基础部分（共 80 分）

一、填空题（每空 2 分，共 20 分）

1、（1） $a_t=\dfrac{d^2s}{dt^2}=2b_2$；**（2）** $a_{总}=\sqrt{\dfrac{(b_1+2b_2t)^4}{R^2}+4b_2^2}$；**（3）** $\alpha=\dfrac{a_t}{R}=\dfrac{b_1+2b_2t}{R}$；

2、（4） $F=ma=6t$；**（5）** $A=\left(3t^2+\dfrac{9}{2}t^4\right)\Big|_0^1=7.5\text{J}$；

3、（6） $\alpha=\dfrac{M}{I}=\dfrac{3g}{2L}$ ；**（7）** $\omega=\sqrt{\omega_0^2+\dfrac{3g}{L}}$；**（8）** $\upsilon_A=\sqrt{L^2\omega_0^2+3gL}$；

4、（9）$a_{\max}=\omega^2A=(4\pi)^2\times0.02=16\pi^2\times0.02=0.32\pi^2=3.16\text{m/s}^2$；

（10）$x=0.02\cos\left(4\pi t+\dfrac{\pi}{3}\right)m$；

二、填空题（每空 2 分，共 20 分）

1、（1）不守恒；（2）相等；

2、（3）1.12×10^4 J；（4）6.21×10^{-21} J；（5）444~448 m/s；

3、（6）$RT\ln2$；**（7）** $\Delta E=C_{V,m}\Delta T=\dfrac{i}{2}R\Delta T=\dfrac{6}{2}\times R\times2=6R$；**（8）** $Q=C_{p,m}\Delta T=\dfrac{i+2}{2}R\Delta T=8R$；

4、（9）$\dfrac{5}{4}m_0$；（10）$\dfrac{4}{5}\pi R^2$；

三、计算题（10 分）解：（1）角动量守恒：$m_2v_0l=(m_2l^2+\dfrac{1}{3}m_1l^2)\omega_0$，$\omega=\dfrac{3m_2v_0}{(3m_2+m_1)l}$；（5 分）

（2）（一）由转动定律 $M=I\beta$ 可得： $\beta=\dfrac{-M_f}{I}=\dfrac{M_f}{m_2l^2+\dfrac{1}{3}m_1l^2}=\dfrac{3M_f}{(3m_2+m_1)l^2}$

由匀角加速度转动公式有：$\omega=0=\omega_0+\beta t$，$t=-\dfrac{\omega_0}{\beta}=\dfrac{m_2v_0l}{M_f}$ （5 分）

（二）用动量矩定理：$Mt=I\omega-I\omega_0=I\omega_0$， $t=-\dfrac{I\omega_0}{-M_f}=\dfrac{m_2v_0l}{M_f}$

四、计算题（10 分）解：（1）设入射波的波动方程为： $y_1(x,t)=A\cos\left[\omega(t+\dfrac{x}{u})+\varphi_0\right]$

由图知 $A=5$ (m)，$\lambda=4\times4=16$ (m)，因此，$\omega=2\pi\dfrac{u}{\lambda}=\dfrac{5\pi}{4}$ (rad/s)，

$t=0$时，$\begin{cases} y_0 = A\cos\varphi_0 = -\dfrac{A}{2} \\ \upsilon_0 = -\omega A\sin\varphi_0 < 0 \end{cases}$，即 $\begin{cases} \cos\varphi_0 = -\dfrac{1}{2} \\ \sin\varphi_0 > 0 \end{cases}$，共同定出 $\varphi_0 = \dfrac{2\pi}{3}$，

得入射波的波动方程：$y_1(x,t) = A\cos\left[\omega(t+\dfrac{x}{u})+\varphi_0\right] = 5\cos[\dfrac{5\pi}{4}(t+\dfrac{x}{10})+\dfrac{2\pi}{3}]\ (\text{m})$（2 分）

(2) $t=0$时，$\begin{cases} y_p = A\cos\left[\omega(0+\dfrac{x_p}{u})+\varphi_0\right] = 0 \\ \upsilon_p = -\omega A\sin\left[\omega(0+\dfrac{x_p}{u})+\varphi_0\right] > 0 \end{cases}$，即 $\begin{cases} \cos[\dfrac{5\pi}{4}(0+\dfrac{x_p}{10})+\dfrac{2\pi}{3}] = 0 \\ \sin[\dfrac{5\pi}{4}(0+\dfrac{x_p}{10})+\dfrac{2\pi}{3}] < 0 \end{cases}$

共同定出 $\varphi_p = \dfrac{5\pi}{4}(0+\dfrac{x_p}{10})+\dfrac{2\pi}{3} = \dfrac{3\pi}{2}$，得 $x_p = \dfrac{20}{3} = 6.67\ (\text{m})$（2 分）

（3）入射波在反射点 O 的振动方程：$y_{10}(t) = 5\cos\left[\dfrac{5\pi}{4}t+\dfrac{2\pi}{3}\right]$，

计入半波损失，得反射波在反射点 O 的振动方程：$y_{20}(t) = 5\cos\left[\dfrac{5\pi}{4}t+\dfrac{2\pi}{3}+\pi\right]$

由时间推迟法，得反射波的波动方程：

$$y_2(x,t) = 5\cos\left[\frac{5\pi}{4}(t-\frac{x}{10})+\frac{2\pi}{3}+\pi\right] = -5\cos\left[\frac{5\pi}{4}(t-\frac{x}{10})+\frac{2\pi}{3}\right]$$（2 分）

（4）$y(x,t) = y_1(x,t)+y_2(x,t) = 5\cos[\dfrac{5\pi}{4}(t+\dfrac{x}{10})+\dfrac{2\pi}{3}] - 5\cos\left[\dfrac{5\pi}{4}(t-\dfrac{x}{10})+\dfrac{2\pi}{3}\right]$

$$= -10\sin\frac{\pi}{8}x\cdot\sin\left(\frac{5\pi}{4}t+\frac{2\pi}{3}\right)$$

波节点位置:$|\sin\dfrac{\pi}{8}x| = 0$，则 $\dfrac{\pi}{8}x = k\pi$，$(k=0,1,2,\cdots)$，

波节点：$x_k = 8k = 0,8,16\ldots(\text{m})$（2 分）

（5）驻波的平均能流密度：$\bar{I} = \bar{I}_1 + \bar{I}_2 = (\bar{w}_1 - \bar{w}_2)u = 0$（2 分）

五、计算题（10 分）解：(1) $Q_{ca} = \nu RT_a \ln {V_a}/{V_c} = 8.31\times 600\times\ln 2 = 3456(\text{J})$，吸热

$Q_{bc} = \nu C_{V,m}(T_c - T_b) = \dfrac{5}{2}\times 8.31\times(600-300) = 6232.5\,(J)$，吸热

$Q_{ab} = \nu C_{p,m}(T_b - T_a) = \dfrac{7}{2}R(T_b - T_a) = \dfrac{7}{2}\times 8.31\times(300-600) = -8725.5(\text{J})$，放热（3 分）

(2) $A = Q_{ab} + Q_{bc} + Q_{ca} = -8725.5 + 6232.5 + 3456 = 963\,(J)$（3 分）

(3) $\eta=\dfrac{A}{Q_1}=\dfrac{963}{6232.5+3456}=9.94\%$ （4 分）

六、计算题（10 分）解：（1）由题意 $\gamma=\dfrac{m}{m_0}=2=\dfrac{E}{E_0}\Rightarrow E=2E_0$；

由狭义相对论的能量公式，加速过程电子获得的动能： $E_k=E-E_0=E_0$；

电子的动能来源于加速电压所作的功：$eU=E_k=E_0=0.51MeV\Rightarrow U=0.51MV=5.1\times10^5V$ （5 分）

（2）方法一：由 $\gamma=2=\dfrac{1}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}}\Rightarrow v=\dfrac{\sqrt{3}}{2}c$；

$p=mv=\gamma m_0 v=2\cdot9.0\times10^{-31}\dfrac{\sqrt{3}}{2}3\times10^8\,\text{kg}\cdot\text{m/s}=4.68\times10^{-22}\,\text{kg}\cdot\text{m/s}$； （5 分）

方法二：由狭义相对论的能量动量关系：$E^2=p^2c^2+E_0^2$；

$$p=\frac{1}{c}\sqrt{E^2-E_0^2}=\frac{1}{c}\sqrt{3}E_0=\sqrt{3}m_0c=4.68\times10^{-22}\,\text{kg}\cdot\text{m/s};$$

加强部分（力学加强，热学加强和电学加强各 20 分）

七、（10 分）请选做你所学的对应模块题，选错模块不给分

大学物理 L: 解：取车厢为参照系，坐标系 oxy 固定于车厢，小球受到重力 P、悬线拉力 T 和惯性力 F 惯的作用： $P+T+F_{惯}=0$ （3 分）

$$\begin{aligned}&T\sin\theta-ma=0 \quad (1)\\&-mg+T\cos\theta=0 \quad (2)\end{aligned}$$ （3 分）

解之得：$tg\theta=\dfrac{a}{g}=\dfrac{\sqrt{3}}{3}\Rightarrow\theta=30°$ （4 分）

大学物理 R: 解：（1） $p=nkT\Rightarrow n=\dfrac{p}{kT}=\dfrac{1.00\times10^{-4}\times1.013\times10^5}{1.38\times10^{-23}\times300}=2.45\times10^{21}\left(\text{个/m}^3\right)$；（3 分）

（2） $\bar{\upsilon}=\sqrt{\dfrac{8kT}{\pi m}}=\sqrt{\dfrac{8RT}{\pi\mu}}=\sqrt{\dfrac{8\times8.31\times300}{3.14\times28\times10^{-3}}}=476.3\,(\text{m/s})$； （3 分）

（3） $\bar{\lambda}=\dfrac{kT}{\sqrt{2}\pi d^2p}=\dfrac{1.38\times10^{-23}\times300}{\sqrt{2}\times3.14\times3.1^2\times10^{-20}\times10^{-4}\times1.013\times10^5}=9.57\times10^{-4}(\text{m})$； （2 分）

（4） $\bar{Z}=\dfrac{\bar{\upsilon}}{\bar{\lambda}}=\dfrac{476.3}{9.57\times10^{-4}}=5.0\times10^5\,(\text{s}^{-1})$； （2 分）

大学物理 D: 解：（1）由高斯定理得： $E=\begin{cases}0, & r<R\\ \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0r^2}, & r>R\end{cases}$ （3 分）

（2）选∞处电势为 0，并沿径向为积分路径，由 $V_p=\int_p^{\infty}\vec{E}\cdot d\vec{l}=\int_r^{\infty}E\cdot dr$ 得：

球内 $r<R$：$V_p=\int_p^{\infty}\vec{E}\cdot d\vec{l}=\int_r^{R}E_{内}\cdot dr+\int_R^{\infty}E_{外}\cdot dr=\int_r^{R}0\cdot dr+\int_R^{\infty}\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\cdot dr=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R}$；（2 分）

球内 $r>R$：$V_p=\int_r^{\infty}E_{外}\cdot dr=\int_R^{\infty}\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\cdot dr=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r}$；（2 分）

（3）$U=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R}$；$C=\frac{Q}{U}=4\pi\varepsilon_0 R$；（3 分）

八、（10 分）请选做你所学的对应模块题，选错模块不给分

大学物理 L： 解：无外力，选惯性系是行星尘埃在其中静止的参考系，则有

$\vec{F}=m\frac{d\vec{\upsilon}}{dt}-\vec{u}\frac{dm}{dt}$，其中：$\vec{u}=-\vec{\upsilon}$，所以有：$m\frac{d\vec{\upsilon}}{dt}+\vec{\upsilon}\frac{dm}{dt}=0$；（5 分）

以卫星速度方向为正方向，即：$m\frac{d\upsilon}{dt}+\upsilon\frac{dm}{dt}=0$

所以有：$a=\frac{d\upsilon}{dt}=-\frac{\upsilon}{m}\frac{dm}{dt}=--\frac{c\upsilon^2}{m}$；（5 分）

大学物理 R： 解：（1）实际过程为有限温差热传导，故不可逆，因此，需假想可逆过程连结始末态，先考虑铜块有 $\Delta S_{\mathrm{Cu}}=\int_{T_1}^{T_2}mc\frac{\mathrm{d}T}{T}=mc\ln\frac{T_2}{T_1}<0$；（4 分）

（2）假想水跟一温差无限小的热源接触并从其吸热，所吸收热量跟实际过程铜块传递给水的热量一样多：

$\Delta S_{水}=\frac{Q_{吸}}{T_2}=\frac{mc(T_1-T_2)}{T_2}>0$；（3 分）

（3）$\Delta S_{总}=\Delta S_{\mathrm{Cu}}+\Delta S_{水}=mc(\frac{T_1}{T_2}-1-\ln\frac{T_1}{T_2})>0$；（3 分）

大学物理 D： 解：（1）此时电容器的电容：$C=\frac{\varepsilon_0 S}{2d}$（3 分）

（2）极板间场强：$E=\frac{\sigma}{\varepsilon_0}=\frac{Q}{\varepsilon_0 S}$，　极板间的电压：$U=2Ed=\frac{2Qd}{\varepsilon_0 S}$（3 分）

（3）电场能量密度：$w_e=\frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2=\frac{Q^2}{2\varepsilon_0 S^2}$

由间距 d 拉开到 $2d$，电场能量增加：$\Delta W_e=w_e\left(2V_{体}-V_{体}\right)=\frac{Q^2}{2\varepsilon_0 S^2}\cdot Sd=\frac{Q^2 d}{2\varepsilon_0 S}$（2 分）

（4）两极板带等量异号电荷，外力 $\vec{F}$ 将其缓缓拉开时，应有 $\vec{F}=-\vec{F}_e$，则外力所作功为

$A=-\vec{F}_e\cdot\Delta\vec{r}=\Delta W_e=\frac{Q^2 d}{2\varepsilon_0 S}$——外力克服静电引力所作的功等于静电场能量的增加。（2 分）