基础部分（共 80 分）

一、填空题（每空 2 分，共 20 分）

1、（1）$\Phi_m = -\pi r^2 B$；　2、（2）$B = 3\times\dfrac{\mu_0 I}{4\pi a/(2\sqrt{3})}(\cos 30^0 - \cos 150^0) = \dfrac{9\mu_0 I}{2\pi a}$，

3、（3）$F = 2BIR$；　4、（4）$\varepsilon_i = \upsilon B \sin 90^\circ l \cos 30^\circ = \dfrac{\sqrt{3}}{2}\upsilon Bl$；（5）$a$ 点；

5、（6）$\dfrac{dB}{dt}\cdot\pi r^2$；　6、（7）$z$ 轴正方向；（8）cB_0 或 $\dfrac{B_0}{\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}}$；

7、（9）$\omega_m = \dfrac{B^2}{2\mu_0} = \dfrac{\left(\mu_0 \dfrac{N}{L} kt\right)^2}{2\mu_0} = \dfrac{\mu_0 N^2 k^2 t^2}{2L^2}$；（10）$\mu_0 \dfrac{N^2}{L} kS$；

二、填空题（每空 2 分，共 20 分）

1、（1）λ；（2）$\dfrac{\lambda}{n}$；　2、（3）$\dfrac{D\lambda}{2a}$；（4）$\pm\dfrac{7D\lambda}{4a}$；

3、（5）$\dfrac{\lambda L}{2d}$；（6）$\dfrac{2d}{\lambda}$；　4、（7）$\Delta x_0 = \dfrac{2\lambda f}{a}$；

5、（8）$T = 6000\text{K}$；　6、（9）630nm；　7、（10）2.7×10^{-22}；

计算题（40 分）

三、计算题（10 分）解：（1）由安培环路定理可得：

$$B = \begin{cases} \dfrac{\mu_0 I r}{2\pi R_1^2} & 0 < r < R_1 \\ \dfrac{\mu I}{2\pi r} & R_1 < r < R_2 \\ 0 & r < R_2 \end{cases}$$

（3 分）

（2）长为 l 的导体圆柱 $0 < r < R_1$ 内储存的能量为　$\omega_{m1} = \dfrac{B^2}{2\mu_0} = \dfrac{\mu_0 I^2 r^2}{8\pi^2 R_1^4}$

$$W_{m1} = \int \omega_{m1} dV = \int_0^{R_1} \frac{\mu_0 I^2 r^2}{8\pi^2 R_1^4}\cdot 2\pi r l dr = \frac{\mu_0 I^2 l}{4\pi R_1^4}\int_0^{R_1} r^3 dr = \frac{\mu_0 I^2 l}{16\pi}$$

（2 分）

同理可得　$\omega_{m2} = \dfrac{B^2}{2\mu} = \dfrac{\mu I^2}{8\pi^2 r^2}$，　$W_{m2} = \int \omega_{m2} dV = \int_{R_1}^{R_2} \dfrac{\mu I^2}{8\pi^2 r^2}\cdot 2\pi r l dr = \dfrac{\mu I^2 l}{4\pi}\ln\dfrac{R_2}{R_1}$　（2 分）

长为 l 的一段电缆的总能量　$W_m = W_{m1} + W_{m2} = \dfrac{\mu_0 I^2 l}{16\pi} + \dfrac{\mu I^2 l}{4\pi}\ln\dfrac{R_2}{R_1}$

（3）长为 l 的一段电缆的自感　$W_m = \dfrac{1}{2}LI^2$，　$L = \dfrac{2W_m}{I^2} = \dfrac{\mu_0 l}{8\pi} + \dfrac{\mu l}{2\pi}\ln\dfrac{R_2}{R_1}$　（3 分）

四、计算题（10 分）解：（1）光栅常数：$d=a+b=6\times10^{-6}\,\text{m}$；（3 分）

（2）第一级主极大明纹的衍射角：$(a+b)\sin\varphi=k\lambda$，$k=1$；

$\sin\varphi_1=\dfrac{\lambda}{a+b}=0.1$；$\varphi_1=\arcsin0.1$；（3 分）

（3）单缝衍射中央明纹区满足：$(a+b)\sin\varphi_{1,单}=\lambda$，则有：$\sin\varphi_{1,单}=\dfrac{\lambda}{a}$

光栅方程：$(a+b)\sin\varphi=k\lambda$，$k=\dfrac{(a+b)\sin\varphi_{1,单}}{\lambda}=\dfrac{a+b}{a}=3$；

缺级条件：$k=\dfrac{a+b}{a}k'=3k'$，$k=\pm3$；

在单缝衍射中央明纹区内，共看到主极大明纹数目：2×3+1-2=5 条，它们是 0，±1，±2。（4 分）

五、**计算题**（10 分）解：（1）计入半波损失，等厚干涉相长、相消条件为：

$$\delta=\begin{cases}2e+\dfrac{\lambda}{2}=k\lambda,\ (k=1,2,\cdots) & \text{明纹}\\[2ex] 2e+\dfrac{\lambda}{2}=(2k+1)\dfrac{\lambda}{2},\ (k=0,1,2,\cdots) & \text{暗纹}\end{cases}$$

由此可得，干涉图样特点：（4 分）

①中央接触点为零级暗点； $e=0$ 处，$\delta=\dfrac{\lambda}{2}$，为零级暗点。

②其余条纹为以接触点为圆心的明暗相间的同心圆环；

③明、暗环均为等间距分布。由条纹间距公式 $l=\dfrac{\lambda}{2n\sin\theta}\approx\dfrac{\lambda}{2n\theta}$ 可知，对于给定的入射光，条纹间距由劈尖角决定。劈尖上下两面切线间的夹角即劈尖角，若劈尖角变化，则条纹间隔变化；若劈尖角不变，则条纹间隔不变。

（2）由等厚干涉暗环条件：$\delta=2e+\dfrac{\lambda}{2}=(2k+1)\dfrac{\lambda}{2}$，$(k=0,1,2,\cdots)$

取 $e=h$，得： $2h+\dfrac{\lambda}{2}=(2k_{\max}+1)\dfrac{\lambda}{2}$

暗环最高级次 $k_{\max}=\dfrac{2h}{\lambda}=\dfrac{2\times1\times10^{-3}}{500\times10^{-9}}=4000$

取整，并计入零级暗点，得暗环总数 $N=[k_{\max}+1]=4001(\text{条})$ （6 分）

六、计算题（10 分）解：（1）$E_{电离}=E_\infty-E_1=0-(-13.6)=13.6\,\text{eV}$

紫外光子：$\varepsilon=h\nu=\dfrac{hc}{\lambda}=2.486\times10^{-18}J=15.54\,\text{eV}>13.6\,\text{eV}$；所以能够电离；（3 分）

（2）$\varepsilon=E_{电离}+E_k$

所以 $E_k=\varepsilon-E_{电离}=15.54-13.6=1.94\,\text{eV}=3.10\times10^{-19}\,\text{J}$ （3 分）

（3） $E_k=\dfrac{1}{2}m\upsilon^2=\dfrac{m^2\upsilon^2}{2m}=\dfrac{p^2}{2m}\Rightarrow p=m\upsilon=\sqrt{2mE_k}$，

$\lambda=\dfrac{h}{p}=\dfrac{h}{\sqrt{2mE_k}}=\dfrac{6.63\times10^{-34}}{\sqrt{2\times9.1\times10^{-31}\times3.1\times10^{-19}}}=8.83\times10^{-10}m$； （4 分）

加强部分（力学加强，热学加强和电学加强各 20 分）

七、力学加强和热学加强

L7&R7（10 分）、解：（1）由高斯定理得：$E=\begin{cases}0, & r<R\\ \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}, & r>R\end{cases}$ （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 $r<R$：$V_p=\int_p^\infty\vec{E}\cdot d\vec{l}=\int_r^R E_{内}\cdot dr+\int_R^\infty E_{外}\cdot dr=\int_r^R 0\cdot dr+\int_R^\infty\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\cdot dr=\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R}$； （2 分）

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

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

电学加强

D7（10 分）、解：（1）轨道电流产生的磁场相当于两根半无限长载流直导线的磁场，即

$B=\dfrac{\mu_0 I}{4\pi}(\dfrac{1}{R+x}+\dfrac{1}{R+d-x})$

弹射体所受安培力为：

$F=\int_0^d IBdx=\dfrac{\mu_0 I^2}{2\pi}\ln\dfrac{R+d}{R}$ （5 分）

如果弹射体从中部开始加速，出射速度为 v，则有动能定理可得：$\dfrac{1}{2}mv^2=F\dfrac{L}{2}$；

弹射体离开轨道时的出射速度为：$v=(\dfrac{\mu_0 I^2 L}{2\pi m}\ln\dfrac{R+d}{R})^{\frac{1}{2}}$； （5 分）

八、力学加强和热学加强

L8&R8（10 分）、解：（1）此时电容器的电容：$C=\dfrac{\varepsilon_0 S}{2d}$ （2 分）

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

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

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

$A=-\vec{F}_e\cdot\varDelta\vec{r}=\varDelta W_e=\dfrac{Q^2 d}{2\varepsilon_0 S}$——外力克服静电引力所作的功等于静电场能量的增加。 （3 分）

电学加强

D8（10 分）、解：（1）由介质中的安培环路定理，$\oint_L \vec{H}\cdot d\vec{l}=\sum I_i=NI$

$H\cdot 2\pi r=NI$，$H=\dfrac{NI}{2\pi r}$，$B=\mu_0\mu_r H=\dfrac{\mu_0\mu_r NI}{2\pi r}$； （5 分）

（2）$\Phi=\int \vec{B}\cdot d\vec{S}=\bar{B}(R)S=\dfrac{\mu_0\mu_r NI}{2\pi R}\cdot\pi(\dfrac{d}{2})^2$

$$=\frac{4\pi\times10^{-7}\times300\times200\times25\times10^{-3}}{2\pi\times15\times10^{-3}}\times3.14\times(2\times10^{-3})^2$$ （5 分）

$=2.51\times10^{-7}(\mathrm{Wb})$