第七章　静电场

一、单选题

1、 B　2、A　3、C　4、B　5、B　6、C

二、判断题

7、 ×　8、×　9、√　10、×　11、 ×　12、×

三、填空题

13、 $\left(\sqrt{2}-1\right)R$　　14、2，2　　15、0，$\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R}$

16、 $\dfrac{\varepsilon_0 S}{d-t}$　　17、 低， 高，减小

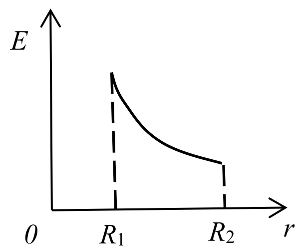
18、 $\dfrac{q}{24\varepsilon_0}$　　19、a， 负　　20、$\dfrac{Qq}{8\pi\varepsilon_0 R}$

四、计算题

21、解：（1）因为电场为轴对称分布，所以高斯面取同轴柱面。

由高斯定理 $\oint_S \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{s}=\dfrac{\sum Q}{\varepsilon_0}$ 得

$$\oint_S \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{s}=E2\pi rl=\frac{\sum Q}{\varepsilon_0}$$



当 $0<r<R_1$ 时，　$E_1 2\pi rl=\dfrac{0}{\varepsilon_0}$　　$E_1=0$

当 $R_1<r<R_2$ 时，　$E_2 2\pi rl=\dfrac{\lambda_1 l}{\varepsilon_0}=\dfrac{\lambda l}{\varepsilon_0}$

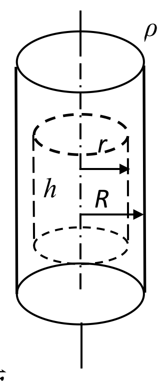
$$E_2=\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$$

$$\vec{E}_2=\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}\vec{e}_r$$

当 $r>R_2$ 时，　$E_3 2\pi rl=\dfrac{\left(\lambda_1+\lambda_2\right)l}{\varepsilon_0}=\dfrac{0}{\varepsilon_0}$　　$E_3=0$

（2）两圆柱面之间的电势差

$$U=\int_L \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{l}=\int_{R_1}^{R_2}\vec{E}_2\cdot \mathrm{d}\vec{l}=\int_{R_1}^{R_2}\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}\mathrm{d}r=\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0}\ln\frac{R_2}{R_1}$$



22、解：（1）因为电场为轴对称分布，所以高斯面取同轴柱面

由高斯定理 $\oint_S \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{s}=\dfrac{\sum Q}{\varepsilon_0}$ 得

$$\oint_S \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{s}=E2\pi rh=\frac{\sum Q}{\varepsilon_0}$$

当 $0<r<R$ 时，　$E_1 2\pi rh=\dfrac{\rho\cdot\pi r^2 h}{\varepsilon_0}$　　$E_1=\dfrac{\rho r}{2\varepsilon_0}$　　$\vec{E}_1=\dfrac{\rho\vec{r}}{2\varepsilon_0}$

当 $r > R$ 时， $E_2 2\pi rh = \dfrac{\rho\pi R^2 h}{\varepsilon_0}$ $E_2 = \dfrac{\rho R^2}{2\varepsilon_0 r}$ $\vec{E}_2 = \dfrac{\rho R^2}{2\varepsilon_0 r}\vec{e}_r$

（2）两圆柱面之间的电势差

当 $0 < r < R$ 时， $U_1 = \int_L \vec{E}\cdot d\vec{l} = \int_r^o \vec{E}_1 \cdot d\vec{l} = \int_r^0 \dfrac{\rho r}{2\varepsilon_0} dr = -\dfrac{\rho r^2}{4\varepsilon_0}$

当 $r > R$ 时，

$$U_2 = \int_L \vec{E}\cdot d\vec{l} = \int_R^0 \vec{E}_1 \cdot d\vec{l} + \int_r^R \vec{E}_2 \cdot d\vec{l} = \int_R^0 \frac{\rho r}{2\varepsilon_0} dr + \int_r^R \frac{\rho R^2}{2\varepsilon_0 r} dr = -\frac{\rho R^2}{4\varepsilon_0} + \frac{\rho R^2}{2\varepsilon_0}\ln\frac{R}{r}$$

23、解：（1）因为电场为球对称分布，所以高斯面取球面

由高斯定理 $\oint_S \vec{D}\cdot d\vec{s} = \sum q$ 得

$$\oint_S \vec{D}\cdot d\vec{s} = D4\pi r^2 = \sum q$$

当 $0 < r < R$ 时， $D_1 4\pi r^2 = \dfrac{Q}{\frac{4\pi R^3}{3}}\dfrac{4\pi r^3}{3}$ $D_1 = \dfrac{Qr}{4\pi R^3}$

$$\vec{D}_1 = \frac{Q\vec{r}}{4\pi R^3} \quad \vec{E}_1 = \frac{\vec{D}_1}{\varepsilon_0} = \frac{Q\vec{r}}{4\pi\varepsilon_0 R^3}$$

当 $r > R$ 时， $D_2 4\pi r^2 = Q$ $D_2 = \dfrac{Q}{4\pi r^2}$ $\vec{D}_2 = \dfrac{Q}{4\pi r^2}\vec{e}_r$ $\vec{E}_2 = \dfrac{\vec{D}_2}{\varepsilon_0\varepsilon_r} = \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r r^2}\vec{e}_r$

（3）静电能 $W_e = \int_0^r dW_e = \int_0^R \dfrac{1}{2}\varepsilon_0\left(\dfrac{Qr}{4\pi\varepsilon_0 R^3}\right)^2 dr + \int_R^r \dfrac{1}{2}\varepsilon_0\varepsilon_r\left(\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r r^2}\right)^2 dr$

$$= \frac{Q^2}{40\pi\varepsilon_0 R} + \frac{Q^2}{8\pi\varepsilon_0\varepsilon_r R}$$

24、解：（1）A、B 两点间的总电容

$$C_{12} = C_1 + C_2$$

$$\frac{1}{C_{124}} = \frac{1}{C_{12}} + \frac{1}{C_4}$$

$$C_{总} = C_{124} + C_3 = \frac{(C_1 + C_2)C_4}{C_1 + C_2 + C_4} + C_3 = 10\mu A$$

（2） A、D 两点间的电压

$$\because Q_{AD} = Q_{DB}$$

$$\therefore C_{AD}U_{AD} = C_{DB}U_{DB}$$

$$(C_1 + C_2)U_{AD} = C_4 U_{DB}$$

$\because U_{AD}+U_{DB}=10\text{V}$

$U_{AD}=5\text{V}$

25、解：（1）因为电场为球对称分布，所以高斯面取球面

由高斯定理 $\oint_S \vec{E}\cdot d\vec{s}=\frac{\sum q}{\varepsilon_0}$ 得

$$\oint_S \vec{E}\cdot d\vec{s}=E4\pi r^2=\frac{\sum q}{\varepsilon_0}$$

当 $0<r<R_1$ 时， $E_1 4\pi r^2=\frac{q}{\varepsilon_0}$ $E_1=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$ $\vec{E}_1=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\vec{e}_r$

当 $R_1<r<R_2$ 时， $E_2 4\pi r^2=\frac{q-q}{\varepsilon_0}=0$ $E_2=0$

当 $r>R_2$ 时，$E_3 4\pi r^2=\frac{q-q+q}{\varepsilon_0}=\frac{2q}{\varepsilon_0}$ $E_3=\frac{q}{2\pi\varepsilon_0 r^2}$ $\vec{E}_3=\frac{q}{2\pi\varepsilon_0 r^2}\vec{e}_r$

（3） 当 $0<r<R_1$ 时，$U_1=\int_L \vec{E}\cdot d\vec{l}=\int_r^{R_1}\vec{E}_1\cdot d\vec{l}+\int_{R_1}^{R_2}\vec{E}_2\cdot d\vec{l}+\int_{R_2}^{\infty}\vec{E}_3\cdot d\vec{l}$

$$U_1=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{r}-\frac{1}{R_1}\right)+\frac{q}{2\pi\varepsilon_0 R_2}$$

当 $R_1<r<R_2$ 时，$U_2=\int_L \vec{E}\cdot d\vec{l}=\int_r^{R_2}\vec{E}_2\cdot d\vec{l}+\int_{R_2}^{\infty}\vec{E}_3\cdot d\vec{l}=\frac{q}{2\pi\varepsilon_0 R_2}$

当 $r>R_2$ 时， $U_3=\int_L \vec{E}\cdot d\vec{l}=\int_r^{\infty}\vec{E}_3\cdot d\vec{l}=\int_r^{\infty}\frac{q}{2\pi\varepsilon_0 r^2}dr=\frac{q}{2\pi\varepsilon_0 r}$

五、证明题

26、证明：设上下两个介质中场强分别为 E_1 和 E_2，电压分别为 U_1 和 U_2，则：

$$\because Q_1=Q_2=Q$$

又 $\because E_1=\frac{Q}{\varepsilon_0\varepsilon_1 S},E_2=\frac{Q}{\varepsilon_0\varepsilon_2 S}$ ； $\therefore U_1=\frac{Qd_1}{\varepsilon_0\varepsilon_1 S},U_2=\frac{Qd_2}{\varepsilon_0\varepsilon_2 S}$

$$C=\frac{Q}{U}=\frac{Q}{U_1+U_2}=\frac{\varepsilon_0\varepsilon_1\varepsilon_2 S}{\varepsilon_1 d_2+\varepsilon_2 d_1}$$

法二： $C_1=\frac{Q}{U_1}=\frac{\varepsilon_0\varepsilon_{r1}S}{d_1}$ $C_2=\frac{Q}{U_2}=\frac{\varepsilon_0\varepsilon_{r2}S}{d_2}$

$$C=\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}=\frac{(\sigma_1+\sigma_2)S}{2E_1 d}=\frac{\varepsilon_0\varepsilon_1\varepsilon_2 S}{\varepsilon_1 d_2+\varepsilon_2 d_1}$$

第八章　恒定磁场

一、单选题

1、D　2、B　3、C　4、A　5、D　6、D

二、判断题

7、√　8、×　9、×　10、×　11、√　12、×

三、填空题

13、Na^2IB，0　　14、$\dfrac{3\mu_0 I}{8a}+\dfrac{\mu_0 I}{8b}$，垂直纸面向里　　15、$\dfrac{2\pi mf}{e}$，$2\pi Rf$

16、0.028 $A\cdot m^2$ ($9\pi\times10^{-3}$ $A\cdot m^2$)　　17、c，a

18、$\pi R^2 B$　　19、$\dfrac{\mu_0 xI}{2\pi RL}$，2　　20、1.4 A

四、计算题

21、解：（1）作半径为 r 的圆形回路为安培环路。

$$\oint_L \vec{H}\cdot d\vec{l}=H\cdot 2\pi r=\sum I$$

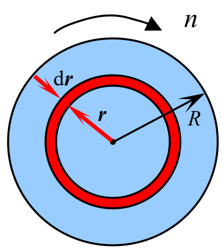
当 r ＜ R 时，$H_1 2\pi r=\dfrac{I}{\pi R^2}\pi r^2$　　$H_1=\dfrac{Ir}{2\pi R^2}$　　$\vec{B}_1=\mu_0\vec{H}=\dfrac{\mu_0 Ir}{2\pi R^2}\vec{e}_r$

当 r ＞ R 时，$H_2 2\pi r=I$　　$H_2=\dfrac{I}{2\pi r}$　　$\vec{B}_2=\mu_0\mu_r\vec{H}=\dfrac{\mu_0\mu_r I}{2\pi r}\vec{e}_r$

（2）$$\Phi_B=\int\vec{B}\cdot d\vec{S}=\int_{R_1}^{R_2}\vec{B}_1\cdot d\vec{S}=\int_{R_1}^{R_2}\frac{\mu_0 Ir}{2\pi R^2}\cdot x dr=\frac{\mu_0 Ix}{4\pi}$$

22、解：（1）在圆盘上取半径为 r、宽度为 dr 的同心圆环，其带电量为

$$dq=\frac{q}{\pi R^2}2\pi r dr$$



圆环上的电流为

$$dI=\frac{dq}{dt}=\frac{\frac{q}{\pi R^2}2\pi r dr}{T}=\frac{\frac{q}{\pi R^2}2\pi r dr}{\frac{1}{n}}=\frac{2nqr}{R^2}dr$$

dI 在圆心处激发的磁感强度大小为

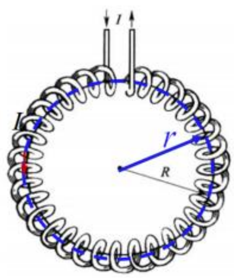
$$dB=\frac{\mu_0 dI}{2r}=\frac{\mu_0\frac{2nqr}{R^2}dr}{2r}=\frac{\mu_0 nq}{R^2}dr$$

圆盘中心处的磁感强度大小

$$B=\int dB=\int_0^R\frac{\mu_0 nq}{R^2}dr=\frac{\mu_0 nq}{R}$$　方向垂直于纸面向里

（2）x 细圆环具有的磁矩：

$$dm=dI\cdot S=\frac{2nqr}{R^2}dr\cdot\pi r^2=\frac{2\pi nqr^3}{R^2}dr$$



23、解：作半径为 r 的圆形回路为安培环路。

$$\oint_L \vec{H}\cdot d\vec{l}=H\cdot 2\pi r=\sum I$$

当 r 处在管内时，　$H2\pi r=NI$　　$H=\dfrac{NI}{2\pi r}$　　$B=\mu_0\mu_r H=\dfrac{\mu_0\mu_r NI}{2\pi r}$

24、解：（1）设 P 到长直载流导线的距离为 r，则 P 点的磁感应强度为

$$B=\frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$ 方向垂直纸面向里。

（2）$\Phi_B=\int\vec{B}\cdot\mathrm{d}\vec{S}=\int_a^b\dfrac{\mu_0 I}{2\pi r}\cdot h\mathrm{d}r=\dfrac{\mu_0 Ih}{2\pi}\ln\dfrac{b}{a}$

25、解：（1）长直载流导线的距离为 r 点的磁感应强度为 $B_1=\dfrac{\mu_0 I_1}{2\pi r}$，方向垂直纸面向里。根据 $\vec{F}=\int I_2\mathrm{d}\vec{l}\times\vec{B}_1$ 可得正方形线圈各边所受磁场力为：

$$F_{AD}=I_2 a\frac{\mu_0 I_1}{2\pi a}=\frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi}$$ 方向向左；

$$F_{BC}=I_2 a\frac{\mu_0 I_1}{2\pi\cdot 2a}=\frac{\mu_0 I_1 I_2}{4\pi}$$ 方向向右；

$$F_{AB}=F_{CD}=\int_a^{2a}I_2\frac{\mu_0 I_1}{2\pi r}dr=\frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi}\ln 2$$ AB 边受力向上，CD 边受力向下

（2）合力：$F=F_{AD}-F_{BC}=\dfrac{\mu_0 I_1 I_2}{4\pi}$　　方向向左。

五、证明题

26、证明：用安培定律的公式来求解。由于半圆弧 AB 上各点受到安培力的方向不同，因此需要取电流元积分求解。

电流元 $Id1$，它受到的安培力为 $\mathrm{d}\vec{F}=I\mathrm{d}\vec{l}\times\vec{B}$

在 x 轴和 y 轴的分量分别为

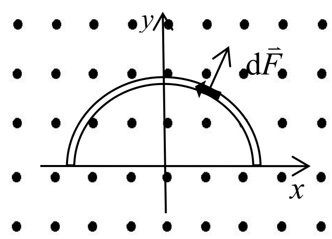
$$\mathrm{d}F_x=\mathrm{d}F\cos\theta=IBR\cos\theta\mathrm{d}\theta$$

$$\mathrm{d}F_y=\mathrm{d}F\sin\theta=IBR\sin\theta\mathrm{d}\theta$$

积分，有

$$F_x=\int_0^\pi IRB\cos\theta\mathrm{d}\theta=0$$

$$F_y=\int_0^\pi IRB\sin\theta\mathrm{d}\theta=2IRB$$



半圆弧 AB 上的磁力为 $F_{\mathrm{AB}}=F_y=2IBR$，方向沿 y 轴正向。

法二：连接 A、B 两点，使直径 AB 与半圆弧 AB 形成闭合回路，则通过该闭合回路受到的总磁场力大小为 $F=0$

则：半圆弧 AB 磁场力与直径 AB 磁场力大小相等，方向相反。

因为：直径 AB 磁场力 $F_{\mathrm{AB}}=2IBR$　方向沿 y 轴负向

所以：半圆弧 AB 磁场力 $F_{\mathrm{AB}}=2IBR$　方向沿 y 轴正向

第九章　电磁感应与电磁波

一、单选题

1、B　2、C　3、C　4、D　5、C　6、D

二、判断题

7、×　8、√　9、×　10、×　11、×　12、×

三、填空题

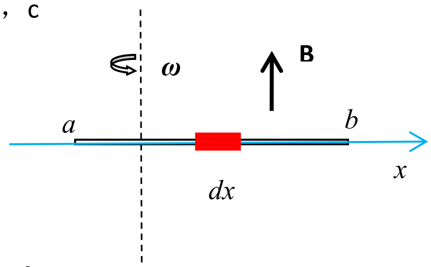
13、$2\pi\cos(100\pi t)$，0.628 A（π / 5）　　14、$\mu n\pi a^2\omega I_0\cos\omega t$

15、变化的磁场，变化的电场　　16、1210 匝，4.8×10^{-2} J　　17、$\dfrac{\mu_0 NL}{2\pi}\ln 2$ ，0

18、$\pi\varepsilon_0 R^2\dfrac{\mathrm{d}E}{\mathrm{d}t}$，$\dfrac{\pi\varepsilon_0 R}{2}\dfrac{\mathrm{d}E}{\mathrm{d}t}$　　19、$\dfrac{1}{2}vbcB$，c

四、计算题

20、解：在导体棒上任取一线元



$$\mathrm{d}\varepsilon=(\vec{v}\times\vec{B})\cdot\mathrm{d}\vec{x}\qquad v=x\omega$$

$$\varepsilon=\int_a^b\omega xB\cdot\mathrm{d}x=\omega B\int_{-\frac{L}{5}}^{\frac{4L}{5}}x\cdot\mathrm{d}x=\frac{3}{10}\omega BL^2$$ b 端的电势高

$$U_{ab}=-\varepsilon=-\frac{3}{10}\omega BL^2$$

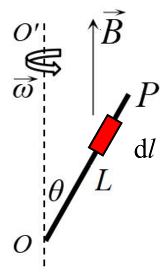
21、解：（1）设 $t=0$ 时，平面法向与磁场夹角 θ 为 0。

$$\omega=2\pi n\ ,\quad \theta=\omega t$$

$$\Phi=\int\vec{B}\cdot\mathrm{d}\vec{S}=BS+\frac{1}{2}\pi r^2B\cos 2\pi nt$$

（2）
$$\varepsilon=-\frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t}=\pi^2r^2nB\sin 2\pi nt$$

$$I=\frac{\varepsilon}{R}=\frac{\pi^2r^2nB}{R}\sin 2\pi nt$$

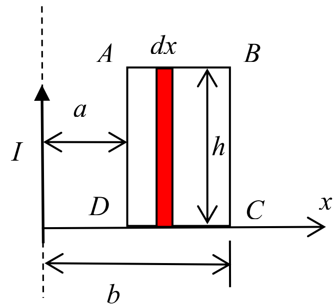


22、解：（1）$\mathrm{d}\varepsilon=(\vec{v}\times\vec{B})\cdot\mathrm{d}\vec{l}=B(\omega l\sin\theta)\cos(\frac{\pi}{2}-\theta)\mathrm{d}l$

$$\varepsilon=B\omega\sin^2\theta\int_0^L l\cdot\mathrm{d}l=\frac{1}{2}B\omega L^2\sin^2\theta$$

（2）P 端电势高。

23、解：$\mathrm{d}x$ 处的磁感应强度为 $B=\dfrac{\mu_0 I}{2\pi x}$



$$\Phi=\int\vec{B}\cdot\mathrm{d}\vec{S}=\int_a^b\frac{\mu_0 I}{2\pi x}h\mathrm{d}x=\frac{\mu_0 I_0 h}{2\pi x}\sin\omega t\ln\frac{b}{a}$$

$$\varepsilon=-\frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t}=\frac{\mu_0 I_0 h\omega}{2\pi x}\cos\omega t\ln\frac{b}{a}$$

24、解：$\varepsilon = \int (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l} = \mathrm{v}Bl$

$$F = IBl = \frac{\varepsilon}{R}Bl = \frac{vBl}{R}Bl = -ma = -m\frac{dv}{dt}$$

$$\int_{v_0}^{v} \frac{1}{v}\mathrm{d}v = \int_0^t -\frac{B^2 l^2}{mR}\mathrm{d}t$$

$$v = v_0 e^{(-\frac{B^2 l^2}{mR}t)}$$

五、证明题

25、证明：以轴线上一点为圆心，r 为半径作安培环路。

$$\oint_L \vec{H} \cdot \mathrm{d}\vec{l} = H \cdot 2\pi r = \sum I$$

当 $r<R$ 时，$H \cdot 2\pi r = \dfrac{I\pi r^2}{\pi R^2}$　　$H = \dfrac{Ir}{2\pi R^2}$

$w_m = \dfrac{1}{2}\mu_0\mu_r H^2$　　$\mathrm{d}V = 2\pi r \cdot 1\mathrm{d}r = 2\pi r\mathrm{d}r$

$$W_m = \int w_m \mathrm{d}V = \frac{1}{2}\mu_0\mu_r \int_0^R H^2 \mathrm{d}V = \frac{\mu_0\mu_r I^2}{16\pi}$$

第十一章　波动光学

一、单选题

1、C　2、B　3、D　4、C　5、B　6、B　7、C　8、B　9、C　10、C

二、判断题

11、×　12、×　13、√　14、√　15、√　16、√　17、×　18、√　19、√　20、×

三、填空题

21、频率相同，振动方向一致，相位差恒定，分波面法，分振幅法

22、500nm　　23、不变，低，小　　24、偏振

四、计算题

25、解：未贴透明薄片时：$\delta_1 = r_2 - r_1 = d\dfrac{x_1}{d'}$

设薄片厚度为 d，则：

贴上透明薄片时：$\delta_2 = (r_2 - e + ne) - r_1 = d\dfrac{x_2}{d'}$

$$\Delta\delta = \delta_2 - \delta_1 = (n-1)e = d\frac{(x_2 - x_1)}{d'}$$

$$e = \frac{(x_2 - x_1)d}{(n-1)d'} = \frac{1\times10^{-2}\times0.4\times10^{-3}}{(1.60-1)\times0.4} = 1.67\times10^{-5}\,\mathrm{m}$$

26、解：（1）由图知：$\theta = \dfrac{\lambda_n/2}{b}$，则：$b = \dfrac{\lambda}{2n\theta} = \dfrac{600\times10^{-9}}{2\times1\times\dfrac{6}{60}\times\dfrac{\pi}{180}} = 0.172\,\mathrm{mm}$

（2）同理的 $b' = \dfrac{\lambda}{2n'\theta} = \dfrac{b}{1.55} = 0.111\,\mathrm{mm}$

（3）浸入油中后，表示从光疏膜变到过滤膜，条纹向棱边移动，条纹间距变窄，条纹级数增多。

27、解：（1）因为 $a\sin\theta = a\dfrac{x}{f} = k\lambda$，$k = 1,2,3\ldots\ldots$

所以，中央明纹的宽度为 $l_0 = 2x_1 = \dfrac{2\lambda f}{a} = 5.06\times10^{-3}\,\mathrm{m}$

（2）因为 $a\sin\theta = a\dfrac{x'}{f} = (2k+1)\dfrac{\lambda}{2}$，$k = 1,2,3\ldots\ldots$

所以，中央明纹中心到第一级明纹中心的宽度为 $l_1 = x_1' - 0 = \dfrac{3\lambda f}{2a} = 3.80\times10^{-3}$

（3）因为 $a\sin\theta = a\dfrac{x}{f} = k\lambda$，$k = 1,2,3\ldots\ldots$

所以，第二、三级暗纹之间的距离为 $l_2 = x_2 - x_1 = \dfrac{\lambda f}{a} = 2.53\times10^{-3}\,\mathrm{m}$

28、解：（1）如果第四级谱线缺级，光栅衍射缺级级数满足：$\dfrac{d}{b} = \dfrac{k}{k'} = \dfrac{3}{1}$

光栅常数的宽度：$d = 3b = 4.866\times10^{-3}\,\mathrm{m}$

由光栅衍射方程：$d\sin\varphi = k\lambda$，$k = 1,2,3\ldots\ldots$

当 k =2 时，$\sin\varphi_2 = \dfrac{2\lambda}{d} = 0.2$ $\qquad \varphi_2 = 11.54^0$

当 k =4 时，$\sin\varphi_4 = \dfrac{2\lambda}{d} = 0.4$ $\qquad \varphi_4 = 23.58^0$

则，第二级亮条纹与第四级亮条纹的距离 $\Delta x = f\tan\varphi_4 - f\tan\varphi_2 = 0.232\mathrm{m}$

（2）屏幕上光栅衍射谱线的可能最大级数：$d\sin 90^0 = k\lambda$，$k = \dfrac{d}{\lambda} = 10$

因为屏幕上光栅衍射谱线的发现第三级缺级，则屏幕上可能出现的全部主极大的级数：$0、\pm1、\pm2、\pm4、\pm5、\pm7、\pm8$，共 13 个条纹

四、证明题

29、证明：通过 P1 偏振片时光强为：

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

根据马吕斯定律可得，通过 P1 以匀角速度转动的偏振片时光强为：

$$I_2 = I_1\cos^2(\omega t) = \frac{1}{2}I_0\cos^2(\omega t)\ I_1 = \frac{1}{2}I_0$$

通过 P2 偏振片时光强为：

$$I = I_2\cos^2\left(\frac{\pi}{2} - \omega t\right) = \frac{1}{2}I_0\cos^2(\omega t)\sin^2(\omega t) = \frac{1}{8}I_0\sin^2(2\omega t) = \frac{I_0}{16}(1\text{-}\cos 4\omega t)$$

第十二章　量子力学概述

一、单选题

1、D　2、C　3、A　4、B　5、A　6、C

二、判断题

7、√　8、×　9、√　10、×　11、√　12、√

三、填空题

13、 1.25V，1.2×10^{15} Hz　　14、3.315×10^{-26} J，1.105×10^{-34} Kg・m/s

15、波长大于 X 光　　16、5.27×10^{3} K，9.99×10^{3} K，8.28×10^{3} K

17、 3.3×10^{-24} Kg・m/s　　18、0.3 m

19、 2.51×10^{19}，1.78×10^{14}　　20、$\sqrt{2.87\times10^{11}}$ m/s 或 5.37×10^{5}m/s

四、 计算题 (本大题共 5 小题，每题 8 分，共 40 分)

21. 如果光子和中子的波长都是 0.5nm，则它们的总能量和动量各为多少?

解：$p_{光子}=p_{中子}=\frac{\boldsymbol{h}}{\boldsymbol{\lambda}}=\mathbf{1}.326\times10^{-24}\mathrm{J}$

$E_{光子}=h\boldsymbol{\nu}=\frac{\boldsymbol{hc}}{\boldsymbol{\lambda}}=3.978\times10^{-16}\mathrm{J}$

$E_{中子}=\sqrt{(cp)^2+(m_0c^2)^2}$

$=\sqrt{(3\times10^8\times1.326\times10^{-24})^2+[1.67\times10^{-27}\times(3\times10^8)^2]^2}$

$\approx1.53\times10^{-10}\mathrm{J}$

22. 动能为 12.5eV 的电子通过碰撞使氢原子激发时，最高能激发到哪一能级? 当回到基态时能产生哪些谱线?

解：$\Delta E=E_f-E_i=\frac{E_1}{n_f^2}-\frac{E_1}{n_i^2}$

当$E_1=-13.6\ \ n=1$ 和$\Delta E=-12.5eV$时，

可得$n_i=3.52$，取整$n_i=3$，即最高能激发到$n_i=3.52$ 状态。

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

当$n_i=1\ \ n_f=2$ 时，$\lambda_1=121.5nm$

当$n_i=1\ \ n_f=3$ 时，$\lambda_2=102.6nm$

当$n_i=2\ \ n_f=3$ 时，$\lambda_1=656.3nm$

23. 若一个光子的能量等于一个电子的静止能量，试求该光子的频率、波长和动量。

解：当　$E_{光子}=h\boldsymbol{\nu}=\frac{\boldsymbol{hc}}{\boldsymbol{\lambda}}=E_{电子静能}=m_0c^2$

$$\nu=\frac{m_0c^2}{h}=\frac{9.11\times10^{-31}\times(\mathbf{3}\times\mathbf{10^8})^{\mathbf{2}}}{6.63\times10^{-34}}=1.236\times10^{20}Hz$$

$p_{光子} = p_{中子} = \frac{h}{\lambda} = 1.326 \times 10^{-24}\mathrm{J}$

$p = \frac{h}{\lambda} = 2.73 \times 10^{-22}\mathrm{J}$

24. 能量为 1MeV 的 γ 光子，由于康普顿散射波长增加了 25%，试求反冲电子的动能。

解：$\lambda_0 = \frac{hc}{E} = \frac{6.63\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{1\times10^{6}} = 2.427 \times 10^{-12}m$

散射后波长$\lambda = \lambda_0 + \Delta\lambda = \lambda_0 + 0.25\lambda_0 = 3.34 \times 10^{-12}m$

反冲电子能量 $E_e = E - E^{'} = \frac{hc}{\lambda_0} - \frac{hc}{\lambda} = \frac{0.25hc}{\lambda} = 1.49 \times 10^{-14}\mathrm{J}$

25. 已知铅的K、L、M层电子的结合能分别为 87.6keV、15.8 keV 和 0.89 keV，试求当γ射线的能量为 0.25MeV 时，自各壳层激发出光电子的能量。

解：光电子的能量等于光子的能量减去轨道电子的结合能

$\mathrm{E_e} = \mathrm{h}\boldsymbol{\nu} - \boldsymbol{\varepsilon}$

K 层打出的光电子能量

$E_e = 0.25 \times 10^{6} - 87.6 \times 10^{3} = 1.624 \times 10^{5}\mathrm{J}$

同理得：L 层打出的光电子能量 $E_e = 2.342 \times 10^{5}\mathrm{J}$

M 层打出的光电子能量 $E_e = 2.4911 \times 10^{5}\mathrm{J}$

五、 证明题 (本大题共 1 小题，每题 10 分，共 10 分)

26. 对于一个德布罗意波长λ、动能为 E_k、静止质量为 m_0 的实物粒子，试证明：当 $E_k \ll m_0 c^2$ 时，$\lambda \approx h/(2m_0E_k)^{1/2}$，当 $E_k \gg 2m_0c^2$ 时，$\lambda \approx hc/E_k$ 。

证明：$E_k = mc^2 - m_0c^2 = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} - m_0c^2$

$$v = \frac{c\sqrt{E_k^2 + 2E_km_0c^2}}{E_k + m_0c^2}$$

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\left(\frac{E_k+m_0c^2}{c^2}\right)\left(\frac{c\sqrt{E_k^2+2E_km_0c^2}}{E_k+m_0c^2}\right)} = \frac{hc}{\sqrt{E_k^2+2E_km_0c^2}}$$

当 $E_k \ll m_0 c^2$ 时，$\lambda \approx \frac{hc}{\sqrt{2E_km_0c^2}} = \frac{h}{\sqrt{2E_km_0}}$

当 $E_k \gg 2m_0c^2$ 时，$\lambda \approx \frac{hc}{\sqrt{E_k^2}} = \frac{hc}{E_k}$