上 海 交 通 大 学 试 卷（物理 144A 卷）

（2016 至 2017 学 年 第 1 学 期 试 卷 2016 年 1 月 11 日）

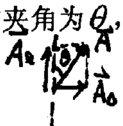
班级号______________ 学号______________ 姓名______________

课程名称 大学物理 成绩 参考解答

注意:（1）试卷共三张;（2）填空题空白处写上关键式子，可参考给分，计算题要列出必要的方程和解题的关键步骤;（3）不要将订书钉拆掉;（4）1 nm=10^{-9} m;（5）第四张为草稿纸。

一、填空题（共 57 分）

1、（本题 3 分）一束线偏振光垂直射入一块波片，入射前光矢量的振动方向与波片光轴的夹角为 θ，则在波片中 o 光、e 光的光强之比为 $tg^2\theta$。



$A_e = A\cos\theta$ $\quad I_e \propto A_e^2$ $\quad \dfrac{I_o}{I_e} = tg^2\theta$

$A_o = A\sin\theta$ $\quad I_o \propto A_o^2$

2、（本题 3 分）一透射光栅恰好能在第二级光谱中分辨出波长为 500nm 和 501nm 的两条谱线，则此光栅的缝数为 250。

$R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} \approx mN, \quad \frac{500}{1} = 2N \Rightarrow N = 250$

3、（本题 3 分）测量星球表面温度的方法之一，是把星球看作绝对黑体而测定其单色辐出度峰值对应的波长 λ_m。现测得星球 A 的 $\lambda_{m1} = 0.5\mu m$，星球 B 的 $\lambda_{m2} = 0.3\ \mu m$，则星球 A 表面温度 T_1 与星球 B 表面温度 T_2 之比 T_1:T_2= $\frac{3}{5}=0.6$

$\lambda_m T = b \quad \begin{matrix}\lambda_{m1}T_1 = b\\ \lambda_{m2}T_2 = b\end{matrix} \Rightarrow \frac{\lambda_{m1}T_1}{\lambda_{m2}T_2} = 1 \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{\lambda_{m2}}{\lambda_{m1}} = \frac{0.3}{0.5} = \frac{3}{5} = 0.6$

4、（本题 3 分）X 射线入射到晶格常数（晶面间距）为 d 的晶体中，可能发生布拉格衍射 X 射线波长的最大值为 $2d$。

对于晶面间距为 d 的平行晶面族：

Bragg 公式 $2d\sin\theta = m\lambda$，$\begin{matrix}m=1\\ \theta\to\pi/2\end{matrix} \Rightarrow \lambda = 2d$

5、（本题 3 分）戴维孙-革末实验证明了 物质波的存在 或 电子的波动性

6、（本题 4 分）如图所示，一导体球半径为 R_1，外罩一半径为 R_2 的同心薄导体球壳，外球壳所带总电荷为 Q，如内球接地，则内球带电量为 ______________。

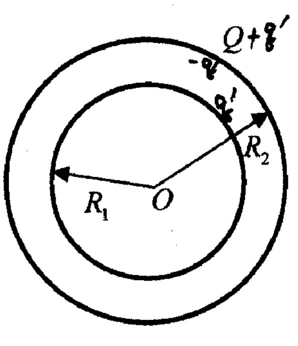
设内球带电量为 q'，则由静电平衡和电荷守恒知带电情况如图所示。

设无穷远处电势为0，因内球接地知其电势为0。

则内球电势为

$$\frac{q'}{4\pi\varepsilon_0 R_1} + \frac{-q'}{4\pi\varepsilon_0 R_2} + \frac{Q+q'}{4\pi\varepsilon_0 R_2} = 0$$

$$\therefore \frac{q'}{4\pi\varepsilon_0 R_1} + \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R_2} = 0 \Rightarrow q' = -\frac{R_1}{R_2}Q$$

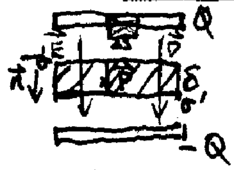


题号	一	二 1	二 2	二 3	二 4
得分					
批阅人(流水阅卷教师签名处)					

我承诺，我将严格遵守考试纪律。

承诺人：__________

7、（本题 6 分）平行板电容器极板面积为 S，间距为 d。中间有一厚度为 δ，相对介电常数为 ε_r 的介质板，介质板与电容器极板平行，面积也为 S，且各端面与电容器极板各端面对齐。设两极板带电 $\pm Q$，则介质板表面极化电荷面密度为 $\sigma' = (\varepsilon_r - 1)\frac{Q}{\varepsilon_r S}$，[illegible]，介质板内电场强度大小为 $E_{介} = \frac{Q}{\varepsilon_r \varepsilon_0 S}$，此电容器的电容为 $\frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r S}{\varepsilon_r(d-\delta)+\delta}$（忽略边缘效应）。



由Gauss定理 $\oiint \vec{D}\cdot d\vec{S} = q$

$D\Delta S = \frac{Q}{S}\Delta S \Rightarrow D = \frac{Q}{S}$

$E_{空} = \frac{D}{\varepsilon_0} = \frac{Q}{\varepsilon_0 S}$,

$E_{介} = \frac{D}{\varepsilon_r\varepsilon_0} = \frac{Q}{\varepsilon_r\varepsilon_0 S}$,

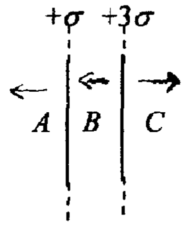
$\vec{P} = \chi_e \varepsilon_0 \vec{E} = (\varepsilon_r - 1)\varepsilon_0 \frac{Q}{\varepsilon_r\varepsilon_0 S}\vec{n} = (\varepsilon_r - 1)\frac{Q}{\varepsilon_r S}\vec{n}$

$\sigma' = P_n = (\varepsilon_r - 1)\frac{Q}{\varepsilon_r S}$

$\Delta U = E_{空}(d-\delta) + E_{介}\delta = \frac{Q}{\varepsilon_0 S}(d-\delta) + \frac{Q}{\varepsilon_r\varepsilon_0 S}\delta$

$C = Q/\Delta U = \varepsilon_0 S/[d-\delta+\delta/\varepsilon_r]$

8、（本题 6 分）真空中两个平行的"无限大"均匀带电平面，其电荷面密度分别为 $+\sigma$ 和 $+3\sigma$，如图所示，则 A、B、C 三个区域的电场强度分别为：$E_A = -2\sigma/\varepsilon_0$，$E_B = -\sigma/\varepsilon_0$，$E_C = 2\sigma/\varepsilon_0$（设方向向右为正）。



$E_A = -\frac{\sigma}{2\varepsilon_0} - \frac{3\sigma}{2\varepsilon_0} = -\frac{2\sigma}{\varepsilon_0} = -E_C$

$E_B = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} - \frac{3\sigma}{2\varepsilon_0} = -\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

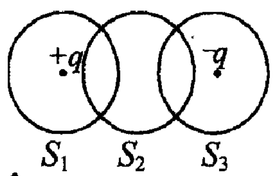
9、（本题 3 分）真空中三个点电荷 q_1、q_2 和 q_3，分别静止于边长为 l 等边三角形的三个顶点上。设无穷远处为电势零点，则该电荷系统的静电相互作用能为 $(q_1q_2 + q_2q_3 + q_1q_3)/4\pi\varepsilon_0 l$。

将 q_1、q_2 从无穷远移到[illegible]外力所做的功为：$\frac{q_1q_2}{4\pi\varepsilon_0 l}$

[illegible]将 q_3 从无穷远移到[illegible]外力所做的功为：

$\frac{q_1q_3}{4\pi\varepsilon_0 l} + \frac{q_2q_3}{4\pi\varepsilon_0 l}$，[illegible]静电相互作用能[illegible]之和，即 $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0 l}(q_1q_2+q_2q_3+q_1q_3)$

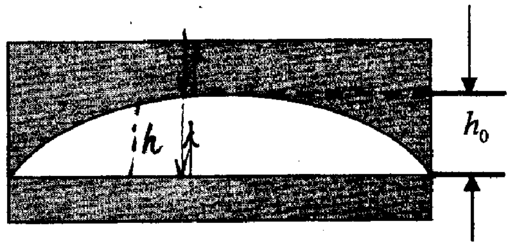
10、（本题 3 分）在点电荷 $+q$ 和 $-q$ 的静电场中，作出如图所示的三个闭合面 S_1、S_2、S_3，则通过这些闭合面的电场强度通量分别是：$\phi_1 = q/\varepsilon_0$，$\phi_2 = 0$，$\phi_3 = -q/\varepsilon_0$。



由Gauss定理，$\oiint \vec{E}\cdot d\vec{S} = \Sigma q/\varepsilon_0$，有：

$\Phi_1 = \oiint_{S_1}\vec{E}\cdot d\vec{S}_1 = q/\varepsilon_0$，$\Phi_2 = \oiint_{S_2}\vec{E}\cdot d\vec{S}_2 = 0$，$\Phi_3 = \oiint_{S_3}\vec{E}\cdot d\vec{S}_3 = -q/\varepsilon_0$

11、（本题 4 分）如图所示，一半径很大的柱面凹透镜盖在一块平板玻璃上形成空气薄膜，今用波长 $\lambda = 500\text{nm}$ 的单色光垂直入射，中央空气膜的厚度为 $h_0 = 9.875\times10^{-6}\text{m}$，则反射方向总共能看到___79___条亮纹；若把柱面凹透镜向上作微小平移，干涉条纹将___向外移动___（填：向外移动或向内移动）。



$2h = k\lambda$　　$2h + \frac{\lambda}{2} = k'\lambda$

$k = 2h_0/\lambda = 39.5$　　$k' = 39.5 + 0.5 = 40$　　$2\times39+1=79$

级次内高外低
方向上平移时，各处级次变高，
故条纹外移。

12、（本题 4 分）如图 *a* 所示，一无任何缺陷光学平板玻璃 *A* 与待测工件 *B* 之间形成空气劈尖，用波长 $\lambda = 500\text{nm}$ 的单色光垂直照射。看到反射光的干涉条纹如图 *b* 所示，某些条纹弯曲部分的顶点恰好与其右边条纹的直线部分的连线相切。则工件的上表面缺陷是：不平处为___凸起___（填：凸起或凹槽），最大高度或者深度为___250 nm___。

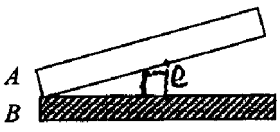


图 *a*

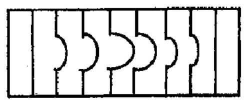


图 *b*

$2e + \frac{\lambda}{2} = k\lambda$

条纹弯曲部分与直线部分同级次……故凸起。

$2e_1 + \frac{\lambda}{2} = k\lambda$

$2e_2 + \frac{\lambda}{2} = (k+1)\lambda$

$2(e_2 - e_1) = \lambda$

$e_2 - e_1 = \frac{\lambda}{2} = 250\text{nm}$

13、（本题 2 分）玻尔氢原子理论中电子轨道角动量的最小值为___$\hbar$___；量子力学中氢原子电子轨道角动量的最小值为___$0\hbar$___。

Bohr：$L = n\hbar$，$n=1,2,3\ldots$　量：$L^2 = l(l+1)\hbar^2$，$l=0,1,2,\ldots$

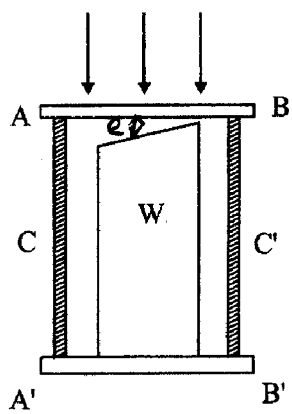
14、（本题 3 分）在下列各组量子数的空格上，填上适当的数值，以便使它们可以描述原子中电子的状态：

(1)　$n=2$，$l=$___1___，$m_l=-1$，$m_s=-\frac{1}{2}$；

(2)　$n=2$，$l=0$，$m_l=$___0___，$m_s=\frac{1}{2}$；

(3)　$n=2$，$l=1$，$m_l=0$，$m_s=$___$\frac{1}{2}$ 或 $-\frac{1}{2}$___。

15、（本题 4 分）右图为一干涉膨胀仪示意图，上下两平行玻璃板 AB、A′B′ 用一对热胀系数极小的石英柱 C、C′ 支撑着，被测样品 W 在两玻璃板之间，样品上表面与玻璃板 AB 下表面间形成一空气劈尖。在以波长为 λ 的单色光垂直照射下，可以看到平行的等厚干涉条纹。当 W 受热膨胀时，条纹疏密程度将_____(填：变密、变疏或不变)，条纹将___左移___(填：右移或左移)。



$2e + \frac{\lambda}{2} = k\lambda$

$\Delta e = \frac{\lambda}{2}$

$\sin\theta = \frac{\Delta e}{\Delta l}$

$\Delta l = \frac{\Delta e}{\sin\theta} = \frac{\lambda}{2}\frac{1}{\sin\theta} \approx \frac{\lambda}{2\theta}$

W 受热均匀膨胀，θ不变
故条纹疏密程度不变

3m
受热膨胀，e 变小，同一处对应的级次变低，
而左边条纹级次高于右边条纹级次，故左移。

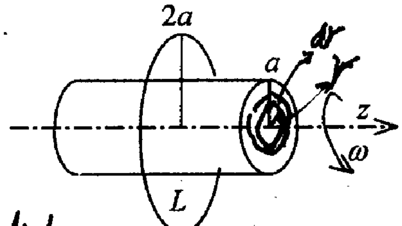
16、（本题 3 分）可通过光电效应测定普朗克常数。如先后分别用频率为ν_1和ν_2的光做光电效应实验，相应测得其遏止电势差为U_1和U_2，则可得普朗克常数$h=$ $\frac{U_2-U_1}{\nu_2-\nu_1}e$ 。

由Einstein光电效应方程与遏止电压的定义，有：

$$\begin{aligned} h\nu_1 &= A + eU_1 \\ h\nu_2 &= A + eU_2 \end{aligned} \Rightarrow h(\nu_2-\nu_1) = e(U_2-U_1) \Rightarrow h = \frac{U_2-U_1}{\nu_2-\nu_1}e$$

二、 计算题（共 43 分）

1、 （本题 12 分）正电荷Q均匀分布在半径为a、长为L ($L>>a$)的绝缘长圆柱体区域（体分布），真空中圆柱以角速度ω绕中心轴线旋转。一半径为$2a$、电阻为R的单匝圆形线圈套在圆柱体上(如图所示)。若圆柱体转速按照$\omega=\omega_0(1-t/t_0)$的规律(ω_0和t_0是已知常数，且$t\le t_0$)随时间线性地减小，求圆形线圈中感应电流的大小和流向（圆柱体材料磁导率近似取真空磁导率μ_0）。



据无限长载流螺线管周围磁场的分布有：

$$B(r) = \int_r^a \mu_0 n dI,\quad \rho(r) = \frac{Q}{\pi a^2 L},\quad ndI = \frac{\omega\rho 2\pi r dr L}{2\pi L} = \omega\rho r dr$$

$$= \int_r^a \mu_0 \omega\rho r dr = \mu_0\omega\rho\int_r^a r dr = \frac{1}{2}\mu_0\omega\rho r^2\Big|_r^a = \frac{1}{2}\mu_0\omega\rho(a^2-r^2)$$

$\vec{B}(r)$沿z轴正向；

穿过圆线圈的磁通为：$\Phi = \int_0^a B(r)2\pi r dr = \frac{1}{2}\mu_0\omega\rho\int_0^a (a^2-r^2)2\pi r dr$

$$= \pi\mu_0\omega\rho\left[a^2\cdot\frac{1}{2}a^2 - \frac{1}{4}a^4\right] = \frac{1}{4}\mu_0\pi\omega\rho a^4$$

据Faraday电磁感应定律，有：$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = \frac{1}{4}\mu_0\pi\rho a^4\frac{\omega_0}{t_0}$

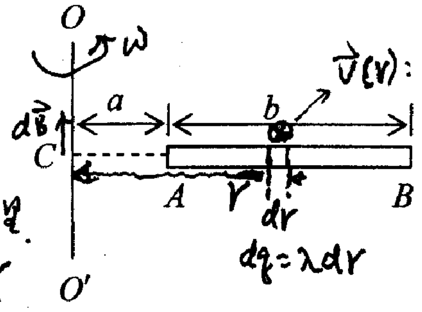
$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{1}{4Rt_0}\mu_0\pi\rho a^4 = \frac{\mu_0}{4LRt_0}\omega_0 Q a^2$$

2、（本题 10 分）如图所示，真空中有一长为b，电荷线密度为λ的均匀带电线段AB，绕竖直轴OO'在水平面内以匀角速ω转动，A点距轴为a。求带电线段在垂足C点处产生的磁感强度大小和系统磁矩大小。

如图，各微元在C的磁感应强度$d\vec{B}$沿$O'O$

$d\vec{B}=\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{dq\,\vec{v}\times\vec{e}_r}{r^2}$，$dq=\lambda dr$，

$\vec{v}(r)$：大小为ωr
方向为：图中r处垂直纸面向里.



$\vec{B}=\int d\vec{B}$

$B=\int dB=\int_a^{a+b}\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{\omega r\lambda dr}{r^2}=\frac{\mu_0\omega\lambda}{4\pi}\int_a^{a+b}\frac{dr}{r}$

$=\frac{\mu_0\lambda\omega}{4\pi}\ln\frac{a+b}{a}$

图中r处微元旋转的等效电流强度为$dI=\frac{\lambda dr\omega}{2\pi}$，该圆电流面积为$\pi r^2$.

相应的磁矩$dm=dI\cdot\pi r^2=\frac{\lambda\omega}{2}r^2dr$

$m=\int dm=\int_a^{a+b}\frac{\lambda\omega}{2}r^2dr=\frac{\lambda\omega}{2}\frac{1}{3}r^3\Big|_a^{a+b}=\frac{\lambda\omega}{6}[(a+b)^3-a^3]$

另可以等效圆电流在圆心处的磁场公式为基础计算 $=\frac{\lambda\omega}{6}b(3a^2+3ab+b^2)$

3、（本题 11 分）(1) 在单缝夫琅禾费衍射实验中，用波长分别为$\lambda_1=400\text{nm}$，$\lambda_2=760\text{nm}$的光垂直入射。已知单缝宽度$a=1.0\times10^{-2}\text{cm}$，透镜焦距$f=50\text{cm}$。求衍射屏上两种光第一级衍射暗纹中心之间的距离；(2) 若用光栅常数$d=1.0\times10^{-3}\text{cm}$的光栅替换单缝，其他条件和上一问相同，求衍射屏上两种光第一级主极大之间的距离。

144 学 时 参 考 答 案

一、填空题

1、$\cot^2\theta$（**3 分**）　**B 卷：1、4 互换；**　**2**、250　（**3 分**）　**B 卷：300**

3、0.6　（**3 分**）　**B 卷：0.8；**　**4**、$2d$（**3 分**）　**B 卷：1、4 互换**

5、物质波的存在或电子的波动性等（**3 分**）　**B 卷：5、13 互换**

6、$-\dfrac{R_1}{R_2}Q$　（**4 分**）　**B 卷：**$-\dfrac{R_1}{R_2}q$

7、$(\varepsilon_r-1)\dfrac{Q}{\varepsilon_r S}$ 或 $-(\varepsilon_r-1)\dfrac{Q}{\varepsilon_r S}$ 或 $\pm(\varepsilon_r-1)\dfrac{Q}{\varepsilon_r S}$，$\dfrac{Q}{\varepsilon_0\varepsilon_r S}$，$\dfrac{\varepsilon_0\varepsilon_r S}{\varepsilon_r(d-\delta)+\delta}$（**6 分**）

B 卷：*Q* 换为 *q*

8、$-2\sigma/\varepsilon_0$，$-\sigma/\varepsilon_0$，$2\sigma/\varepsilon_0$（**6 分**）　**B 卷：**$-3\sigma/\varepsilon_0$，$-2\sigma/\varepsilon_0$，$3\sigma/\varepsilon_0$

9、$\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0 l}\left(q_1q_2+q_1q_3+q_2q_3\right)$（**3 分**）　**B 卷：**$\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0 a}\left(q_1q_2+q_1q_3+q_2q_3\right)$

10、q/ε_0，0，$-q/\varepsilon_0$（**3 分**）　**B 卷：10、14 互换**

11、　79（条），条纹向外移动（**4 分**）　**B 卷：**　59（条），条纹向外移动

12、凸起，250 nm（**4 分**）**B 卷：**凸起，300 nm; **13**、h;　0（**2 分**）**B 卷：5、13 互换**

14、1，0，$\dfrac{1}{2}$ 或 $-\dfrac{1}{2}$ 或 $\pm\dfrac{1}{2}$（**3 分**）　**B 卷：10、14 互换**

15、不变，左移（**4 分**）　**16**、$h=\dfrac{e(U_1-U_2)}{\nu_1-\nu_2}$（**3 分**）

二、计算题

1、解：$\rho=\dfrac{Q}{\pi a^2 L}$　r 处磁场　$B(r)=\dfrac{\mu_0}{2}\omega\rho(a^2-r^2)$　$(r\le a)$　（4 分）

$\phi=\int_0^a B2\pi r dr=\dfrac{\mu_0}{4}\pi\omega\rho a^4$（3 分）$I=-\dfrac{d\phi}{Rdt}=\dfrac{\mu_0}{4Rt_0}\pi\omega_0\rho a^4=\dfrac{\mu_0}{4LRt_0}\omega_0 Qa^2$　（3 分）

方向：从右向左看，逆时针。　（2 分）　注意：B 卷中 ***Q* 换为 *q***

2、解：$d\vec{B}=\dfrac{\mu_0}{4\pi}\dfrac{dq\vec{v}\times\vec{e}_r}{r^2}$　（2 分）

$$B=\int dB=\int_a^{a+b}\frac{\mu_0\lambda\omega}{4\pi}\frac{xdx}{x^2}=\frac{\mu_0\lambda\omega}{4\pi}\ln\frac{a+b}{a}$$　（3 分）

$$dm=dI\pi x^2=\frac{\lambda\omega}{2\pi}dx(\pi x^2)=\frac{\lambda\omega}{2}x^2dx$$　（2 分）

$$m=\int dm=\int_a^{a+b}\frac{\lambda\omega}{2}x^2dx=\frac{\lambda\omega}{6}[(a+b)^3-a^3]$$　（3 分）

注意：B 卷中 ***a*、*b* 互换**

3、解：(1) 由单缝衍射暗纹公式可知

$a\sin\varphi_1=\lambda_1$

$a\sin\varphi_2 = \lambda_2$ （3 分）

$\mathrm{tg}\,\varphi_1 = x_1 / f$ ， $\mathrm{tg}\,\varphi_2 = x_2 / f$

由于 $\sin\varphi_1 \approx \mathrm{tg}\,\varphi_1$ ， $\sin\varphi_2 \approx \mathrm{tg}\,\varphi_2$

所以 $x_1 = f\lambda_1 / a$

$x_2 = f\lambda_2 / a$ （2 分）

则两个第一级明纹之间距为

$\Delta x = x_2 - x_1 = f\Delta\lambda / a$=0.18 cm （1 分）

注意：B 卷中 $\lambda_1 = 500\text{nm}$ $\Delta x = x_2 - x_1 = f\Delta\lambda / a = 0.13\text{cm}$

(2) 由光栅衍射主极大的公式

$d\sin\phi_1 = \lambda_1$

$d\sin\phi_2 = \lambda_2$ （3 分）

且有 $\sin\varphi \approx \mathrm{tg}\,\varphi = x / f$

所以 $\Delta x = x_2 - x_1 = f\Delta\lambda / d$=1.8 cm （2 分）

注意：B 卷中 $\lambda_1 = 500\text{nm}$ $\Delta x = x_2 - x_1 = f\Delta\lambda / d = 1.3\text{cm}$

4、$\rho_2(x) = \dfrac{2}{L}\sin^2(\dfrac{2\pi}{L}x)$ （1 分）

（1）由此得：密度最大：$\sin^2(\dfrac{2\pi}{L}x) = 1$，即：$x = \dfrac{2k+1}{4}L$， （1 分）

考虑到 x 的范围在 $[0, L]$ 的区间里，故得：$x_1 = \dfrac{L}{4}$ 和 $x_2 = \dfrac{3}{4}L$． （1 分）

密度最小：$\sin^2(\dfrac{2\pi}{L}x) = 0$ 得：$x = \dfrac{k}{2}L$ 除了势阱边，只有 $x = \dfrac{L}{2}$ 最小． （1 分）

（2）$P = \dfrac{2}{L}\int_0^{\frac{L}{4}} \sin^2(\dfrac{3\pi x}{L})\mathrm{d}x = \dfrac{1}{4} + \dfrac{1}{6\pi} \approx 0.30$ （3 分）

（3）由 $-\dfrac{\hbar^2}{2m}\dfrac{\mathrm{d}^2\Psi_5}{\mathrm{d}x^2} = \dfrac{25\pi^2\hbar^2}{2mL^2}\Psi_5$ 得 $E_5 = \dfrac{25\pi^2\hbar^2}{2mL^2}$ （3 分）

注意：B 卷中（3）由 $-\dfrac{\hbar^2}{2m}\dfrac{\mathrm{d}^2\Psi_7}{\mathrm{d}x^2} = \dfrac{49\pi^2\hbar^2}{2mL^2}\Psi_7$ 得 $E_7 = \dfrac{49\pi^2\hbar^2}{2mL^2}$

上 海 交 通 大 学 试 卷（物理 144A 卷）

（ 2015 至 2016 学 年 第 1 学 期 试 卷 2016 年 1 月 13 日）

班级号______________ 学号____________ 姓名 ____________

课程名称 ______大学物理______ 成绩 ____________

注意:（1）试卷共三张;（2）填空题空白处写上关键式子，可参考给分，计算题要列出必要的方程和解题的关键步骤;（3）不要将订书钉拆掉;（4）第四张为草稿纸。

一、填空题（共 54 分）

1、**（本小题 2 分）**当用平行单色光垂直照射 10 缝光栅时，衍射图样中相邻主极大之间有 __9__ 条暗条纹。

$d\sin\theta_{m,j} = \pm(m+\frac{j}{N})\lambda,\ j=1,2,\cdots,(N-1)$

2、**（本小题3分）**在双缝装置中，用一很薄的云母片(折射率为 n)覆盖其中的一条缝，结果使屏幕上的第五级明条纹恰好移到屏幕中央原零级明纹的位置。若入射光的波长为 λ，则此云母片的厚度为 __$5\lambda/(n-1)$__ 。

无片 $d\sin\theta = \pm k\lambda$

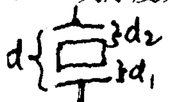
有片 $d\sin\theta \pm (n-1)e = \pm k'\lambda$

$d\sin\theta = 0\lambda$

$d\sin\theta + (n-1)e = 5\lambda$

3、**（本小题3分）**微观粒子的波函数 ψ 应满足的三个标准条件是 __单值性、有限性、连续性__

4、**（本小题 2 分）**一空气平行板电容器，极板间距为 d，电容为 C。若在两板中间平行地插入一块厚度为 $2d/3$ 的金属板，则其电容值变为 __3C__ 。



$d_1+d_2 = d/3$

$C=\frac{\varepsilon_0 S}{d}$

$C_1=\frac{\varepsilon_0 S}{d_1},\ C_2=\frac{\varepsilon_0 S}{d_2}$

电容器串联 $\frac{1}{C}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}$

$C=\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}=\varepsilon_0 S\cdot\frac{1/d_1d_2}{d_1+d_2}=\frac{3\varepsilon_0 S}{d}$

5、**（本小题2分）**当牛顿环装置中的平凸透镜向上移动时，干涉图样将 __向内收缩__（填“向内收缩”或“向外扩张”）。

明纹级次：内低外高

明纹: $2ne+\frac{\lambda}{2}=k\lambda$, $2n(e+d)=k'\lambda$ 原厚处，$k<k'$ $\Rightarrow$ 内缩

6、**（本小题 2 分）**在迈克耳孙干涉仪的一支光路上，垂直于光路放入折射率为 n、厚度为 h 的透明介质薄膜。与未放入此薄膜时相比较，两光束光程差的改变量为 __$2(n-1)h$__。

7、**（本小题 2 分）**有同学认为只有自然光入射双折射晶体时才能产生 o 光和 e 光，这种观点 __不正确__（填“正确”或“不正确”）

我承诺，我将严格遵守考试纪律。

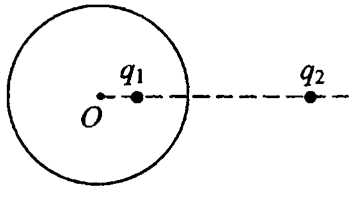
承诺人：__________

题号	一	二 1	二 2	二 3	二 4
得分					
批阅人(流水阅卷教师签名处)					

8、（本小题 3+1 分）如图所示，一均匀带正电的球面带电量为 Q，沿球面直径及其延长线上有两个带正电的点电荷 q_1、q_2，q_1 在球面内，q_2 在球面外与球心的距离为 r。球面受到的电力大小 $F=$ $\underline{\dfrac{Qq_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}}$，方向向 <u>左</u>（填："左"或"右"）。

均匀带电球面（半径设为R）的场强分布

$$E=\begin{cases}0, & r'<R\\ \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r'^2}, & r'>R\end{cases}$$

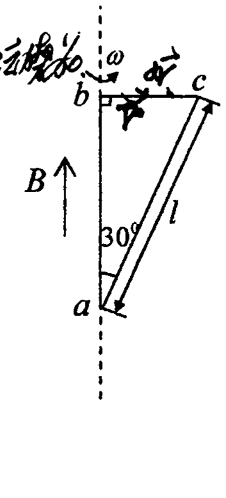


q_1 所受球面的电场力为 $q_1E_{球内}=0$，故带电球面与~~[illegible]~~ q_1 的相互作用力为 0.

q_2 所受带电球面的电力为 $q_2E_{球外}=\dfrac{q_2Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$ 且向右。

9、（本小题 4 分）如图所示，一直角三角形 abc 回路放在一磁感应强度为 B 的均强磁场中，斜边长度为 l，ab、ac 两边夹角为 30°，磁场的方向与直角边 ab 平行，回路绕 ab 边以匀角速度 ω 旋转，则整个回路产生的动生电动势大小为 <u>0</u>，ac 边中的动生电动势大小为 $\underline{\frac{1}{8}\omega Bl^2}$。

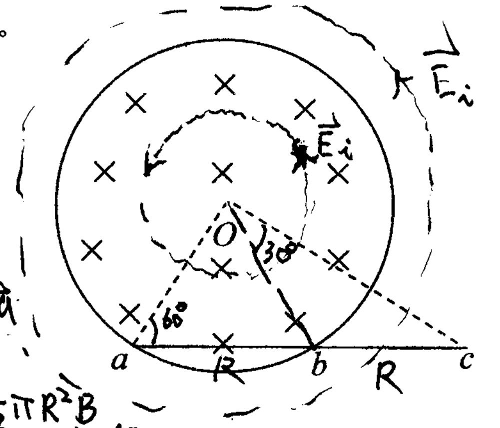
1. 穿过回路的磁通为零，故回路中电动势为 0，即回路中动生电动势抵消。



2. 由 1，bc 中的动生电动势与 ac 中动生电动势大小相等.

$$\varepsilon_{bc}=\int_{(b)}^{(c)}\underbrace{(\vec{\omega}\times\vec{r})}_{\vec{v}}\times\vec{B}\cdot d\vec{r}=\int_0^{l\sin30°}\omega rB\,dr=\frac{1}{2}\omega Br^2\Big|_0^{l/2}=\frac{1}{8}\omega Bl^2$$

10、（本小题 3+1 分）如图所示，磁感应强度为 B 的均强磁场分布在一半径为 R 的圆柱形区域内，其方向与圆柱的对称轴平行。一金属直杆 abc 放在图示位置（a、b 两点在圆周上），杆长为 $2R$，其中一半位于磁场内、另一半在磁场外。当 $\frac{dB}{dt}>0$ 时，则杆两端感应电动势的大小为 $\left(\frac{\sqrt{3}}{4}R^2+\frac{\pi R^2}{12}\right)\frac{dB}{dt}$，方向为 $a\rightarrow c$。



$$E_i=\begin{cases}-\frac{r}{2}\frac{d\vec{B}_r}{dt}\\ -\frac{R^2}{2r}\frac{d\vec{B}_R}{dt}\end{cases}\qquad \vec{B}_r=B$$

$$\varepsilon_{acoa}=-\frac{d\Phi_{acoa}}{dt}=\int_a^c\vec{E}_i\cdot d\vec{l}+\int_c^o\vec{E}_i\cdot d\vec{l}+\int_o^a\vec{E}_i\cdot d\vec{l}$$

$\vec{E}_i\perp co$　　$\vec{E}_i\perp oa$

$$=\int_a^c\vec{E}_i\cdot d\vec{l}=\varepsilon_{ac}$$

$$\Phi_{acoa}=\Phi_{aboa}+\Phi_{bcob}=\frac{1}{2}RR\sin60^\circ B+\frac{1}{12}\pi R^2B$$

$$\varepsilon_{ac}=\frac{\sqrt{3}}{4}R^2\frac{dB}{dt}+\frac{\pi}{12}R^2\frac{dB}{dt}$$

11、（本小题 4 分）某激光器发光波长为 λ，谱线宽度为 $\Delta\lambda$，则该激光的相干长度为 $\frac{\lambda^2}{4\pi\Delta\lambda}$，或 $\frac{\lambda^2}{\Delta\lambda}$

$\Delta x\Delta p=\frac{\hbar}{2}$，$p=\frac{h}{\lambda}\Rightarrow dp=-\frac{h}{\lambda^2}d\lambda\Rightarrow\Delta p=\frac{h}{\lambda^2}\Delta\lambda$

$\Delta x=\frac{\hbar}{2\Delta p}=\frac{\hbar}{2}\frac{\lambda^2}{h\Delta\lambda}=\frac{\lambda^2}{4\pi\Delta\lambda}$，　若 $\Delta x\Delta p=h$　则 $\Delta x=\frac{\lambda^2}{\Delta\lambda}$

12、（本小题 4 分）质量为 m 带电量为 e 的自由电子经电压 U 加速后，它的德布罗意波长 $\lambda=\frac{h}{\sqrt{2meU}}$。让该电子束穿过缝宽为 a 的狭缝，在距离狭缝 D 处平行于缝平面放一荧光屏，该屏上中央衍射条纹的宽度 $l_0=\frac{2Dh}{a\sqrt{2meU}}$。（不考虑相对论效应，且 $D\gg a$）

$\frac{1}{2}mv^2=eU$
$v=\sqrt{2eU/m}$
$mv=\sqrt{2meU}$

$\lambda=\frac{h}{p}=\frac{h}{\sqrt{2meU}}$

$a\sin\theta=\lambda$
$l_0=2D\sin\theta=\frac{2D\lambda}{a}$

$\Delta x=l_0$　D

13、（本小题 3 分）氢原子中的电子处在 $n=3$，$l=2$，$m_l=-2$，$s=\frac{1}{2}$ 的状态时，它的轨道角动量大小 $L=\sqrt{6}\hbar$，在外磁场方向的投影 $L_z=-2\hbar$，电子自旋角动量大小 $S=\sqrt{3}\hbar/2$。（用 $\hbar$ 表示）

$L^2=l(l+1)\hbar^2$
$L=\sqrt{l(l+1)}\hbar=\sqrt{2(2+1)}\hbar$

$L_z=m_l\hbar=-2\hbar$

$S^2=s(s+1)\hbar^2$
$S=\frac{\sqrt{3}}{2}\hbar$

14、（本小题 4 分）已知某金属的逸出功为 A，用频率为 ν_1 的光照射该金属能产生光电效应，则遏止电压为 $\frac{h\nu}{e}-\frac{A}{e}$，该金属的红限频率为 $\nu=\frac{A}{h}$。

$\frac{1}{2}mv^2=h\nu-A=eU$

$h\nu=A$

15、（本小题 4 分）使自然光通过两个偏振化方向夹角为 60° 的偏振片时，透射光强为 I_1，今在这两个偏振片之间再插入一偏振片，它的偏振化方向与前两个偏振片均成 30°，此时透射光强为 I_2，则比值 $I_2:I_1=$ 9:4。

$I_1\propto\cos^2 60^\circ$
$I_2\propto\cos^2 30\cos^2 30$

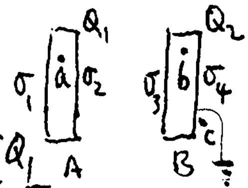
$I_2:I_1=\cos^2 30^\circ\cos^2 30^\circ/\cos^2 60^\circ=\frac{9}{16}/\frac{1}{4}$

16、**（本小题 4 分）**某高温炉壁有一小孔，在炉温 4800K 时，小孔热辐射的峰值波长为 600nm，后来炉温改变，它的峰值波长变为 500nm，此时炉温为 5760K ，此时它的总辐出度为原来的 2.07 倍。

$M_0=\sigma T^4$ $\quad M_{01}=\sigma T_1^4$ $\quad M_{02}=\sigma T_2^4$ $\quad \frac{M_{02}}{M_{01}}=\frac{T_2^4}{T_1^4}$

$\lambda_m=\frac{b}{T}$ $\quad \lambda_{m1}=b/T_1$ $\quad \lambda_{m2}=b/T_2$ $\quad T_2=\frac{b}{\lambda_{m2}}=\frac{\lambda_{m1}}{\lambda_{m2}}T_1=\frac{6}{5}\times 4800=5760K$

17、**（本小题 3 分）**A，B 为两导体大平板，面积均为 S，平行放置，A 板带电荷 $+Q_1$，B 板带电荷 $+Q_2$。如果使 B 板接地，则 AB 间电场强度的大小为 $\frac{Q_1}{\varepsilon_0 S}$ 。



~~[illegible]~~

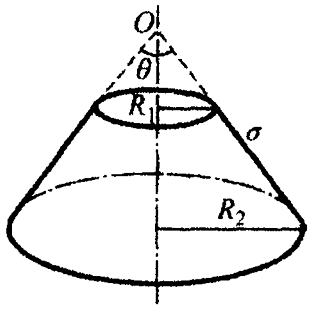
$\vec E_a=0\Rightarrow(\sigma_1-\sigma_2-\sigma_3-\sigma_4)/2\varepsilon_0=0$, $(\sigma_1+\sigma_2)S=Q_1$

$\vec E_b=0\Rightarrow(\sigma_1+\sigma_2+\sigma_3-\sigma_4)/2\varepsilon_0=0$, $\Rightarrow \sigma_1+\sigma_2+\sigma_3=0$ $\quad \sigma_1=0$

$\vec E_c=0\Rightarrow(\sigma_1+\sigma_2+\sigma_3+\sigma_4)/2\varepsilon_0=0$, $\quad \sigma_4=0$ $\quad \sigma_2=\frac{Q_1}{S}=-\sigma_3$

二、 计算题（共 46 分）

1、**（本题 10 分）**如图所示，一锥顶角为 θ 的圆台，上下底面半径分别为 R_1 和 R_2，在它的侧面上均匀带电，电荷面密度为 σ，求顶点 O 的电势。（以无穷远处为电势零点）



144 学 时 参 考 答 案

一、填空题

1、9（2 分）　B 卷：14

2、$e=\dfrac{5\lambda}{n-1}$　（3 分）　B 卷：$e=\dfrac{6\lambda}{n-1}$

3、单值性，有限性，连续性。（3 分）　B 卷：3、16 互换

4、$3C$　（2 分）　B 卷：4、13 互换

5、向内收缩（2 分）　B 卷：5、7 互换

6、$2(n-1)h$　（2 分）　B 卷：$2(n-1)d$

7、不正确（2 分）　B 卷：5、7 互换

8、$\dfrac{q_2Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$，左　（3+1 分）　B 卷：$\dfrac{q_1Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$，左

9、0，$\dfrac{1}{8}B\omega l^2$（4 分）　B 卷：0，$\dfrac{1}{8}B\omega h^2$

10、$\varepsilon_{ac}=[\dfrac{\sqrt{3}R^2}{4}+\dfrac{\pi R^2}{12}]\dfrac{\mathrm{d}B}{\mathrm{d}t}$　$a\to c$（3+1 分）　B 卷：$\varepsilon_{ac}=[\dfrac{\sqrt{3}r^2}{4}+\dfrac{\pi r^2}{12}]\dfrac{\mathrm{d}B}{\mathrm{d}t}$　$a\to c$

11、$\dfrac{\lambda^2}{4\pi\Delta\lambda}$或$\dfrac{\lambda^2}{\Delta\lambda}$　（4 分）　B 卷：11、12 互换

12、$\dfrac{h}{\sqrt{2meU}}$，$\dfrac{2Dh}{a\sqrt{2meU}}$　（4 分）　B 卷：11、12 互换

13、$\sqrt{6}\hbar$，$-2\hbar$，$\dfrac{\sqrt{3}}{2}\hbar$（3 分）　B 卷：4、13 互换

14、$\dfrac{h}{e}\nu_1-\dfrac{A}{e}$，$\dfrac{A}{h}$（4 分）　B 卷：$\dfrac{h}{e}\nu_0-\dfrac{A}{e}$，$\dfrac{A}{h}$

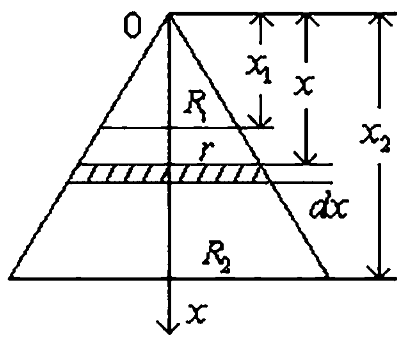
15、9 : 4（4 分）

16、5760K，2.07（4 分）　B 卷：3、16 互换

17、$\dfrac{Q_1}{\varepsilon_0 S}$（3 分）　B 卷：$\dfrac{Q_2}{\varepsilon_0 S}$

二、计算题

1、解：以顶点 0 为坐标原点，圆锥轴线为 x 轴，向下为正，在任意位置 x 处取高度 dx 的小圆环，其面积：



$$dS = 2\pi r \frac{dx}{\cos\frac{\theta}{2}} = 2\pi \frac{tg\frac{\theta}{2}}{\cos\frac{\theta}{2}} x dx \qquad (3\text{分})$$

其电量：$dq = \sigma dS = 2\pi\sigma \dfrac{tg\frac{\theta}{2}}{\cos\frac{\theta}{2}} x dx$ （1 分）

它在 0 点产生的电势：

$$dU = \frac{dq}{4\pi\varepsilon_0\left[r^2 + x^2\right]^{1/2}} = \frac{\sigma tg\frac{\theta}{2}}{2\varepsilon_0} dx \qquad (2\text{分})$$

总电势：$U = \int dU = \dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0} tg\dfrac{\theta}{2} \int_{x_1}^{x_2} dx = \dfrac{\sigma(R_2 - R_1)}{2\varepsilon_0}$ （4 分）

2、解：取半径为 r，宽度为 $\mathrm{d}r$ 的圆环，其包含线圈匝数为 $\dfrac{N}{R_2 - R_1}\mathrm{d}r$，对应

磁矩大小为、$\mathrm{d}m = \pi r^2 \dfrac{NI}{R_2 - R_1}\mathrm{d}r$ （2 分）

总磁矩大小为

$$m = \int_{R_1}^{R_2} \pi r^2 \frac{NI}{R_2 - R_1}\mathrm{d}r = \frac{1}{3(R_2 - R_1)}\pi NI(R_2^3 - R_1^3) \qquad (4\text{分})$$

磁力矩大小为 $M = mB$ （2 分）

在转动过程中磁力矩所做的功为

$$A = -\int_{\frac{\pi}{2}}^{0} Bm\sin\alpha \mathrm{d}\alpha = \frac{B}{3(R_2 - R_1)}\pi NI(R_2^3 - R_1^3)\text{。}(4\text{分})$$

3、解：（1）$d=\dfrac{1}{200}=5\times10^{-6}\mathrm{m}$　（1 分）

$$k_m=\frac{d}{\lambda}=\frac{5\times10^{-6}}{5\times10^{-7}}=10$$

明条纹的最高级次为 9　（2 分）

（2）$N=200\times10=2000 \quad k=2$

$R=\dfrac{\lambda}{\Delta\lambda}=kN$　（1 分）

$\Delta\lambda=\dfrac{\lambda}{kN}=\dfrac{5\times10^{-7}}{2\times2000}=1.25\times0^{-10}\mathrm{m}$　（3 分）

（3）$d\sin\theta=2\lambda_2$

$d\sin\theta=3\lambda_3$

$3\lambda_3=2\lambda_2$　（3 分）

由 $\lambda_2=750\mathrm{nm}$，得 $\lambda_3=500\mathrm{nm}$；

由 $\lambda_3=400\mathrm{nm}$，得 $\lambda_2=600\mathrm{nm}$；

第三级光谱中 $400\mathrm{nm}\rightarrow500\mathrm{nm}$ 波长的光与第二级光谱的光重合　（2 分）

4、解：（1）$\rho_3(x)=\dfrac{2}{L}\sin^2(\dfrac{3\pi}{L}x)$　（1 分）

密度最大：$\sin^2(\dfrac{3\pi}{L}x)=1$，即：$x=\dfrac{2k+1}{6}L$，（1 分）

考虑到 x 的范围在 $[0,L]$ 的区间里，故得：$x_1=\dfrac{L}{6}$ 和 $x_2=\dfrac{1}{2}L$ 和 $x_3=\dfrac{5}{6}L$。（1 分）

密度最小：$\sin^2(\dfrac{3\pi}{L}x)=0$ 得：$x=\dfrac{k}{3}L$，　$x=0,\dfrac{L}{3},\dfrac{2L}{3},L$。　（1 分）

（2）$-\dfrac{\hbar^2}{2m}\dfrac{d^2\phi_n}{dx^2}=E_n\phi_n$　（2 分）

$E_n=\dfrac{n^2\pi^2\hbar^2}{2mL^2}$　（2 分）

（3）$h\nu=E_2-E_1$　（2 分）

$\nu=\dfrac{3\pi^2\hbar^2}{2mL^2h}$　（1 分）

$\lambda=c/\nu=\dfrac{8mcL^2}{3h}$　（1 分）

上 海 交 通 大 学 试 卷（物理144A卷）

（2014 至 2015 学 年 第 1 学 期 试 卷 2015年1月13日）

班级号________ 学号________ 姓名________

课程名称 ____大学物理____ 成绩________

注意：（1）试卷共三张；（2）填空题空白处写上关键式子，可参考给分，计算题要列出必要的方程和解题的关键步骤；（3）不要将订书钉拆掉；（4）第四张为草稿纸。

一、填空题（共56分）

1、（本小题2分）一束线偏振光通过二分之一波片后透出的光是__线偏__（填"线偏振光"、"圆偏振光"、"椭圆偏振光"）。

2、（本小题2分）在双缝衍射实验中，若每条缝宽 $a = 0.03$mm，两缝中心间距 $d = 0.12$ mm，则单缝衍射中央亮区中含有__7__条明条纹。

$a\sin\theta = k\lambda \xrightarrow{k=1} m = \frac{d}{a} = 4$

$d\sin\theta = m\lambda$ $m=4$ 缺级

$2\times(m-1)+1 = 7$

3、（本小题2分）一束白然光从空气投射到玻璃表面上（空气折射率为1），当折射角为30°时，反射光是线偏振光，则此玻璃的折射率等于__$\sqrt{3}$__。

$i_0 + 30^\circ = 90^\circ$

$n_1 \sin i_0 = \sin 30^\circ \cdot n_2$

$n_2 = n_1 \frac{\sin i_0}{\sin 30^\circ} = n_1 \tan i_0 = n_1 \tan 60^\circ$

4、（本小题3分）三个偏振片 P_1，P_2 与 P_3 堆叠在一起，P_1 与 P_3 的偏振化方向相互垂直，P_2 与 P_1 的偏振化方向间的夹角为30°。强度为 I_0 的白然光垂直入射于偏振片 P_1，并依次透过偏振片 P_1、P_2 与 P_3，则通过三个偏振片后的光强为__$\frac{3I_0}{32}$__。

$I_1 = \frac{1}{2}I_0$

$I_2 = I_1 \cos^2 30^\circ = \frac{3}{8}I_0$

$I_3 = I_2 \cos^2 60^\circ = \frac{3}{32}I_0$

5、（本小题4分）有一光栅，其600nm波长的第二级谱线衍射角为30°，则此光栅的光栅常数为__2400__nm；另有一透射光栅，其在600nm波长的第二级谱线上恰能分辨0.02nm的波长差，则此光栅的缝数为__15000__。

$d\sin 30^\circ = 2\times 600$

$kN = \frac{\lambda}{\delta\lambda}$ ($k \to 2$, $\lambda \to 600$, $\delta\lambda \to 0.02$)

我承诺，我将严格遵守考试纪律。

承诺人：________

题号	一	二 1	二 2	二 3	二 4
得分					
批阅人(流水阅卷教师签名处)					

6、（本小题 2 分）根据玻尔理论，氢原子中的电子在 $n=3$ 轨道上运动的动能与其在基态轨道上运动的动能之比为 __1/9__。

$T=\frac{1}{2}|V|$，$T_3=\frac{1}{8\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{r_3}$，$T_1=\frac{1}{8\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{a_0}$，$r_3=3^2a_0$

7、（本小题 4 分）低速运动的质子和 α 粒子，若它们的德布罗意波长相同，则它们的动量之比 $p_p:p_\alpha=$ __1:1__；动能之比 $E_p:E_\alpha=$ __4:1__。

$\lambda=\frac{h}{p}$，$p=\frac{h}{\lambda}$　　$T=\frac{p^2}{2m}$　　$\cancel{n_e=\frac{c}{v_e}\ \ n_o=\frac{c}{v_o}}$

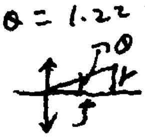
8、（本小题 2 分）在单轴晶体中，e 光主折射率为 n_e，o 光折射率为 n_o，真空中光速为 c，则沿晶体光轴方向 e 光的传播速度大小为 __$v_0=\frac{c}{n_0}$__。

$n_e=\frac{c}{v_e}$　$n_o=\frac{c}{v_o}$

9、（本小题 3 分）在圆孔夫琅禾费衍射实验中，已知圆孔半径 a，透镜焦距 f 和入射光波长 λ，则透镜焦平面上中央亮斑的半径为 __$0.61\frac{\lambda f}{a}$__。

$D\sin\theta=1.22\lambda$，$D=2a$　　$\sin\theta=1.22\frac{\lambda}{2a}$

$r=\tan\theta\cdot f$
$=f\sin\theta$
$=0.61\frac{\lambda f}{a}$



10、（本小题 3 分）主量子数 $n=3$ 时，氢原子轨道角动量大小所有可能取值为 __$0\hbar,\sqrt{2}\hbar,\sqrt{6}\hbar$__（用 $\hbar$ 表示）。

$l=0,1,\cdots,n-1$，$L=\sqrt{l(l+1)}$

11、（本小题 6 分）一个平行板电容器，充电后与电源断开（即电量 Q 不变），当用绝缘手柄将电容器两极板间距离拉大，则两极板间的电势差将 __增大__（填“不变”、“增大”、“减小”）；电场强度的大小将 __不变__（填“不变”、“增大”、“减小”）；电场能量将 __增大__（填“不变”、“增大”、“减小”）。

$E=\sigma/\varepsilon_0$，$V=Ed$　　$\frac{1}{2}\varepsilon_0E^2dS$

12、（本小题 2 分）温度为 T 时钨的总辐出度与~~黑体的总辐出度~~之比为 k。设灯泡的钨丝表面积为 S，其他能量损失不计，则维持钨丝温度 T 所消耗的电功率为 $\underline{\ k\sigma T^4\cdot S\ }$。

σT^4

13、（本小题 3 分）可用光电效应测定普朗克常数。如先后分别用波长为 λ_1 和 λ_2 的光做光电效应实验，相应测得其遏止电压为 U_1 和 U_2，由此可算得普朗克常数为 $\underline{h=\frac{\lambda_1\lambda_2}{\lambda_1-\lambda_2}\frac{e(U_2-U_1)}{c}}$（电子电量为 e，真空中光速为 c）。

$\frac{1}{2}mv_m^2=eU$ $\quad \frac{1}{2}mv_m^2+A=h\nu$

$\nu=\frac{c}{\lambda}$

14、（本小题 4 分）半径为 R_1 和 R_2 的两个同轴金属圆筒，其间充满着相对介电常数为 ε_r 的均匀介质。设两筒上单位长度带电量分别为 $+\lambda$ 和 $-\lambda$，则介质中距离对称轴 r 处的电位移矢量的大小为 $\underline{D=\frac{\lambda}{2\pi r}}$，电场强度的大小为 $\underline{E=\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_r r}}$（真空介电常数为 ε_0）。

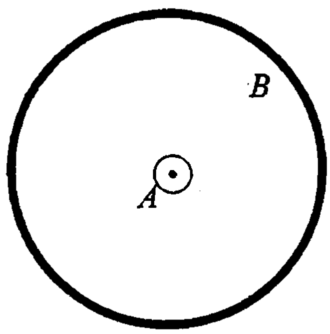
l

$\oint_S \vec{D}\cdot d\vec{S}=2\pi r l D=\lambda l$ $\quad \vec{D}=\varepsilon_0\varepsilon_r\vec{E}$

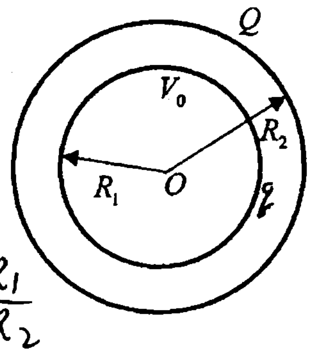
15、（本小题 3 分）如图所示，将一个半径为 r，匝数为 N_1 的小型圆形线圈 A 放在另一半径为 R（$R>>r$），匝数为 N_2 的圆形大线圈 B 的中心，两者同轴共面，则此二线圈的互感系数 M 为 $\underline{\frac{\mu_0 N_1 N_2 \pi r^2}{2R}}$（真空磁导率为 μ_0）。

圆电流轴线上：$\frac{\mu_0 I R^2}{2(R^2+x^2)^{3/2}}$

B在中心：$B=\frac{\mu_0 I N_2}{2R}$，穿过A的磁通：$\frac{\mu_0 N_2 N_1 I}{2R}\pi r^2$



16、（本小题 3 分）如图所示，一导体球半径为 R_1，外罩一半径为 R_2 的同心薄导体球壳，外球壳所带总电荷为 Q，而内球的电势为 V_0（以无穷远处为电势零点），则导体球和球壳之间的电势差为 $\underline{\left(\frac{R_1}{R_2}-1\right)\left(V_0-\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R_2}\right)}$。



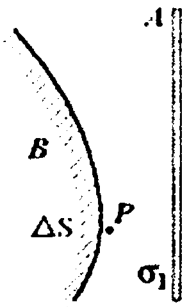
$$\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R_2}+\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 R_1}=V_0 \Rightarrow q=\left(V_0-\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R_2}\right)4\pi\varepsilon_0 R_1$$

$$\Delta V=\frac{Q+q}{4\pi\varepsilon_0 R_2}-V_0=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R_2}-V_0+\left(V_0-\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R_2}\right)\frac{R_1}{R_2}$$

$$=\left(V_0-\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R_2}\right)\left(\frac{R_1}{R_2}-1\right)$$

17、（本小题 4 分）如图所示，电荷面密度为σ_1的带电无限大板A旁边有一带电导体B，今测得导体表面靠近P点处的电荷面密度为σ_2。则P点处的场强大小为$\underline{\frac{\sigma_2}{\varepsilon_0}}$；导体表面靠近$P$点处的电荷元$\sigma_2\Delta S$所受的电场力大小为$\underline{\sigma_2\Delta S\frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0}}$。

$\frac{\sigma_2}{\varepsilon_0}-\frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0}=\frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0}$

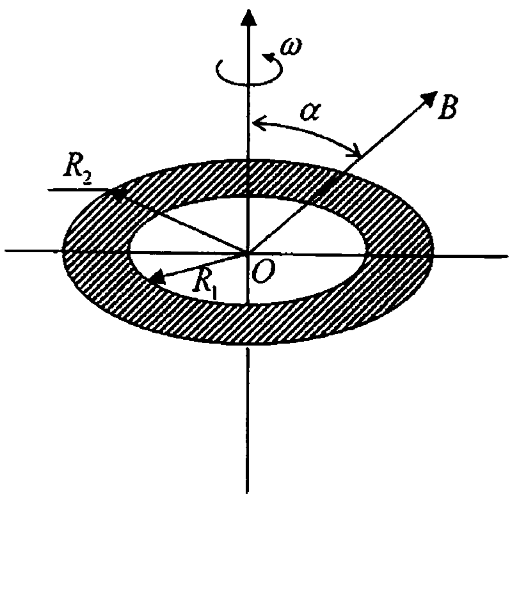


18、（本小题 4 分）一电台辐射电磁波，如果电磁波的能流均匀分布在以电台为球心的球面上，功率为P，则距离电台R处电场分量的幅值为$\underline{\sqrt{\frac{P}{2\pi R^2}}\sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}}}$；磁场分量（磁感应强度）的幅值为$\underline{B_0=\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}E_0=\sqrt{\frac{P}{2\pi R^2}\mu_0}\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}}$。

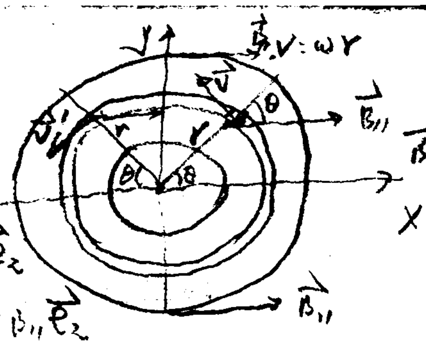
$\bar{S}=\frac{P}{4\pi R^2}=\frac{1}{2}E_0H_0,\ \sqrt{\varepsilon_0}E_0=\sqrt{\mu_0}H_0\rightarrow\frac{P}{2\pi R^2}=\sqrt{\frac{\varepsilon_0}{\mu_0}}E_0^2$　　$B_0=\mu_0H_0$

二、计算题（共 44 分）

1、（本题 10 分）内、外半径分别为R_1和R_2的薄圆环，均匀带电q，处在磁感应强度为B的匀强磁场中，并以角速度ω绕过环心O，且垂直于环平面的轴线匀速转动，B与轴线的夹角为α，如图所示。求圆环受到的磁力矩的大小。



$$dq = \frac{q}{\pi(R_2^2 - R_1^2)} \, r\,dr\,d\theta$$



$\vec{B}_{//} : B_{//} = B\sin\alpha$

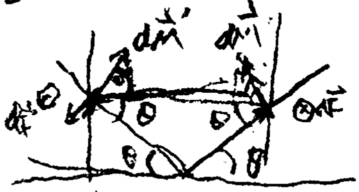
$$d\vec{F} = dq\,\vec{v}\times\vec{B}_{//} = -dq \cdot \sin(\theta+\tfrac{\pi}{2})\,\omega r B_{//}\vec{e}_z$$

$$d\vec{F}' = dq\,\vec{v}'\times\vec{B}_{//} = -dq\,\sin(\pi-\theta+\tfrac{\pi}{2})\,\omega r B_{//}\vec{e}_z$$

3

$$d\vec{M} = \vec{r}\times d\vec{F} + \vec{r}'\times d\vec{F}'$$

$$= 2dq\,\cos\theta\,\omega r B_{//}\, r\cos\theta\,\vec{e}_y$$



$$2\int_0^{\pi} dq \cos^2\theta\,\omega r B_{//} r$$

$$= 2\int_0^{\pi}\cos^2\theta\,d\theta \cdot \sigma r\,dr\,\omega r B_{//} r$$

$$= 2r^3\sigma B_{//}\int_0^{\pi}\cos^2\theta\,d\theta\cdot\omega\,dr$$

$$= 2r^3\sigma B_{//}\left(\frac{1}{4}\sin 2\theta + \frac{1}{2}\theta\right)\Big|_0^{\pi}\omega\,dr$$

$$= 2\frac{\pi}{2} r^3\sigma B_{//}\,dr$$

$$= \pi r^3 \frac{q\omega}{\pi(R_2^2-R_1^2)} B_{//}\,dr \qquad \frac{\omega b r^3 dr}{(R_2^2-R_1^2)} B_{//}$$

$\cos^2\theta \qquad 1-\cos^2\theta$

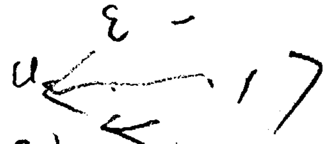
$\cos 2\theta = \cos^2\theta - \sin^2\theta$

$= 2\cos^2\theta - 1$

$\dfrac{\cos 2\theta + 1}{2}$

$\frac{\theta+}{\theta} = 3$

$$M = \int_{R_1}^{R_2} r^3\,dr = \frac{1}{4}r^4\Big|_{R_1}^{R_2} = \frac{1}{4}\left(R_2^4 - R_1^4\right) \quad 3$$



$= 131$

$$\frac{3}{5} + \frac{5}{5} \qquad \int_0^{\infty} x e^{-2\lambda x}$$

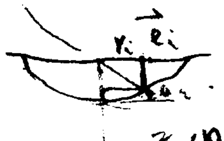
$$\frac{8^2}{5} \quad \frac{\sqrt{2}}{4} \quad 2$$

$u = x,\ dv = e^{-2\lambda x}$

$v = -\frac{1}{2\lambda}e^{-2\lambda x}$

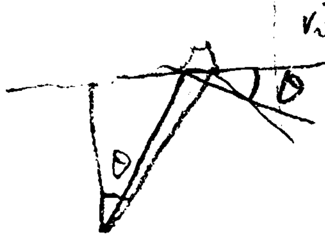
$$= \frac{x}{2\lambda}e^{-2\lambda} - \frac{1}{2\lambda}\int e^{-2\lambda x}dx$$

$$\frac{1}{4} - \frac{3}{5} \quad \frac{1}{2\lambda}\frac{1}{2\lambda}e^{-2\lambda x}\Big|_0^{\infty}$$



$r_i^2 + (R - e_i)^2 = R^2$

$R^2 - e_1$



$\frac{4\pi}{2}$

$\frac{\sqrt{3}}{2}R \frac{4}{20}$

144 学 时 参 考 答 案

一、填空题

1、 线偏振光（2 分） B 卷： 1、8 互换

2、 7 （2 分） B 卷： 5

3、 $\sqrt{3}$ （2 分）

4、 $3I_0/32$； （3 分） B 卷：$I_0/8$

5、2400 nm；15000（4 分） B 卷： 2000 nm；12500

6、1/9 （2 分） B 卷：1/4

7、1:1；4:1 （4 分） B 卷： 4:1；1:1

8、 $\dfrac{c}{n_o}$ （2 分） B 卷：1、8 互换

9、 $0.61\lambda f/a$ 写成 $1.22\lambda f/a$ 得 2 分（3 分） B 卷：$0.61\lambda f/r$ 写成 $1.22\lambda f/r$ 得 2 分

10、0，$\sqrt{2}\hbar$，$\sqrt{6}\hbar$（3 分）

11、增大、不变、增大（6 分） B 卷：不变、增大、增大

12、$k\sigma T^4 S$（2 分） B 卷：$m\sigma T^4 S$

13、 $\dfrac{\lambda_1\lambda_2}{\lambda_2-\lambda_1}\dfrac{e(U_1-U_2)}{c}$ （e 取正负都对！）（3 分）

14、 $\dfrac{\lambda}{2\pi r}$、$\dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_r r}$ （4 分） B 卷：$\dfrac{\lambda}{2\pi R}$、$\dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_r R}$

15、 $\dfrac{\mu_0 N_1 N_2 \pi r^2}{2R}$ （3 分）

16、 $\left(1-\dfrac{R_1}{R_2}\right)\left(V_0-\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R_2}\right)$ （3 分） B 卷： $\left(1-\dfrac{R_2}{R_1}\right)\left(V_0-\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R_1}\right)$

17、 $\dfrac{\sigma_2}{\varepsilon_0}$、$\dfrac{\sigma_2^2\Delta S}{2\varepsilon_0}$ （4 分） B 卷： $\dfrac{\sigma_1}{\varepsilon_0}$、$\dfrac{\sigma_1^2\Delta S}{2\varepsilon_0}$

18、 $E_0=\sqrt{\dfrac{P}{2\pi R^2}\sqrt{\dfrac{\mu_0}{\varepsilon_0}}}$， $B_0=\sqrt{\dfrac{P}{2\pi R^2}\mu_0\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}}$ or $B_0=\sqrt{\dfrac{P}{2\pi R^2}\sqrt{\dfrac{\mu_0}{\varepsilon_0}}}/c$ （4 分）

B 卷： $E_0=\sqrt{\dfrac{P}{2\pi r^2}\sqrt{\dfrac{\mu_0}{\varepsilon_0}}}$， $B_0=\sqrt{\dfrac{P}{2\pi r^2}\mu_0\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}}$ or $B_0=\sqrt{\dfrac{P}{2\pi r^2}\sqrt{\dfrac{\mu_0}{\varepsilon_0}}}/c$

二、计算题

1、解：在大圆环上取半径为r，宽度为$\mathrm{d}r$的小圆环，其磁矩大小为

$$\mathrm{d}m=\pi r^2\frac{\omega}{2\pi}\frac{q}{\pi(R_2^2-R_1^2)}2\pi r\mathrm{d}r\text{。}\qquad \textbf{3 分}$$

圆环总磁矩大小为

$$m=\int_{R_1}^{R_2}\mathrm{d}m=\frac{\omega q(R_2^2+R_1^2)}{4}\text{。}\qquad \textbf{3 分}$$

由公式$\boldsymbol{M}=\boldsymbol{m}\times\boldsymbol{B}$，得圆环受到的磁力矩大小为

$$M=B\sin\alpha\frac{\omega q(R_2^2+R_1^2)}{4}\text{。}\qquad \textbf{4 分}$$

（**B 卷**：q改为Q，ω改为Ω）

2、解：（1）构造ABO闭合回路$e_{AB}=\dfrac{DF}{Dt}=\dfrac{\sqrt{3}}{4}a^2\dfrac{dB}{dt}$ **3 分**

方向 B® A， **1 分**

闭合回路中的感应电动势$e=3e_{AB}=\dfrac{3\sqrt{3}}{4}a^2\dfrac{dB}{dt}$ **2 分**

方向逆时针。**1 分**

（2）$I=\dfrac{e}{R}=\dfrac{3\sqrt{3}}{4R}a^2\dfrac{dB}{dt}$，**1 分**

$U_D-U_C=I\dfrac{2R}{5}=\dfrac{3\sqrt{3}}{10}a^2\dfrac{dB}{dt}$，**2 分**

$U_A-U_B=e_{AB}-I\dfrac{R}{5}=\dfrac{\sqrt{3}}{4}a^2\dfrac{dB}{dt}-\dfrac{3\sqrt{3}}{20}a^2\dfrac{dB}{dt}=\dfrac{\sqrt{3}}{5}a^2\dfrac{dB}{dt}$。应为$\dfrac{\sqrt{3}}{10}a^2\dfrac{dB}{dt}$ **2 分**

（**B 卷**：a改为r）

3、（1）观察屏E中心干涉条纹的光程差需满足

$d=2(d_1-d_2)=kl$，k为整数； **3 分**

中心处明条纹的级次$k=2(d_1-d_2)/l$。**1 分**

（2）设第 i 级明条纹半径为 r_i，该处空气层厚度为 $d = (d_1 - d_2) - e_i$

其中 e_i 满足方程 $r_i^2 = R^2 - (R - e)^2 = 2R\, e_i - e_i^2$ **2 分**

如果学生写为 $d = (d_1 - d_2) - \dfrac{r_i^2}{2R}$ 也可得 **2 分**

两束相干光的光程差为 $d = 2d = 2(d_1 - d_2) - \dfrac{r_i^2}{R} = il$ **1 分**

i 级明条纹半径为 $r_i = \sqrt{R\left[2(d_1 - d_2) - il\right]}$，$i$ 为整数。**2 分**

（3）条纹向外扩张。 **3 分**

（B 卷：d_1 改为 l_1，d_2 改为 l_2）

4、解：（1）$\int_0^\infty \left|\psi(x)\right|^2 dx = \int_0^\infty A^2 x e^{-2\lambda x} dx = 1$， **3 分** $A = 2\lambda$， **2 分**

归一化波函数: $\psi(x) = \begin{cases} 2\lambda\sqrt{x} e^{-\lambda x} & x \ge 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases}$； **1 分**

（2）$\rho(x) = \left|\psi(x)\right|^2 = \begin{cases} 4\lambda^2 x e^{-2\lambda x} & x \ge 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases}$； **2 分**

（3）$\dfrac{d\rho(x)}{dx} = 0$，$x = \dfrac{1}{2\lambda}$。 **2 分**

（B 卷：l 改为 d）

参考答案（144）

一、填空：

1、$T=\dfrac{b}{\lambda}$，$\sigma\left(\dfrac{b}{\lambda}\right)^4$，$\sigma\left(\dfrac{b}{\lambda}\right)^4\cdot\left(\dfrac{R}{d}\right)^2$ **（2+2+2 分）**　（B 卷：r 替代 R，l 替代 d）

2、$hc\left(\dfrac{1}{\lambda}-\dfrac{1}{\lambda_0}\right)$，$\dfrac{hc}{\lambda_0}$ **（2+2 分）**

3、$4\pi n_2 e/\lambda$ or $-4\pi n_2 e/\lambda$ **（4 分）**　（B 卷：d 替代 e）　4、$h/\sqrt{2meU}$　**（2 分）**

5、6 **（2 分）**　　6、7.0 mm **（3 分）**（B 卷：6.0 mm）

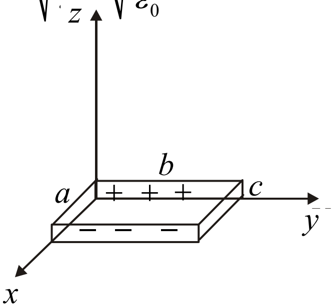
7、不动 **（3 分）**　8、300 **（4 分）**　（B 卷：200 mm）

9、$\tan^2\theta$ **（4 分）**　10、$\oint_l \boldsymbol{E}\cdot \mathrm{d}\boldsymbol{l}=-\iint_S \dfrac{\partial \boldsymbol{B}}{\partial t}\cdot \mathrm{d}\boldsymbol{S}$，$\oint_l \boldsymbol{H}\cdot \mathrm{d}\boldsymbol{l}=\iint_S \dfrac{\partial \boldsymbol{D}}{\partial t}\cdot \mathrm{d}\boldsymbol{S}$ **（2+2 分）**（B 卷：互换）

11、$\omega C U_0$ **（4 分）**　12、$\dfrac{qQ}{8\pi\varepsilon_0 R^2}$ **（4 分）**（B 卷：r 替代 R）

13、$\dfrac{P}{\pi r^2}$，$E_0=\sqrt{\dfrac{2P}{\pi r^2}\sqrt{\dfrac{\mu_0}{\varepsilon_0}}}$，$B_0=\sqrt{\dfrac{2P}{\pi r^2}\sqrt{\dfrac{\mu_0}{\varepsilon_0}}}\,/\,c$ or $B_0=\sqrt{\dfrac{2P}{\pi r^2}\mu_0\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}}$ **（2+2+2 分）**（B 卷：R 替代 r）

14、$B=necV/I$ **（3 分）**



（1 分）

二、计算：

1、解：（1）$\Phi_{\mathrm{m}}=\pi R^2 B\cos\omega t$，$\varepsilon=\dfrac{\mathrm{d}\Phi_{\mathrm{m}}}{\mathrm{d}t}=\pi R^2\omega B\sin\omega t$

当线圈与磁场平行时，$\varepsilon_{\mathrm{m}}=\pi R^2\omega B$ （**2** 分） 顺时针 （**1** 分）

（**2**）$I=\dfrac{\varepsilon}{r}$，$M_{\mathrm{m}}=ISB=\dfrac{\pi^2R^4\omega B^2}{r}$ （**3** 分）

（**3**）$\mathrm{d}\varepsilon=vB\sin\theta\mathrm{d}l=R^2\omega B\sin^2\theta\mathrm{d}\theta$

$$\varepsilon_{\mathrm{AM}}=R^2\omega B\int_0^{\frac{\pi}{4}}\sin^2\theta\mathrm{d}\theta=\frac{1}{2}R^2\omega B\int_0^{\frac{\pi}{4}}(1-\cos2\theta)\mathrm{d}\theta=\frac{1}{2}R^2\omega B(\frac{\pi}{4}-\frac{1}{2})$$ （**3** 分）

（**4**）$U_{\mathrm{AM}}=ir'-\varepsilon_{\mathrm{AM}}=\varepsilon_{\mathrm{m}}\dfrac{r'}{r}-\varepsilon_{\mathrm{AM}}=\dfrac{1}{8}\pi R^2\omega B-\dfrac{1}{2}R^2\omega B(\dfrac{\pi}{4}-\dfrac{1}{2})=\dfrac{1}{4}R^2\omega B$（**3** 分）

B 卷：*r*、*R* 互换。

2、解：（1）$E=\dfrac{\sigma}{\varepsilon_0}$，中间有金属板时$W_{\mathrm{e}}=\dfrac{1}{2}\varepsilon_0E^2\cdot S\cdot\dfrac{2}{3}d=\dfrac{\sigma^2Sd}{3\varepsilon_0}$， （**2** 分）

抽去金属板后$W_{\mathrm{e}}'=\dfrac{1}{2}\varepsilon_0E^2\cdot Sd=\dfrac{\sigma^2Sd}{2\varepsilon_0}$，（**2** 分）$A=W_{\mathrm{e}}'-W_{\mathrm{e}}=\dfrac{\sigma^2Sd}{6\varepsilon_0}$（**1** 分）

或：$C=\dfrac{3\varepsilon_0S}{2d}$，$W_{\mathrm{e}}=\dfrac{Q^2}{2C}=\dfrac{\sigma^2Sd}{3\varepsilon_0}$；$C'=\dfrac{\varepsilon_0S}{d}$，$W_{\mathrm{e}}'=\dfrac{Q^2}{2C'}=\dfrac{\sigma^2Sd}{2\varepsilon_0}$

（2）$U=\dfrac{\sigma}{\varepsilon_0}\cdot\dfrac{2}{3}d=\dfrac{\sigma'}{\varepsilon_0}\cdot d$，（**2** 分）$\sigma=\dfrac{3\varepsilon_0U}{2d}$，$\sigma'=\dfrac{\varepsilon_0U}{d}$

$\Delta q=(\sigma-\sigma')S=\left(\dfrac{3}{2}-1\right)\dfrac{\varepsilon_0US}{d}=\dfrac{\varepsilon_0US}{2d}$（**1** 分）

$\Delta W_{\mathrm{e}}=\Delta qU=\dfrac{\varepsilon_0U^2S}{2d}$（**2** 分）

3、解：（1）$d=10^{-5}\,\mathrm{m}$，（**1 分**）$d\sin\theta=m\lambda$（**1 分**）

$\theta_{\lambda_1}\approx\dfrac{\lambda_1}{d}=4\times10^{-2}\,\mathrm{rad}$，$\theta_{\lambda_2}\approx\dfrac{\lambda_2}{d}=7.5\times10^{-2}\,\mathrm{rad}$

$\Delta x_1\approx f\left(\theta_{\lambda_2}-\theta_{\lambda_1}\right)=3.5\times10^{-2}\,\mathrm{m}$（**2 分**）

（2）$d\sin\theta_{2\max}=2\lambda_2$，$\sin\theta_{2\max}=\dfrac{2\lambda_2}{d}=15\times10^{-2}$（**1 分**）

$d\sin\theta_{3\min}=3\lambda_1$，$\sin\theta_{3\min}=\dfrac{3\lambda_1}{d}=12\times10^{-2}$ （**1 分**）

$\sin\theta_{3\min}<\sin\theta_{2\max}$，（**2 分**）二、三级光谱有重叠。

（3）$d\sin\theta=m\lambda$，最大级次对应$\sin\theta=1$，$m=\dfrac{d}{\lambda}=\dfrac{10^{-5}}{7\times10^{-7}}=\dfrac{100}{7}=14.3$

（**1 分**）因此最高级次为 14。

$3a\sin\theta=m\lambda$，$a\sin\theta=m'\lambda$，$\therefore m=3m'\quad m'=1,2,3,\cdots$，即$m=3,6,9,12$的主极大缺级。（**1 分**）

能看到共 21 条主极大明条纹，分别为$m=0,\pm1,\pm2,\pm4,\pm5,\pm7,\pm8,\pm10,\pm11,\pm13,\pm14$（**2 分**）

4、解：（1）$\int_{-b/2}^{b/2}A^2\cos^2\left(\dfrac{\pi x}{b}\right)\mathrm{d}x=1$（**2 分**）

$$\int_{-b/2}^{b/2}\cos^2\left(\frac{\pi x}{b}\right)\mathrm{d}x=\int_{-b/2}^{b/2}\frac{1+\cos\left(\frac{2\pi x}{b}\right)}{2}\mathrm{d}x=\frac{b}{2},\quad \therefore A=\sqrt{\frac{2}{b}}$$（**2 分**）

（2）$P=\dfrac{2}{b}\displaystyle\int_0^{b/4}\cos^2\left(\frac{\pi x}{b}\right)\mathrm{d}x=\frac{2}{b}\int_0^{b/4}\frac{1+\cos\left(\frac{2\pi x}{b}\right)}{2}\mathrm{d}x=\frac{1}{4}+\frac{1}{2\pi}$（**2+2 分**）

（3）$\Phi(x)=\sqrt{\dfrac{2}{b}}\cos\left(\dfrac{\pi x}{b}\right)$，$-\dfrac{\hbar^2}{2m}\dfrac{\mathrm{d}^2\Phi(x)}{\mathrm{d}x^2}=E\Phi(x)$

$$-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{\mathrm{d}^2\Phi(x)}{\mathrm{d}x^2}=\frac{\hbar^2}{2m}\left(\frac{\pi}{b}\right)^2\sqrt{\frac{2}{b}}\cos\left(\frac{\pi x}{b}\right)=\frac{\hbar^2}{2m}\left(\frac{\pi}{b}\right)^2\Phi(x)$$（**2 分**）

$$\therefore E=\frac{\hbar^2}{2m}\left(\frac{\pi}{b}\right)^2=\frac{h^2}{8mb^2}$$（**2 分**）

B 卷：*b*、*a* 互换。

参考答案（144）

一、填空：

1、$\sqrt[4]{\dfrac{Pl^2}{\sigma R^2}}$； b/T （3+3 分） 2、$\dfrac{9}{4}I_1$（3 分）

3、IBS ; 0 ; SB（3+3+3 分） 4、2×10^{-6} （3 分）

5、0.3 nm . （3 分） 6、4;6 （3+3 分）

7、5000nm ;1250nm （3+3 分） 8、$h/\sqrt{2meU}$ （2 分）

9、$\dfrac{\varepsilon_{r1}-1}{\varepsilon_{r1}}\sigma$; $\left(\dfrac{\varepsilon_{r1}-1}{\varepsilon_{r1}}-\dfrac{\varepsilon_{r2}-1}{\varepsilon_{r2}}\right)\sigma$ （3+3 分） 10、第三级明条纹（3 分）

10、$2n_2\theta_2=n_1\theta_1$ or $2n_2\sin\theta_2=n_1\sin\theta_1$ （3 分） 10、$\dfrac{QR_1R_2}{\varepsilon}$; QR_2（2+2 分）

二、计算：

1、解：由安培环路定理 $\oint_l \vec{B}\cdot d\vec{l}=\mu_0\sum_i I_i$ （2 分）

$$B=\begin{cases}\dfrac{\mu_0 I}{2\pi r} & (r\geq R)\\ \dfrac{\mu_0 Ir}{2\pi R^2} & (r<R)\end{cases}$$ （2+2 分）

$$\varepsilon=B_1lv-B_2lv$$
$$=\frac{\mu_0 Ivt}{2\pi R^2}lv-\frac{\mu_0 I}{2\pi(R+vt)}lv$$ （2+2 分）

顺时针为正。 （2 分）

2、解：$\dfrac{q_1}{4\pi\varepsilon_0 R_1}+\dfrac{q_2}{4\pi\varepsilon_0 R_2}=U$ （2 分）

$$q_1=4\pi\varepsilon_0R_1U-\frac{R_1}{R_2}q_2$$ （2 分）

$$E=\begin{cases}E_1=0 & r<R_1\\ E_2=\dfrac{q_1}{4\pi\varepsilon_0 r^2} & R_1<r<R_2\\ E_3=\dfrac{q_1+q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2} & r>R_2\end{cases}$$ （2+2 分）

系统的电势能

$$W=\int_{R_1}^{R_2}\frac{1}{2}\varepsilon_0E_2^2 4\pi r^2dr+\int_{R_2}^{\infty}\frac{1}{2}\varepsilon_0E_3^2 4\pi r^2dr$$

$$=\frac{1}{8\pi\varepsilon_0}\left[\frac{q_1^2}{R_1}+\frac{2q_1q_2+q_2^2}{R_2}\right]$$ **（2+1+1 分）**

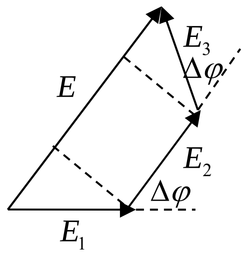
$$=\frac{1}{8\pi\varepsilon_0}\left[(4\pi\varepsilon_0U)^2R_1-\frac{R_1}{R_2^2}q_2^2+\frac{q_2^2}{R_2}\right]$$

B 卷： R_1 与 R_2 互换。

3、解：

光程差 $\delta=d\sin\theta$

相位差 $\Delta\varphi=\dfrac{2\pi}{\lambda}d\sin\theta\pm\pi$ **（2 分）**



点波源产生三个振动的合成如图所示，其中

$E_1=E_2=E_3$

$$E=E_2+E_1\cos\Delta\varphi+E_3\cos\Delta\varphi$$
$$=E_1(1+2\cos\Delta\varphi)$$ **（2+2 分）**

$$I=I_0\left[1-2\cos(\frac{2\pi}{\lambda}d\sin\theta)\right]^2$$ **（4 分）**

4、解：$\int_0^L\left(A\sin\dfrac{n\pi x}{L}\right)^2dx=1\Rightarrow\sqrt{\dfrac{2}{L}}$ **（2+2 分）**

$$-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{d^2\Phi_n}{dx^2}=E_n\Phi_n$$ **（3 分）**

$$E_n=\frac{n^2\pi^2\hbar^2}{2mL^2}$$ **（2 分）**

$$\Delta E=h\nu$$ **（2 分）**

$$\nu=\frac{15\pi^2\hbar^2}{2mL^2h}$$ **（1 分）**

上 海 交 通 大 学 试 卷（物理 144B 卷）

（ 2011 至 2012 学年 第 1 学期 ）

班级号________ 学号________ 姓名________

课程名称 大学物理 成绩________

注意：（1）填空题空白处写上关键式子，可参考给分；计算题要列出必要的方程和解题的关键步骤；（2）不要将订书钉拆掉；（3）第四张是草稿纸；（4）相关常量：普朗克常量 $h=6.626\times10^{-34}\,\mathrm{J\cdot s}$，电子电量 $e=-1.602\times10^{-19}\,\mathrm{C}$，电子静质量 $m_e=9.109\times10^{-31}\,\mathrm{kg}$，维恩常量 $b=2.897\times10^{-3}\,\mathrm{m\cdot K}$，斯特藩常量 $\sigma=5.670\times10^{-8}\,\mathrm{W\cdot m^{-2}\cdot K^{-4}}$

一、填空题（共 54 分）

1、（本题 4 分）一透射光栅正好能在第二级光谱中分辨钠双线（波长分别为 589.6 nm 和 589.0 nm），则此光栅的缝数为________。

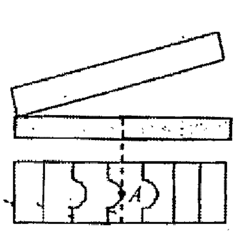
2、（本小题 3 分）按氢原子理论，当大量氢原子处于 $n=4$ 的激发态时，原子跃迁将发出___6___种波长的光。

3、（本小题 3 分）在迈克耳孙干涉仪的可动反射镜移动了距离 d 的过程中，若观察到干涉条纹移动了 N 条，则所用光波的波长 λ=___$\frac{2d}{N}$___。 $2d=N\lambda$

4、（本小题 3 分）图 a 为一块光学平板玻璃与一个加工过的平面一端接触而构成的空气劈尖，用波长为 λ 的单色光垂直照射。看到反射光所形成的干涉条纹(实线为暗条纹)如图 b 所示。则干涉条纹上 A 点处所对应的空气薄膜厚度 e=___$\frac{3}{2}\lambda$___。

图 a

图 b



5、（本小题3分）一束光强为 I_0 的自然光垂直通过两偏振片，两偏振片的偏振化方向成30°角，则通过两偏振片后的出射光强为___$\frac{3}{8}I_0$___。

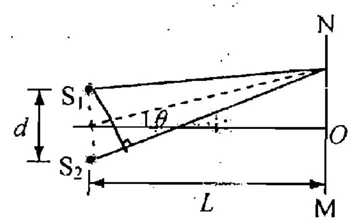
6、（本小题 3 分）光强均为 I_0 的两束相干光相遇而发生干涉时，在相遇区域内可能出现的最大光强是___$4I_0$___。

7、（本小题 9 分）已知电子的质量为 m_e，动能为 E_k，则电子德布罗意波的波长为 $\frac{h}{\sqrt{2m_eE_k}}$；让一束该能量的电子通过晶体发生衍射，已知晶面间距 d，对该晶面簇反射方向发生一级极大的电子束的掠射角为 $\arcsin\frac{h}{2d\sqrt{2m_eE_k}}$；让该电子束穿过直径为 a 的小孔，在距离小孔 D 处放一荧光屏，该屏上中央亮斑的直径为 $\frac{2.44hD}{a\sqrt{2m_eE_k}}$。（不考虑相对论效应，且 $D>>a$）

8、（本小题 4 分）用频率为 ν_1 和 ν_2 的两种单色光，先后照射同一种金属均能产生光电效应。已知该金属的红限频率为 ν_0，测得两次照射时的遏止电压 $|U_{a2}|=3|U_{a1}|$，则频率 ν_1、ν_2 和 ν_0 间的关系为 $3\nu_0-3\nu_1+\nu_2=0$。

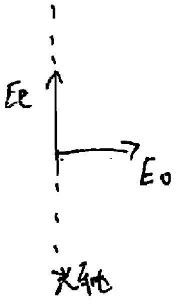
9、（本题6分）测得某球形星体辐射的峰值波长为 λ_m，如将其看作黑体，则该星体表面温度为 $\frac{b}{\lambda_m}$；如测得该星体的半径为 R，则该星体的总辐射功率为 $4\pi R^2\sigma\cdot\frac{b^4}{\lambda^4}$。

10、（本小题 6 分）如图，两同相位光源 S_1、S_2 发出波长相同、振动方向相同，振幅相等的光波，若 $d<<L$，则屏幕 NM 上的光强 I 与 θ 的关系为 $I=2I_0(1+\cos(d\sin\theta))$



若两光源的相位差为 $\frac{2\pi}{3}$，则中心 O 点处光强为 I_0。（设光波波长为 λ，只有一个光源存在时屏幕 NM 上各点光强近似为 I_0）

e，o 方向



11、（本小题 6 分）在两个偏振化方向正交的偏振片之间平行于偏振片插入一厚度为 l 的双折射晶体薄片，晶体的主折射率分别为 n_o 和 n_e，光轴平行于晶体表面且与第一块偏振片的偏振化方向间成 α（$\alpha<\frac{\pi}{2}$）角。用波长为 λ、光强为 I 的单色自然光垂直入射，则通过第二块偏振片射出的两线偏振光的光强分别为 $\frac{I}{2}\cos^2\alpha\sin^2\alpha$ 和 $\frac{I}{2}\sin^2\alpha\cos^2\alpha$；它们的相位差为 $\frac{2\pi}{\lambda}(n_e-n_o)l+\pi$。

n_o-n_e

8

12、（本小题 4 分）在观察夫琅禾费双缝衍射的装置中，如果用两个直径都为 a 的小孔去替代双缝，这时屏上的艾里斑内会出现干涉条纹。如果两小孔圆心间的距离 $d = 7a$，则艾里斑内会出现___17___条干涉明条纹。

二、计算题（共 46 分）

1、（本题 10 分）在玻璃板（折射率为1.50）上镀了一层厚度均匀的透明介质膜（折射率为1.60）。已知对于波长为400nm和500nm的垂直入射光都发生反射相消，且在这两个波长之间不存在其它因干涉而相消的波长，求此膜的厚度。

~~两反射光均有半波损，故不计半波损~~

$$\cancel{2nd}\quad \begin{cases} 2nd - \frac{\lambda_1}{2} = \frac{2k+1}{2}\lambda_1 & (\lambda_1 = 500\,nm) \\ 2nd - \frac{\lambda_2}{2} = \frac{2k+3}{2}\lambda_2 & (\lambda_2 = 400\,nm \end{cases}$$

$k=3$　解得 $d = 625\ nm$

2、（本题 12 分）一光栅每毫米刻有25条缝，用波长 $\lambda = 632.8\text{nm}$ ($1\ \text{nm} = 10^{-9}\ \text{m}$)的单色光垂直光栅面入射，用焦距 $f = 1\text{m}$ 的透镜聚集在屏幕上，发现第四级缺级，求：

（1）光栅上狭缝的最小宽度；

（2）由于单缝衍射所形成的中央包络区的宽度及该区域内的主极大数目；

（3）如果换一个光栅，每毫米的缝数为原来的 10 倍，而缝宽为原来的 0.2 倍，重复上述实验，求此时屏幕上所有可能出现的主极大级次。

$d = 0.04\,mm$

(1)　$m'=1$　a 最小　$4 = \frac{d}{a}$　$a = 10^{-5}\,m$

(2)　$\theta_0 \approx \sin\theta_0 = \frac{\lambda}{a} = 6.328\times10^{-2}$

$D = 2f\theta_0 = 12.656\ cm$

第四级缺级 则有 7个主极大

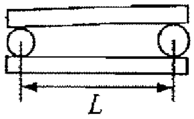
(3)　$d' = 4\times10^{-6}\ m = 4000\ nm$

$\frac{d}{a} = 4$　$\frac{0.1d}{0.2a} = 2$　则 ±2, ±4, ±… ……缺级

$d'\sin\frac{\pi}{2} = k\lambda$　$k = 6.3$

则可见 0, ±1, ±3, ±5 级

3、（本题 12 分）如图，两直径有微小差别，彼此平行的圆柱形细丝（左边的为标准件，直径为 D_0，右边的为待测，直径设为 D），夹在两块平板玻璃之间，以波长为 λ 的单色光垂直入射。测得 m 与 $m+k$ 级暗条纹间距为 l，两细丝间距为 L，则两细丝的直径差 ΔD 为多少？如何判断待测直径大于还是小于标准直径？



$$\frac{2l}{k}\tan\theta = \lambda$$

$$\tan\theta = \frac{k\lambda}{2l}$$

$$\Delta D = L\tan\theta = \frac{k\lambda L}{2l}$$

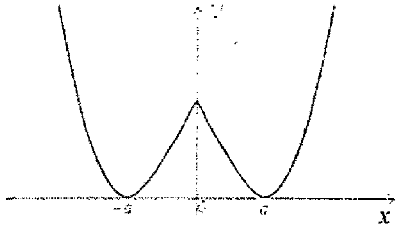
在标准件下垫一薄纸，条纹变疏，则大于标准

反之，小于

10

4、（本题 12 分）某一维势阱的势能函数为

$$U=\begin{cases}\dfrac{1}{2}k(x+a)^2 & (-\infty<x\le 0)\\ \dfrac{1}{2}k(x-a)^2 & (0\le x<\infty)\end{cases}$$



相应的势能曲线如图所示。

（1）若电子在该势场中运动（电子质量为 m_e），分区间写出电子的定态薛定谔方程：$\left[-\frac{\hbar^2}{2m_e}\frac{\partial^2}{\partial x^2}+\frac{1}{2}\right.$

— — — —

（2）若该势阱中电子的波函数为

$$\psi(x)=\begin{cases}\psi_1(x) & (-\infty<x\le 0)\\ \psi_2(x) & (0\le x<\infty)\end{cases}$$

$\psi_1(0)=\psi_2(0)$

$\psi_1'(0)=\psi_2'(0)$

写出 $\psi_1(x)$ 和 $\psi_2(x)$ 在 $x=0$ 处应满足的条件；

（3）被束缚在该势阱中的电子，其位置的概率分布可能为下图中的哪一个？说明理由；

图a，~~解~~ 密度函数应连续

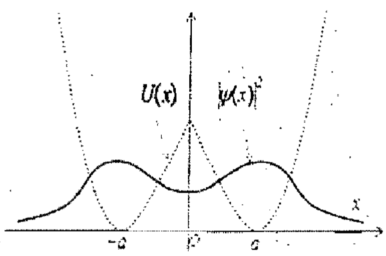


图 a)

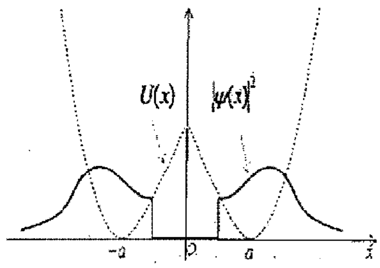


图 b)

（4）在 $x\le 0$ 区域中发现电子的概率如何表示？等于多少？

$$\int_{-\infty}^{0}\psi_1(x)\psi_1^*(x)\,dx=\frac{1}{2}$$

144 学 时 参 考 答 案

一、填空题

1、上；$(n\text{-}1)e$　（2+2 分）　　B 卷：下；$(n\text{-}1)e$

2、$\lambda/4n$；$\lambda/2n$　（2+2 分）　　B 卷：$\lambda/2n$；$\lambda/4n$

3、hD/pd　　（4 分）　　B 卷：$hD/2pd$

4、$(h/2m(\nu-\nu_0))^{1/2}$　（4 分）

5、$n\lambda/2$　（4 分）　　B 卷：$n\lambda$

6、$\lambda^2/c\Delta\lambda$　（4 分）

7、红光　　（2 分）　　B 卷：紫光

8、4，1；4，3　（4 分）　　B 卷：4，3；4，1

9、0；$\sqrt{2}\,\hbar$；$\sqrt{6}\,\hbar$；$2\sqrt{3}\,\hbar$　（4 分）

10、6×10^{-3}mm；1.5×10^{-3}mm　（3+3 分）　　B 卷：6×10^{-3}mm；2×10^{-3}mm

11、$hc/\lambda-(eRB)^2/2m$；$e(RB)^2/2m$　（3+3 分）

12、0.3nm　（4 分）　　B 卷：0.2nm

13、$\dfrac{2\pi}{\lambda}\left|n_o-n_e\right|d+\pi$　（4 分）

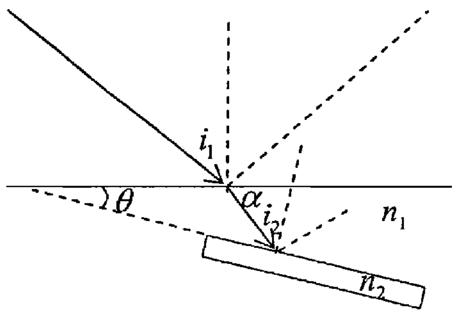
二、计算题

1、（1）$P_{S}=4\pi R_{SE}^{2}P$　（2 分）

（2）$M=\sigma T^{4}$，　（2 分）　$P_{S}=4\pi R_{S}^{2}M=4\pi R_{SE}^{2}P$，$M=\dfrac{R_{SE}^{2}}{R_{S}^{2}}P$，（4 分）

$$T=\sqrt{\frac{R_{SE}}{R_{S}}}\left(\frac{P}{\sigma}\right)^{\frac{1}{4}}$$（2 分）

B 卷：P 换为 W



2、$\tan i_1=n_1$，（3 分）　$\tan i_2=\dfrac{n_2}{n_1}$　（3 分）

$\alpha=\theta+\dfrac{\pi}{2}-i_2$，　$\theta=\alpha+i_2-\dfrac{\pi}{2}$，$\alpha=i_1$，（4 分）

$$\theta=i_1+i_2-\frac{\pi}{2}=\arctan n_1+\arctan\frac{n_2}{n_1}-\frac{\pi}{2}$$

或者　$\theta=\arctan\dfrac{n_2}{n_1}-\arctan\dfrac{1}{n_1}$（2 分）　B 卷：$n_1,n_2$ 互换

3、明暗相间的等间距同心圆环，中央为暗斑。（3+1 分）

$$2d+\frac{\lambda}{2}=\begin{cases}k\lambda & \text{明}\\(2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & \text{暗}\end{cases},\quad d_k=\begin{cases}(2k-1)\dfrac{\lambda}{4} & k=1,2,\cdots & \text{明}\\ k\dfrac{\lambda}{2} & k=0,1,2,\cdots & \text{暗}\end{cases}$$（4 分）

$\dfrac{d_k}{r_k}=\varphi$（$\tan\varphi\approx\varphi$）（2 分），$r_k=\begin{cases}(2k-1)\dfrac{\lambda}{4\varphi} & k=1,2,\cdots & \text{明}\\ k\dfrac{\lambda}{2\varphi} & k=0,1,2,\cdots & \text{暗}\end{cases}$（2 分）

B 卷：φ 换为 θ

20

4、 阱外： $-\dfrac{\hbar^2}{2m}\dfrac{d^2\psi_e}{dx^2}+V\psi_e=E\psi_e \quad \Rightarrow \psi_e=0$ （2 分）

阱内： $-\dfrac{\hbar^2}{2m}\dfrac{d^2\psi_i}{dx^2}=E\psi_i \qquad \dfrac{d^2\psi_i}{dx^2}+k^2\psi_i=0 \qquad k^2=2mE/\hbar^2$（2 分）

令 $\psi_i(x)=C\sin(kx+\delta)$

边界条件： $\psi_i(0)=0\Rightarrow\delta=0$ （2 分）

$\psi_i(L)=0\Rightarrow kL=n\pi,n=1,2,3\cdots$ （2 分）

$\psi_i(x)=C\sin(\dfrac{n\pi x}{L})$

归一化 $\psi_i(x)=\sqrt{\dfrac{2}{L}}\sin(\dfrac{n\pi x}{L}),n=1,2,3,\cdots$ （2 分）

$E=\dfrac{n^2\pi^2\hbar^2}{2mL^2},n=1,2,3\cdots$ （2 分）

B 卷：L 换为 a

参 考 答 案

一、选择题（3×7=21 分）

1、D 2、B 3、C 4、B 5、D 6、C 7、D

二、填空题

1、A 卷：$\sqrt{6}\eta$；0，$\pm 1\eta$，$\pm 2\eta$；$\sqrt{\frac{3}{4}}\eta$（2+2+2 分）

B 卷：$\sqrt{2}\eta$；0，$\pm 1\eta$；$\sqrt{\frac{3}{4}}\eta$ （2+2+2 分）

2、-54.4 (eV) （3 分）（144 学时）

2、$\frac{2d}{\lambda}$（3 分）（108 学时）

3、A 卷：90.6nm B 卷：108.7nm（5 分）

4、相等；$\frac{2\pi}{\lambda}l\,|(n_o-n_e)|+\pi$（2+3 分）（144 学时）

4、$\pm\frac{r_1-r_2+(n_1-1)t_1-(n_2-1)t_2}{\lambda}$（5 分）（108 学时）

5、A 卷：5365m B 卷：6706m（5 分）

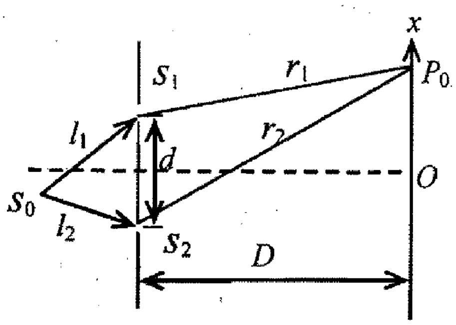
6、A 卷：64 B 卷：144（4 分）

7、$\frac{2Lh}{ap}$ or $2Ltg[\arcsin\frac{h}{ap}]$（4 分）

8、27/20（4 分）

三、计算题

1、解：(1) 如图，设 P_0 为零级明纹中心



则 $r_2-r_1\approx d\,\overline{P_0O}/D$ （2 分）

$(l_2+r_2)-(l_1+r_1)=0$

∴ $r_2-r_1=l_1-l_2=3\lambda$ （2 分）

∴ $\overline{P_0O}=D(r_2-r_1)/d=3D\lambda/d$ （2 分）

(2) 在屏上距 O 点为 x 处，光程差

$\delta\approx(dx/D)-3\lambda$ （2 分）

明纹条件 $\delta=\pm k\lambda$ （k=1，2，....）

$x_k=(\pm k\lambda+3\lambda)D/d$ （2 分）

在此处令 k=0，即为(1)的结果．相邻明条纹间距

$\Delta x=x_{k+1}-x_k=D\lambda/d$ （2 分）

2、解：(1) 由单缝衍射明纹公式可知

$a\sin\varphi_1=\frac{1}{2}(2k+1)\lambda_1=\frac{3}{2}\lambda_1$ （取 k=1）

$a\sin\varphi_2=\frac{1}{2}(2k+1)\lambda_2=\frac{3}{2}\lambda_2$ （3 分）

$$\mathrm{tg}\,\varphi_1 = x_1 / f \ , \ \mathrm{tg}\,\varphi_2 = x_2 / f$$

由于 $\sin\varphi_1 \approx \mathrm{tg}\,\varphi_1 \ , \ \sin\varphi_2 \approx \mathrm{tg}\,\varphi_2$

所以 $x_1 = \dfrac{3}{2} f\lambda_1 / a$

$x_2 = \dfrac{3}{2} f\lambda_2 / a$ （2 分）

则两个第一级明纹之间距为

$\Delta x = x_2 - x_1 = \dfrac{3}{2} f\Delta\lambda / a$ =0.27 cm （1 分）

(2) 由光栅衍射主极大的公式

$d\sin\varphi_1 = k\lambda_1 = 1\lambda_1$

$d\sin\varphi_2 = k\lambda_2 = 1\lambda_2$ （3 分）

且有 $\sin\varphi \approx \mathrm{tg}\,\varphi = x / f$

所以 $\Delta x = x_2 - x_1 = f\Delta\lambda / d$ =1.8 cm （2 分）

3、解：由波函数的性质得

$$\int_0^l |\psi|^2 \,\mathrm{d}\,x = 1$$

即 $\displaystyle\int_0^l c^2 x(l-x)\,\mathrm{d}\,x = 1$， （2 分）

由此解得 $c^2 = 6/l^5$， $c = \sqrt{6/l}/l$ （2 分）

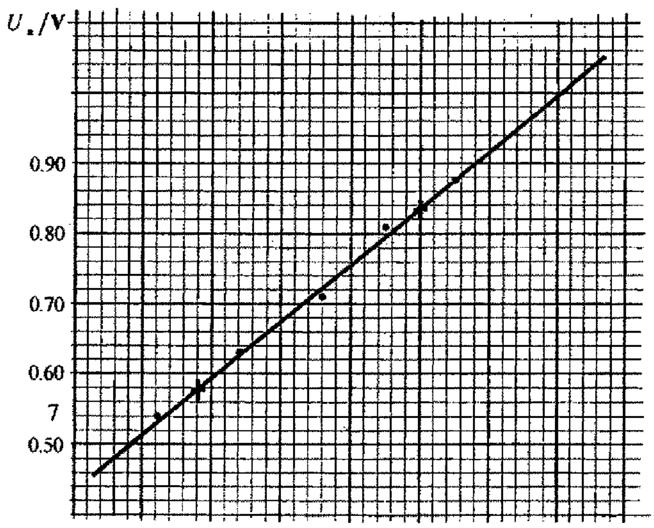
设在 0 - l/4 区间内发现该粒子的概率为 P，则

$$P = \int_0^{l/4} |\psi|^2 \,\mathrm{d}\,x = \int_0^{l/4} \frac{6}{l^3} x(l-x)\,\mathrm{d}\,x = \frac{5}{32}$$ （2+2+2 分）

4、解：由爱因斯坦光电效应方程：

$h\nu = \dfrac{1}{2}mv^2 + A$ 知：电子离开金属表面的动能至少为零，故当 $\nu < \dfrac{A}{h}$ 时，不可能发生光电效应。则可发生光电效应的入射光最小频率即红限频率 $\nu_0 = \dfrac{A}{h}$。

（3 分）



30

另把表中数据再方格坐标纸上作$U_a \sim \nu$图，描出实验数据（黑点）（2 分），画出拟合直线（1 分）；找出两个拟合直线上的点(0.835, 6.40), (0.575, 5.76)（两个“+”，尽量取频率为某一格上的点）（1 分）。

求斜率

$$k=\frac{h}{e}\cong\frac{\Delta U_a}{\Delta\nu}$$

$$=\frac{0.835-0.575}{(6.400-5.760)\times10^{14}} \text{（1 分），}$$

$$=(4.063\pm0.01)\times10^{-15}$$

所以普朗克常量$h=ke=4.063\times10^{-15}\times1.602\times10^{-19}=(6.508\pm0.02)\times10^{-34}\,\mathrm{J\cdot s}$（1 分）

利用光电方程得$h\nu=eU_a+A$，则红限频率

$$\nu_0=\frac{A}{h}=\nu-\frac{e}{h}U_a=\nu-\frac{1}{k}U_a$$

$$=6.400\times10^{14}-\frac{0.835}{4.063\times10^{-15}}=(4.345\pm0.05)\times10^{14}\,\mathrm{Hz} \qquad \text{（1 分）}$$

评分标准：（1）过程正确，答案在上述范围则给满分；

（2）过程正确，答案不在上述范围扣 2 分；

（3）过程有误，按上述标准适当扣分。