\omega_z\sin\phi-\omega_\phi^2\leq 0.$	1	
	解出不等式： $\frac{\omega_z-\sqrt{\omega_z^2+\omega_\phi^2}}{\omega_c}\leq\sin\phi\leq\frac{\omega_z+\sqrt{\omega_z^2+\omega_\phi^2}}{\omega_c}$	1	
	得出條件：$\frac{\omega_z-\sqrt{\omega_z^2+\omega_\phi^2}}{\omega_c}\leq -1$ 且$\frac{\omega_z+\sqrt{\omega_z^2+\omega_\phi^2}}{\omega_c}\geq 1$	2	
	說明第一個條件比較強得到$\omega_c\leq\sqrt{\omega_z^2+\omega_\phi^2}-\omega_z$	1	
(D) 4 分	利用$\omega_z=0$，將(9)式化簡為$\omega_c^2\sin^2\phi-\omega_\phi^2\leq 0$。	1	
	解出不等式：$-\left\|\omega_\phi/\omega_c\right\|\leq\sin\phi\leq\left\|\omega_\phi/\omega_c\right\|$	1	
	得出條件：$\left\|\omega_\phi/\omega_c\right\|\leq 1$時，$\phi$被限制在區間$[-\phi_0,\phi_0]$	1	
	說明運動軌跡是一條封閉曲線	1	

第 4 題評分標準：

小題	內容	得分	備註
(A) 4 分	寫出圓球純滾動的條件： $\vec{V}+\vec{\omega}\times(-R\hat{z})=0$	2	
	得出x分量：$\omega_x=-\frac{V_y}{R}$	1	
	得出y分量：$\omega_y=\frac{V_x}{R}$	1	
(B) 8 分	說明光滑檯邊施給母球之衝量$j_z=0$，以致檯面施給球底部之衝量$J_z=0$，連帶使球底部的摩擦力衝量 $J_x=J_y=0$。	2	
	說明衝量等於動量變化	1	
	得出$V_x'=V_x+\frac{j_x}{m}=V_x$	1	
	得出$V_y'=V_y+\frac{j_y}{m}$	1	
	說明繞質心之角衝量等於角動量變化	1	
	得出$\omega_x'=\omega_x-\frac{j_yh}{I_c}$	1	
	得出$\omega_y'=\omega_y+\frac{j_xh}{I_c}=\omega_y$	1	
(C) 8 分	說明光滑檯邊施給母球之衝量$j_x=0$。因此母球與檯邊的碰撞為彈性碰撞，即碰撞前後的總動能E相等	1	
	寫出能量守恆式如 $\frac{2E}{m}=\left[(V_x)^2+\left(V_y+\frac{j_y}{m}\right)^2\right]+k^2\left[\left(\omega_x-\frac{j_yh}{I_c}\right)^2+\left(\omega_y\right)^2\right]$ $=\left[(V_x)^2+\left(V_y\right)^2\right]+k^2\left[(\omega_x)^2+\left(\omega_y\right)^2\right]$	2	
	化簡得到$\left[\frac{j_y}{m}\left(2V_y+\frac{j_y}{m}\right)\right]+k^2\left[\frac{j_yh}{I_c}\left(-2\omega_x+\frac{j_yh}{I_c}\right)\right]$	1	
	說明利用(1)式$\omega_x=-V_y/R$，並將(1)式帶入能量守恆式化簡	2	
	得出$j_y=-2mV_y\frac{1+\frac{h}{R}}{1+\frac{h^2}{k^2}}$	2	

(D) 5 分	利用(2)、(3)兩式，得出 $\tan\phi = \frac{V_y'}{V_x'} = \frac{V_y + \frac{jy}{m}}{V_x}$	2	
	說明利用(9)式之結果	1	
	將(9)式之結果代入上式，化簡得出 $\tan\phi = \frac{V_x}{V_y}\left[\frac{1+\frac{h^2}{k^2}}{1+\frac{h}{R}\left(2-\frac{Rh}{k^2}\right)}\right].$	2	

第 5 題評分標準：

小題	內容	得分	備註
(A)(i) 3 分	列出$V = \frac{\sigma_2}{\varepsilon_0}d = \frac{\sigma_1}{\varepsilon_0}\frac{d}{8} + \frac{\sigma_1}{\varepsilon_0}\frac{3d}{8}$，並得出$\sigma_1 = 2\sigma_2$	2	
	得出$C = \frac{7\pi a^2\varepsilon_0}{4d}$	1	
(A)(ii) 2 分	列出$\frac{q}{C} + Ri = 0$。	1	
	得出故$q(t) = Q_0 e^{-t/RC}$	1	
(A)(iii) 4 分	$\sigma_1(t) = \frac{8Q_0}{7\pi a^2}e^{-t/RC}$，$\sigma_2(t) = \frac{4Q_0}{7\pi a^2}e^{-t/RC}$	1	
	說明半徑在r與a間圓環之電荷增加率 = 流入此區間的電流 = $2\pi rj$	1	
	得出$a/2 < r < a$，$j = -(1 - \frac{r^2}{a^2})\frac{4Q_0}{7\pi rRC}e^{-t/RC}$	1	
	得出$0 < r < \frac{a}{2}$，$j = -(1 - \frac{4r^2}{7a^2})\frac{Q_0}{2\pi rRC}e^{-t/RC}$	1	
(A)(iv) 6 分	得出$0 < r < \frac{a}{2}$，$\vec{B} = -\frac{2\mu_0 r}{7\pi a^2}\frac{Q_0}{RC}e^{-\frac{t}{RC}}\hat{\phi}$	2	
	得出$\frac{a}{2} < r < a$，$\vec{B} = -\frac{\mu_0(8r^2 - a^2)}{14\pi ra^2}\frac{Q_0}{RC}e^{-\frac{t}{RC}}\hat{\phi}$	2	
	求出總流出電磁能為 $\frac{2dQ_0^2}{7\pi\varepsilon_0 a^2}$	2	
(B)(i) 7 分	列出$\frac{q_1}{C} - \frac{L}{2}\frac{di}{dt} - \frac{q_2}{C} - \frac{L}{2}\frac{di}{dt} = 0$	2	
	列出$\frac{dq_1}{dt} = -i = -\frac{dq_2}{dt}$	1	
	積分得出$q_2(t) = \frac{Q_0}{2}(1 - \cos\omega t)$, $q_1(t) = \frac{Q_0}{2}(1 + \cos\omega t)$.	2	
	求出轉移到右電容器所需之最小時間$\frac{a\pi}{c}\sqrt{\frac{\pi b}{2d}}$。	2	
(B)(ii) 3 分	求出感應電場$\vec{E} = -\frac{\mu_0 Q_0}{2bLC\omega}\cos\omega t\, r\hat{\phi}$	1	
	求出磁場$\vec{B} = -\frac{\mu_0 Q_0}{bLC\omega}\sin\omega t\hat{z}$	1	
	求出流入圓柱中空腔之電磁能最大值$\frac{(dc^2\mu_0 Q_0)^2}{2\pi\omega^2 a^2 b^3}$	1	

第 6 題評分標準：

小題	內容	得分	備註
(A) 5 分	寫出系統能量 $E=\frac{1}{2}L_1I_1^2+MI_1I_2+\frac{1}{2}L_2I_2^2$	2	
	由 $E\ge 0$ 得出 $M\le\sqrt{L_1L_2}$ 或 $k\le\ 1$	3	
(B) 7 分	寫出主迴路 Kirchoff 電壓定律 $V_1=I_1Z_1-M\frac{dI_2}{dt}=I_1Z_1-j\omega MI_2$	2	
	寫出次主迴路 Kirchoff 電壓定律 $I_2Z_2-M\frac{dI_1}{dt}=I_2Z_2-j\omega MI_1=0$	2	
	得出 $I_2=\frac{j\omega M}{Z_2}I_1=\frac{j\omega M}{R_L+R_2}I_1$	1	
	求出負載功率 $P_{\mathrm{L}}=\frac{\omega^2M^2R_{\mathrm{L}}}{\left(R_{\mathrm{L}}+R_2\right)^2}I_1^2$	2	
(C) 5 分	寫出 $P_{\mathrm{in}}=I_1^2\left[(R_1+R_{\mathrm{s}})+\frac{\omega^2M^2}{R_{\mathrm{L}}+R_2}\right]$	2	
	得出 $\eta=\frac{\omega^2M^2R_{\mathrm{L}}}{\omega^2M^2\left(R_{\mathrm{L}}+R_2\right)+\left(R_{\mathrm{S}}+R_1\right)\left(R_{\mathrm{L}}+R_2\right)^2}$	3	
(D) 8 分	列出極值條件 $\omega^2M^2R_2+\left(R_{\mathrm{S}}+R_1\right)\left(R_{\mathrm{L}}+R_2\right)^2-2R_{\mathrm{L}}\left(R_{\mathrm{S}}+R_1\right)\left(R_{\mathrm{L}}+R_2\right)=0$	2	
	引入 $\beta=R_{\mathrm{L}}/R_2$，化簡上式得出 $\left(\beta+1\right)^2-2\left(\beta+1\right)-1/\alpha=0$	2	
	求出 $\beta=\sqrt{1+1/\alpha}$	2	
	求出 η 的極值 $\eta_{\max}=(1+2\alpha)-2\sqrt{\alpha(1+\alpha)}\,/(8r)$	2	