练习册答案

练习一

1．$\vec{i}+6\vec{j}$，$\vec{i}+26\vec{j}$，$24\vec{j}$

2．$(3s/2k)^{2/3}$，$\frac{1}{2}kt^{-1/2}$，$x=x_0+\frac{2}{3}kt^{3/2}$

3．[2]

4．[3]

5．（1）由$\begin{cases}x=2t\\y=19-2t^2\end{cases}$得$y=19-\frac{1}{2}x^2(x\geq 0)$，此乃轨道方程

（2）$\vec{r}_2=4\vec{i}+11\vec{j}$，$\vec{r}_1=2\vec{i}+17\vec{j}$，$\therefore \bar{\vec{v}}=2\vec{i}-6\vec{j}$，$|\bar{\vec{v}}|=6.33m/s$

（3）$\vec{v}=\frac{d\vec{r}}{dt}=2\vec{i}-4t\vec{i}$，$\vec{a}=\frac{d\vec{v}}{dt}=-4\vec{j}$　$\therefore t=2s$ 时，$\bar{\vec{v}}=2\vec{i}-8\vec{j}$，$\vec{a}=-4\vec{j}$

（4）由$\vec{r}\perp\vec{v}$，有$\vec{r}\cdot\vec{v}=0$　$\therefore 4t-4t(19-2t^2)=0\Rightarrow\begin{cases}t=0\\ \text{或}t=3s\end{cases}$

当$t=0$时$\begin{cases}x=0\\y=19\end{cases}$　当$t=3s$时$\begin{cases}x=6\\y=1\end{cases}$

6．（1）$\because \frac{dv}{dt}=a$　　$\therefore \frac{dv}{dt}=-kv^{1/2}$

有$\int_{v_0}^{v}v^{-1/2}dv=\int_0^t -kdt\Rightarrow 2v^{1/2}-2v_0^{1/2}=-kt$　当$v=0$时，有$t=\frac{2\sqrt{v_0}}{k}$

（2）由（1）有$v=\left(\sqrt{v_0}-\frac{1}{2}kt\right)^2$

$$\Delta x=\int_0^t vdt=-\frac{2}{3k}\left(\sqrt{v_0}-\frac{1}{2}kt\right)^3\Bigg|_0^{2\sqrt{v_0}/k}=\frac{2{v_0}^{3/2}}{3k}$$

练习二

1．$\frac{g^2t}{\sqrt{v_0^2+g^2t^2}}$，$\frac{v_0g}{\sqrt{v_0^2+g^2t^2}}$

2．$4.8m/s^2$　　$230.4m/s^2$　　$3.15rad$

3．[2]

4．[3]

5．由约束方程　$l^2 = x^2 + h^2$　有：$2l\frac{dl}{dt} = 2x\frac{dx}{dt}$

即：$-2lv_0 = 2xv$……（1）　　$\therefore\ v = -\frac{l}{x}v_0 = -\frac{\sqrt{h^2+x^2}}{x}v_0$

对（1）两边求导，有：

$-v_0\frac{dl}{dt} = v\frac{dx}{dt} + x\frac{dv}{dt}$　　$\therefore a = \frac{dv}{dt} = \frac{v_0^2 - v^2}{x} = -\frac{h^2}{x^3}v_0^2$

6.（1）$\omega = \frac{v}{R} = 25rad/s$　（2）$\beta = \frac{\omega^2}{2\theta} = 39.8rad/s^2$

（3）$t = \frac{2\theta}{\omega} = 0.628s$

练习三

1. $\frac{m^2g^2}{2k}$
2. $882J$
3. [1]
4. [4]

5.（1）$W_f = \Delta E_k = \frac{1}{2}m\left(\frac{v_0}{2}\right)^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = -\frac{3}{8}mv_0^2$

（2）$W_f = -\mu mg \cdot 2\pi r$　$\therefore\ \mu = \frac{3v_0^2}{16\pi rg}$

（3）$N = (0 - \frac{1}{2}mv_0^2) \big/ \Delta E_k = \frac{4}{3}$（圈）

6．先用隔离体法画出物体的受力图
建立坐标，根据 $F = ma$ 的分量式

$\Sigma f_x = ma_x$　　$\Sigma f_y = ma_y$ 有

$F\cos\theta - f_\mu = ma_x$

$N + F\sin\theta - Mg = 0$　依题意有 $a_x \geq 0$，$f_\mu = \mu N$

$F \geq \frac{\mu Mg}{\cos\theta + \mu\sin\theta}$　令 $\frac{d}{d\theta}(\cos\theta + \mu\sin\theta) = 0$

$\therefore \theta = 21.8°$　　$F \geq 36.4$

练习四

1． $m\sqrt{gy_0}(1+\sqrt{2})$， $-\frac{1}{2}mv_0$

2． $\frac{Mv+mu}{M+m}$

3．[1]

4．[2]

5．将全过程分为三个阶段

（1）球下摆至最低处，m 和地球为系统，机械能守恒：

$mgl=\frac{1}{2}mv^2$ …………（1）

（2）球与钢块作弹性碰撞

水平方向动量守恒 $mv=Mv_2-mv_1$ ……… …（2）

机械能守恒 $\frac{1}{2}mv^2=\frac{1}{2}Mv_2^2+\frac{1}{2}mv_1^2$ ……… …（3）

（3）球上摆至最大高度处，m 和地球系统机械能守恒：

$\frac{1}{2}mv_1^2=mgh$ ……… …（4）

由（1）（2）（3）得：$v_1=\frac{M-m}{M+m}\sqrt{2gl}$，代入（4）得：$h=\frac{v_1^2}{2g}=0.36m$

6．设人抛球后的速度为$\vec{V}$，则人球系统抛球过程水平方向动量守恒

$\therefore (M+m)v_o=MV+m(u+V)$ $V=v_0-\frac{mu}{M+m}$

人对球施加的冲量

$I=m(u+V)-mv_0=\frac{mMu}{M+m}$ 方向水平向前

练习五

1． $\sqrt{3gl}$

2． $\frac{4}{3}\omega_0$.

3．[3]

4．[1]

5．$m_1g-T_1=m_1a_1$ $T_2-m_2g=m_2a_2$ $T_1R-T_2r=(J_1+J_2)\beta$ $a_1=R\beta$ $a_2=r\beta$

联立解得：$\beta=\frac{(m_1R-m_2r)g}{J_1+J_2+m_1R^2+m_2r^2}$

$$a_1=\frac{(m_1R-m_2r)Rg}{J_1+J_2+m_1R^2+m_2r^2} \qquad a_2=\frac{(m_1R-m_2r)rg}{J_1+J_2+m_1R^2+m_2r^2}$$

$$T_1=\frac{J_1+J_2+m_2r(R+r)}{J_1+J_2+m_1R^2+m_2r^2}m_1g \qquad T_2=\frac{J_1+J_2+m_1R(R+r)}{J_1+J_2+m_1R^2+m_2r^2}m_2g$$

6．（1）由角动量守恒得： $J_1\omega_1+J_2\omega_2=0$

$$MR^2\cdot\frac{v}{R}+J_2\omega_2=0 \qquad \omega_2=-\frac{mRv}{J_2}=-0.05(S^{-1})$$

（2）$[\omega_1-(-\omega_2)]t=2\pi$ $\qquad t=\frac{2\pi}{0.55}$ (s) $\qquad \theta=\omega_2t=\frac{2\pi}{11}$ (rad)

（3）$T=\frac{2\pi}{\omega}=\frac{2\pi R}{v}=4\pi$ (s) $\qquad \therefore\ \theta=\omega_2T=0.2\pi$ (rad)

练习六　流体力学（一）

1．$8\pi\times10^{-4}J$，$3.2N\cdot m^{-2}$

2．总是指向曲率中心

3．[3]

4．[4]

5．在大气压 $P_0=1.0136\times10^5Pa$ 时，泡内压强 $P=P_0+\frac{4\alpha}{R_1}$，移到气压为 P_0' 时泡内压强

$$P'=P_0'+\frac{4\alpha}{R_2} \qquad \therefore\ \mathrm{P}\times\frac{4}{3}\pi R_1^3=P'\cdot\frac{4}{3}\pi R_2^3$$

$$\left(P_0+\frac{4\alpha}{R_1}\right)\cdot R_1^3=\left(P_0'+\frac{4\alpha}{R_2}\right)R_2^3$$

$$p_0'=\left(P_0+\frac{4\alpha}{R_1}\right)\left(\frac{R_1}{R_2}\right)^3-\frac{4\alpha}{R_2}=1.27\times10^4(Pa)$$

6．首先在温度为 t_1 时，在液体中靠近两管弯曲液面处的压强分别有 $P_1=P_0-\frac{4\alpha_1}{d_1}$，

$P_2=P_0-\frac{4\alpha}{d_2}$，且有 $P_2=P_1+\rho gh_1$ $\qquad \therefore\ h_1=\frac{4\alpha_1}{\rho g}\left(\frac{1}{d_1}-\frac{1}{d_2}\right)$

同理当温度为 t_2 时，两管液面高度差为：

$$h_2 = \frac{4\alpha_2}{\rho g}\left(\frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2}\right)$$

$$\Delta h = h_1 - h_2 = \frac{4(\alpha_1 - \alpha_2)}{\rho g}\left(\frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2}\right)$$

$$= \frac{4 \times 0.15 \times (70-20) \times 10^{-3}}{10^3 \times 9.8} \times \left(\frac{1}{0.1 \times 10^{-3}} - \frac{1}{0.3 \times 10^{-3}}\right) = 20.4 \times 10^{-3} m$$

练习七　流体力学（二）

1．$0.72 m/s$

2．$0.46 m$

3．[3]

4．[2]

5．（1）粗细两处的流速分别为v_1与v_2

则　$Q = S_1 v_1 = S_2 v_2$

$$v_1 = \frac{Q}{S_1} = \frac{3000 cm^3 \cdot s^{-1}}{40 cm^2} = 75 cm \cdot s^{-1}$$

$$v_2 = \frac{Q}{S_2} = \frac{3000 cm^3 \cdot s^{-1}}{10 cm^2} = 300 cm \cdot s^{-1}$$

（2）粗细两处的压强分别为P_1与P_2

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

$$\Delta P = P_1 - P_2 = \frac{1}{2}\rho v_2^2 - \frac{1}{2}\rho v_1^2 = \frac{1}{2} \times 10^3 \times (3^2 - 0.75^2) = 4.22 \times 10^3 (Pa)$$

$$\rho_{水银} \cdot g \times \Delta h = \Delta P$$

$$\Delta h = 0.031 m$$

6．（1）射程　$s = vt$

$$\because \frac{1}{2}\rho v^2 = \rho g h \qquad \therefore v = \sqrt{2gh}$$

又　$H - h = \frac{1}{2} g t^2 \qquad t = \sqrt{\frac{2(H-h)}{g}}$

$$\therefore s = vt = \sqrt{2gh} \cdot \sqrt{\frac{2(H-h)}{g}} = 2\sqrt{h(H-h)}$$

（2）设在离槽底面为 x 处开一小孔，则同样有：

$$\frac{1}{2}\rho v_1^2=\rho g(H-x) \qquad v_1=\sqrt{2g(H-x)}$$

又 $$x=\frac{1}{2}gt_1^2 \qquad t_1=\sqrt{\frac{2x}{g}}$$

$$\therefore\ s_1=v_1t_1=2\sqrt{x(H-x)}=s=\sqrt{h(H-h)} \qquad \therefore\ x=h$$

则在离槽底为 h 的地方开一小孔，射程与前面相同。

练习八

1．$93m$，$10m$，$0m$，$2.5\times10^{-7}s$；

2．$5m$，$4s$；

3．[3]

4．[3]

5．$v_x'=\dfrac{v_x-u}{1-\dfrac{v_xu}{c^2}}=\dfrac{0.8c-(-0.6c)}{1-\dfrac{0.8c(-0.6c)}{c^2}}=\dfrac{1.4c}{1.48}=\dfrac{35}{37}c$

6．$\Delta t'=t_B'-t_A'=\gamma\left[(t_B-t_A)-\dfrac{u(x_B-x_A)}{c^2}\right]=-\dfrac{\gamma\,\mathrm{u}(x_B-x_A)}{c^2}=-\dfrac{u(x_B-x_A)}{c^2\sqrt{1-\left(\dfrac{u}{c}\right)^2}}$

$\dfrac{\Delta t'}{x_B-x_A}c^2=\dfrac{-u}{\sqrt{1-\left(\dfrac{u}{c}\right)^2}}$，两边平方得 $u=\dfrac{\sqrt{3}}{2}c$，$\gamma=2$

$\therefore\ \Delta x'=\gamma(\Delta x-u\Delta t)=\gamma\Delta x=2\times10^3m$ 又 $\because\ \Delta t'=t_B'-t_A'<0 \qquad t_B'<t_A'$

$\therefore B$ 事件比 A 事件先发生

练习九

1．$m=\dfrac{m_0}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}} \qquad m_0c^2\left(\dfrac{1}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}}-1\right) \qquad mc^2$

2．$75m^3$ $208kg$ $2.78kg\cdot m^{-3}$

3．[3]

4．[1]

5．（1）$A=m_2c^2-m_1c^2=(\gamma_2-\gamma_1)m_0c^2=3.4\times10^{-14}J$

（2） $eu = mc^2 - m_0c^2 = m_0c^2(\gamma - 1)$；$\gamma = \dfrac{eu}{m_0c^2} + 1 = 2.95$；$\gamma = \dfrac{1}{\sqrt{1-\dfrac{u^2}{c^2}}}$

$$m = \gamma\, m_0 = 2.95m_0 = 26.8\times10^{-31}kg \qquad v = c\sqrt{\gamma^{-2}} = 0.94c \qquad p = mv = 2.77m_0c$$

6．由洛仑兹变换 $\Delta x' = (\Delta x - u\Delta t)/\sqrt{1-u^2/c^2}$ ， $\Delta y' = \Delta y$ ， $\Delta z' = \Delta z$

$\Delta t' = (\Delta t - u\Delta x/c^2)/\sqrt{1-u^2/c^2}$ 可得 $\Delta x'^2 - (c\Delta t')^2 = \Delta x^2 - c^2\Delta t^2$

故 $\Delta x'^2 + \Delta y'^2 + \Delta z'^2 - (c\Delta t')^2 = \Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2 - (c\Delta t)^2$ 即 $\Delta S'^2 = \Delta S^2$

练习十

1．相同；不同；相同；
2．1:1 2:1 10:3
3．[2]
4．[2]
5．由 $pV = \dfrac{m}{M}RT \Rightarrow M = \dfrac{RT\rho}{P} = 2\times10^{-3}$ 千克/摩尔=2 克/摩尔

$\therefore$该气体为氢气，$\sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\dfrac{3RT}{M}} = 1.93\times10^3 m/s$

6.（1） $n = \dfrac{P}{kT} = \dfrac{1.013\times10^5}{1.38\times10^{-23}\times400} = 1.8\times10^{25}m^{-3}$

（2） $\mu = \dfrac{M}{N_0} = \dfrac{32\times10^{-3}}{6.02\times10^{23}} = 5.3\times10^{-26}kg$

（3） $\rho = \dfrac{m}{V} = \dfrac{Mp}{RT} = 0.98kg/m^3$

（4） $E_k = n\times\dfrac{5}{2}kT = 2.5\times10^5 J$

练习十一

1．在速率 $v - v + dv$ 内的分子数
2．>
3．[4]
4．[1]
5． $\Delta E = E - E_0 = \dfrac{m}{M}\dfrac{i}{2}RT - \dfrac{m_0}{M}\dfrac{i}{2}RT_0 = \dfrac{i}{2}(p_0V - p_0V) = 0$

$$\frac{m}{M}-\frac{m_0}{M}=\frac{p_0V}{RT}-\frac{p_0V}{RT_0}=\frac{p_0V(T_0-T)}{RTT_0}$$

6.（1）由 $p=nkT$，得 $n_1:n_2=1:1$

（2）由 $\bar{v}=1.6\sqrt{\frac{RT}{M}}$ 得 $\overline{v_1}:\overline{v_2}=\sqrt{M_2}:\sqrt{M_1}=\sqrt{2}:\sqrt{32}=1:4$

练习十二

1．相同；不同

2． $a\left(\frac{1}{V_1}-\frac{1}{V_2}\right)$；降低

3．[3]

4．[2]

5.（1）由 abc 过程：$Q_{abc}=E_c-E_a+W_{abc}$ 得 $E_c-E_a=224J$

adc 过程：$Q_{adc}=E_c-E_a+W_{adc}=266J$

（2）ca 过程：$Q_{ca}=E_a-E_c+W_{ca}=-224-84=-308J$ 放热

6.（1）$a\to b$ 等容：$W_1=0$ $Q_1=\Delta E_1=\frac{5}{2}R(T_2-T_1)=1247J$

$b\to c$ 等温：$\Delta E_2=0$ $Q_2=W_2=RT_2\ln\frac{V_2}{V_1}=RT_2\ln 2=2033J$

$\therefore Q_{abc}=Q_1+Q_2=3280J$，$W_{abc}=W_2=2033J$，$E_c-E_a=\Delta E_1=1247J$

（2）$a\to d$ 等温：$\Delta E_1=0$ $Q_1=W_1=RT_1\ln 2=1687J$

$d\to c$ 等容：$W_2=0$ $Q_2=\Delta E_2=5/2R(T_2-T_1)=1247J$

$\therefore Q_{abc}=Q_1+Q_2=2934J$，$W_{abc}=W_1=1687J$，$E_c-E_a=\Delta E_2=1247J$

练习十三

1．等压；$\frac{1}{2}RT_0$

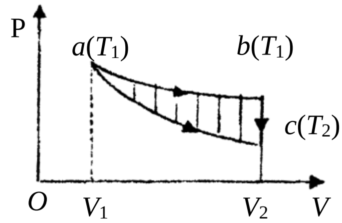
2．[2]

3．[2]
4．[3]

5．（1）绝热过程 $a \to c$ $T_1V_1^{\gamma-1} = T_2V_2^{\gamma-1}$

$$W_{ac} = -\Delta E = \frac{5R}{2}(T_1 - T_2) = \frac{5}{2}RT_1\left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}\right] = \frac{5}{2}RT_1[1 - 0.1^{0.4}] = 3.75\times10^3\,J$$

（2）等温过程 $a \to b$ 作功，等容过程 $b \to c$ 不作功



$$W_{abc} = W_{ab} = RT_1\ln\frac{V_2}{V_1} = RT_1\ln10 = 5.73\times10^3\,J$$

（3）由 $p = nkT = \dfrac{N}{V}kT$ 知，等温膨胀过程，p 只随 V 的增大而减少，而绝热膨胀过程 p 随 V 的增大和 T 的降低较快地减小，因为 $W = \int_{V_1}^{V_2} pdV$，所以系统从同一初态膨胀相同体积时，等温过程作的功比绝热过程多。

6．$W = -\Delta E = \dfrac{m}{M}\dfrac{i}{2}R(T_0 - T) = \dfrac{i}{2}(p_0V_0 - pV)$

又 $\gamma = \dfrac{C_p}{C_v} = \dfrac{i+2}{i} = 1 + \dfrac{2}{i} \Rightarrow \dfrac{i}{2} = \dfrac{1}{\gamma - 1}$ $W = \dfrac{p_0V_0 - pV}{\gamma - 1}$

练习十四

1．$467K$；$234K$
2．[2]
3．[3]
4．[2]

5．（1）$1 \to 2$ 等温：$p_1V_1 = p_2V_2$ $p_2 = \dfrac{V_1}{V_2}p_1 = 5atm$

$2 \to 3$ 绝热：$T_1V_2^{\gamma-1} = T_2V_3^{\gamma-1}$ $V_3 = \left(\dfrac{T_1}{T_2}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}V_2 = 48.8\times10^{-3}m^3$

$p_2V_2^{\gamma} = p_3V_3^{\gamma}$ $P_3 = \left(\dfrac{V_2}{V_3}\right)^{\gamma}p_2 = 1.43atm$

$4 \to 1$ 绝热：$p_4^{\gamma-1}T_2^{-\gamma} = p_1^{\gamma-1}T_1^{-\gamma}$ $p_4 = \left(\dfrac{T_1}{T_2}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}p_1 = 2.87atm$

$3 \to 4$ 等温：$p_3V_3 = p_4V_4$ $V_4 = \left(\dfrac{p_3}{p_4}\right)V_3 = 24.4\times10^{-3}m^3$

（2）$W = Q_1 - |Q_2| = \frac{m}{M} R\left(T_1 \ln\frac{V_2}{V_1} - T_2 \ln\frac{V_3}{V_4}\right) = (p_1V_1 - p_3V_3)\ln 2 = 2.1\times 10^3\, J$

（3）$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 30\%$

6．（1）$\Delta S = \Delta S_{12} + \Delta S_{23} = \int_{T_1}^{T_2} \frac{C_p dT}{T} + \int_{T_2}^{T_3} \frac{C_V dT}{T} = C_p \ln\frac{T_2}{T_1} + C_V \ln\frac{T_3}{T_2}$

由于$T_1 = T_3$，$C_p = C_V + R$，所以可得 $\Delta S = R\ln\frac{T_2}{T_1} = R\ln\frac{V_2}{V_1}$

（2）$\Delta S = \frac{Q}{T_1} = \frac{1}{T_1} RT_1 \ln\frac{V_2}{V_1} = R\ln\frac{V_2}{V_1}$

（3）$\Delta S = \Delta S_{14} + \Delta S_{43} = 0 + \int_{T_4}^{T_3} \frac{C_p dT}{T} = C_p \ln\frac{T_3}{T_4} = C_p \ln\frac{T_1}{T_4}$

$\because\ p_1V_1 = p_3V_2$ 和 $T_1/T_4 = (p_4/p_1)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$ $\quad\therefore\ (p_3/p_1)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = (V_1/V_2)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$

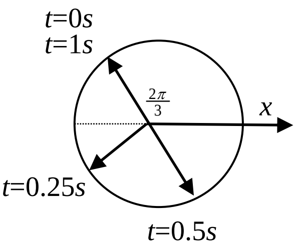
$\therefore\ \Delta S = C_p \ln\frac{T_1}{T_4} = C_p \frac{1-\gamma}{\gamma} \ln\frac{V_1}{V_2} = R\ln\frac{V_2}{V_1}$

三次计算的ΔS都相等，说明熵变只与始末状态有关。

练习十五

1．$1s$，$\frac{2}{3}\pi$，$\frac{14}{3}\pi$，$5s$

2．见右图



3．[3]

4．[2]

5．（1）$x_0 = 0.4\sin\left(-\frac{\pi}{2}\right) = -0.4m$，$v_0 = 2\cos\left(-\frac{\pi}{2}\right) = 0$

（2）在振动方程中，令$t = \frac{4}{3}\pi$得，$x = 0.4\sin\left(\frac{37}{6}\pi\right) = 0.2m$

又 $v = 2\cos\left(\frac{37}{6}\pi\right) = 1.73m/s$，$a = -10\sin\left(\frac{37}{6}\pi\right) = -5m/s^2$

（3）由$x = 0.4\sin\left(5t - \frac{\pi}{2}\right) = \pm 0.2$，$v = 2\cos\left(5t - \frac{\pi}{2}\right) > 0$

得 $(5t-2\pi)=\frac{\pi}{6}$，$\frac{11\pi}{6}$，$\therefore\ v=2\cos\left(5t-\frac{\pi}{2}\right)=1.73m/s$

$a=-10\sin\left(5t-\frac{\pi}{2}\right)=\mp 5m/s^2$，$F=ma=0.04a=\mp 0.2N$

6.（1）$A=0.04m$，$\omega=\frac{2\pi}{T}=2\pi$，由 $x_0=\frac{A}{2}$，$v_0>0$，得 $\varphi=-\frac{\pi}{3}$　$\therefore\ x=0.04\cos\left(2\pi t-\frac{\pi}{3}\right)m$

（2）$\varphi_i=\left(2\pi t_i-\frac{\pi}{3}\right)=\begin{cases} a点:x_a=A,v_a=0\to\varphi_a=0,\ t_a=\frac{1}{6}s \\ b点:x_b=A/2,\ v_b<0\to\varphi_b=\frac{\pi}{3},\ t_b=\frac{1}{3}s \\ c点:x_c=-A,\ v_c=0\to\varphi_c=\pi,\ t_c=\frac{2}{3}s \end{cases}$

练习十六

1．2:1，1:4

2．$1cm$，$\frac{-\pi}{3}$，$12s$

3．[2]

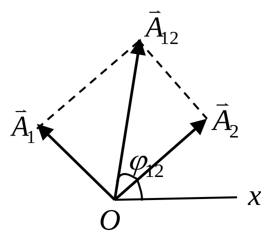
4．[1]

5.（1）$\because\ a_{\max}=A\omega^2$　$\therefore\ E_k=E=\frac{1}{2}m\omega^2A^2=\frac{1}{2}mAa_{\max}=2\times10^{-5}J$

（2）$E_p=\frac{1}{2}kx^2=\frac{1}{2}E=\frac{1}{4}kA^2$，$\therefore\ x=\pm\frac{A}{\sqrt{2}}=\pm0.71cm$

6.（1）见图，$A_{12}=5m$，$tg\varphi_{12}=7$，$\varphi_{12}=81.9°$

（2）取初相 $|\varphi|<2\pi$，则有 $\begin{cases}\varphi_3-\varphi_1=0,\ \varphi_3=3\pi/4 \\ \varphi_3-\varphi_2=\pi,\ \varphi_3=5\pi/4\end{cases}$



练习十七

1．机械振动在弹性媒质中的传播，振动状态或相位

2．波长、波速、频率

3．[2]

4．[4]

5.（1）将 $y=A\cos B\left(t-\frac{G}{B}x\right)$ 与波动方程标准形式 $y=\cos\left[\omega\left(t-\frac{x}{u}\right)+\varphi\right]$ 比较，得振幅为 A，

波速：$u=\dfrac{B}{G}$，$v=\dfrac{B}{2\pi}$，$T=\dfrac{2\pi}{B}$，　$\lambda=\dfrac{2\pi}{G}$

（2）在波动方程中令 $x=l$，得 $y=A\cos(Bt-Gl)$

（3）$\Delta\varphi=2\pi\dfrac{D}{\lambda}=GD$

6.（1）$v_{\max}=A\omega=0.5\pi=1.57m/s$，$a_{\max}=A\omega^2=49.3m/s^2=5\pi^2m/s^2$

（2）$\varphi=(10\pi t-4\pi x)$，当 $x=0.2$，$t=1s$ 时，$\varphi=9.2\pi$

由 $\varphi_0=10\pi t=\varphi=9.2\pi$，得 $t=0.92s$

$$\begin{cases}t_1=1.25s,\varphi_1=10\pi\times1.25-4\pi x_1=9.2\pi, & x_1=0.825m\\ t_2=1.5s,\varphi_2=10\pi\times1.5-4\pi x_2=9.2\pi, & x_2=1.45m\end{cases}$$

练习十八

1．$16000\pi^2 J/m^2\cdot s$，$3.79\times10^3 J$

2．$0.7cm$

3．[1]

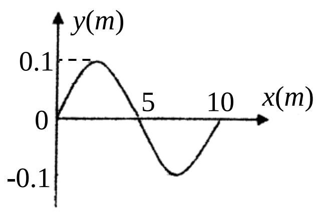
4．[3]

5.（1）$\omega=\dfrac{2\pi}{T}=4\pi$，$u=\dfrac{\lambda}{T}=20m/s$，又由 $x_0=A$，知 $\varphi=0$

$\therefore$ 波源振动方程为 $y_0=0.1\cos4\pi t$　波动方程为 $y=0.1\cos4\pi\left(t-\dfrac{x}{20}\right)m$

（2）$t=\dfrac{T}{4}$，$y(x)=0.1\cos4\pi\left(\dfrac{1}{8}-\dfrac{x}{20}\right)=0.1\sin\dfrac{\pi x}{5}m$

波形曲线如图



（3）$t=\dfrac{T}{4}$，$x=\dfrac{\lambda}{2}$ 时，$\begin{cases}y=0.1\cos(-\pi/2)=0\\ v=\left.\dfrac{\partial y}{\partial t}\right|_{t=\frac{1}{8},x=5}=-0.4\pi\sin\left(-\dfrac{\pi}{2}\right)=1.26m/s\end{cases}$

6.（1）反射点为自由端，反射波无半波损失

$\because\ y_{反}=A\cos\left[2\pi\left(\dfrac{t}{T}+\dfrac{x}{\lambda}\right)-2\pi\dfrac{2x}{\lambda}\right]=A\cos2\pi\left(\dfrac{t}{T}-\dfrac{x}{\lambda}\right)$

（2）$\because y_{合}=y+y_{反}=A\cos2\pi\left(\dfrac{t}{T}+\dfrac{x}{\lambda}\right)+A\cos2\pi\left(\dfrac{t}{T}-\dfrac{x}{\lambda}\right)=2A\cos\dfrac{2\pi x}{\lambda}\cos\dfrac{2\pi t}{T}=a\cos\dfrac{2\pi t}{T}$

波腹位置，由$a=2A$，则$\left|\cos\frac{2\pi x}{\lambda}\right|=1$，$\frac{2\pi x}{\lambda}=k\pi$，$\therefore\ x=k\frac{\lambda}{2}$，$k=0,1,2,\cdots$

波节位置，由$a=0$，则$\cos\frac{2\pi x}{\lambda}=0$，$\frac{2\pi x}{\lambda}=(2k+1)\frac{\pi}{2}$，$\therefore\ x=(2k+1)\frac{\lambda}{4}$，$k=0,1,2,\cdots$

若反射点为固定端，则反射波有半波损失，$y_{反}=A\cos\left[2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{x}{\lambda}\right)-\pi\right]$

练习十九

1．3λ（或 18000Å），6π

2．条纹分布在E上侧，明暗分布与原来互换

3．[2]

4．[1]

5．由$\Delta x=\frac{D}{d}\lambda$得：

$\lambda=\frac{d\Delta x}{D}=\frac{0.60\times10^{-3}\times2.27\times10^{-3}}{2.5}=5.45\times10^{-7}m=545nm$　　绿色

6．（1）$d=\frac{D\lambda}{\Delta x}=\frac{2.0\times632.8\times10^{-9}}{0.14}=9.0\times10^{-6}m$

（2）由于$\theta<\frac{\pi}{2}$，按$\theta=\frac{\pi}{2}$算，则

$k=d\sin\theta/\lambda=D/\Delta x=2.0/0.14=14.3$，即还能看到 14 条明纹。

练习二十

1．$\frac{\lambda}{4n}$，$\frac{\lambda}{2n}$

2．$\frac{\lambda}{4}$，$\frac{N\lambda}{2}$

3．[1]

4．[1]

5．（1）设$l=0.25cm$，则有$l\sin\theta=e_{k+1}-e_k=\frac{\lambda}{2n}$

$\therefore\ \lambda=2nl\sin\theta\approx2nl\theta=7000$Å

（2）设$l=3.5cm$，明纹总数为 N，则$Nl=L$，$N=L/l=14$

6．（1）设$R=190cm$，两暗环重合时有$\sqrt{kR\lambda_1}=\sqrt{(k+1)R\lambda_2}$

得：$k=\frac{\lambda_2}{\lambda_1+\lambda_2}=3$；$\therefore\ r_3=\sqrt{3R\lambda_1}=0.185cm$

（2）设 $\lambda_1 = 5000\,\text{Å}$，两明环重合时，$\sqrt{\dfrac{(10-1)R\lambda_1}{2}} = \sqrt{\dfrac{(12-1)R\lambda_2}{2}}$

得：$\lambda_2 = \dfrac{9}{11}\lambda_1 = 4091\,\text{Å}$

练习二十一

1．$\dfrac{5}{2}\lambda$，5

2．$1.53mm$，逐渐减小

3．[4]

4．[2]

5．设 $a = 0.25mm$，第 3 级暗纹与中央明纹相距 $x_3 = \dfrac{3.0}{2} = 1.5mm$

由光程差公式 $a\sin\varphi_3 = 3\lambda$ 和几何关系 $tg\varphi_3 = \dfrac{x_3}{f} = \sin\varphi_3$

得：$f = \dfrac{ax_3}{3\lambda} = 0.25m$

6．由一级暗纹 $a\sin\varphi_1 = \lambda$，$tg\varphi_1 = \dfrac{x_1}{f} = \sin\varphi_1$

得中央明纹宽度 $d = 2x_1 = \dfrac{2\lambda f}{a} = 5.46mm$，若把装置浸入水中，则波长 $\lambda_n = \dfrac{\lambda}{n} < \lambda$；中央明纹角宽度 $\theta_n = \dfrac{d_n}{f} = \dfrac{2\lambda_n}{a} = \dfrac{2\lambda}{na}$，减小。

练习二十二

1．5000 Å，2

2．$1.34\times10^{-4}rad$，$8.94km$

3．[3]

4．[1]

5．设 $\lambda = 6328\,\text{Å}$。由光栅方程有：$(a+b)\sin38^\circ = \lambda$

$(a+b) = \dfrac{\lambda}{\sin38^\circ} = 1.03\times10^{-4}cm$，缝数 $N = \dfrac{1}{a+b} = \dfrac{\sin38^\circ}{\lambda} = 9729cm^{-1}$

设所测波长为 λ'，则由光栅方程得：$\lambda' = (a+b)\sin27^\circ = 4676\,\text{Å}$，在光栅方程中，令 $\varphi = \dfrac{\pi}{2}$

得：$(a+b) = k_{\max}\lambda'$，则 $k_{\max} = \dfrac{a+b}{\lambda'} = \dfrac{1}{\sin27^\circ} = 2.2$

$\because\ 2 < k_{mam} < 3$ $\quad\therefore$ 最多可观察到第二级明纹

6．（1）设$\begin{cases}\sin\varphi_k = 0.2 \\ \sin\varphi_{k+1} = 0.3\end{cases}$　则有$\begin{cases}(a+b)\sin\varphi_k = k\lambda \\ (a+b)\sin\varphi_{k+1} = (k+1)\lambda\end{cases}$　得$\frac{k}{k+1} = \frac{2}{3}$，$k = 2$

$$(a+b) = \frac{2\lambda}{\sin\varphi_k} = 6\times10^{-6}m$$

（2）第四级为缺级，则有$\begin{cases}a\sin\varphi_4 = k'\lambda \\ (a+b)\sin\varphi_4 = 4\lambda\end{cases}$　得$\frac{a}{a+b} = \frac{k'}{4}$

取$k' = 1$，则$a = \frac{a+b}{4} = 1.5\times10^{-6}m$

（3）由$(a+b)\sin\frac{\pi}{2} = k_{\max}\lambda$　得：$k_{\max} = \frac{a+b}{\lambda} = 10$

又由$\begin{cases}a\sin\varphi = k'\lambda \\ (a+b)\sin\varphi = k\lambda\end{cases}$　得：$k' = \frac{a}{a+b}k = \frac{k}{4}$

当$k' = \pm1, \pm2$时，$k = \pm4, \pm8$为缺级，又第 10 级明纹呈现在无限远处.

$\therefore$实际呈现的级数为：$k = 0, \pm1, \pm2, \pm3, \pm5, \pm6, \pm7, \pm9$，共八级.

练习二十三

1．$48.4°$，$41.6°$

2．$\frac{I_1}{2} + I_2$，$\frac{I_1}{2}$

3．[1]

4．[3]

5．（1）$\because\ \theta_b + \theta_r = 90°$，$\therefore\ \theta_r = 90° - \theta_b = 32°$

（2）$tg\theta_b = n_{21} = n$，$n = tg58° = 1.6$

6．设自然光强为 I_0，透过第一个偏振片的光强为$I' = \frac{1}{2}I_0$，透过第二个偏振片的光强为$I'' = I'\cos^2 30°$，透过第三个偏振片的光强为$I''' = I''\cos^2 30° = \frac{\mathrm{I}_0}{2}\cos^4 30°$

已知$I_1 = \frac{I_0}{2}\cos^2 60°$ $\therefore I''' = 4I_1\cos^4 30° = \frac{9}{4}I_1$

练习二十四

1．水平向左，$|E| = mgtg\theta / q$

2．$2a$

3．[3]

4．[2]

5．在 AB 上与 O 点相距为 l 处取 dl，其所带电量 $dq=\lambda dl$ 。 dq 在 p 点场强 $dE=\dfrac{\lambda dl}{4\pi\varepsilon_0 l^2}$，

方向向右。由于 AB 上任意 dq 在 p 点产生的场强方向相同，则

$$E_p=\int_{0.05}^{0.2}\frac{\lambda dl}{4\pi\varepsilon_0 l^2}=\frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{0.05}-\frac{1}{0.2}\right)=6.75\times10^2 V\cdot m^{-1}$$，方向向右

6．在距长直导线为 x 处任取 dx，其所带电量 $dq=\lambda dx$，又长直导线在 dx 处的场强为

$E=\dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 x}$， dq 受电场力 $df=dqE=\dfrac{\lambda^2}{2\pi\varepsilon_0}\dfrac{dx}{x}$，方向向右。由于 ab 上任意 dq 受力方向

相同，则 $f=\int df=\int_R^{L+R}\dfrac{\lambda^2}{2\pi\varepsilon_0}\dfrac{dx}{x}=\dfrac{\lambda^2}{2\pi\varepsilon_0}\ln\dfrac{L+R}{R}$，方向沿 ab 相互排斥。

练习二十五

1． $E\pi R^2$

2．0， $5L^2$， $6L^2$

3．略；

4．[4]

5．过场点作长为 l 的同轴圆柱面，由高斯定理得： $\oint_s \vec{E}\cdot d\vec{S}=2\pi rlE=\dfrac{\sum_i q_i}{\varepsilon_0}$

（1）当 $r<R_1$ 时， $\sum_i q_i=0$， $\therefore E=0$；

（2）当 $r>R_2$ 时， $\sum_i q_i=0$， $\therefore E=0$；

（3）当 $R_1<r<R_2$ 时， $\sum_i q_i=\lambda l$， $\therefore E=\dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$

6．（1）过场点作同心球面，由高斯定理： $\oint_s E\cdot dS=\int_v \rho dV/\varepsilon_0$

即： $4\pi r^2E=\int_0^r\dfrac{\rho_0 e^{-kr}}{r^2}4\pi r^2 dr/\varepsilon_0$　　解得： $E=\dfrac{\rho_0}{\varepsilon_0 kr^2}(1-e^{-kr})$

（2）同理可求得球外任一点 $E=\dfrac{\rho_0}{\varepsilon_0 kr^2}(1-e^{-kR})$

练习二十六

1．$\dfrac{q_1-q_2}{2\pi\varepsilon_0 R}$，$-\dfrac{q_1q_2}{4\pi\varepsilon_0 R}$

2．$\dfrac{R^3\rho}{3\varepsilon_0}\left(\dfrac{1}{d+r}-\dfrac{1}{r}\right)$

3．[2]

4．[1]

5.（1）在棒上距 p 点为 l 处任取 dl，其所带电量 $dq=\dfrac{q}{L}dl$，dq 在 p 点的电势为 $du=\dfrac{qdl}{4\pi\varepsilon_0 Ll}$，

$$\therefore\ u_p=\int_r^{r+L}\frac{qdl}{4\pi\varepsilon_0 Ll}=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 L}\ln\frac{r+L}{r}$$

（2）同理 $u_Q=\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 L}\ln\left(\dfrac{3r+L}{3r}\right)$，则 q_0 从 $P\to Q$，

电场力的功 $A=q_0(u_p-u_Q)=\dfrac{q_0q}{4\pi\varepsilon_0 L}\ln\dfrac{3(r+L)}{3r+L}$

电势能变化为 $\Delta W=-\dfrac{q_0q}{4\pi\varepsilon_0 L}\ln\dfrac{3(r+L)}{3r+L}$

6．（1）任取半径 r、宽 dr 的圆环，其所带电量 $dq=\sigma 2\pi rdr$，dq 在 x 处的电势为 $du=\dfrac{dq}{4\pi\varepsilon_0(x^2+r^2)^{1/2}}=\dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}\dfrac{rdr}{(x^2+r^2)^{1/2}}$ ∴ 距盘心 x 处的电势为

$$u=\int du=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\int_0^R\frac{rdr}{(x^2+r^2)^{1/2}}=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}(\sqrt{x^2+R^2}-x)$$

（2）$E=-\dfrac{du}{dx}=\dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left(1-\dfrac{x}{\sqrt{x^2+R^2}}\right)$

练习二十七

1．$\dfrac{3F}{8}$，$\dfrac{4F}{9}$

2．$\dfrac{\sigma_0}{2}-\varepsilon_0E_0$，$\dfrac{\sigma_0}{2\varepsilon_0}-E_0$

3．[2]
4．[1]
5．（1）静电平衡时，电荷分布如图，按电势迭加原理，球和球壳的电势分别为

$$u_{球}=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q}{r}-\frac{q}{R_1}+\frac{Q+q}{R_2}\right) \qquad u_{球壳}=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q+Q}{R_2}\right)$$

电势差 $\Delta u=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q}{r}-\frac{q}{R_1}\right)$

（2）球壳接地，球与球壳间的场分布不变，所以电势差也不变，仍与上同。

（3）若用导线连接，则为等势体，所以电势差 $\Delta u=0$。

6．（1）金属球是个等势体

$$U_{球}=U_0=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}+\oint_S\frac{\sigma' ds}{4\pi\varepsilon_0 R}=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}+0=\frac{q}{8\pi\varepsilon_0 R}$$

（2）接地时，金属球电势为零

$$U_0=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}+\oint_S\frac{\sigma' ds}{4\pi\varepsilon_0 R}=\frac{q}{8\pi\varepsilon_0 R}+\frac{q'}{4\pi\varepsilon_0 R}=0$$

$$q'=-\frac{q}{2}$$

练习二十八

1．2，1.6
2．600V
3．[2]
4．[3]
5．（1）$\because\ E=\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon r}$， $w=\frac{1}{2}\varepsilon E^2$

$\therefore$圆柱薄壳中的电场能量 $dW=wdV=w2\pi rdrL=\frac{Q^2}{4\pi\varepsilon L}\ln\frac{dr}{r}$

（2）介质中的总能量 $W=\int_a^b\frac{Q^2}{4\pi\varepsilon L}\frac{dr}{r}=\frac{Q^2}{4\pi\varepsilon L}\ln\frac{b}{a}$

（3）由 $W=\frac{Q^2}{2C}$，得圆柱电容器的电容 $C=\frac{2\pi\varepsilon L}{\ln\frac{b}{a}}$

6．由高斯定理：$\oint_s\vec{D}\cdot d\vec{S}=\Sigma q_i$， $E=\frac{D}{\varepsilon}$，可知场分布为

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

由$u_p=\int_p^{\infty}Edr$，可得电势分布为

$$u=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r}\left(\frac{1}{R}-\frac{1}{R+d}\right)+\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0(R+d)},\qquad （r<R）$$

$$u=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r}\left(\frac{1}{r}-\frac{1}{R+d}\right)+\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0(R+d)},\qquad （R<r<R+d）$$

$$u=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r},\qquad （r>R+d）$$

练习二十九

1．$0.21\mu_0 I/R$；垂直纸面向里

2．$2.2\times10^{-6}Wb$

3．[3]

4．[4]

5．在与 p 点相距为 x 处，取一宽为 dx 的细长条，其中电流 $dI=\frac{I}{a}dx$，它在 p 点产生的磁感应强度 $dB=\frac{\mu_0 dI}{2\pi x}=\frac{\mu_0 Idx}{2\pi ax}$，方向垂直纸面向里，因各细长条在 p 点的 dB 方向相同，所以 $B_p=\int_d^{d+a}\frac{\mu_0 I}{2\pi a}\frac{dx}{x}=\frac{\mu_0 I}{2\pi a}\ln\frac{d+a}{d}$，方向垂直纸面向里。

6．$\vec{B}_0=\vec{B}_{ab}+\vec{B}_{bc}+\vec{B}_{cd}+\vec{B}_{da}$

$$\vec{B}_{cd}=\frac{\mu_0 I}{8R}\vec{i}\qquad \vec{B}_{bc}=\frac{\mu_0 I}{4\pi\frac{\sqrt{2}}{2}R}\left[\sin45°-\sin(-45°)\right]\vec{k}=\frac{\mu_0 I}{2\pi R}\vec{k}$$

$$\vec{B}_0=\frac{\mu_0 I}{8R}\vec{i}+\frac{\mu_0 I}{2\pi R}\vec{k}$$

练习三十

1．$\dfrac{\mu_0 Ir}{2\pi R^2}$，$\dfrac{\mu_0 I}{2\pi r}$

2．$-3\mu_0 I_2$，$2\mu_0 I_1$

3．[4]

4．[3]

5．由安培环路定律，$\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0 \Sigma I_i$，过场点在电缆横截面内作半径为 r 的同心圆形回路 L，则有 $2\pi rB = \mu_0 \Sigma I_i$，即 $B = \dfrac{\mu_0 \Sigma I_i}{2\pi r}$，

由已知电流分布有 $B = \begin{cases} \dfrac{\mu_0 Ir}{2\pi a^2} & r < a \\ \dfrac{\mu_0 I}{2\pi r} & a < r < b \\ \dfrac{\mu_0 I(c^2 - r^2)}{2\pi r(c^2 - b^2)} & b < r < c \\ 0 & r > c \end{cases}$

6．由电流分布的对称性，可断定与平板的对称面等距的点处，$\vec{B}$ 的大小相等且方向与平板平行，作矩形回路 $abcd$，其中 ab，cd 与平板平行，且与平板的对称面等距（ad，bc 的中点 oo' 在平板的对称面上），由 $\oint \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0 \Sigma I_i$；

当 $ao > d$ 时，$2\overline{ab}B = \mu_0(\overline{ab})2dj, \mathrm{B} = \mu_0 dj$；

当 $ao < d$ 时，$2\overline{ab}B = \mu_0(\overline{ab})\cdot(2\overline{ao})j, \mathrm{B} = \mu_0 \overline{aoj}$；即，某点距平板中心平面距离为 x 时，

有 $B = \begin{cases} \mu_0 dj \to x > d \\ \mu_0 xj \to x < d \end{cases}$ 在中心平面上部各点，$\vec{B}$ 方向水平向左；中心平面下部各点；$\vec{B}$ 方向水平向右。

练习三十一

1．$2.5\vec{i} - 1.5\vec{k}$

2．1:1

3．[4]

4．[1]

5．在载流圆环上取一对对称电流元，它们所受的安培力为 $d\vec{f}$ 及 $d\vec{f}'$，由于对称性，沿环径

向的分力成对地相互抵消。

所以，$F=\oint df\cos 60°=\oint\frac{1}{2}BIdl=BI\pi R=0.2N$，方向垂直向下。

6．在 ab 上距长直导线 x 处，取电流元 I_2dl，该处磁感应强度 $B=\frac{\mu_0 I_1}{2\pi x}$，方向垂直纸面向里，则电流元受力 $df=\frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi x}\frac{2}{\sqrt{3}}dx$，由于 ab 上各电流元受力 df 方向相同。所以，

$$F=\int df=\int_d^{d+\frac{\sqrt{3}}{2}L}\frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi x}\frac{2}{\sqrt{3}}dx=\frac{\mu_0 I_1 I_2}{\sqrt{3}\pi}\ln\frac{d+\frac{\sqrt{3}}{2}L}{d}$$

练习三十二

1．各向同性的非铁磁性均匀磁介质

2．铁磁质，顺磁质，抗磁质

3．[2]

4．[4]

5．$B=\mu_0\mu_r\frac{N}{2\pi R}I$ $\qquad \Phi=BS=\mu_0\mu_r\frac{N}{2\pi R}I\pi\left(\frac{d}{2}\right)^2=\frac{\mu_0\mu_r NId^2}{8R}=2.5\times10^{-7}Wb$

6．$r<R_1$（导线内），由 $\oint_l\vec{H}\cdot d\vec{l}=\frac{I}{\pi R_1^2}\pi r^2$，$H=\frac{Ir}{2\pi R_1^2}$，$B=\mu_0 H=\frac{\mu_0 Ir}{2\pi R_1^2}$

$R_1<r<R_2$（磁介质内），$H=\frac{I}{2\pi r}$，$B=\mu_0\mu_r H=\frac{\mu_0\mu_r I}{2\pi r}$

$r>R_2$（磁介质外），$H=\frac{I}{2\pi r}$，$B=\mu_0 H=\frac{\mu_0 I}{2\pi r}$

练习三十三

1．$\frac{1}{18}B\omega L^2$，$\frac{2}{9}B\omega L^2$，$\frac{1}{6}B\omega L^2$

2．$\frac{\mu_0 Iv}{2\pi}\ln 3$，$N$

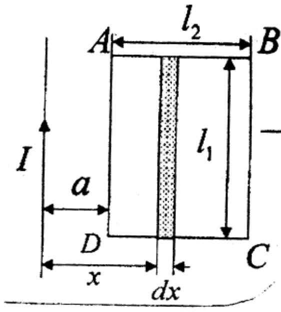
3．[2]

4．[2]

5．（1）通过线圈 A 的磁通量 Φ 等于通过环形螺线管截面的磁通量 $\Phi=\vec{B}\cdot\vec{S}=\mu_0 nIS$；在 A 中产生的感应电动势为：$\varepsilon_i=-N\frac{d\Phi}{dt}$

$\varepsilon_i=-\mu_0 nNS\frac{dI}{dt}=1.26\times10^3V$，$I=\frac{\varepsilon_i}{R}=6.3\times10^{-4}A$

（2）$\because I=\dfrac{dq}{dt}$ $\therefore q=\int_0^2 Idt=2I=1.26\times10^{-3}C$



6．如图，取面元 $dS=l_1dx$，则通过矩形线圈的磁通量为：

$$\Phi=\int\vec{B}\cdot d\vec{S}=\int_a^{a+l_2}\frac{\mu_0 I}{2\pi x}l_1dx=\frac{\mu_0 Il_1}{2\pi}\ln\frac{a+l_2}{a}$$

$\therefore$线圈运动到图示位置时的感应电动势为：

$\varepsilon_i=-N\dfrac{d\Phi}{dt}=-N\dfrac{d\Phi}{da}\dfrac{da}{dt}=\dfrac{\mu_0 NIl_1l_2v}{2\pi a(a+l)}=3\times10^{-3}V$　顺时针方向

练习三十四

1．$100NA\pi$

2．$\dfrac{\mu_0 n\operatorname{Re}k}{4m}$，0

3．[1]

4．[2]

5．通过矩形线圈的磁通量　$\Phi=\dfrac{\mu_0 Il_1}{2\pi}\ln\dfrac{a+l_2}{a}$

$$\therefore\varepsilon_i=-N\frac{d\Phi}{dt}=-N\frac{\mu_0 l_1}{2\pi}\ln\frac{a+l_2}{a}\cdot\frac{dI}{dt}=-N\frac{\mu_0 l_1}{2\pi}\ln\frac{a+l_2}{a}\times10^3\pi\cos(100\pi t)$$

代入 $t=0.01$ 秒，得：$\varepsilon_i=8.7\times10^{-2}V$

6．t 时刻通过 $abcd$ 回路的磁通量为：

$\Phi=\vec{B}\cdot\vec{S}=Ktlvt\cos60^\circ=\dfrac{1}{2}klvt^2$，$\therefore\varepsilon_i=\left|\dfrac{d\Phi}{dt}\right|=klvt$；顺时针方向。

练习三十五

1．$\dfrac{\mu_0 a}{2\pi}\ln3$，$\dfrac{\mu_0 a}{2\pi}I_0\omega\ln3\cos\omega t$

2．1.5×10^8

3．[1]

4．[1]

5．设在环形螺线管内通以电流 I，由安培环路定律，可求得环内磁感应强度为：$B=\dfrac{\mu_0 NI}{2\pi r}$，

在螺线管横截面上取面元 $dS=hdr$，

则通过横截面的磁通量为：$\Phi=\int\vec{B}\cdot d\vec{S}=\int_a^b\dfrac{\mu_0 NI}{2\pi r}hdr=\dfrac{\mu_0 NIh}{2\pi}\ln\dfrac{b}{a}$

$\therefore$螺线管的自感系数为：$L=\frac{N\Phi}{I}=\frac{\mu_0 N^2 h}{2\pi}\ln\frac{b}{a}$。

6，设导线的半径为 R，则导线内离轴线为 r 的各点，磁感应强度 $B=\frac{\mu_0 Ir}{2\pi R^2}$，

磁能密度为：$w_m=\frac{1}{2}\frac{B^2}{\mu_0}=\frac{\mu_0 I^2 r^2}{8\pi^2 R^4}$，

$\therefore$单位长度导线内储存的磁能为：$W_m=\int w_m dV=\int_0^R \frac{\mu_0 I^2 r^2}{8\pi^2 R^4}2\pi r dr=\frac{\mu_0 I^2}{16\pi}$

练习三十六

1．$43pF$，$390pF$

2．0，0，$\varepsilon_0 c E_0\cos\omega\left(t-\frac{x}{c}\right)$

3．[2]

4．[3]，[3]

5．（1）$I_d=\frac{dD}{dt}=\varepsilon_0\frac{dE}{dt}$；

（2）$\oint\vec{H}\cdot d\vec{l}=I_0+\frac{d\Phi}{dt}=\pi r^2\frac{dD}{dt}$，$2\pi rH=\pi r^2\frac{dD}{dt}$，$H=\frac{r}{2}\frac{dD}{dt}$　　$B=\mu_0 H=\frac{r}{2}\mu_0\varepsilon_0\frac{dE}{dt}$

6．（1）设 $\overline{P}=10kW$，则 $\overline{S}=\frac{\overline{P}}{2\pi r^2}=1.6\times10^{-5}W\cdot m^{-2}$

（2）$\because\overline{S}=\frac{1}{2}E_0H_0=\frac{1}{2}\sqrt{\frac{\varepsilon_0}{\mu_0}}E_0^2=\frac{1}{2}\varepsilon_0 cE_0^2$，$\therefore E_0=\sqrt{\frac{2\overline{S}}{\varepsilon_0 c}}=0.11V\cdot m^{-1}$

$H_0=\sqrt{\frac{\varepsilon_0}{\mu_0}}E_0=2.9\times10^{-4}A\cdot m^{-1}$

练习三十七

1．相等，不相等

2．$3.18\times10^{-19}J$

3．[3]

4．[2]

5．由维恩位移定律 $\lambda_m=\frac{b}{T}$ 得：$\frac{T_2}{T_1}=\frac{\lambda_{m_1}}{\lambda_{m_2}}=\frac{0.69}{0.5}=1.38$

再由斯忒藩——玻耳兹曼定律：$\dfrac{M_B(T_2)}{M_B(T_1)}=\dfrac{\sigma T_2^4}{\sigma T_1^4}=\left(\dfrac{T_2}{T_1}\right)^4=1.38^4=3.36$

6.（1）入射光的光子能量ε为：$\varepsilon=\dfrac{hc}{\lambda}=\dfrac{6.63\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{2.3\times10^{-7}}=8.65\times10^{-19}J=5.4eV$

光电子的初动能为：$\dfrac{1}{2}m\upsilon^2=h\nu-W=5.4-4.5=0.9eV$

光电子到达阳极附近时的动能和速度分别为：$E_k=\dfrac{1}{2}m\upsilon^2+eU=0.9+0.6=1.5eV$

$$\upsilon'=\sqrt{\frac{2E_k}{m}}=\sqrt{\frac{2\times1.5\times1.6\times10^{-19}}{9.1\times10^{-31}}}=7.3\times10^{5}m/s$$

（2）设光电流恰好被抑制时的反向电势差为U_a，则$eU_a=E_k$

$$U_a=\frac{E_k}{e}=\frac{1.5eV}{e}=1.5V$$

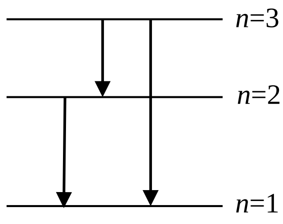
练习三十八

1. $h\nu/c^2$，$h\nu/c$
2. $13.6eV$
3. [3]
4. [3]
5. [3]
6. $E_k=h\nu_0-h\nu=hc\left(\dfrac{1}{\lambda_0}-\dfrac{1}{\lambda}\right)=\dfrac{hc}{\lambda_0}\left(1-\dfrac{1}{1.2}\right)=\dfrac{h\nu_0}{6}=0.1MeV$
7. $\varepsilon=E_n-E_1=E_1\left(\dfrac{1}{n^2}-1\right)$　　$n^2=\dfrac{1}{1+\varepsilon/E_1}=\dfrac{1}{1-\dfrac{12.6}{13.6}}=13.6$　　$n=3.6$

$\tilde{\nu}_1=1.097\times10^7\left(\dfrac{1}{2^2}-\dfrac{1}{3^2}\right)$　　$\lambda_1=\dfrac{1}{\tilde{\nu}_1}=6571\,\text{Å}$　巴尔末系

$\tilde{\nu}_2=1.097\times10^7\left(\dfrac{1}{1^2}-\dfrac{1}{2^2}\right)$　　$\lambda_2=\dfrac{1}{\tilde{\nu}_2}=1217\,\text{Å}$　赖曼系

$\tilde{\nu}_3=1.097\times10^7\left(\dfrac{1}{1^2}-\dfrac{1}{3^2}\right)$　　$\lambda_3=\dfrac{1}{\tilde{\nu}_3}=1027\,\text{Å}$　赖曼系



练习三十九

1．$1.24\times10^{8}m/s$，5.36×10^{-2} Å

2．$1.67\times10^{-27}kg$，$1.57\times10^{4}m/s$

3．[3]

4．$\Delta p\cdot\Delta x\approx\hbar$，$\Delta x\sim10^{-15}m$，$p\sim\Delta p\sim\hbar/\Delta x\sim10^{-19}$ $E\approx p^{2}/2m\approx10^{10}eV>>0.51MeV$

应该用 $E=\sqrt{p^{2}c^{2}+m^{2}c^{4}}\approx pc\approx10^{8}eV=10^{2}MeV$

估算电子与质子的势能约 $U=\dfrac{e^{2}}{4\pi\varepsilon_0 r}\sim10^{10}\times(10^{-19})^{2}/10^{-15}=10^{-13}J\sim10^{6}eV$，则电子动能 $E_k>>U$，不可能束缚于核中，因此电子不可能稳定地存在于核中。

5． $\Delta x\cdot\Delta p\approx\hbar$ $\quad\Delta p=m\Delta v\quad$ $\Delta x=\dfrac{\hbar}{m\Delta v}$

（1）电子 $\Delta x\approx10^{-2}m$；（2）布朗粒子 $\Delta x\approx10^{-19}m$ （3）弹丸 $\Delta x\approx10^{-28}m$

6． $-\dfrac{\hbar^{2}}{2m}\dfrac{d^{2}\varphi_1}{dx^{2}}+V_1\varphi_1=E\varphi_1\ (x<0)$； $-\dfrac{\hbar^{2}}{2m}\dfrac{d^{2}\varphi_2}{dx^{2}}=E\varphi_2\ (0\le x\le a)$

$-\dfrac{\hbar}{2m}\dfrac{d^{2}\varphi_3}{dx^{2}}+V_2\varphi_3=E\varphi_3\ (a<x<b)$； $-\dfrac{\hbar^{2}}{2m}\dfrac{d^{2}\varphi_4}{dx^{2}}=E\varphi_4\ (b\le x\le c)$

$\varphi=0(x>c)$

$$\varphi_1(0)=\varphi_2(0)$$
$$\varphi_2(a)=\varphi_3(a)$$
$$\varphi_3(b)=\varphi_4(b)$$
$$\varphi_4(c)=0$$

练习四十

1． $\sqrt{6}\hbar$， $-2\hbar$， $\dfrac{\sqrt{3}}{2}\hbar$， $-\dfrac{\hbar}{2}$

2． $\dfrac{a}{4}$， $\dfrac{3}{4}a$； $\dfrac{1}{4}$

3．[4]

4．[1]

5．（1） $\int_0^{\infty}A^{2}x^{2}e^{-2\lambda x}dx=1\Rightarrow A=\dfrac{\lambda^{-3/2}}{2}$

（2） $|\psi(x)|^{2}=\dfrac{x^{2}}{4\lambda^{3}}e^{-2\lambda x}$

（3）$\dfrac{d|\psi(x)|^2}{dx}=0 \Rightarrow x=\dfrac{1}{\lambda}$

6.（1）$n=2 \qquad E=-\dfrac{me^4}{8\varepsilon_0^2 n^2 h^2}=-\dfrac{13.6eV}{n^2}=-3.4eV$

（2）$l=1 \qquad L^2=l(l+1)\hbar^2=2\hbar^2$

（3）$m_l=1,-1$　　可能值 $L_z=\hbar,-\hbar$

平均值 $\bar{L}_z=\left|C_1^2\right|L_{z_1}+\left|C_2^2\right|L_{z_2}=\dfrac{1}{4}\hbar+\left[\dfrac{3}{4}(-\hbar)\right]=-\dfrac{\hbar}{2}$

练习四十一

1．价带全部被电子所填满，在最上面满带之上的能带全部空着，且在满带和空带之间存在一很宽的禁带。

价带不满或由于价带与空带或导带发生交迭造成禁带消失，从而实际形成能带不满。

2．$\psi(x)=e^{ikx}u(x)$，其中 $u(x)$ 具有晶格周期性

3．[2]

4．[1]

5．每个原子贡献一个电子

$$E_F=\frac{\hbar}{2m}(3\pi^2 n)^{2/3}=\frac{\hbar}{2m}\left(3\pi^2\frac{\rho N_0}{\mu}\right)^{2/3}=8.80\times10^{-19}=5.50eV$$

$$\lambda=\frac{h}{p}=\frac{h}{\sqrt{2mE_F}}=5.24\times10^{-10}m=0.524nm$$

6．在 $E_+=E_F+0.10eV$ 的量子态内，$n_+=\dfrac{1}{e^{(E_+-E_F)/kT}+1}=0.24$

在 $E_-=E_F-0.10eV$ 的量子态内，$n_-=\dfrac{1}{e^{(E_--E_F)/kT}+1}=0.76$