

1. 有两个长直密绕螺线管，长度及线圈匝数均相同，半径分别为 r_1 和 r_2 ，管内充满均匀介质，其磁导率分别为 μ_1 和 μ_2 。设 $r_1 : r_2 = 1 : 2$ ， $\mu_1 : \mu_2 = 2 : 1$ ，当将两只螺线管串联在电路中通电稳定后，其自感系数之比 $L_1 : L_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ ，磁能之比 $W_{m1} : W_{m2} = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

$$L_1 : L_2 = \mu_1 n_1^2 V_1 : \mu_2 n_2^2 V_2 = \mu_1 r_1^2 : \mu_2 r_2^2 = 1 : 2$$

$$W_{m1} : W_{m2} = \frac{\mu_1 n_1^2 I_1^2}{2} V_1 : \frac{\mu_2 n_2^2 I_2^2}{2} V_2 = \mu_1 r_1^2 : \mu_2 r_2^2 = 1 : 2$$

2、如图所示，为一圆柱体的横截面，圆柱体内有一均匀电场 E ，其方向垂直纸面向内， E 的大小随时间 t 线性增加， P 为圆柱体内与轴线相距为 r 的一点，则：

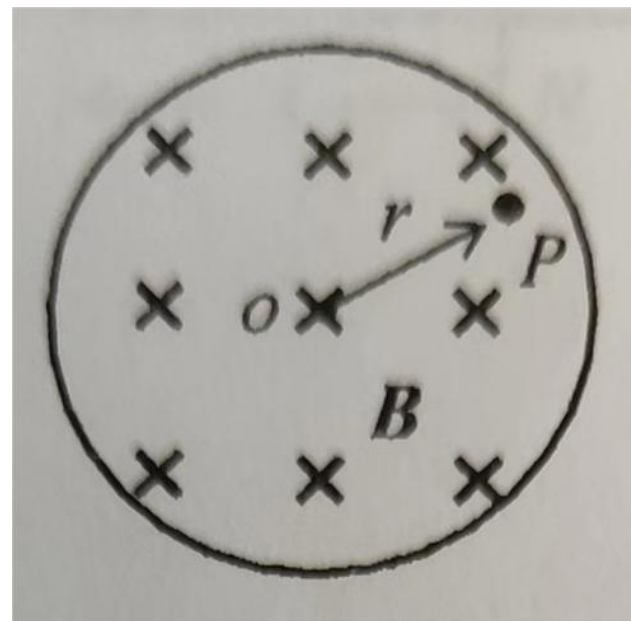
(1) P 点感生磁场的大小为_____；

(2) P 点的磁场能量密度为_____。

$$B \cdot 2\pi r = \mu_0 \epsilon_0 \frac{dE}{dt} \cdot \pi r^2$$

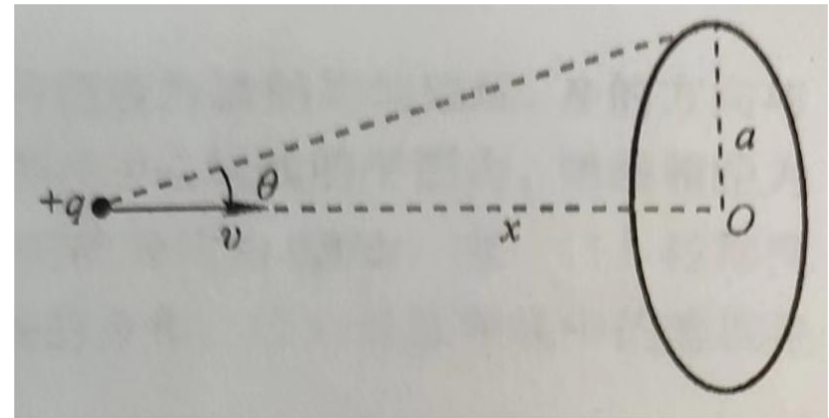
$$B = \frac{\mu_0 \epsilon_0 r}{2} \frac{dE}{dt}$$

$$\omega = \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{1}{8} \mu_0 \epsilon_0^2 r^2 \left(\frac{dE}{dt} \right)^2$$



3、如图所示，电荷 $+q$ 以速度 v 向 o 点运动
 （电荷到 o 点的距离以 x 表示）。在 o 点处作
 一半径为 a 的圆，圆平面与 v 垂直，则通过此
 圆平面的位移电流为_____。

$$I_d = \frac{1}{\mu_0} \oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \frac{1}{4\pi} \oint \frac{q\vec{v} \times \vec{r}}{r^3} \cdot d\vec{l}$$

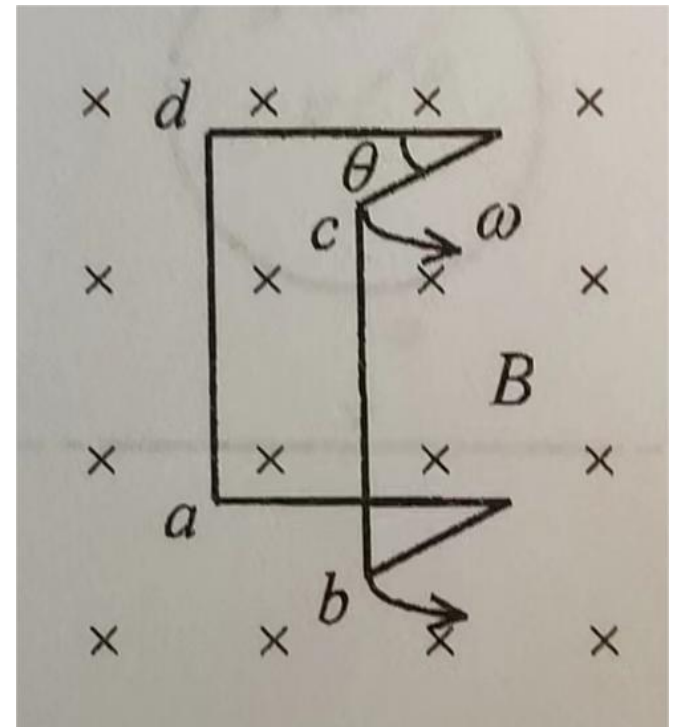


$$I_d = \frac{qv \sin \theta}{4\pi(a^2 + x^2)} \times 2\pi a = \frac{qva^2}{2(a^2 + x^2)^{3/2}}$$

4、如图所示，一导线构成一正方形线圈然后对折，并使其平面垂直置于均匀磁场 B 。当线圈的一半不动，另一半以角速度 ω 张开时（线圈边长为 $2l$ ），线圈中感应电动势的大小 $\varepsilon = \underline{\hspace{2cm}}$ 。（设此时的张角为 θ ，见图）

$$\varepsilon = -\frac{d\phi}{dt} \quad \phi = 2Bl^2 \cos \omega t$$

$$\varepsilon = 2B\omega l^2 \sin \theta$$



5、一个平凸透镜的顶点和一平板玻璃接触，用单色光垂直照射，观察反射光形成的牛顿环，测得第 k 级暗纹半径为 r_1 ，现将透镜和玻璃板之间的空气换成某种液体（其折射率小于玻璃的折射率），第 k 级暗纹半径变为 r_2 ，由此可知该液体的折射率为_____。

$$\frac{r_1^2}{R} + \frac{\lambda}{2} = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}$$

$$\frac{nr_2^2}{R} + \frac{\lambda}{2} = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}$$

$$n = \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

6、平行单色光垂直入射于单缝上，观察夫琅和费衍射。若屏上 P 点处为第二级暗纹，则单缝处波面相应地可划分为_____个半波带。若将单缝宽度缩小一半， P 点将是_____级_____纹。

$$a \sin \theta = 2\lambda = 4 \times \frac{\lambda}{2}$$

4个

$$\frac{a}{2} \sin \theta = \lambda = 2 \times \frac{\lambda}{2}$$

1 暗

6、平行单色光垂直入射于单缝上，观察夫琅和费衍射。若屏上 P 点处为第二级暗纹，则单缝处波面相应地可划分为_____个半波带。若将单缝宽度缩小一半， P 点将是_____级_____纹。

$$a \sin \theta = 2\lambda = 4 \times \frac{\lambda}{2}$$

4个

$$\frac{a}{2} \sin \theta = \lambda = 2 \times \frac{\lambda}{2}$$

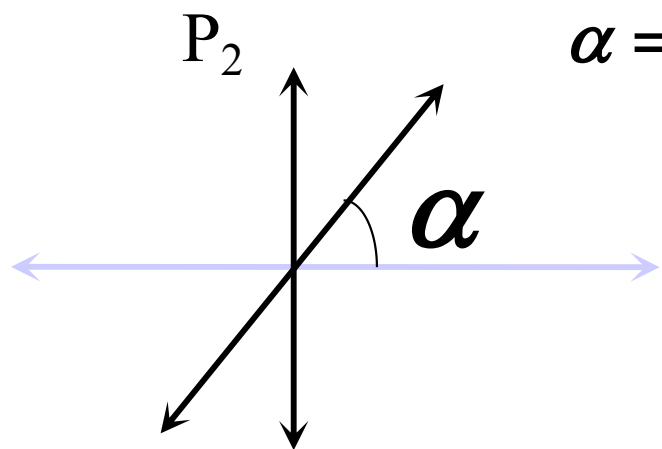
1 暗

7、要使一束线偏振光通过偏振片后振动方向转过 90° ，至少需要让这束光通过_____块理想偏振片。在此情况下，透射光强最大是原来光强的_____。

$$I = I_0 \cos^2 \alpha \cdot \cos^2 \left(\frac{\pi}{2} - \alpha \right) = \frac{I_0}{4} \sin^2 2\alpha$$

$$\alpha = \frac{\pi}{4}$$

$$I_{\max} = \frac{I_0}{4}$$

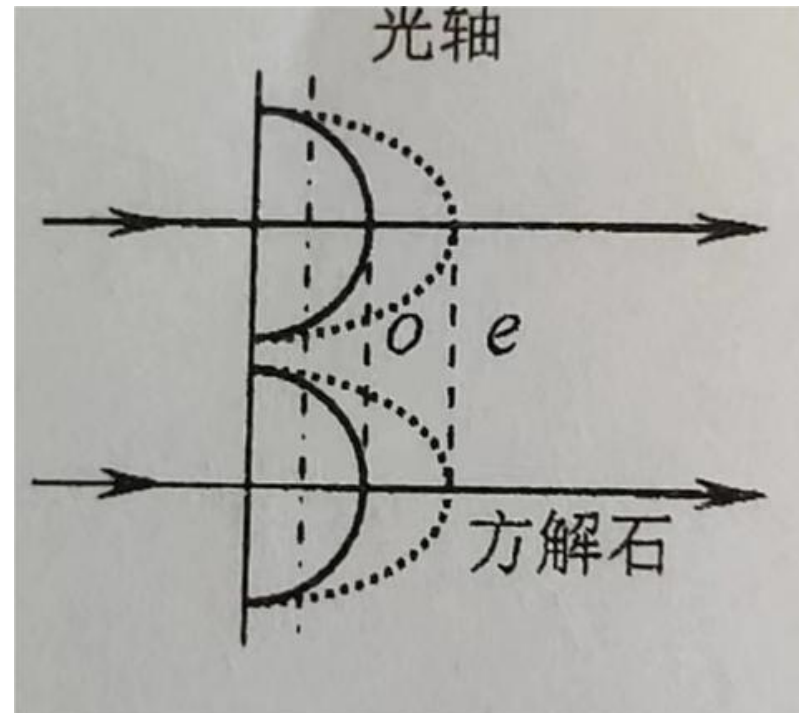


两块， $1/4$

8、一束线偏振的平行光，在真空中波长为 589nm ，垂直入射到方解石晶体上，晶体的光轴和表面平行。已知方解石晶体对此单色光的折射率为 $n_o=1.658$ ， $n_e=1.486$ 。这晶体中寻常光的波长 $\lambda_o=$ $\underline{\hspace{1cm}}$ nm ， $\lambda_e=$ $\underline{\hspace{1cm}}$ nm 。

$$\lambda_o = \frac{\lambda}{n_o} = 355$$

$$\lambda_e = \frac{\lambda}{n_e} = 396$$



9、在加热黑体的过程中，其单色辐出度的最大值所对应的波长由 690nm 变化到 500nm 的过程中，其总辐出度增加了____倍。

$$\lambda_m T = b \quad T = \frac{b}{\lambda_m}$$

$$\frac{M_2}{M_1} = \frac{\sigma T_2^4}{\sigma T_1^4} = \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2} \right)^4$$

$$\frac{\Delta M}{M_1} = \left(\frac{690}{500} \right)^4 - 1 = 2.63$$

10、已知用光照的办法将氢原子基态的电子电离，可用的最长波长的光是 91.3nm 的紫外光，那么氢原子从 E_n 激发态跃迁到基态的赖曼系光谱的波长可表示为_____。

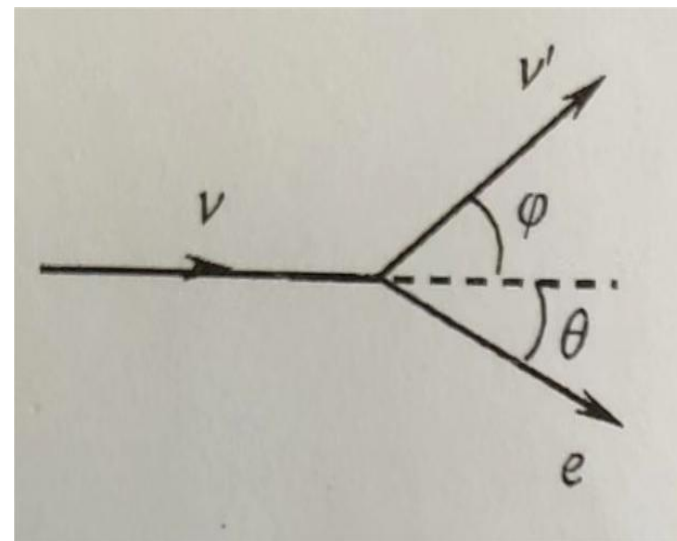
$$\frac{1}{\lambda_1} = R \left(\frac{1}{1^2} - 0 \right)$$

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

$$\lambda = 91.3 \frac{n^2}{n^2 - 1} (\text{nm})$$

11、如图所示，一频率为 ν 的入射光子与静止的自由电子发生碰撞和散射。如果散射光子的频率为 ν' ，反冲电子的动量为 p ，则在与入射光子平行方向上的动量守恒定律的分量形式为___。

$$\frac{h\nu}{c} = \frac{h\nu'}{c} \cos \varphi + p \cos \theta$$



12、波长为 400nm 的平面光朝 x 正方向传播。若波长的相对不确定量 $\Delta\lambda/\lambda=10^{-8}$, 则光子动量数值的不确定量 $\Delta p_x=$ ____, 光子坐标的最小不确定量 $\Delta x=$ _____。

$$p_x = \frac{h}{\lambda} \quad \Delta p_x = -\frac{h\Delta\lambda}{\lambda^2} = 1.66 \times 10^{-35} (\text{kg} \cdot \text{m/s})$$

$$\Delta p_x \Delta x = \frac{h}{4\pi} \quad \Delta x = 3.18(m)$$

$$\Delta p_x \Delta x = h \quad \Delta x = 40(m)$$

一、如图所示，有一弯成 θ 角的金属架 aob 放在磁场中，磁感应强度 B 的方向垂直于金属架所在平面。一导体杆 MN 垂直于 ob 边，并在金属架上以恒定速度 v 向右滑动， v 与 MN 垂直。设 $t=0$ 时， $x=0$ 。求下列两种情况下框架内的感应电动势 ε_i ；（1）磁场分布均匀，且 B 不随时间改变；（2）非均匀的交变磁场为 $B=kx\cos\omega t$ 。

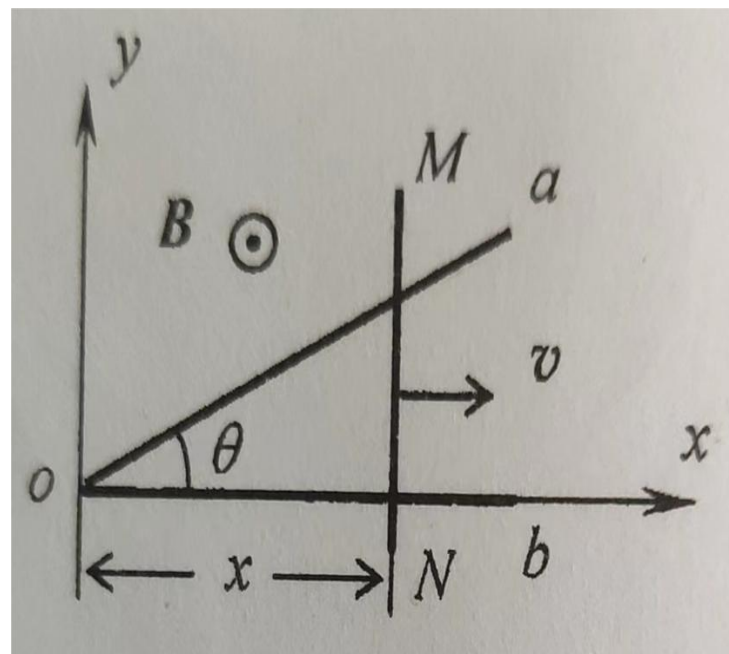
解：

$$(1) \quad S = \frac{x^2}{2} \tan \theta \quad \Phi_m = BS = \frac{1}{2} x^2 B \tan \theta$$

$$\varepsilon_i = -\frac{d\Phi_m}{dt} = -xB \tan \theta \frac{dx}{dt} = -v^2 t B \tan \theta$$

2024-11-21

$\varepsilon_i < 0$ 顺时针。



一、如图所示，有一弯成 θ 角的金属架 aob 放在磁场中，磁感应强度 B 的方向垂直于金属架所在平面。一导体杆 MN 垂直于 ob 边，并在金属架上以恒定速度 v 向右滑动， v 与 MN 垂直。设 $t=0$ 时， $x=0$ 。求下列两种情况下框架内的感应电动势 ε_i ；（2）非均匀的交变磁场为 $B=kx\cos\omega t$ 。

$$(2) \quad \Phi_m = \oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = \int_0^x kx \cos \omega t \cdot x \tan \theta dx = \frac{1}{3} kx^3 \cos \omega t \tan \theta$$

$$\varepsilon_i = -\frac{d\Phi_m}{dt} = \frac{1}{3} kx^3 \omega \sin \omega t \tan \theta - kx^2 \frac{dx}{dt} \cos \omega t \tan \theta$$

$$= \frac{1}{3} kv^3 t^3 \omega \sin \omega t \tan \theta - kv^3 t^2 \cos \omega t \tan \theta$$

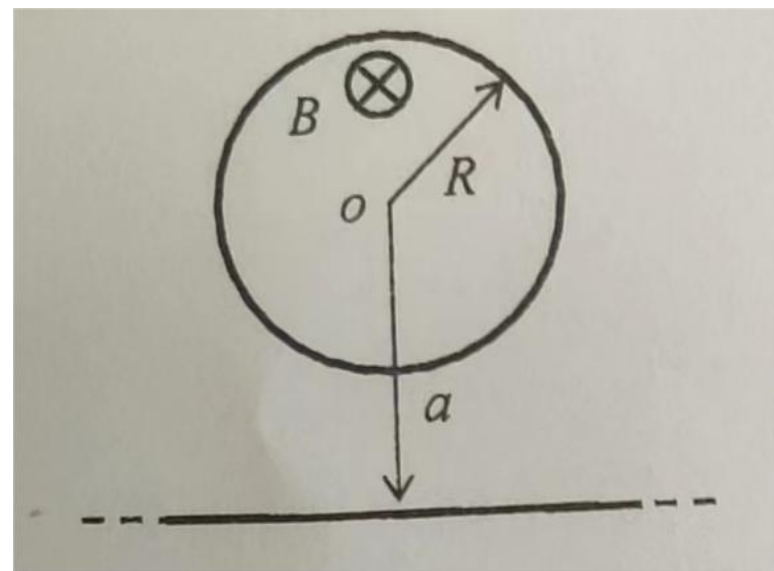
$$\varepsilon_i > 0 \quad \text{逆时针}, \quad \varepsilon_i < 0 \quad \text{顺时针}。$$

二、在半径为 R 的圆柱形空间内，充满磁感应强度为 B 的均匀磁场， B 的方向与圆柱的轴线平行。有一无限长直导线在垂直圆柱中心轴线的平面内，两线相距为 a ($a > R$)，如图所示，已知磁感应强度随时间的变化为 dB/dt ，求：（1）柱形空间内 ($r < R$) 和柱形空间外 ($r > R$) 涡旋电场的分布；（2）长直导线中的感应电动势的大小。

$$(1) r < R \quad E_i \cdot 2\pi r = -\frac{dB}{dt} \pi r^2 \quad E_i = -\frac{r}{2} \frac{dB}{dt}$$

$$r > R \quad E_i \cdot 2\pi r = -\frac{dB}{dt} \pi R^2 \quad E_i = -\frac{R^2}{2r} \frac{dB}{dt}$$

$$(2) \Phi_m = \frac{1}{2} \pi R^2 B \quad \varepsilon_i = -\frac{d\Phi_m}{dt} = -\frac{\pi R^2}{2} \frac{dB}{dt}$$

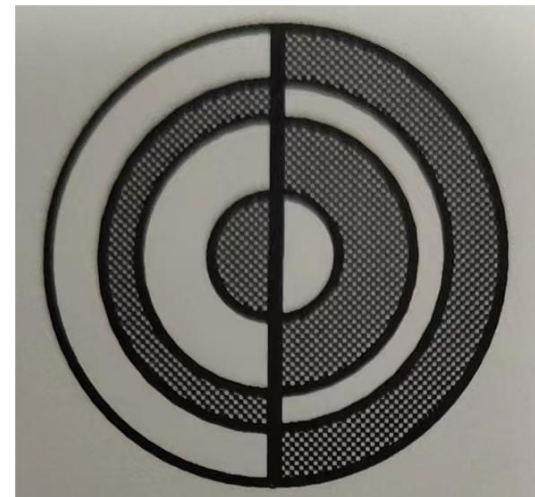
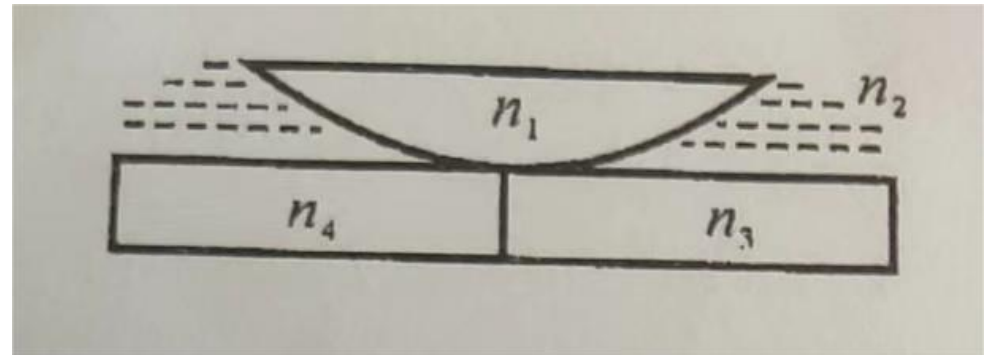


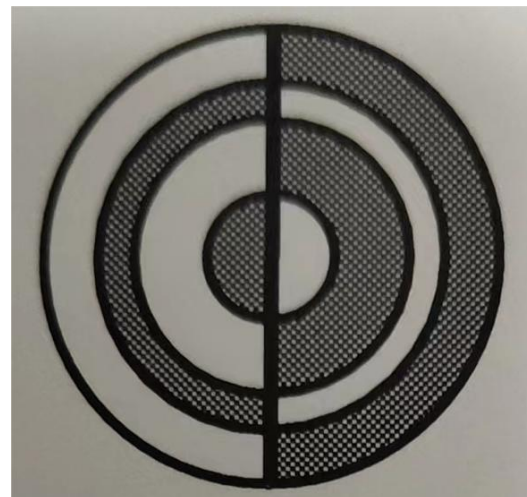
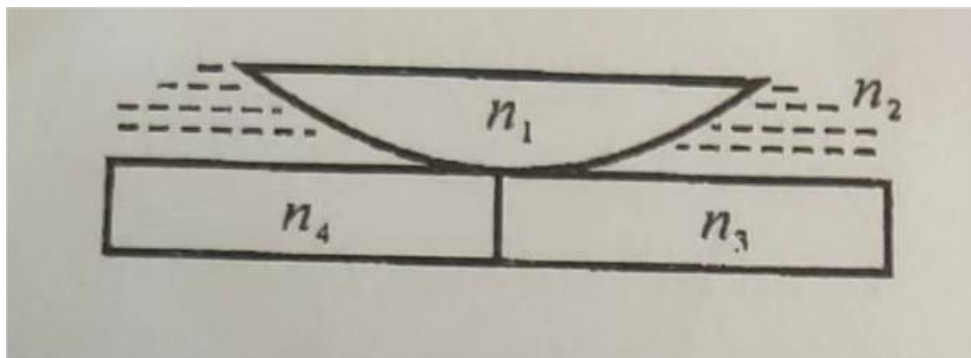
三、如图所示，一半径 1.0 的凸透镜 ($n_1=1.50$) 放在由火石玻璃 ($n_3=1.75$) 和冕牌玻璃 ($n_4=1.50$) 拼接的玻璃平板上。在透镜和玻璃平板间充以折射率 $n_2=1.65$ 的二氧化碳液体。当用波长 589nm 的钠黄光垂直照射时：(1) 试定性画出干涉图样；(2) 求出中心点除外，向外数第 10 个暗环对应的膜厚和半径 r 。

(1) 其干涉条纹的俯视图如图所示。

(2) 在 n_3 的半边：

$$2n_2e = (2k+1)\frac{\lambda}{2} \quad k = 0, 1, 2, \dots$$





在中心点 $e=0$ ，是明环，故第 10 个暗环的 $k=9$ ：

$$e_{10} = \frac{(2k+1)\lambda}{4n_2} = \frac{(2 \times 9 + 1) \times 5.89 \times 10^{-7}}{4 \times 1.65} = 1.70 \times 10^{-6} (\text{m})$$

$$r_{10} = \sqrt{2e_{10}R} = 1.84 \times 10^{-3} (\text{m})$$

在 n_4 的半边： $2n_2e + \frac{\lambda}{2} = (2k+1)\frac{\lambda}{2} \quad k = 0, 1, 2, \dots$

在中心点 $e=0$ ，是暗环，故第 10 个暗环的 $k=10$ ：

$$e'_{10} = \frac{k\lambda}{2n_2} = \frac{10 \times 5.89 \times 10^{-7}}{2 \times 1.65} = 1.78 \times 10^{-6} (\text{m}) \quad r'_{10} = \sqrt{2e'_{10}R} = 1.89 \times 10^{-3} (\text{m})$$

四、将一束波长为 589nm 的平行钠光垂直入射在 1 厘米内有 5000 条刻痕的平面衍射光栅上，光栅的透光缝宽度 a 与刻痕（不透光）宽度 b 相等，求：（1）光线垂直入射时，能看到几条谱线？是哪几级？（2）若光线以与光栅平面法线的夹角为 30° 的方向入射时，能看到几条谱线？是哪几级？

解：（1） $d = \frac{10^{-2}}{5000} = 2 \times 10^{-6}(\text{m})$

$$a = b \quad d = a + b \quad \frac{k}{k'} = \frac{d}{a} = 2$$

$$k_{\max} \leq \frac{d}{\lambda} = \frac{2 \times 10^{-6}}{589 \times 10^{-9}} = 3.4$$

第 2 级缺级，故能看到的谱线为：0、 ± 1 、 ± 3 ，共五条。

$$(2)d(\sin \theta + \sin \varphi) = k\lambda \quad \theta = \pm 90^\circ \quad \varphi = 30^\circ$$

$$k_{\max} \leq \frac{d(\pm 1 + 0.5)}{\lambda} = \frac{2 \times 10^{-6} \times (\pm 1 + 0.5)}{589 \times 10^{-9}} = \begin{cases} 5.1 \\ -1.7 \end{cases}$$

第2、4级缺级，故能看到的谱线为：

-1、0、+1、+3、+5，共5条。

$$\text{或：} \quad d(\sin \theta - \sin \varphi) = k\lambda \quad \theta = \pm 90^\circ \quad \varphi = 30^\circ$$

$$k_{\max} \leq \frac{d(\pm 1 - 0.5)}{\lambda} = \frac{2 \times 10^{-6} \times (\pm 1 - 0.5)}{589 \times 10^{-9}} = \begin{cases} 1.7 \\ -5.1 \end{cases}$$

第-2、-4级缺级，故能看到的谱线为：

-5、-3、-1、0、+1，共5条。

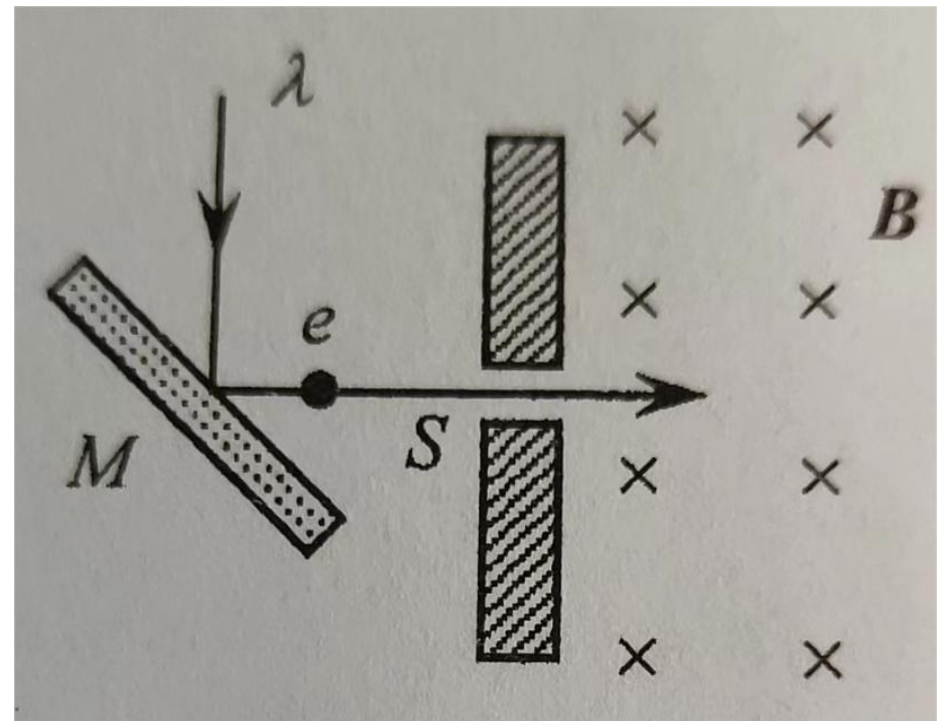
五、波长为 λ 的单色光照射某金属 M 表面发生光电效应，发射的光电子（电荷绝对值为 e ，质量为 m ）经狭缝 S 后垂直进入磁感应强度为 B 的均匀磁场（如图所示），今已测出电子在该磁场中作圆运动的最大半径为 R 。求：（1）金属材料的逸出功 A ；（2）遏止电势差 U_a 。

$$(1) evB = m \frac{v^2}{R} \quad v = \frac{eRB}{m}$$

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

$$A = \frac{hc}{\lambda} - \frac{1}{2}m \left(\frac{eRB}{m} \right)^2$$

$$= \frac{hc}{\lambda} - \frac{e^2 R^2 B^2}{2m}$$

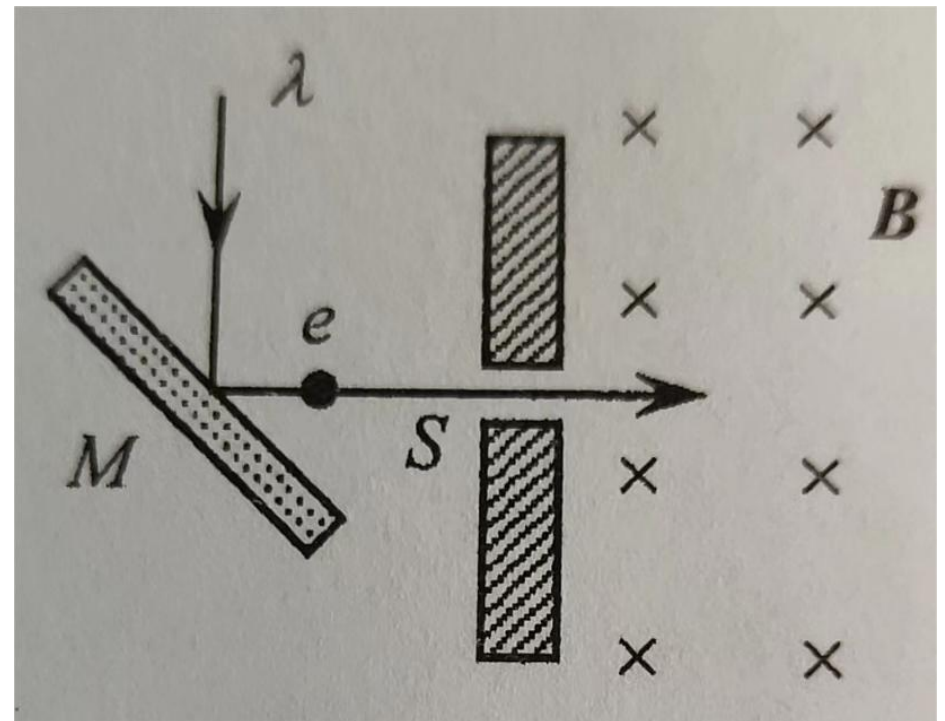


五、波长为 λ 的单色光照射某金属 M 表面发生光电效应，发射的光电子（电荷绝对值为 e ，质量为 m ）经狭缝 S 后垂直进入磁感应强度为 B 的均匀磁场（如图所示），今已测出电子在该磁场中作圆运动的最大半径为 R 。求：（1）金属材料的逸出功 A ；（2）遏止电势差 U_a 。

$$(2)e|U_a| = \frac{1}{2}mv^2$$

$$|U_a| = \frac{mv^2}{2e}$$

$$= \frac{eR^2B^2}{2m}$$



六、氢原子的波函数可以表示

为 $\psi_{nlm_l} = R_{nl} \Theta_{lm_l} \Phi_{m_l}$ 。已知氢原子 2s 态的波函数

为 $\psi_{200} = \frac{1}{4\sqrt{2\pi}} \left(\frac{1}{a_0} \right)^{3/2} \left(2 - \frac{r}{a_0} \right) e^{-r/2a_0}$, 其中 $\Theta_{00} = \frac{1}{\sqrt{2}}$

$$\Phi_0 = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \text{ 和 } a_0 = \frac{\epsilon_0 h^2}{\pi m e^2}$$

试求：（1）该状态的主量子数，角量子数和磁量子数；（2） $r=a_0$ 处的概率密度大小；（答案用 a_0 表示）（3） $r=a_0$ 处的径向概率密度大小。（答案用 a_0 表示）

$$(1) n = 2 \quad l = 0 \quad m_l = 0$$

$$(2) P = \psi_{200}^2 = \frac{e^{-1}}{32\pi a_0^3}$$

$$(3) P(r) = r^2 |R(r)|^2 = \frac{e^{-1}}{8a_0}$$