大学物理课后作业与自测题参考答案与部分解析(下)

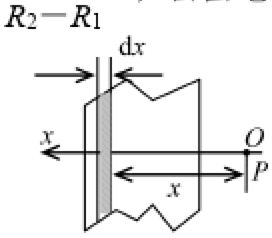
作业 23

23－1　DACD

23－2　(1)$\boldsymbol{B}=\dfrac{3\mu_0 I}{8\pi a}$；(2)$\boldsymbol{B}_0=\dfrac{\mu_0 I}{4R_1}+\dfrac{\mu_0 I}{4R_2}-\dfrac{\mu_0 I}{4\pi R_2}$；(3)0；(4)$6.67\times10^{6}$ T；7.20×10^{-21} A·m²

23－3　答案　$\dfrac{\mu_0 NI}{2(R_2-R_1)}\ln\dfrac{R_2}{R_1}$，方向⊙

解析　以 O 为圆心，在线圈所在处作一半径为 r 的圆．则在 r 到 $r+\mathrm{d}r$ 的圈数为 $\dfrac{N}{R_2-R_1}\mathrm{d}r$，由圆电流公式得 $\mathrm{d}B=\dfrac{\mu_0 NI\mathrm{d}r}{2r(R_2-R_1)}$，$B=\int_{R_1}^{R_2}\dfrac{\mu_0 NI\mathrm{d}r}{2r(R_2-R_1)}=\dfrac{\mu_0 NI}{2(R_2-R_1)}\ln\dfrac{R_2}{R_1}$，方向⊙．



23－4　答案　$\dfrac{\mu_0\delta}{2\pi}\ln\dfrac{a+b}{b}$，方向⊗

解析　利用无限长载流直导线的公式求解：取离 P 点为 x 宽度为 $\mathrm{d}x$ 的无限长载流细条，它的电流 $\mathrm{d}i=\delta\mathrm{d}x$，这载流长条在 P 点产生的磁感应强度 $\mathrm{d}B=\dfrac{\mu_0\mathrm{d}i}{2\pi x}=\dfrac{\mu_0\delta\mathrm{d}x}{2\pi x}$，方向垂直纸面向里，所有载流长条在 P 点产生的磁感强度的方向都相同，所以载流平板在 P 点产生的磁感强度

$B=\int_b^{a+b}\dfrac{\mu_0\delta\mathrm{d}x}{2\pi x}=\dfrac{\mu_0\delta}{2\pi}\ln\dfrac{a+b}{b}$，方向⊗．

23－5　答案　$R=2r$

解析　带点圆盘转动时，可看作无数的电流圆环的磁场在 O 点的叠加．某一半径为ρ的圆环磁场为 $\mathrm{d}B=\dfrac{\mu_0\mathrm{d}I}{2\rho}$，$\mathrm{d}I=\sigma2\pi\rho\mathrm{d}\rho\cdot\dfrac{\omega}{2\pi}=\sigma\omega\rho\mathrm{d}\rho$，所以 $\mathrm{d}B=\dfrac{\mu_0\sigma\omega\rho\mathrm{d}\rho}{2\rho}=\dfrac{1}{2}\mu_0\sigma\omega\mathrm{d}\rho$，正点部分产生的磁感强度为 $B_+=\int_0^r\dfrac{1}{2}\mu_0\sigma\omega\mathrm{d}\rho=\dfrac{1}{2}\mu_0\sigma\omega r$，负点部分产生的磁感强度为 $B_-=\int_r^R\dfrac{1}{2}\mu_0\sigma\omega\mathrm{d}\rho=\dfrac{1}{2}\mu_0\sigma\omega(R-r)$，令 $B_+=B_-$，则 $R=2r$．

作业 24

24－1　DBD

24－2　(1)πR^2c；(2)$-\dfrac{1}{2}B\pi R^2$；(3)$\dfrac{\mu_0 rI}{2\pi R_1^2}$；0

24－3　答案　$x=\dfrac{1}{2}(\sqrt{5}-1)R$

解析　设 x 为假想平面里面的一边与对称中心轴线距离，$\Phi=\int B\mathrm{d}S=\int_x^R B_1 l\mathrm{d}r+\int_R^{x+R} B_2 l\mathrm{d}r$，$B_1=\dfrac{\mu_0 Ir}{2\pi R^2}$(导线内)，$B_2=\dfrac{\mu_0 I}{2\pi r}$(导线外)，$\Phi=\dfrac{\mu_0 Il}{4\pi R^2}(R^2-x^2)+\dfrac{\mu_0 Il}{2\pi}\ln\dfrac{x+R}{R}$，

令 $\dfrac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}x}=0$，得 Φ 最大时 $x=\dfrac{1}{2}(\sqrt{5}-1)R$.

24－4　答案　$\dfrac{\mu_0}{2\pi}\cdot\dfrac{I_2(R+d)(1+\pi)-RI_1}{R(R+d)}$，方向⊙

解析　圆电流产生的磁场 $B_1=\dfrac{\mu_0 I_2}{2R}$，方向⊙，长直导线电流的磁场 $B_2=\dfrac{\mu_0 I_2}{2\pi R}$，方向⊙，导体管电流

产生的磁场，$B_3=\dfrac{\mu_0 I_1}{2\pi(d+R)}$，方向⊗，所以，圆心 O 点处的磁感强度 $B=B_1+B_2-B_3=\dfrac{\mu_0}{2\pi}\cdot\dfrac{I_2(R+d)(1+\pi)-RI_1}{R(R+d)}$，方向⊙.

24－5　答案　(1)$\dfrac{\mu_0 I}{2\pi(b^2-a^2)}\cdot\dfrac{r^2-a^2}{r}$；(2)$\dfrac{3I}{2\pi(b^3-a^3)}$，$\dfrac{\mu_0 I}{2\pi r}\cdot\dfrac{r^3-a^3}{b^3-a^3}$

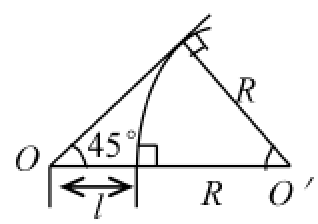
解析　(1)取一半径为 r 的圆作为回路，由安培环路定理，可得 $2\pi rB=\mu_0\dfrac{I}{\pi(b^2-a^2)}\cdot\pi(r^2-a^2)$，所以，导体内部($a<r<b$)各点的磁感强度的大小为 $B=\dfrac{\mu_0 I}{2\pi(b^2-a^2)}\cdot\dfrac{r^2-a^2}{r}$.

(2)导体的电流 I 可以写为 $I=\int_a^b j\cdot 2\pi r\mathrm{d}r=\int_a^b kr\cdot 2\pi r\mathrm{d}r=2\pi k\cdot\dfrac{b^3-a^3}{3}$，所以，常数 $k=\dfrac{3I}{2\pi(b^3-a^3)}$，又由安培环路定理，可得 $2\pi rB=\mu_0\cdot\int_a^r kr\cdot 2\pi r\mathrm{d}r=\mu_0 k\cdot 2\pi\dfrac{r^3-a^3}{3}$，所以，导体内部($a<r<b$)各点的磁感强度的大小为 $B=\dfrac{\mu_0 I}{2\pi r}\cdot\dfrac{r^3-a^3}{b^3-a^3}$.

作业 25

25－1　CCBD

25－2　(1)匀速直线；匀速率圆周；等距螺旋线；(2)$0.80\times10^{-13}\boldsymbol{k}$ N；(3)$\dfrac{\mu_0 e^2 v}{4\pi a^2}$；垂直向上；(4)$\dfrac{2\pi mv\cos\theta}{eB}$；$\dfrac{mv\sin\theta}{eB}$；(5)n；p；(6)负；$\dfrac{IB}{nS}$



25－3　答案　$(\sqrt{2}+1)\dfrac{leB}{m}$

解析　电子进入磁场作圆周运动，圆心在底边上．当电子轨迹与上面边界相切时，对应最大速度，此时有如图所示情形，$(l+R)\sin 45°=R$，所以 $R=\dfrac{l}{\sqrt{2}-1}=(\sqrt{2}+1)l$，由 $R=\dfrac{eB}{mv}$，求出 v 最大值为 $v=\dfrac{eBR}{m}=(\sqrt{2}+1)\dfrac{leB}{m}$.

25－4　证明　设电子飞行的时间为 t，其做螺旋运动的时间为 T，则 $L=v_0\cos\alpha\cdot t$，$T=\dfrac{2\pi m_e}{eB}$，当 $t=nT$ 时，

电子能恰好打在 O 点，$L=v_0\cos\alpha\cdot nT=\dfrac{2\pi m_e n v_0\cos\alpha}{eB}$，结论得证.

25－5　答案　(1)p 型半导体；(2)$2.82\times10^{20}\ \text{m}^{-3}$

解析　(1)根据洛伦兹力公式：若为正电荷导电，则正电荷堆积在上表面，霍尔电场的方向由上指向下，故上表面电势高，可知该半导体是 p 型半导体.

(2)$U=K\dfrac{IB}{a}$，$K=\dfrac{1}{n_0q}$，$n_0=\dfrac{IB}{aqU}=2.82\times10^{20}\ \text{m}^{-3}$.

作业 26

26－1　CCCA

26－2　(1)$\sqrt{2}aIB$；(2)$p_m=\dfrac{1}{2}\pi I(R_2^2-R_1^2)$；$M_m=\dfrac{1}{2}\pi IB(R_2^2-R_1^2)$；(3)$\dfrac{e^2B}{4}\sqrt{\dfrac{r}{\pi\varepsilon_0 m_e}}$；(4)$9.34\times10^{-19}\ \text{A}\cdot\text{m}^2$；相反

26－3　答案　9.35×10^{-3} T

解析　对 OO' 轴而言，重力矩为 $M_1=2a\rho gS\cdot\dfrac{1}{2}a\sin\alpha+a\rho gSa\sin\alpha=2Sa^2\rho g\sin\alpha$，

磁力矩为 $M_2=BIa^2\sin(\dfrac{\pi}{2}-a)=Ia^2B\cos\alpha$，平衡时，$M_1=M_2$，所以 $2Sa^2\rho g\sin\alpha=Ia^2B\cos\alpha$，

$B=\dfrac{2S\rho g\tan\alpha}{I}\approx9.35\times10^{-3}$ T.

26－4　答案　$\dfrac{\pi}{5}k\omega BR^5$，方向在纸面内且垂直 $\boldsymbol{B}$ 向上

解析　在圆盘上取一个半径为 r、宽度为 $\mathrm{d}r$ 的圆环，其环上电荷为 $\mathrm{d}q=\sigma2\pi r\mathrm{d}r$，圆环以角速度$\omega$旋转，其圆电流为 $\mathrm{d}I=\sigma r\omega\mathrm{d}r$，其磁矩大小为 $\mathrm{d}m=\pi r^2\mathrm{d}I=\pi r^2(kr)\omega r\mathrm{d}r$，则圆环上电流所受的磁力矩为 $\mathrm{d}M=B\mathrm{d}m=\pi k\omega r^4\mathrm{d}r$，所以，圆盘所受总磁力矩 $M=\int\mathrm{d}M=\int_0^R\pi k\omega r^4\mathrm{d}r=\dfrac{\pi}{5}k\omega BR^5$，$\boldsymbol{M}$ 的方向在纸面内且垂直 $\boldsymbol{B}$ 向上.

26－5　答案　(1)$\pi a^2BI_0\sin^2\omega t$；(2)$\dfrac{1}{2}BI_0\omega\pi a^2$

解析　(1)$\boldsymbol{M}=\boldsymbol{p}_m\times\boldsymbol{B}$，$M(t)=Bp_m\sin\omega t=\pi a^2BI_0\sin^2\omega t$.

(2)$P=M\dfrac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t}=M\omega=BI_0\omega\pi a^2\sin^2\omega t$，$\bar{P}=\dfrac{1}{T}\int_0^T BI_0\omega\pi a^2\sin^2\omega t\mathrm{d}t=\dfrac{1}{2}BI_0\omega\pi a^2$.

作业 27

27－1　CBDBC

27－2　(1)-8.8×10^{-6}；抗；(2)小；容易；(3)①0.226 T；②300 A/m；(4)2.67；63.7

27－3　答案　(1)2.5×10^{-5} T，20 A/m；(2)0.105 T，20 A/m；(3)2.5×10^{-5} T，0.105 T

解析　(1)$H_0=nI=\dfrac{NI}{l}=20$ A/m，$B_0=\mu_0H_0=2.5\times10^{-5}$ T.

(2)$H=H_0=20$ A/m，$B=\mu H=\mu_rB_0=0.105$ T.

(3)由导线产生的磁场 $B_0=2.5\times10^{-5}$ T，管内合磁场 $B=B_0+B'$，所以 $B'=0.105$ T.

27－4　答案　(1)1.21×10^{-6} Wb；(2)9.58×10^3 A/m；(3)9.58×10^3 A/m

解析　(1)设磁场强度为 H，磁感强度为 B，$H=nI=\frac{NI}{l}$，$B=\mu_0\mu_r H=\frac{\mu_0\mu_r NI}{l}$，铁环的周长远大于横截面半径，所以在横截面内可以认为磁场是均匀的．所以，$\boldsymbol{\Phi}=\boldsymbol{BS}=\frac{\mu_0\mu_r NIS}{l}=1.21\times10^{-6}$ Wb.

(2)$M=(\mu_r-1)H\approx9.58\times10^3$ A/m.

(3)$i_S=M=9.58\times10^3$ A/m.

作业 28

28－1　ACAD

28－2　(1)等于；小于；(2)$\frac{3B\omega l^2}{8}$；$-\frac{3B\omega l^2}{8}$；0；(3)<；(4)一个电源；vBL；洛伦兹力

28－3　答案　$\frac{3\mu_0\pi r^2 Iv}{2N^4R^2}$

解析　由题意，大线圈中的电流 I 在小线圈回路处产生的磁场可视为均匀的．$B=\frac{\mu_0}{4\pi}\cdot\frac{2\pi IR^2}{(R^2+x^2)^{3/2}}=\frac{\mu_0 IR^2}{2(R^2+x^2)^{3/2}}$，$\boldsymbol{\Phi}=\boldsymbol{BS}=\frac{\mu_0}{2}\cdot\frac{IR^2}{(R^2+x^2)^{3/2}}\pi r^2\approx\frac{\mu_0\pi r^2 IR^2}{2x^3}$，小线圈中的感应电动势为 $\varepsilon_i=\left|\frac{d\Phi}{dt}\right|=\frac{3\mu_0\pi r^2 IR^2}{2x^4}\left|\frac{dx}{dt}\right|$

$=\frac{3\mu_0\pi r^2 IR^2}{2x^4}v$，当 $x=NR$ 时，$\varepsilon_i=\frac{3\mu_0\pi r^2 Iv}{2N^4R^2}$.

28－4　答案　0.01 T

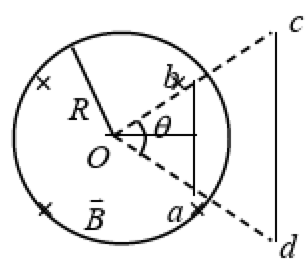
解析　$\varepsilon_i=\left|\frac{d\Phi}{dt}\right|$，$i=\frac{\varepsilon_i}{R}=\frac{1}{R}\left|\frac{d\Phi}{dt}\right|$，而 $i=\frac{dq}{dt}$，得 $dq=idt=\frac{1}{R}|d\Phi|$，$\int_0^Q dq=\frac{1}{R}\int_0^\Phi d\Phi$，$Q=\frac{1}{R}\Phi$，$\Phi=RQ=\pi\times10^{-5}$ Wb，因为 $\Phi=\pi r^2 B$，所以 $B=0.01$ T.

28－4　答案　$-\frac{\mu_0 Iv}{2\pi}\ln\frac{a+b}{a-b}$，方向为 $N\to M$，$\frac{\mu_0 Iv}{2\pi}\ln\frac{a+b}{a-b}$

解析　连接 MN，则 $MeNM$ 构成闭合回路，当整个回路以速度 v 运动时，通过整个回路的磁通量始终不变，即 $\triangle\boldsymbol{\Phi}_m=0$，则 $\varepsilon_{MeNM}=\varepsilon_{MeN}+\varepsilon_{NM}=-\frac{d\boldsymbol{\Phi}_m}{dt}=0$，即 $\varepsilon_{MeN}=\varepsilon_{MN}$，又因为

$\varepsilon_{MN}=\int_M^N \boldsymbol{vB}d\boldsymbol{l}=\int_{a-b}^{a+b} vB\cos\pi dr=-\int_{a-b}^{a+b}\frac{\mu_0 Iv}{2\pi r}dr=\frac{\mu_0 Iv}{2\pi r}\ln\frac{a-b}{a+b}<0$，所以大小为 $-\frac{\mu_0 Iv}{2\pi}\ln\frac{a+b}{a-b}$，方向为 $N\to M$，M 点电势高于 N 点电势，电势差 $V_{MN}=\frac{\mu_0 Iv}{2\pi}\ln\frac{a+b}{a-b}$.

作业 29

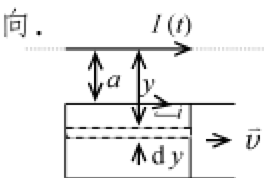


29－1　DDA

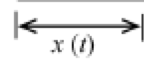
29－2　(1)$-\frac{\mu_0\pi r^2}{2R}I_0\omega\cos\omega t$；(2)0；(3)0；(4)$\frac{\mu_0\mu_r}{2\pi}\ln\frac{R_2}{R_1}$；(5)0.15 H

29－3　答案　3.68 mV，沿 $adcb$ 绕向

解析　大小：$\varepsilon=\left|\frac{d\Phi}{dt}\right|=\frac{SdB}{dt}=(\frac{1}{2}R^2\theta-\frac{1}{2}|Oa|^2\sin\theta)\frac{dB}{dt}=3.68$ mV，方向：沿 $adcb$ 绕向．



29－4　答案　$\frac{\mu_0}{2\pi}vI_0e^{-\lambda t}(\lambda t-1)\ln\frac{a+b}{a}$；方向：$\lambda t<1$ 时，逆时针，$\lambda t>1$ 时，顺时针



解析　线框内既有感生又有动生电动势。设顺时针绕向为ε的正方向.

由$\varepsilon=-\dfrac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t}$出发，先求任意时刻 t 的$\Phi(t)$，$\Phi(t)=\int \boldsymbol{B}\mathrm{d}\boldsymbol{S}=\int_a^{a+b}\dfrac{\mu_0 I(t)}{2\pi y}x(t)\mathrm{d}y=\dfrac{\mu_0}{2\pi}I(t)x(t)\ln\dfrac{a+b}{a}$,

$\dfrac{\mathrm{d}\Phi(t)}{\mathrm{d}t}=\dfrac{\mu_0}{2\pi}(\ln\dfrac{a+b}{a})(\dfrac{\mathrm{d}I}{\mathrm{d}t}x+I\dfrac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t})=\dfrac{\mu_0}{2\pi}vI_0\mathrm{e}^{-\lambda t}(1-\lambda t)\ln\dfrac{a+b}{a}$，$\varepsilon=-\dfrac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t}=\dfrac{\mu_0}{2\pi}vI_0\mathrm{e}^{-\lambda t}(\lambda t-1)\ln\dfrac{a+b}{a}$，$\varepsilon$方向：$\lambda t<1$ 时，逆时针，$\lambda t>1$ 时，顺时针.

29－5　**答案**　(1)$\dfrac{3\mu_0 lI_0}{2\pi}\ln\dfrac{b}{a}\mathrm{e}^{-3t}$，顺时针方向；(2)$\dfrac{\mu_0 l}{2\pi}\ln\dfrac{b}{a}$

解析　(1)先求通过矩形线圈的磁通量，有 $\mathrm{d}\Phi=\boldsymbol{B}\mathrm{d}\boldsymbol{S}=Bl\mathrm{d}r$，$B=\dfrac{\mu_0 I}{2\pi r}$，$\Phi=\int_a^b\dfrac{\mu_0 I}{2\pi r}l\mathrm{d}r=\dfrac{\mu_0 Il}{2\pi}\ln\dfrac{b}{a}$,

所以，矩形线圈中感应电动势的大小$\varepsilon=-\dfrac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t}=-\dfrac{\mu_0 Il}{2\pi}(\ln\dfrac{b}{a})(\dfrac{\mathrm{d}I}{\mathrm{d}t})=\dfrac{3\mu_0 lI_0}{2\pi}\ln\dfrac{b}{a}\mathrm{e}^{-3t}$，感应电流的方向为顺时针方向.

(2)导线与线圈的互感系数 $M=\dfrac{\Phi}{I}=\dfrac{\mu_0 l}{2\pi}\ln\dfrac{b}{a}$.

作业 30

30－1　CBAD

30－2　(1)1∶16；(2)$\pi R^2\varepsilon_0\dfrac{\mathrm{d}E}{\mathrm{d}t}$；与 $\boldsymbol{E}$ 方向相同(或由正极板垂直指向负极板)；(3)$\dfrac{q_0\omega\cos\omega t}{\pi R^2}$；$\dfrac{q_0\omega r\cos\omega t}{2\pi R^2}$；

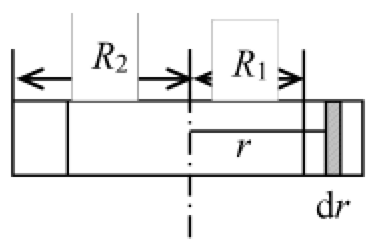
(4)$\oint_S \boldsymbol{D}\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{S}=\int_V \rho\mathrm{d}V$；$\oint_L \boldsymbol{E}\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{l}=-\int_S\dfrac{\partial\boldsymbol{B}}{\partial t}\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{S}$；$\oint_S \boldsymbol{B}\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{S}=0$；$\oint_L \boldsymbol{H}\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{l}=\int_S(\boldsymbol{J}+\dfrac{\partial\boldsymbol{D}}{\partial t})\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{S}$

30－3　**答案**　$\dfrac{\mu I^2 l}{4\pi}\ln\dfrac{R_2}{R_1}$

解析　$\oint \boldsymbol{H}\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{l}=\sum I_i$，$2\pi rH=I(R_1<r<R_2)$，$H=\dfrac{I}{2\pi r}$，$B=\mu H=\dfrac{\mu I}{2\pi r}$，$w_m=\dfrac{B^2}{2\mu}=\dfrac{\mu^2 I^2}{2\mu(2\pi r)^2}$,

$\mathrm{d}W_m=w_m\mathrm{d}V=w_m 2\pi r\mathrm{d}r\cdot l=\dfrac{\mu I^2}{2(2\pi r)^2}2\pi rl\mathrm{d}r$，$W_m=\int_{R_1}^{R_2}\mathrm{d}W_m=\dfrac{\mu I^2 l}{4\pi}\int_{R_1}^{R_2}\dfrac{\mathrm{d}r}{r}=\dfrac{\mu I^2 l}{4\pi}\ln\dfrac{R_2}{R_1}$.

30－4　**答案**　$\dfrac{\mu N^2 bI_0^2}{8\pi}\ln\dfrac{R_2}{R_1}$



解析　由安培环路定理知 $B=\dfrac{\mu IN}{2\pi r}(R_1\leqslant r\leqslant R_2)$，磁能密度 $w=\dfrac{B^2}{2\mu}$,

总能量 $W=\int_{R_1}^{R_2}\dfrac{B^2 2\pi rb}{2\mu}\mathrm{d}r=\dfrac{\mu N^2 bI^2}{8\pi}\int_{R_1}^{R_2}\dfrac{\mathrm{d}r}{r}=\dfrac{\mu N^2 bI^2}{8\pi}\ln\dfrac{R_2}{R_1}$,

一周期平均值$\overline{W}=\dfrac{\mu N^2 bI_0^2}{8\pi}\ln\dfrac{R_2}{R_1}\cdot\dfrac{1}{T}\int_0^T\sin^2\omega t\mathrm{d}t=\dfrac{\mu N^2 bI_0^2}{8\pi}\ln\dfrac{R_2}{R_1}\cdot\dfrac{1}{T}\int_0^T\dfrac{1-\cos 2\omega t}{2}\mathrm{d}t=\dfrac{\mu N^2 bI_0^2}{8\pi}\ln\dfrac{R_2}{R_1}$.

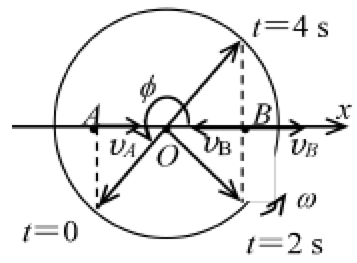
30－5　**答案**　(1)2.78×10^{-5} A；(2)2.78×10^{-11} T

解析　(1)电容器两极板之间的位移电流为 $I_d=\pi R^2\varepsilon_0\dfrac{\mathrm{d}E}{\mathrm{d}t}=2.78\times10^{-5}$ A.

(2)根据全电流定律$\oint_L \boldsymbol{H}\cdot\mathrm{d}\boldsymbol{l}=I_d$，有 $2\pi rH=\pi r^2\varepsilon_0\dfrac{\mathrm{d}E}{\mathrm{d}t}$，$H=\dfrac{1}{2}r\varepsilon_0\dfrac{\mathrm{d}E}{\mathrm{d}t}$,

可得磁感强度的大小为 $B_r=\frac{1}{2}r\mu_0\varepsilon_0\frac{dE}{dt}=2.78\times10^{-11}$ T.

作业 31



31－1　ABBC

31－2　(1)π；$\frac{3\pi}{2}$；$\frac{\pi}{3}$；(2)10 cm；$\frac{\pi}{6}$ rad/s；$\frac{\pi}{3}$；(3)$\sqrt{2}T_0$；(4)$\frac{3\pi}{4}$

31－3　答案　(1)$x=5\sqrt{2}\times10^{-2}\cos(\frac{\pi t}{4}-\frac{3\pi}{4})$ (m)；(2)3.93×10^{-2} m/s

解析　(1)由旋转矢量图和$|v_A|=|v_B|$可知$\frac{T}{2}=4$ 秒，$T=8$ s，$\nu=\frac{1}{8}$ s^{-1}，$\omega=2\pi\nu=\frac{\pi}{4}$ s^{-1}，以$\overline{AB}$的中点为坐标原点，x 轴指向右方．$t=0$ 时，$x=-5$ cm$=A\cos\phi$，$t=2$ s 时，$x=5$ cm$=A\cos(2\omega+\phi)=-\sin\phi$，由二式解得 $\tan\phi=1$，因为在 A 点质点的速度大于零，所以$\phi=-\frac{3\pi}{4}$或$\frac{5\pi}{4}$(舍去)，$A=5\sqrt{2}$ cm，所以振动方程 $x=5\sqrt{2}\times10^{-2}\cos(\frac{\pi t}{4}-\frac{3\pi}{4})$ (m) (SI).

(2)速率 $v=|\frac{dx}{dt}|=|\frac{-5\sqrt{2}\pi\times10^{-2}}{4}\sin(\frac{\pi t}{4}-\frac{3\pi}{4})|$ (SI)，当 $t=0$ 时，质点在 A 点

$v=|\frac{dx}{dt}|=|\frac{-5\sqrt{2}\pi\times10^{-2}}{4}\sin(-\frac{3\pi}{4})|=3.93\times10^{-2}$ m/s.

31－4　答案　1.4 s，0.035 m

解析　二弹簧共同的等效劲度系数 $k=k_1+k_2=4$ N/m，$T_1=2\pi\sqrt{\frac{m_1}{k}}$，$m_1=\frac{kT_1^2}{4\pi^2}=0.10$ kg，粘上油泥

块之后 $m=m_1+m_2=0.2$ kg，新的周期 $T=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}=1.4$ s，物块速度 $v_1=\omega_1A_1$，油泥块和物块碰撞，所以水平方向动量守恒 $m_1v_1=(m_1+m_2)v$，碰撞后 $v=\frac{m_1v_1}{m_1+m_2}=0.16$ m/s，

新的振幅 $A=\sqrt{x_0^2+\frac{v}{\omega}}=\frac{v}{\omega}=0.035$ m.

31－5　答案　(1)0.63 s，10 s^{-1}；(2)-1.3 m/s，$\frac{\pi}{3}$；(3)$x=15\times10^{-2}\cos(10t+\frac{\pi}{3})$ (m)

解析　(1)$\omega=\sqrt{\frac{k}{m}}=10$ s^{-1}，$T=\frac{2\pi}{\omega}=0.63$ s.

(2)$A=15$ cm，在 $t=0$ 时，$x_0=7.5$ cm，$v_0<0$，故 $A=\sqrt{x_0^2+\frac{v}{\omega}}$，$v_0=-\omega\sqrt{A^2-x_0^2}=-1.3$ m/s，

$\phi=\arctan(-\frac{v_0}{\omega x_0})=\frac{\pi}{3}$或$\frac{4\pi}{3}$，因为 $x_0>0$，所以$\phi=\frac{\pi}{3}$.

(3)由前：$x=15\times10^{-2}\cos(10t+\frac{\pi}{3})$ (m) (SI)

作业 32

32－1　DDB

32－2　(1)0.84；(2)$\frac{T}{8}$；$\frac{3T}{8}$；(3)$\frac{3}{4}$；$2\pi\sqrt{\frac{\triangle l}{g}}$；(4)$|A_1-A_2|$；$x=|A_1-A_2|\cos(\frac{2\pi}{T}t+\frac{\pi}{2})$；(5)$4\times10^{-2}$ m；$\frac{\pi}{2}$；(6)1.47；(7)291 Hz 或 309 Hz；(8)4∶3

32－3　**答案**　(1)$\pm4.24\times10^{-2}$ m；(2)0.75 s

解析　(1)势能 $W_P=\frac{1}{2}kx^2$，总能量 $E=\frac{1}{2}kA^2$，由题意，$\frac{1}{2}kx^2=\frac{1}{4}kA^2$，$x=\pm\frac{A}{\sqrt{2}}=\pm4.24\times10^{-2}$ m.

(2)周期 $T=\frac{2\pi}{\omega}=6$ s，从平衡位置运动到 $x=\pm\frac{A}{\sqrt{2}}$ 的最短时间 $\triangle t$ 为 $\frac{T}{8}$，所以 $\triangle t=0.75$ s.

32－4　**答案**　(1)0.444 N；(2)1.07×10^{-2} J；4.44×10^{-4} J

解析　(1)取平衡位置为原点，向下为 x 正方向．设物体在平衡位置时弹簧的伸长量为 $\triangle l$，则有 $mg=k\triangle l$，加拉力 F 后弹簧又伸长 x_0，则 $F+mg-k(\triangle l+x_0)=0$，$F=kx_0$，

由题意 $t=0$ 时 $v_0=0$，$x=x_0$，则 $A=\sqrt{x_0^2+\frac{v}{\omega}}=x_0$，又由题给物体振动周期 $T=\frac{32}{48}$ s，

可得角频率 $\omega=\frac{2\pi}{T}$，由于 $k=m\omega^2$，所以 $F=kA=\frac{4\pi^2m}{T^2}A=0.444$ N.

(2)平衡位置以下 1 cm 处，$v^2=(\frac{2\pi}{T})^2(A^2-x^2)$，$E_k=\frac{1}{2}mv^2=1.07\times10^{-2}$ J，

$E_P=\frac{1}{2}kx^2=\frac{1}{2}(\frac{4\pi^2m}{T^2})x^2=4.44\times10^{-4}$ J.

32－5　**答案**　$x=0.05\cos(2\pi t+2.22)$ (m)

解析　$A=\sqrt{A_1^2+A_2^2+2A_1A_2\cos(\varphi_1-\varphi_2)}=0.05$ m，$\varphi=\arctan\frac{A_1\sin\varphi_1+A_2\sin\varphi_2}{A_1\cos\varphi_1+A_2\cos\varphi_2}=\arctan\frac{3}{4}\approx2.22$，所以振动方程为 $x=0.05\cos(2\pi t+2.22)$ (m) (SI).

作业 33

33－1　CCD

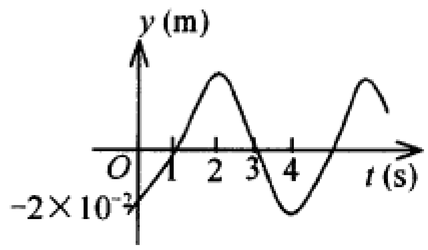
33－2　(1)503 m/s；(2)5.10×10^3 m/s；(3)125 rad/s，338 m/s，17.0 m；(4)$y=0.10\cos[165\pi(t-\frac{x}{330})-\pi]$ (SI)；(5)$y=A\cos(\frac{2\pi}{T}t-\frac{\pi}{2})$或 $y=A\sin\frac{2\pi}{T}t$；(6)80 N

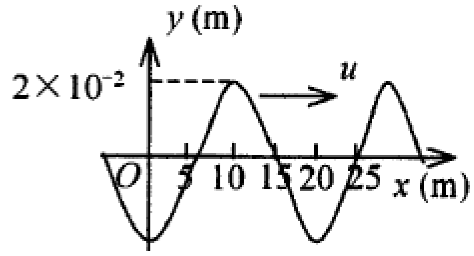
33－3　**答案**　$y=0.1\cos(7\pi t-\frac{\pi x}{0.12}-\frac{17\pi}{3})$ (m)或 $y=0.1\cos(7\pi t-\frac{\pi x}{0.12}+\frac{\pi}{3})$ (m)

解析　设平面简谐波的波长为λ，坐标原点处质点振动初相为ϕ，则该列平面简谐波的表达式可写成 $y=0.1\cos(7\pi t-\frac{2\pi x}{\lambda}+\phi)$ (SI)，$t=1$ s 时，$y=0.1\cos(7\pi-\frac{2\pi\cdot0.1}{\lambda}+\phi)=0$，因此时 a 质点向 y 轴负方向运动，故 $7\pi-\frac{2\pi\cdot0.1}{\lambda}+\phi=\frac{\pi}{2}$①，而此时，$b$ 质点正通过 $y=0.05$ m 处向 y 轴正方向运动，应有 $y=0.1\cos(7\pi-\frac{2\pi\cdot0.2}{\lambda}+\phi)=0.05$ 且 $7\pi-\frac{2\pi\cdot0.2}{\lambda}+\phi=-\frac{\pi}{3}$②，由①、②两式联立得$\lambda=0.24$ m，$\phi=-\frac{17\pi}{3}$，

所以，该平面简谐波的表达式为 $y=0.1\cos(7\pi t-\frac{\pi x}{0.12}-\frac{17\pi}{3})$ (m)或 $y=0.1\cos(7\pi t-\frac{\pi x}{0.12}+\frac{\pi}{3})$ (m).

33－4　答案　(1)$y=2\times10^{-2}\cos(\frac{\pi}{2}t-3\pi)$，振动曲线见下左；(2)$y=2\times10^{-2}\cos(\pi-\frac{\pi x}{10})$，波形曲线见下右





解析　(1)原点 O 处质元的振动方程为：$y=2\times10^{-2}\cos(\frac{\pi}{2}t-\frac{\pi}{2})$ (m)，波的表达式为：$y=2\times10^{-2}\cos(\frac{\pi}{2}(t-\frac{x}{5})-\frac{\pi}{2})$ (m)，$x=25$ m 处质元的振动方程为：$y=2\times10^{-2}\cos(\frac{\pi}{2}t-3\pi)$，振动曲线见上左.

(2)$t=3$ s 时波形曲线方程 $y=2\times10^{-2}\cos(\pi-\frac{\pi x}{10})$，波形曲线见上右.

33－5　答案　(1)$y=A\cos[2\pi(250t+\frac{x}{200})+\frac{\pi}{4}]$ (SI)；(2)$y=A\cos(500\pi t+\frac{5\pi}{4})$，$v=-500\pi A\cos(500\pi t+\frac{5\pi}{4})$ (SI)

解析　(1)由 P 点的运动方向，可判定该波向左传播．原点 O 处质点，$t=0$ 时 $\frac{\sqrt{2}A}{2}=A\cos\phi$，$v_0=-A\omega\sin\phi<0$，所以 $\phi=\frac{\pi}{4}$，O 处振动方程为 $y_0=A\cos(500\pi t+\frac{\pi}{4})$，由图可判定波长 $\lambda=200$ m，故波动表达式为 $y=A\cos[2\pi(250t+\frac{x}{200})+\frac{\pi}{4}]$ (SI).

(2)距 O 点 100 m 处 $y=A\cos(500\pi t+\frac{5\pi}{4})$ (SI)，$v=-500\pi A\cos(500\pi t+\frac{5\pi}{4})$ (SI).

作业 34

34－1　ACDCC

34－2　(1)4；(2)$\frac{\omega\lambda}{2\pi}Sw$；(3)$S_1$ 的相位比 S_2 的相位超前 $\frac{\pi}{2}$；(4)$A\cos[2\pi(vt+\frac{x}{\lambda})+\pi]$；$2A\cos(\frac{2\pi x}{\lambda}+\frac{\pi}{2})\cos(2\pi vt+\frac{\pi}{2})$；(5)811 Hz

34－3　答案　0(S_1 外侧)，$4I_0$(S_2 外侧)

解析　由题意，两个波源的初相位为 $\varphi_2-\varphi_1=-\frac{\pi}{2}$. 在 S_1 外侧任取一点 P，距 S_1 和 S_2 分别为 r_1 和 r_2，两列波传到 P 点时，相位差为 $\triangle\varphi=-\frac{\pi}{2}-2\pi\frac{r_2-r_1}{\lambda}=-\frac{\pi}{2}-2\pi\times\frac{1}{4}=-\pi$，$P$ 点合振幅 $A=0$，强度 $I_1=0$. 同理，在 S_2 外侧任取一点 Q，距 S_1 和 S_2 分别为 r_1' 和 r_2'，两列波传到 Q 点时，相位差为 $\triangle\varphi=-\frac{\pi}{2}-2\pi\frac{r_2'-r_1'}{\lambda}=-\frac{\pi}{2}-2\pi\times(-\frac{1}{4})=0$，$Q$ 点合振幅 $A=2A_0$，强度 $I_2=4I_0$.

34－4　答案　(1)$y_2=A\cos[2\pi(\frac{x}{\lambda}-\frac{t}{T})+\pi]$；(2)$y=2A\cos(\frac{2\pi x}{\lambda}+\frac{\pi}{2})\cos(\frac{2\pi t}{T}-\frac{\pi}{2})$；

(3)波腹位置：$x=\frac{1}{2}(n-\frac{1}{2})\lambda$，$n=1，2，3，4，\cdots$；波节位置：$x=\frac{1}{2}n\lambda$，$n=1，2，3，4，\cdots$

解析　(1)反射点是固定端，所以反射有相位突变π，因此反射波的表达式为 $y_2=A\cos[2\pi(\frac{x}{\lambda}-\frac{t}{T})+\pi]$.

(2)驻波的表达式是 $y=y_1+y_2=2A\cos(\frac{2\pi x}{\lambda}+\frac{\pi}{2})\cos(\frac{2\pi t}{T}-\frac{\pi}{2})$.

(3)波腹位置：$\frac{2\pi x}{\lambda}+\frac{\pi}{2}=n\pi$，$x=\frac{1}{2}(n-\frac{1}{2})\lambda$，$n=1，2，3，4，\cdots$；波节位置：$\frac{2\pi x}{\lambda}+\frac{\pi}{2}=n\pi+\frac{\pi}{2}$，

$x=\frac{1}{2}n\lambda$，$n=1，2，3，4，\cdots$.

34－5　答案　1.0 m/s

解析　A 点的观察者接收到的拍频是 S 振源向 A 处发射的波和向墙壁发射的波经反射到 A 处合成的结果．即 $\nu_1=\frac{V}{V-(-u)}\nu_0$，$\nu_2=\frac{V}{V-u}\nu_0$，$\triangle\nu=\nu_2-\nu_1=(\frac{V}{V-u}-\frac{V}{V+u})\nu_0=\frac{2uV\nu_0}{V^2-u^2}\approx\frac{2u\nu_0}{V}$，

$u=\frac{\triangle\nu V}{2\nu_0}=1.0$ m/s.

作业 35

35－1　ACDB

35－2　(1)$(n_1-n_2)e$ 或$(n_2-n_1)e$；(2)$d\sin\theta+(r_1-r_2)$；(3)0.72 mm；3.6 mm；(4)$\frac{\lambda D}{nd}$

35－3　答案　0.173 nm；6000 km

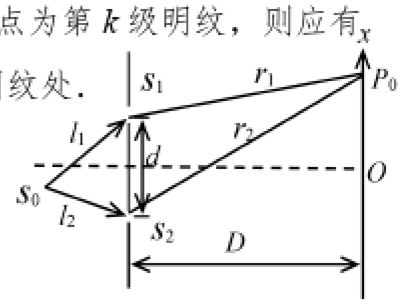
解析　因为$\lambda\nu=c$，所以$\lambda\triangle\nu=-\nu\triangle\lambda$，$\triangle\lambda=|-\frac{\lambda\triangle\nu}{\nu}|=\frac{c\triangle\nu}{\nu^2}=0.173$ mm，

$l_c=\frac{\lambda^2}{\triangle\lambda}=\frac{(\frac{c}{\nu})^2}{\frac{c\triangle\nu}{\nu^2}}=\frac{c}{\triangle\nu}=6000$ km.

35－4　答案　(1)0.11 m；(2)7 级明纹

解析　(1)$\triangle x=\frac{20D\lambda}{a}=0.11$ m.

(2)覆盖云玻璃后，零级明纹应满足$(n-1)e+r_1=r_2$，设不盖玻璃片时，此点为第 k 级明纹，则应有 $r_2-r_1=k\lambda$，$(n-1)e=k\lambda$，$k=\frac{(n-1)e}{\lambda}=6.96\approx7$，零级明纹移到原第 7 级明纹处．



35－5　答案　(1)$\frac{3D\lambda}{d}$；(2)$\frac{D\lambda}{d}$

解析　(1)如图，设 P_0 为零级明纹中心，则 $r_2-r_1\approx\frac{\overline{P_0O}\,d}{D}$，$(l_2+r_2)-(l_1+r_1)=0$，所以 $r_2-r_1=l_1-l_2=3\lambda$，$\overline{P_0O}=\frac{D(r_2-r_1)}{d}=\frac{3D\lambda}{d}$.

(2)在屏上距 O 点为 x 处，光程差$\delta=\frac{dx}{D}-3\lambda$，明纹条件$\delta=\pm k\lambda(k=1，2，\cdots)$，所以 $x_k=\frac{(\pm k\lambda+3\lambda)D}{d}$，

此处令 $k=0$，即为(1)的结果．相邻明条纹间距$\triangle x=x_{k+1}-x_k=\frac{D\lambda}{d}$.

作业 36

36－1　CBBD

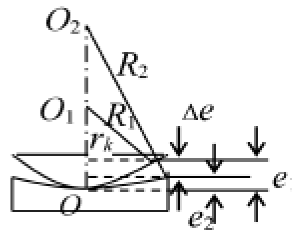
36－2　(1)$\frac{r_1^2}{r_2^2}$；(2)$\frac{2d}{\lambda}$；(3)$2(n-1)e-\frac{\lambda}{2}$；(4)$\frac{3\lambda}{2n}$；(5)$\frac{\lambda_1\lambda_2}{2(\lambda_2-\lambda_1)}$

36－3　**答案**　(1)500 nm；(2)50 个

解析　(1)明环半径 $r=\sqrt{\frac{(2k-1)R\lambda}{2}}$，$\lambda=\frac{2r^2}{(2k-1)R}=500\ \text{nm}$.

(2)$2k-1=\frac{2r^2}{R\lambda}$，对于 $r=1.00\ \text{cm}$，$k=\frac{r^2}{R\lambda}+0.5=50.5$，故在 OA 范围内可观察到的明环数目为 50 个.

36－4　**证明**　如图过接触点 O 作凸凹球面的公共切平面，第 k 个暗环半径处，凸凹球面与切平面的距离分别为 e_1、e_2，第 k 个暗环处空气薄膜的厚度$\triangle e$ 为$\triangle e=e_1-e_2$，由几何关系近似可得



$e_1=\frac{r_k^2}{2R_1}$，$e_2=\frac{r_k^2}{2R_2}$，第 k 个暗环的条件为 $2\triangle e+\frac{\lambda}{2}=\frac{1}{2}(2k+1)\lambda(k=1，2，3\cdots)$，

$2\triangle e=k\lambda$，$2\cdot\frac{r_k^2}{2}(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2})=k\lambda$，$r_k^2(\frac{R_2-R_1}{R_1R_2})=k\lambda$，$r_k^2=k\lambda\frac{R_1R_2}{R_2-R_1}(k=1，2，3\cdots)$.

36－5　**答案**　(1)4.8×10^{-5} rad；(2)明纹；(3)三条明纹，三条暗纹

解析　(1)棱边处是第一条暗纹中心，在膜厚度为 $e_2=\frac{\lambda}{2}$处是第二条暗纹中心，依此可知第四条暗纹中心处，即 A 处膜厚度 $e_4=\frac{3\lambda}{2}$，所以$\theta=\frac{e_4}{l}=\frac{3\lambda}{2l}=4.8\times10^{-5}$ rad.

(2)由上问可知 A 处膜厚为 $e_4=750\ \text{nm}$，对于$\lambda'=600\ \text{nm}$ 的光，连同附加光程差，在 A 处两反射光的光程差为 $2e_4+\frac{\lambda'}{2}$，它与波长λ'之比为$\frac{2e_4}{\lambda'}+\frac{1}{2}=3.0$，所以 A 处是明纹.

(3)棱边处仍是暗纹，A 处是第三条明纹，所以共有三条明纹，三条暗纹.

作业 37

37－1　BDD

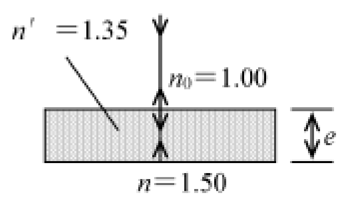
37－2　(1)$(\frac{4ne}{\lambda}-1)\pi$或$(\frac{4ne}{\lambda}+1)\pi$；(2)480 nm；(3)$\frac{2d}{N}$；(4)$2(n-1)h$

37－3　**答案**　111 nm

解析　因为 $2e\sqrt{n^2-\sin^2 i}-\frac{\lambda}{2}=k\lambda$，令 $k=0$，则 $2e\sqrt{n^2-\sin^2 i}=\frac{\lambda}{2}$，$e=\frac{\lambda}{4\sqrt{n^2-\sin^2 i}}=111\ \text{nm}$.

37－4　**答案**　7.78×10^{-4} mm

解析　设介质薄膜的厚度为 e，上、下表面反射均为由光疏介质到光密介质，故不计附加程差．当光垂直入射 $i=0$ 时，依公式有，对λ_1：$2n'e=\frac{1}{2}(2k+1)\lambda_1$①，按题意还应有，对$\lambda_2$：



$2n'e=k\lambda_2$②，由①、②解得：$k=\frac{\lambda_1}{2(\lambda_2-\lambda_1)}=3$，

将 k、λ_2、n' 代入②式得，$e=\frac{k\lambda_2}{2n'}=7.78\times10^{-4}$ mm.

37－5　**答案**　$5.00\times10^6\ \text{m}^2$

解析　因为原油的折射率小于水的折射率，所以分析可知干涉条件中不需要考虑半波损失.

已知 $n=1.25$，$\lambda=500\ \text{nm}$，干涉条件为 $2nd=\lambda$，油膜厚度为 $d=\dfrac{\lambda}{2n}=2.00\times10^{-7}\ \text{m}$，

油膜面积为 $S=\dfrac{V}{d}=5.00\times10^{6}\ \text{m}^2$.

37－6　**答案**　20 级，$2.95\times10^{-6}\ \text{m}$，5 级

解析　反射镜移动距离 $\triangle e=N\cdot\dfrac{\lambda}{2}=2.95\times10^{-6}\ \text{m}$，设开始时中心级次为 k，边缘级次为 $k-10$．则有

$2e=k\lambda$①，$2e\cos i_k=(k-10)\lambda$②，移动后：中心级次变为 $k-10$，边缘级次变为 $k-15$．则有
$2(e-\triangle e)=(k-10)\lambda$③，$2(e-\triangle e)\cos i_k=(k-15)\lambda$④，联立①、②、③、④式，
可解得 $k=20$，边缘处 $k-15=5$.

作业 38

38－1　BCCD

38－2　(1)子波；子波干涉(或子波相干叠加)；(2)4；第一；暗；(3)2.24×10^{-5}；4.47；(4)2.24×10^{-4}

38－3　**答案**　500 nm

解析　第三级暗纹：$a\sin\theta=2k\cdot\dfrac{\lambda}{2}$，$k=3$，$\sin\theta=\dfrac{3\lambda}{a}=\dfrac{x}{f}$，$\lambda=\dfrac{ax}{3f}=500\ \text{nm}$.

38－4　**答案**　(1)$\lambda_1=2\lambda_2$；(2)是

解析　(1)由单缝衍射暗纹公式得 $a\sin\theta_1=1\lambda_1$，$a\sin\theta_2=2\lambda_2$，由题意可知$\theta_1=\theta_2$，$\sin\theta_1=\sin\theta_2$，
代入上式可得$\lambda_1=2\lambda_2$.

(2)$a\sin\theta_1=k_1\lambda_1=2k_1\lambda_2$($k_1=1$，2，…)，$\sin\theta_1=\dfrac{2k_1\lambda_2}{a}$，$a\sin\theta_2=k_2\lambda_2$($k_2=1$，2，…)，$\sin\theta_2=\dfrac{k_2\lambda_2}{a}$，若

$k_2=2k_1$，则$\theta_1=\theta_2$，即λ_1的任一 k_1 级极小都有λ_2的 $2k_1$ 级极小与之重合.

38－5　**答案**　$4.9\times10^{3}\ \text{m}$

解析　设人眼在空气中最小分辨角为θ，汽车与人之距离为 S，$\theta=\dfrac{1.22\lambda}{d}$，$S\theta=l$，$S=\dfrac{l}{\theta}=4.9\times10^{3}\ \text{m}$.

38－6　**答案**　(1)$2.24\times10^{-4}\ \text{rad}$；(2)看不清

解析　(1)已知 $d=3\ \text{mm}$，$\lambda=550\ \text{nm}$，人眼的最小分辨角为$\theta=\dfrac{1.22\lambda}{d}=2.24\times10^{-4}\ \text{rad}$.

(2)设等号两横线相距$\triangle x=2\ \text{mm}$ 时，人距黑板 l 刚好看清，则 $l=\dfrac{\triangle x}{\theta}=8.9\ \text{m}$，所以距黑板 10 m 处

的同学看不清楚.

作业 39

39－1　DDDA

39－2　(1)一；三；(2)3；(3)30°；(4)916；(5)5；(6)3；5；(7)$2d$

39－3　**答案**　$3.05\times10^{-3}\ \text{mm}$

解析　由光栅衍射主极大公式得 $d\sin\varphi_1=k_1\lambda_1$，$d\sin\varphi_2=k_2\lambda_2$，$\dfrac{\sin\varphi_1}{\sin\varphi_2}=\dfrac{k_1\lambda_1}{k_2\lambda_2}=\dfrac{2k_1}{3k_2}$，当两谱线重合时有

$\varphi_1=\varphi_2$，即$\dfrac{k_1}{k_2}=\dfrac{3}{2}=\dfrac{6}{4}=\dfrac{9}{6}=\cdots\cdots$，两谱线第二次重合即是$\dfrac{k_1}{k_2}=\dfrac{6}{4}$，$k_1=6$，$k_2=4$，由光栅公式可知

$d\sin 60° = 6\lambda_1$，$d=\dfrac{6\lambda_1}{\sin 60°}=3.05\times10^{-3}$ mm.

39－4　**答案**　(1)能看到 5 条谱线，为 0，±1，±3 级；(2)能看 5 条谱线，为＋5，＋3，＋1，0，－1 级

解析　(1)$(a+b)\sin\varphi=k\lambda$，当$\varphi=\dfrac{\pi}{2}$时，$k=\dfrac{a+b}{\lambda}=3.39$，$k_{\max}=3$，又因为 $a=b$，$(a+b)\sin\varphi=2a\sin\varphi=k\lambda$，有谱线 $a\sin\varphi=\dfrac{k\lambda}{2}$，但当 $k=\pm2$，±4，±6，…时缺级，所以能看到 5 条谱线，为 0，±1，±3 级.

(2)$(a+b)(\sin\varphi+\sin\theta)=k\lambda$，$\theta=30°$，$\varphi=\pm90°$，$\varphi=\dfrac{\pi}{2}$时，$k=\dfrac{(a+b)(\sin 30°+\sin 90°)}{\lambda}=5.09$，取 $k_{\max}=5$，$\varphi=-\dfrac{\pi}{2}$时，$k=\dfrac{(a+b)(\sin 30°-\sin 90°)}{\lambda}=-1.7$，取 $k'_{\max}=-1$，因为 $a=b$，故第 2，4，…缺级，所以，能看 5 条谱线，为＋5，＋3，＋1，0，－1 级.

39－5　**答案**　100 cm

解析　光栅常数 $d=2\times10^{-5}$ m，设$\lambda_1=450$ nm，$\lambda_2=650$ nm，则据光栅方程，λ_1和λ_2的第 2 级谱线有 $d\sin\theta_1=2\lambda_1$，$d\sin\theta_2=2\lambda_2$，$\sin\theta_1=\dfrac{2\lambda_1}{d}$，$\sin\theta_2=\dfrac{2\lambda_2}{d}$，第 2 级光谱的宽度 $x_2-x_1=f(\tan\theta_2-\tan\theta_1)$，所以 $f=\dfrac{x_2-x_1}{\tan\theta_2-\tan\theta_1}=100$ cm.

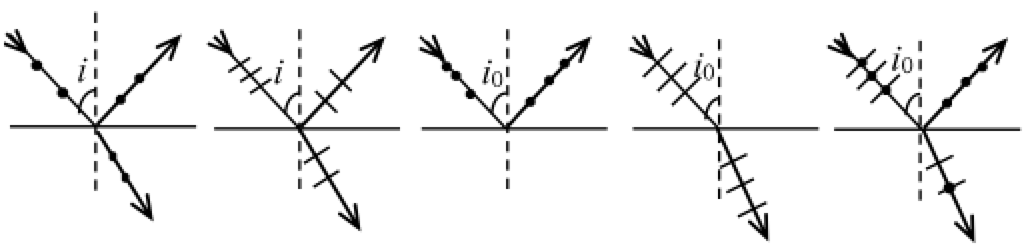
39－6　**答案**　0.168 nm

解析　设晶面间距为 d；第一束 X 射线波长为λ_1，掠射角$\lambda_1=30°$，级次 $k_1=1$；另一束射线波长为$\lambda_2=0.097$ nm，掠射角$\lambda_2=60°$，级次 $k_2=3$，根据布拉格公式：第一束：$2d\sin\theta_1=k_1\lambda_1$，第二束：$2d\sin\theta_2=k_2\lambda_2$，两式相除得$\lambda_1=\dfrac{k_2\lambda_2\sin\theta_1}{k_1\sin\theta_2}=0.168$ nm.

作业 40

40－1　ACDD

40－2　(1)2；$\dfrac{1}{4}$；(2)30°；1.73；(3)见下图；(4)完全偏振；垂直；(5)自然光或(和)圆偏振；线偏振光(完全偏振光)；部分偏振光或椭圆偏振光；(6)部分；90°(或$\dfrac{\pi}{2}$)



40－3　**答案**　22.5°

解析　设第二个偏振片与第一个偏振片的偏振化方向间的夹角为θ. 透过第一个偏振片后的光强 $I_1=\dfrac{I_0}{2}$，透过第二个偏振片后的光强为 I_2，由马吕斯定律 $I_2=\dfrac{I_0}{2}\cos^2\theta$，透过第三个偏振片的光强为 $I_3=I_2\cos^2(90°-\theta)=\dfrac{I_0}{8}\sin^2 2\theta$，由题意知 $I_3=\dfrac{I_2}{16}$，所以 $\sin^2 2\theta=\dfrac{1}{2}$，$\theta=22.5°$.

40－4 答案 (1)3；(2)4.5 mm

解析 (1)o 光振幅 $A_o=A\sin\theta$，e 光振幅 $A_e=A\cos\theta$，$\theta=60°$，两光强之比$\frac{I_o}{I_e}=(\frac{A_o}{A_e})^2=\tan^2\theta=3$.

(2)晶片厚度 $d=0.50$ mm 两光光程差$\delta=(n_e-n_o)d=4.5$ mm.

40－5 答案 8.56×10^{-7} m

解析 $\delta=(n_o-n_e)d=\frac{\lambda}{4}$，$d=\frac{\lambda}{4(n_o-n_e)}=8.56\times10^{-7}$ m.

作业 41

41－1 DDABD

41－2 (1)0.64；(2)482.8 nm；(3)2.40×10^3 K；(4)黑体辐射；认为黑体腔壁由许多带电简谐振子组成，每个振子辐射和吸收的能量值是不连续的，是能量子 $h\nu$ 的整数倍；(5)$\frac{A}{h}$；$\frac{h(\nu_1-\nu_0)}{e}$；(6)1.45 V；7.14×10^5 m/s；(7)1.5×10^{19}

41－3 答案 (1)3.87×10^{26} W；(2)5872 K

解析 (1)太阳在单位时间内辐射的总能量 $E=1.37\times10^3\times4\pi R_{SE}^2=3.87\times10^{26}$ W.

(2)太阳的辐射出射度 $E_0=\frac{E}{4\pi r_S^2}=0.674\times10^8$ W/m²，由斯特藩—玻尔兹曼定律 $E_0=\sigma T^4$，$T=\sqrt[4]{\frac{E_0}{\sigma}}=$ 5872 K.

41－4 答案 (1)565 nm；(2)173 nm

解析 (1)$A=h\nu_0=\frac{hc}{\lambda_0}$，$\lambda_0=\frac{hc}{A}=565$ nm．(2)$\frac{1}{2}mv^2=e|U_a|$，$h\nu=\frac{hc}{\lambda}=e|U_a|+A$，得$\lambda=\frac{hc}{e|U_a|+A}=173$ nm.

41－5 答案 2.12 eV

解析 当铜球充电达到正电势 U 时，有 $h\nu=eU+A+\frac{1}{2}mv^2$，当 $h\nu\leqslant eU+A$ 时，铜球不再放出电子，即 $eU\geqslant h\nu-A=\frac{hc}{\lambda}-A=2.12$ eV，故 $U\geqslant2.12$ eV 时，铜球不再放出电子.

作业 42

42－1 DADCCC

42－2 (1)$\frac{h\nu}{c}=\frac{h\nu'\cos\varphi}{c}+p\cos\theta$；(2)0.586；(3)①量子化定态假设；②量子化跃迁的频率法则 $\nu_{kn}=\frac{|E_n-E_k|}{h}$；③角动量量子化假设 $L=\frac{nh}{2\pi}$(其中 $n=1$，2，3，…)；(4)13.6；5；(5)2.55；(7)1；2；(8)5；10

42－3 答案 (1)1.024×10^{-10} m；(2)291 eV

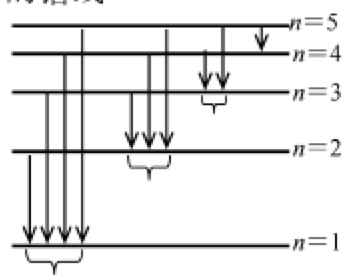
解析 (1)康普顿散射光子波长改变：$\triangle\lambda=hm_ec(1-\cos\phi)=0.024\times10^{-10}$ m，
$\lambda=\lambda_0+\triangle\lambda=1.024\times10^{-10}$ m.

(2)设反冲电子获得动能 $E_k=(m-m_e)c^2$，根据能量守恒：$h\nu_0=h\nu+(m-m_e)c^2=h\nu+E_k$，$\frac{hc}{\lambda_0}=\frac{hc}{\lambda_0+\triangle\lambda}+E_k$，$E_k=\frac{hc\triangle\lambda}{\lambda_0(\lambda_0+\triangle\lambda)}=4.66\times10^{-17}$ J$=291$ eV.

42－4 答案 (1)2.86 eV；(2)5，2；(3)4 个，10 条，图见下，由 $n=5$ 跃迁到 $n=1$ 的谱线

解析 (1)$h\nu=\frac{hc}{\lambda}=2.86$ eV.

(2)由于此谱线是巴耳末线系，其 $k=2$，



$E_k=\frac{E_1}{2^2}=-3.4\ \text{eV}(E_1=-13.6\ \text{eV})$，$E_n=\frac{E_1}{n^2}=E_k+h\nu$，$n=\sqrt{\frac{E_1}{E_k+h\nu}}=5$.

(3)可发射四个线系，共有 10 条谱线，如图所示．波长最短的是由 $n=5$ 跃迁到 $n=1$ 的谱线．

42－5　答案　9

解析　设激发态量子数为 n，根据玻尔理论：$E_n=E_1+h\nu$，对氢原子 $E_1=-13.6\ \text{eV}$(基态)，$h\nu=12.09\ \text{eV}$，所以 $E_n=-1.51\ \text{eV}$，另外，对氢原子有 $E_n=\frac{-13.6}{n^2}\ \text{eV}$，由此有 $-1.51=\frac{-13.6}{n^2}$，$n^2\approx 9$，$n=3$，氢原子的半径公式为 $r_n=n^2a_1=9a_1$，即氢原子的半径增加到基态时的 9 倍．

作业 43

43－1　ADCAD

43－2　(1)150 V；(2)$\frac{1}{\sqrt{3}}$；(3)0.146 nm(或 1.46 Å)；(4)$\frac{hc}{\sqrt{E_k^2+2E_k m_0c^2}}$；(5)$E_{\min}\geqslant\frac{1}{2}m(\frac{\hbar}{m\triangle x})^2$；$3.3\times 10^{-14}$ J

43－3　答案　3.71×10^{-12} m；4.6%

解析　用相对论计算，由 $p=mv=\frac{m_0v}{\sqrt{1-(\frac{v}{c})^2}}$①，$eU_{12}=\frac{m_0c^2}{\sqrt{1-(\frac{v}{c})^2}}-m_0c^2$②，$\lambda=\frac{h}{p}$③，计算得

$\lambda=\frac{hc}{\sqrt{eU_{12}(eU_{12}+2m_0c^2)}}=3.71\times 10^{-12}\ \text{m}$，若不考虑相对论效应，则 $p=m_0v$④，$eU_{12}=\frac{1}{2}m_0v$⑤，由③，④，⑤式计算得 $\lambda'=\frac{h}{\sqrt{2m_0eU_{12}}}=3.88\times 10^{-12}\ \text{m}$，相对误差 $\frac{|\lambda'-\lambda|}{\lambda}=4.6\%$.

43－4　答案　3.67×10^{-7} m；7.13×10^{-15} m

解析　根据不确定关系式 $\triangle E\triangle t\geqslant\hbar$，可得 $\triangle E\geqslant\frac{\hbar}{\triangle t}=0.659\times 10^{-7}\ \text{eV}$，根据光子能量与波长的关系 $E=h\nu=\frac{hc}{\lambda}$，则光子的波长 $\lambda=\frac{hc}{E}=3.67\times 10^{-7}\ \text{m}$，波长的最小不确定量为 $\triangle\lambda=\frac{hc\triangle E}{E^2}=7.13\times 10^{-15}\ \text{m}$.

43－5　答案　0.048 m

解析　光子动量 $p=\frac{h}{\lambda}$，按题意，动量的不确定量为 $\triangle p=|-\frac{h}{\lambda^2}|\triangle\lambda=\frac{h}{\lambda}\cdot\frac{\triangle\lambda}{\lambda}$，根据测不准关系式得

$\triangle x\geqslant\frac{h}{2\pi\triangle p}=\frac{h\lambda}{2\pi h\frac{\triangle\lambda}{\lambda}}=\frac{\lambda}{2\pi\frac{\triangle\lambda}{\lambda}}=0.048\ \text{m}$．(当然，也可以用 $\triangle x\triangle p_x\geqslant\frac{h}{4\pi}$ 或 $\triangle x\triangle p_x\geqslant h$，或 $\triangle x\triangle p_x\geqslant\frac{\hbar}{2}$，来计算 $\triangle x$．)

作业 44

44－1　BBDB

44－2　(1)粒子在 t 时刻在(x，y，z)处出现的概率密度；单值、有限、连续；$\iiint|\psi|^2\,\mathrm{d}x\mathrm{d}y\mathrm{d}z=1$；

(2)2；$2(2l+1)$；$2n^2$；(3)泡利不相容；能量最小；(4)0、$\pm\hbar$、$\pm 2\hbar$；

(5)电子自旋的角动量的空间取向量子化；(6)4；(7)$1s^22s^22p^2$；$1s^22s^22p^63s^23p^2$

44－3　答案　$E_n=\frac{h^2}{8ma^2}n^2$

解析　据已知条件 $a=\frac{n\lambda}{2}$①，又据德布罗意公式 $\lambda=\frac{h}{mv}$，$mv=\frac{h}{\lambda}$②，无限深势阱中粒子的能量为 $E=\frac{1}{2}mv^2$，$mv=m\sqrt{\frac{2E}{m}}=\sqrt{2mE}$③，由②、③式解得 $2mE=\frac{h^2}{\lambda^2}$，以①式代入得 $2mE_n=\frac{h^2}{4a^2}n^2$，

$E_n=\frac{h^2}{8ma^2}n^2$.

44－4　答案　$\frac{17}{81}$

解析　由波函数的性质得$\int_0^l|\psi|^2\,dx=1$，$\int_0^l c^2x^2(l-x)^2\,dx=1$，由此解得$c^2=\frac{30}{l^5}$，$c=\frac{\sqrt{\frac{30}{l}}}{l}$，设在$0\sim\frac{l}{3}$区间内发现该粒子的概率为$P$，则$P=\int_0^{\frac{l}{3}}|\psi|^2\,dx=\int_0^{\frac{l}{3}}30x^2[\frac{(l-x)^2}{l^5}]dx=\frac{17}{81}$.

44－5　答案　(1)$\frac{1}{4}-\frac{1}{2n\pi}\sin\frac{n\pi}{2}$；(2)$n=3$时，概率最大($P=\frac{1}{4}+\frac{1}{6\pi}$)；(3)$n\to\infty$，$P=\frac{1}{4}$表示当能量增大时，量子力学问题区于经典问题，粒子概率趋于平均

解析　(1)在$0\sim a$一维无限深方势阱中波函数为$\Psi(x)=\sqrt{\frac{2}{a}}\sin\frac{n\pi x}{a}$，在$0\sim\frac{a}{4}$的粒子概率为

$$P=\int_0^{\frac{a}{4}}|\psi|^2\,dx=\frac{2}{a}\int_0^{\frac{a}{4}}\sin^2\frac{n\pi x}{a}dx=\frac{2}{a}\cdot\frac{1}{2}\int_0^{\frac{a}{4}}(1-\cos\frac{2n\pi x}{a})dx=\frac{1}{a}[\frac{a}{4}-\frac{a}{2n\pi}\sin\frac{2n\pi}{a}]_0^{\frac{a}{4}}=\frac{1}{4}-\frac{1}{2n\pi}\sin\frac{n\pi}{2}.$$

(2)当$n=2k$时，$\sin\frac{n\pi}{2}=0$，$P=\frac{1}{4}$；当$n=2k+1$时，$\sin\frac{n\pi}{2}=\sin\frac{(2k+1)\pi}{2}=\begin{cases}1, & k=0，2，4\\-1, & k=1，3，5\end{cases}$，$P=\frac{1}{4}+\frac{(-1)^{k+1}}{2(2k+1)\pi}$，显然$k=1$时(即$n=3$)，$P$值最大，为$P=\frac{1}{4}+\frac{1}{6\pi}$.

(3)$n\to\infty$，$P=\frac{1}{4}$表示当能量增大时，量子力学问题区于经典问题，粒子概率趋于平均.

作业45

45－1　DCCDC

45－2　(1)10^6 m/s；(2)$\frac{3E_F}{5}$；$\frac{3}{4}\sqrt{\frac{2E_F}{m_e}}$；$\sqrt{\frac{6E_F}{5m_e}}$；(3)$N$；增大；(4)P型；靠近价带顶的禁带中；N型；靠近导带顶的禁带中；(5)514 nm；4.14 μm；可见光；红外

45－3　答案　(1)$\lambda_x=\frac{2a}{n_x}$，$\lambda_y=\frac{2a}{n_y}$，$\lambda_z=\frac{2a}{n_z}$，且n_x，n_y，n_z可独立任取1，2，3，……(整数值)；

(2)$p_x=\frac{h}{2a}n_x$，$p_y=\frac{h}{2a}n_y$，$p_z=\frac{h}{2a}n_z$；(3)$E=\frac{h^2}{8ma^2}(n_x^2+n_y^2+n_z^2)$

解析　(1)$\lambda_x=\frac{2a}{n_x}$，$\lambda_y=\frac{2a}{n_y}$，$\lambda_z=\frac{2a}{n_z}$，且n_x，n_y，n_z可独立任取1，2，3，……(整数值).

(2)$p_x=\frac{h}{2a}n_x$，$p_y=\frac{h}{2a}n_y$，$p_z=\frac{h}{2a}n_z$.(3)$E=\frac{h^2}{8ma^2}(n_x^2+n_y^2+n_z^2)$.

45－4　答案　(1)8.80×10^{-19} J(＝5.50 eV)；1.39×10^6 m/s；6.38×10^4 K；(2)5.24×10^{-10} m

解析　(1)金原子质量$m=\frac{M}{N_A}=3.27\times10^{-25}$ kg，以每个金原子有一个导电电子计，则有

$n=\frac{\rho N_A}{M}=5.898\times10^{28}\ m^{-3}$，$E_f=(3\pi^2)^{2/3}\frac{h^2n^{2/3}}{2m}=8.80\times10^{-19}$ J(＝5.50 eV)，$v_f=\sqrt{\frac{2E_f}{m}}=1.39\times10^6$ m/s，

$T_f=\frac{E_f}{\ }=6.38\times10^4$ K，(2)$\lambda=\frac{h}{\ }=5.24\times10^{-10}$ m

$T_f = \frac{\quad}{k} = 6.38\times10$ K. (2)$\lambda = \frac{\quad}{\sqrt{2mE_f}} = 5.24\times10$ m.

45－5 **答案** (1)$8.5\times10^{28}\ \mathrm{m^{-3}}$；(2)$2.4\times10^{-14}$ s；(3)2.6 nm；(4)38 nm

解析 (1)用类似上题的方法可求得 $n=8.5\times10^{28}\ \mathrm{m^{-3}}$.

(2)由电导式$\sigma=\frac{ne^2\tau}{m_e}$，得$\tau=\frac{m_e}{\rho ne^2}=2.4\times10^{-14}$ s．(3)$\overline{\lambda_1}=\sqrt{\frac{8kT}{\pi m_e}}\tau=2.6$ nm．(4)$\overline{\lambda_2}=v_F\tau=38$ nm．

45－6 **答案** (1)4.9×10^{-93}；(2)226 nm

解析 (1)由玻尔兹曼分布定律可得：$\frac{N_{up}}{N_{be}}=\mathrm{e}^{-\frac{E_g}{kT}}=4.9\times10^{-93}$，这一结果说明，由于禁带宽度大，实际金刚石的空带是空的．(2)$\lambda_{\max}=\frac{ch}{E_g}=226$ nm.

作业 46

46－1 CBBBC

46－2 (1)10^{-10} m；10^{-15} m；(2)10^{14}；(3)0；$\frac{1}{2}$；$\frac{1}{2}$；(4)2×10^{-15} m；(5)饱和性；(6)铜原子质量小于钴原子与氢原子质量之和；(7)$m_Xc^2-m_Yc^2$

46－3 **答案** 3.8×10^{-14} m，4.32×10^{-15} m，对金核可忽略反冲，对氮核不可忽略反冲，不能到达

解析 由于 6 MeV 比α粒子的静能(～4×10^3 MeV)要小得多，可知 6 MeV 是α粒子的动能 $E_{k\alpha}$，可不考虑相对论效应．以 M 表示靶核的质量，当α粒子达到离靶核最近时，两者速度相等，设其共同速度为 v'，则由动量守恒和质量守恒，得：$E_{k\alpha}=\frac{1}{2}(m_\alpha+M)v'^2+\frac{2Ze^2}{4\pi\varepsilon_0 r_{\min}}$，$m_\alpha v=(m_\alpha+M)v'$，解此二式，得 $E_{k\alpha}=\frac{m_\alpha}{m_\alpha+M}E_{k\alpha}+\frac{2Ze^2}{4\pi\varepsilon_0 r_{\min}}$，$r_{\min}=\frac{m_\alpha+M}{ME_{k\alpha}}\cdot\frac{2Ze^2}{4\pi\varepsilon_0}$，对金核，$M=197>>m_\alpha$，可忽略金核的反冲，则有 $r_{\min}\approx\frac{2Ze^2}{4\pi\varepsilon_0 E_{k\alpha}}=3.8\times10^{-14}$ m，对氮核，$M=14$，不可忽略其反冲，则有 $r_{\min}=\frac{m_\alpha+M}{ME_{k\alpha}}\cdot\frac{2Ze^2}{4\pi\varepsilon_0}=4.32\times10^{-15}$ m，而氮核的半径 $r_N=1.2\times\sqrt[3]{A}\times10^{-15}=2.89\times10^{-15}$ m，所以还不能说 6 MeV 的α粒子可到达氮核的核力范围之内．

46－4 **答案** 1.41×10^{17} Bq；7.05×10^{16} Bq

解析 起始活度：$A_0=\lambda N_0=\ln 2\times\frac{N_0}{T_{1/2}}=1.41\times10^{17}$ Bq，$A(t)=-\frac{\mathrm{d}N}{\mathrm{d}t}=A_0\mathrm{e}^{-\lambda t}=7.05\times10^{16}$ Bq.

46－5 **答案** 1.5×10^4 年

解析 ${}^{14}_{6}C$ 的丰度只有 $1.3\times10^{-10}\%$，所以 $N_0=2.35\times10^{11}$，而 $A=\frac{9}{60}\ \mathrm{s^{-1}}$，$\tau=8270\times3.15\times10^7$ s，由于 $A=A_0\mathrm{e}^{-t/\tau}=\frac{N_0}{\tau}\mathrm{e}^{-t/\tau}=1.5\times10^4$ 年．

46－6 **答案** 0.0862 MeV；4.8707 MeV

解析 由于 4.7825 MeV 比α粒子的静能(～4×10^3 MeV)要小得多，可知 4.7825 MeV 是α粒子的动能 $E_{k\alpha}$，可不考虑相对论效应．以 M_d 表示靶核的质量，m_α表示α粒子的质量，则由动量守恒得：$m_\alpha v_\alpha=M_d v_d$，子核的反冲能量为 $E_{kd}=\frac{1}{2}M_d v_d^2=0.0862$ MeV，此α衰变放出的总能量为

$E = E_{kd} + E_{k\alpha} = 4.8707\ \text{MeV}.$