新概念力学习题答案

第一章

1-1 位移$\Delta x = x(t) - x(0) = 3\sin\frac{\pi}{6}t$，

速度$v = \frac{dx}{dt} = \frac{\pi}{2}\cos\frac{\pi}{6}t$，

加速度$a = \frac{dv}{dt} = -\frac{\pi^2}{12}\sin\frac{\pi}{6}t$。

1-2 （1）$\because x = R\cos\omega t, y = R\sin\omega t; \because \underline{x^2 + y^2 = R^2}$,质点轨迹是圆心在圆点的圆.

（2）$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \omega R(-\sin\omega t\vec{i} + \cos\omega t\vec{j})$

$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = -\omega R(\cos\omega t\vec{i} + \sin\omega t\vec{j}) = \underline{-\omega^2\vec{r}}$ 方向恒指向圆心

1-3 （1）$x = 4t^2, y = 2t + 3, \underline{x = (y-3)^2}$故$x \geqslant 0$，y≥3,质点轨迹为抛物线的一段。

（2）$\Delta\vec{r} = \vec{r}(1) - \vec{r}(0) = \underline{4\vec{i} + 2\vec{j}}$;大小为$|\Delta\vec{r}| = \sqrt{4^2 + 2^2} = 2\sqrt{5}m$,与$x$轴夹角$\theta = tg^{-1}\frac{2}{4} = 26.6^{\circ}$

(3) $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = 8t\vec{i} + 2\vec{j}, \vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \underline{8\vec{i}}$.

1-4 $\Delta t_n = t_n - t_{n-1} = (\sqrt{n} - \sqrt{n-1})\Delta t_1 = 4\times(\sqrt{7} - \sqrt{6}) = \underline{0.785s}$

1-5 $v_0 = \frac{h}{t} = \sqrt{gh}$

1-6 $y = \underline{\frac{v_0^2}{2g} - \frac{1}{8}gt_0^2}$

1-7 由 7, 由 $\Delta s = v_0\Delta t_1 + \frac{1}{2}a\Delta t_1^2$，及$2\Delta s = v_0(\Delta t_1 + \Delta t_2) + \frac{1}{2}a(\Delta t_1 + \Delta t_2)^2$即可证.

1-8 $v_2 = \frac{h_1}{h_1 - h_2}v_1$， $a_2 = \frac{dx_2}{dt} = 0.$

1-9 由$y_m = \frac{v_0^2\sin^2\beta}{2g}$，$x_m = \frac{v_0^2 2\sin\beta\cos\beta}{g}$；及 $tg\alpha = \frac{y_m}{x_m/2}$ 即可证。

1-10 $\overline{AB} = \frac{9.8^2}{2\times 9.8}\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}\cdot\frac{2}{3} = 2.83m$

1-11 (1) $s=100\times\sqrt{\frac{2\times 9.8}{9.8}}=\underline{200\sqrt{5}}=\underline{447.2m}$

$$tga=\frac{s}{h}, a=tg^{-1}(100\times\sqrt{\frac{2}{98\times 9.8}})=77.64^{o}=77^{o}38'24''$$

(2) $a_t=g\cos q=g\cdot {v_y}/{v}=0.96m/s;$ $a_n=g\sin q=g\cdot\frac{v_x}{v}=\underline{9.75m/s^2}$

1-12 $r=\frac{v^3}{gv_x}=\frac{1}{v_0 g\cos q}(v_0^2-2gy)^{\frac{3}{2}}$

1-13 $AB=\frac{2v_0^2}{g}=4h=4\times 0.20=0.80m$

1-14 $t=\sqrt{\frac{R}{a_t}}=\sqrt{\frac{300}{3.00}}=10s$

1-15 $v_{物}=v_0-gt=49-9.8t$, $v_{测物}=v_{物}-v=29.4-9.8t$

第二章

2-1 $P_B=\sqrt{\overrightarrow{P_e}^2+\overrightarrow{P_v}^2}=10.65\times 10^{-16}g\cdot cm/s.$ $q=30^{o}$.

2-2 **(1)**木块的速率$v=\frac{m}{M+m}v_0$和动量$p_{木}=\frac{Mm}{M+m}v_0$；子弹的动量$p_{子}\frac{m^2}{M+m}v_0$.

(2)子弹施予木块的动量$I_{木}=\frac{Mm}{M+m}v_0$.

2-3 $I=\sqrt{m(T_0-mg)l}=0.86kg\cdot m/s$

2-4 $v_1=\frac{ft_1}{m_1+m_2}$, $v_2=\frac{ft_1}{m_1+m_2}+\frac{ft_2}{m_2}$.

2-5 $S_{船}=1.4m.$ (对岸), $S_{人}=-S_{船}+S_{人对船}=2.6m$.(对岸).

2-6 $m_{乙}=\frac{v_0+v_{乙}}{v_0-v_{乙}}m_{货}=300kg$.

2-7 $v_{前}=v+\frac{m}{M+m}u$, $v_{中}=v$, $v_{后}=v-\frac{m}{M+m}u$

2-8 (1) $\overrightarrow{v_{车}}=-\frac{Nm}{M+Nm}\vec{u}$

(2) $\overrightarrow{v_{车N}}=-m[\frac{1}{M+Nm}+\frac{1}{M+(N-1)m}+\mathbf{L}+\frac{1}{M+2m}+\frac{1}{M+m}]\vec{u}$

(3) 比较(1)和(2),显然有 $\left|\vec{v}_{车N}\right|>\left|\vec{v}_{车}\right|$.

2-9 $v_2=\sqrt{v_1^2+4v_0^2\cos^2 q_0}$, $a=tg^{-1}\frac{v_1}{2v_0\cos q_0}=\sin^{-1}\frac{v_1}{v_2}=\cos^{-1}\frac{2v_0\cos q_0}{v_2}$.

2-10 $\overline{F}_t = \dfrac{240mv}{t} = \dfrac{240\times10\times10^{-3}\times900}{60} = 36N$

2-11 (1) $a_0 = \dfrac{v_0}{M_0}m - g$； (2) $m = \dfrac{M_0}{v_0}(a_0 + g) = 735kg/s$.

2-12 (1) $v_1 = c\ln\dfrac{m_0}{m} = 2500\ln 3$； $v_2 = 5000\ln 3$； $v_3 = 7500\ln 3 = 8239.6m/s$.

(2) $v = 2500\ln\dfrac{60}{60-48} = 2500\ln 5 = 4023.6m/s$.

2-13 $F = (v+u)\dfrac{dm}{dt}$ 为向前的推力，此式的 v、u 为绝对值.

2-14 (1) 水平总推力为 $F = v\dfrac{dm}{dt}$（向前）

（2）以上问题的答案不改变

2-15 质点受力 $\vec{f} = m\vec{a} = -mw^2\vec{r}$，恒指向原点.

2-16 $F > m(m_A + m_B)g$

2-17

$$\begin{cases} a_{1x} = -\dfrac{m_2 g\sin q\cos q}{m_2 + m_1\sin^2 q} = -\dfrac{m_2 g}{(m_1+m_2)tgq + m_2 ctgq} \\ a_{1y} = -\dfrac{(m_1+m_2)g}{m_2 + m_1\sin^2 q}\sin^2 q = -\dfrac{(m_1+m_2)gtgq}{(m_1+m_2)tgq + m_2 ctgq} \end{cases}$$

$$\begin{cases} a_{2x} = \dfrac{m_1 g\sin q\cos q}{m_2 + m_1\sin^2 q} = \dfrac{m_1 g}{(m_1+m_2)tgq + m_2 ctgq} \\ a_{2y} = 0 \end{cases}$$

2-18 $F > (m_1 + m_2)(m_1 + m_2)g$

2-19 (1) $t = [\dfrac{2d}{g\cos q(\sin q - m\cos q)}]^{\frac{1}{2}}$

(2) $m = \dfrac{\cos 60^\circ\sin 60^\circ - \cos 45^\circ\sin 45^\circ}{\cos^2 60^\circ - \cos^2 45^\circ} = 2-\sqrt{3} = 0.268$

2-20 $a_1' = \dfrac{m_1(m_2+m_3) - 4m_2m_3}{m_1(m_2+m_3) + 4m_2m_3}g = \dfrac{1}{17}g = 0.58m/s^2$

2-21 $tgq > \dfrac{3m_1+m_2}{m_1-m_2}m$.

2-22 $F = \dfrac{m_3}{m_2}(m_1+m_2+m_3)g$

2-23 (1) $\begin{cases} T = m(g\sin q + a\cos q) \\ N = m(g\cos q - a\sin q) \end{cases}$

(2) $a = gctgq$

2-24 $v_{\min} = \sqrt{\dfrac{\sin q - m\cos q}{\cos q + m\sin q}kg} = \sqrt{\dfrac{tgq - m}{1+mtgq}kg}$， $v_{\max} = \sqrt{\dfrac{\sin q + m\cos q}{\cos q - m\sin q}kg} = \sqrt{\dfrac{tgq + m}{1-mtgq}kg}$

2-25　$f=\dfrac{Mm}{M+m}(2g-a^{'})$

2-26　从机内看: $a=3/4g$

从地面上的人看: $\begin{cases}a_{Ax}=3/4g\\a_{By}=1/2g\end{cases}$; $\begin{cases}a_{Bx}=0\\a_{By}=-1/4g\end{cases}$.

2-27　(1)　$v=\sqrt{gl}$

(2)　$\begin{cases}N_t=mg=4.9N\\N_n=m\dfrac{v^2}{l}=0.16N\end{cases}$

2-28　由 dr 这一段,所需向心力 $dT=dmw^2r=\dfrac{m}{l}w^2rdr$ 易证。

2-29　$w=\sqrt{\dfrac{kg}{kl_0\cos q+mg}}$,　　$\Delta l=\dfrac{mg}{k\cos q+mg}$

2-30　(1) $w=\sqrt{2ag}$; (2) 相对弯管静止的角速度为 $w=\sqrt{\dfrac{g}{R-y}}$，即没有唯一的角速度。

2-31　$f=mM(2a-a^{'})$

2-34　$\vec{f}_c=2m\vec{v}\times\vec{w}$;　$f_c=2mw\sin 30^{0}=91N$，压向东边。

第三章

3-1 最后一节车厢与列车后端相距 $\Delta s=s^{'}+s=Ms/(M-m)$

3-2　$h=R/3$

3-3　$h\geq 5R/2$

3-4　$h=(v_0^2+v_1^2)/4g$

3-5　$v_B=[\dfrac{2(m_B-mm_A)gh}{m_A+m_B}]^{\frac{1}{2}}$

3-6　$q_{\min}=\cos^{-1}(\dfrac{1}{3}+\dfrac{1}{3}\sqrt{1-\dfrac{3M}{2M}})$

3-7　$v_m=\dfrac{m_2}{m_1}g\sqrt{\dfrac{m_1}{k}}=\dfrac{m_2}{m_1}\dfrac{g}{w_1}$,　$w_1=\sqrt{\dfrac{k}{m_1}}$

3-8（1）$v_B=\sqrt{\dfrac{k}{m_A+m_B}}x_0$；　（2）　$x_{A\max}=x_0+x_0^{'}=(1+\sqrt{\dfrac{m_A}{m_A+m_B}})x_0$

3-9　（1）$a_{c\max}=F_{外}/m=kx_0/(m_A+m_B)$；（2）$v_{c\max}=\dfrac{\sum u_iv_i}{m}=\dfrac{m_B}{m_A+m_B}\sqrt{\dfrac{k}{m_B}}x_0$.

3-10　（1）$F=(m_2+m_2)g$

（2）当 F 刚撤除时，$a_{c\max}=g$ (方向向上)；当 $l_0-x=l_1$时，$F_{外}=0,a_c=0$；当 $l_0-x=-l_1$，$F_{外}=-(m_1+m_2)g,a_c=-g$，是 m_2 刚要离地时的质心力加速度，方向向下。

3-11 证明的关键是作用力和反作用力在任何参考系中都相等，即 *N=N'* 。

3-12　两物体的速度为 $V=\dfrac{m}{M+m}\sqrt{2gh}$；上升的最大高度为 $H=\dfrac{m^2}{M^2-m^2}h$.

3-13 (a) $A=\frac{1}{2}\frac{k_1k_2}{k_1+k_2}l^2$；(b) 如非常缓慢地拉长，则 A 被分配到两弹簧上，此时 A 如上最小；

若非常急速地拉，k_1 及 m 都来不及变化和运动，故 $A_{\max}=\frac{1}{2}k_2l^2$。一般地有：

$\frac{1}{2}\frac{k_1k_2}{k_1+k_2}l^2\le A\le\frac{1}{2}k_2l^2$。

3-14 $V=\frac{m}{M+m}v_0=16m/s$.（1）$A_{木块\to子弹}=\frac{1}{2}mV^2-\frac{1}{2}mV_0=-6397.44J$；（2）$A_{子弹\to木块}=\frac{1}{2}MV^2=125.44J$；（3）耗散掉的机能: $\Delta E=-A_{木块\to子弹}-A_{子弹\to木块}=6272J$.

3-15 $x_{\max}=\sqrt{\frac{m_2}{(m+m_1)(m+m_1+m_2)}}\cdot mv_0$

3-16 A 球第一次碰撞后返回的高度是 $h_A=\frac{1}{4}(1-e)^2h_1$.

3-17 $m_B>3m_A$.

3-18 $\begin{cases} v_m=\frac{m-M}{m+M}v_0=\frac{r-1}{r+1}v_0 \\ v_M=\frac{2m}{m+M}v_0=\frac{2r}{r+1}v_0 \end{cases}$，式中 $r=m/M$.

3-19 （1）$v=u_1/2$，$m_2=3m_1$；（2）$v_c=\frac{1}{4}u_1$；（3）$E_k{}^c=\frac{3}{4}\bullet\frac{1}{2}m_1u_1{}^2$；（4）$E_{k1}=\frac{1}{4}\bullet\frac{1}{2}m_1u_1{}^2$.

3-20 $m_n=\frac{14v_N-v_H}{v_H-v_N}m_H=1.159m_H$；$v_0=3.07\times10^7m/s$.

经误差分析后得: $m_n=(1.159\pm0.252)m_H$； $v_0=(3.07\pm0.31)\times10^7m/s$.

3-21 $v_1=\frac{28}{27}v_0, v_2=\frac{13}{27}v_0$.

3-22 $v=\frac{1}{4}v_0\sqrt{5-2\sqrt{2}}=0.368v_0$， $q=tg^{-1}\frac{\sqrt{2}}{4-\sqrt{2}}=28.68^{\circ}$

末态动能 $E_k=0.52\times\frac{1}{2}m_0v_0{}^2<\frac{1}{2}m_0v_0{}^2$ 不守恒！

3-23 (1) 由此得 $v_{汽}>120km/h$，目击者的判断不可信。

（2）总初始动能的 5/8 由于碰撞而转换成了其他形式的能量。

3-24 $m_{乙}=300kg$；总动能减少了。

3-25 由（3.63）式可以证明: $v\approx\left(1-e^{-na}\right)v_0$；且在 $an<<1,$，和 $an\to\infty$，时有效。

3-26 十人一个一个地往后跳跳时，车子获得最大的动能。

3-27 $y_c=0,\quad x_c=\frac{R\sin q}{q}$

3-28 $x_c=0, z_c=0$，$y_c=\frac{3}{8}R$.

3-29 （a）当 $mg<kR-kl/2$ 时，E_p 有两个稳定平衡点($q_{\pm}=\cos^{-1}\frac{kl}{2(kR-mg)}$)，有一个不稳定平衡点$\left(q_1=0\right)$；（b）当 $mg\ge kR-kl/2$ 时，E_p 只有一个稳定平衡点$\left(q_1=0\right)$。

3-30 从略。

第四章

4-1（1） $J_A = mvd_1, J_B = mvd_1$,方向向纸里;$\vec{J}_C = m\vec{d}_3 \times \vec{v} = 0.$

（2）$M_A = mgd_1$，$M_B = mgd_1$,方向向纸里;$\vec{M}_C = \vec{d}_3 \times m\vec{g} = 0$.

4-2 $\vec{J} = m\vec{r} \times \vec{v} = m(xv_y - yv_x)\vec{k}, \quad \vec{M} = \vec{r} \times \vec{f} = yf\vec{k}.$

4-3 $w = \dfrac{1}{mr^2}\dfrac{h}{2p} = 4.13 \times 10^{16} md/s$

4-4 $v_2 = \dfrac{r_1}{r_2}v_1, tgq_2 = \dfrac{v_2^3}{gr_1v_1} \propto v_2^3$;即$v_2$增大，故$q_2$亦增大，$q_2 > q_1$.

4-5 $w' = \dfrac{8}{5}w; \quad \Delta E_k = \dfrac{39}{25}E_{k0}$,增加的能量来自汽车的动力。

4-6 $w = \dfrac{v}{2R}$(这是转台反方向旋转地角速度)。

4-7 m_2对质心的角动量更大，$\dfrac{J_{c2}}{J_{c1}} = \dfrac{m_1}{m_2}.$

4-8 $v_c = wl_2 = \dfrac{m_1 l}{m_1 + m_2}w$ 沿切线方向做匀速直线运动；$T = T_1 = mlw^2$.

4-9 (1) $J_{前} = J_{后}$(角动量守恒); (2) $v' = \dfrac{r_{10}}{r_5}v_0 = \dfrac{5}{2.5} \times 6.5 = 13m/s$;

(3) $T' = m\dfrac{v'^2}{r_5} = 4056N$；（4）$A = 3802.5J = \Delta E_k$.

4-10 (1) $\dfrac{E_k}{E_{ko}} = \dfrac{b^2}{l^2} < 1$，其他能量转变为绳子的弹性势能,以后转化为分子内能.

(2) 绳子断后，质点将按速度$v = v_0\dfrac{b}{l}$沿切线方向飞出，做匀速直线运动 ;

质点对0点的角动量$J = mv_0 b =$恒量.

4-11 (1) $U_{(r)} = \dfrac{k}{r}$，选$r = \infty$处为U的零点；（2）$R = \dfrac{mv_0^{\ 2}b^2}{\sqrt{k^2 + m^2v_0^{\ 4}b^2} - k} = \dfrac{\sqrt{k^2 + m^2v_0^{\ 4}b^2} + k}{mv_0^{\ 2}}$。

4-12 把k换成$-k$。

4-13 地月之间距离增大了0.28倍

4-14 $V_C = \dfrac{4}{7}V_0, \quad V_1 = -\dfrac{1}{7}V_0; \quad w = \dfrac{4\sqrt{2}}{7}\dfrac{V_0}{l}.$

4-15 $v' = \dfrac{3m - M}{3m + M}v \quad ; w = \dfrac{6v}{L} \bullet \dfrac{m}{3m + M}$. 讨论：(1) $M \leqslant 3m$,$v \geqslant 0$,小球向前运动；**(2)** $M = 3m$,$v = 0$,小球不动；**(3)** $M \geqslant 3m, v' \leqslant 0$, 小球向后运动。三种情况下，薄板匀绕轴向前转动，此题中系统的动量不守恒，因为轴对薄板有做用力

4-16 $I = I_B + I_C + I_{BC} = \dfrac{1}{3}ml^2 \times 2 + \dfrac{5}{6}ml^2 = \dfrac{3}{2}ml^2$

4-17 $(1).I = 6ml^2 = 3.6 \times 10^{-5}kgm^2;(2)I = 4m(\dfrac{\sqrt{3}}{2}l)^2 = 1.8 \times 10^{-5}kgm^2;(3)I = 12ml^2 = 7.2 \times 10^{-5}kgm^2.$

4-18 （1） $I = \dfrac{1}{3}ml^2 + \dfrac{1}{2}MR^2 + M(l + R)^2$

（2） $r_c = \frac{l}{2} + \frac{M}{M+m}(\frac{l}{2}+R) = l + R - \frac{m}{M+m}(\frac{l}{2}+R)$

$I_c = \frac{1}{12}ml^2 + \frac{1}{2}MR^2 + \frac{mM}{M+m}(R+\frac{l}{2})^2$

4-19 $I_{余} = \frac{1}{2}MR^2(1-\frac{r^2}{R^2}-2\frac{r^4}{R^4})$

4-20 $I = \frac{M_{摩}t_1}{w_0} = \frac{100\times 240}{40p} = 191kgm^2$

4-21 $m = \frac{mRw_0}{2Nt} = 0.098$

4-22 制动力矩：$N' = \frac{mRw_0}{mt} = 2.09N$；制动力：$F = \frac{N'}{1.25} = 0.836.$

4-23 （1）$t = \frac{R_A}{R_B} = \frac{w_A}{b_B} = \frac{30}{75}\times\frac{20p}{0.8p} = 10s$

（2）$b_A = \frac{w_A - w_{A0}}{t'} = -\frac{1}{6}prad/s^2; b_B = \frac{w_B - w_{B0}}{t'} = -\frac{1}{15}prrad/s^2.$

4-24 (1) $t = \frac{I_c w}{M} = 0.105s$

(2) $F_r = T_1 - T_2 = T_1(1-e^{-mp}) = \frac{M}{2mR} = 83.3N$;

$T_1 = \frac{83.3}{1-e^{-0.3p}} = 136.6N, \quad T_2 = T_1 e^{-0.3p} = 53.3N$.

4-25

$a_1 = \frac{(m_1R - m_2r)R}{I_c + m_1R^2 + m_2r^2}g, \quad a_2 = \frac{r}{R}a_1 = \frac{(m_1R-m_2r)r}{I_c+m_1R^2+m_2r^2}g;$

$T_1 = \frac{I_c + m_2r(r+R)}{I_c+m_1R^2+m_2r^2}m_1g, \quad T_2 = \frac{I_c+m_1r(r+R)}{I_c+m_1R^2+m_2r^2}m_2g.$

4-26 小幅摆动的周期: $T = 2p\sqrt{\frac{l_1^2+l_2^2}{g(l_2-l_1)}}$; 等值摆长: $l_0 = \frac{l_1^2+l_2^2}{l_2-l_1} > l_1 + l_2$.

4-27 $I = \frac{T_1^2}{T_2^2 - T_1^2}ml(l-\frac{T_2^2}{4p^2}g) = 1.21\times 10^3 g\cdot cm^2$

4-28 (1) $\frac{T}{T_0} = \sqrt{\frac{l^2+3h^2}{l^2+2lh}}$; $h = 0.5m时, \frac{T}{T_0} = \sqrt{\frac{7}{8}}, \quad h = 1m时, \frac{T}{T_0} = \sqrt{\frac{4}{3}}$.

(2) 当$h = \frac{2}{3}l$时, $\frac{T}{T_0} = 1.$

4-29 $h = \frac{1}{10}(27R - 17r)$

4-30 $a_c = \frac{mr^2}{I_c + mr^2}g$ ； $T = \frac{I_c}{2(I_c + mr^2)}mg$。

4-31（1）$a \le 2mg$, 或$m \ge \frac{a}{2g}$.

(2) $a_c = \frac{1}{2}a, \quad b = \frac{a_c}{R} = \frac{a}{2R}$.

4-32 前后轮对地面的压力: $N_1 = \frac{L-l+mh}{L}mg, N_2 = \frac{l-mh}{L}mg$

4-33 $v_c = v_0 - mgt$, $w = w_0 - \frac{3}{2}\frac{mg}{R}t.$

讨论： ① 当$t = t_1 = \frac{2v_0}{3mg}$时，$w = 0$，$v_c = v_0 - \frac{2}{3}v_0, v_p = Rw + v_c = \frac{1}{3}v_0$,球不转，只是滑动；

当$t < t_1$时，$w > 0$球还是倒转；当$t > t_1 s$时，$w < 0$，在摩擦力矩作用下，足球按顺时转动。 4-34

（2）当$t = t_2 = \frac{4v_0}{5mg}$时，$v_p = v_c + Rw = R(w_0 - \frac{3}{2}\frac{mg}{R}t_2) + (v_0 - mgt_2) = 0,$亦即球只滚不滑，此时，$v_c = v_0 - mgt_2 = \frac{1}{5}v_0, w = -\frac{v_0}{R} = -\frac{1}{5}w_0 < 0,$若不计滚动摩擦，此后$v_c, w$保持不变。

球的反弹速度为 $v_f = ev_0$,还受墙的摩擦冲力有一向上的速度 v_1,形成以墙角为原点的抛体运动；落地后受摩擦及非弹性碰撞的影响，两速度分量减小，形成一个较小轨迹的抛体运动；如此等等……。球向上的可能最大高度由机械能量守恒确定,为 $h_m = v_0^2/3g$.

4-35 $v_{底} = \sqrt{\frac{10}{7}g(R-r)}, w_{低} = \frac{1}{r}\sqrt{\frac{10}{7}g(R-r)}, N = \frac{17}{7}mg$.

4-36 在$m \geq \frac{2a}{7g}$条件下，用力将平板抽出时，球一边向前运动;若$m < \frac{2a}{7g}$,则球只会滑动，没有滚动（其中a为平板的角速度）。

4-37 （1）$h \geq \frac{R}{5}(2 - \frac{7mmg}{F})$; $\mathbf{Q}\, F mmg$, $\therefore h \geq \frac{2}{5}R.$

（2）台球只有滑动，没有滚动，此时$a_c = \frac{F - mmg}{m}$。之后，在摩擦力作用下，球渐渐滚动起来。

4-38 12秒钟后，雪球会碰到滑雪者，人不能逃脱。

4-39 当$m > \frac{b}{a}$时，$q_1 < q_2$，则q在到达$q_1 = arctg\frac{b}{a}$时发生翻倒；

当$m < \frac{b}{a}$时，$q_1 > q_2$，则q在到达$q_2 = arctg\frac{b}{a}$时发生滑动;

当$m = \frac{b}{a}$时，$q_1 = q_2$，则q在到达$q_1 = q_2 = arctgm = arctg\frac{b}{a}$时滑动和翻倒同时发生。

4-40 细杆平衡条件: $\frac{l}{2}\cos^3 q + R\sin q = d(0 < q < \frac{p}{2})$

4-41 $tga \leq 2m$时，m_1与m_2平衡；$\sin a > \frac{2m_2}{m_1}$时,圆拄下滚($f \leq mN$,只滚不滑) 。

4-42 $N_A = \frac{l_1}{l_2}mg = 12544N; N_B = \frac{\sqrt{l_1^2 + l_2^2}}{l_2}mg = 15680N > N_A.$

4-43 铰链落地时，$v_{铰链} = \sqrt{3gl/2}$。

4-44 进动角速度为 $\Omega = \frac{M}{I_c w} = \frac{mgl}{I_c w}$ ；

绳子与铅垂线所成的夹角q由下述超越方程给出：$L\sin q + l = \frac{I_c^2 w^2}{m^2 g l^2} tgq$.

第五章 连续体力学

5-1 张力 $T = Dp/2d$.

5-2 (1) $\mathbf{Q} V = lab = l_0(1+e)\cdot a_0(1-se)\cdot b_0(1-se) \approx l_0a_0b_0(1+e-2se)$；而

$l_0a_0b_0 = V_0$，$\therefore (V-V_0)/V_0 = e(1-2s)$.

(2) 压缩时 $(V-V_0)/V_0 = -e(1-2s)$.

(3) $(V-V_0)/V_0 = -\dfrac{t}{Y}(1-2s) = -\dfrac{1.37}{19.6\times10^{10}}(1-0.3) = -4.9\times10^{-12}$

5-3 (1) $t_{II} = F/S = 7.8\times10^7\,\mathrm{N/m^2}$；

(2) $e_{剪} = t_{II}/G = 9.7\times10^{-4}$ ；

(3) $\Delta d = e_{剪}d = 4.9\times10^{-4}\,\mathrm{cm}$.

5-4 $\dfrac{R_H}{R_b} = \dfrac{Ybh^3/12M_{外}}{Yhb^3/12M_{外}} = (\dfrac{h}{b})^2 = (\dfrac{3}{2})^2 = 2.25$

5-5 $M = \dfrac{pGj}{2l}(R_2{}^4 - R_1{}^4) = Dj$， 其中 $D = \dfrac{pG}{2l}(R_2{}^4 - R_1{}^4)$.

5-6 $\mathbf{Q}\, D_{Al} = p\times2.65\times10^{10}\times(0.020^4-0.019^4)/(2\times10) = 1.25\times10^2$,

$D_{Fe} = p\times8.0\times10^{10}\times(0.020^4-0.019^4)/(2\times10) = 3.77\times10^2$;

$\therefore q_{Al} = M/D_{Al} = 50/125 = 0.4 = 0.4\times180^\circ/p = 23^\circ$,

$q_{Fe} = M/D_{Fe} = 50/377 = 0.13 = 0.13\times180^\circ/p = 7.4^\circ$.

5-7 论证从略.

5-8 $\mathbf{Q}\, v_1 = Q/S_1 = 6.7\,\mathrm{m/s}$， $v_2 = \sqrt{v_1{}^2 - 2gh} = 2.3\,\mathrm{m/s}$； $\therefore S_2 = v_1S_1/v_2 = 4.35\,\mathrm{m/s}$.

5-9 $p = p_0 - rg(h_1+h_2) = 0.856\times10^5\,\mathrm{Pa}$； $Q = vS = \sqrt{2gh_2}\,S = 1.71\times10^{-4}\,\mathrm{m^3}$.

5-10 $v = \sqrt{2g[(r_1/r_2)\ h_2 + h_2]} = 9.5\,\mathrm{m/s}$.

5-11 一半需时 $t_1 = (\sqrt{2}-1)\dfrac{A}{S}\sqrt{\dfrac{H}{g}}$；全部需时 $t_2 = \sqrt{2}\,\dfrac{A}{S}\sqrt{\dfrac{H}{g}}$.

5-12 $t = (\sqrt{2}-1)\dfrac{S_1}{S_2}\sqrt{\dfrac{H}{g}} = 28.1\,\mathrm{S}$.

5-13 由射程公式 $l = vt = \sqrt{2gh}\cdot\sqrt{2(H-h)/g} = 2\sqrt{h(H=h)}$ 求极大值可证.

5-14 推导从略.

5-15 在距水面下 $h = h_1 + h_2 = 75\,\mathrm{cm}$ 处相交.

5-16　(1) 压力计的水面与出水口等高; (2) 压力计的水面升高.

5-17　$v=\sqrt{2(g+a)h}=\sqrt{2(9.8+120)\times 0.30}=8.8\,\mathrm{m/s}$.

5-18 加速度 a 和液面倾斜角 θ 分别为：$a=2(H-h)/l$;　$q=\arctan 2(H-h)/l$.

5-19　$v=\sqrt{2gh}=\sqrt{2\times 9.8\times 5.1}=10\,\mathrm{m/s}$.

5-20 水流速度 $v_0=\sqrt{2gh}$，水轮机的功率 $P=rS(v_0-v)^2v$；其 v 中为轮机叶片的速度.

令 dP/dv = 0，可得 $P_{\min}$=0 , (对应 v = 0) ; $P_{\max}=rS\cdot\left(\frac{4}{3}\sqrt{2gh}\right)^2\cdot\frac{1}{3}\sqrt{2gh}=3.4\times 10^4\,\mathrm{W}$

(对应 $v=v_0/3$) . 水轮机最大功率时的转速为 $n_m=(v_0/3)/2pR=0.21\,\mathrm{s}^{-1}=12.4\,\mathrm{m}^{-1}$.

5-21 大小: $F=rvS\left|\Delta\overset{\mathbf{r}}{v}\right|=rvS\cdot 2v\sin a/2=55\,\mathrm{N}$；方向（与原水流方向夹角）: $q=127.5°$.

5-22　(1) $h=\dfrac{prgR^4}{8Q}$;　(2) $v_0=\dfrac{P_a-P_b}{4hl}R^2=\dfrac{2Q}{pR^2}$.

5-23　$v=\dfrac{p_x}{2h}(d^2-z^2)$; 其中 $p_x=dP/dx$ 为与坐标无关的压强沿流速方向的梯度, 2d 为两平面间的距离, z 为坐标原点在两板中间、坐标轴与平板正交的坐标.

5-24　$h=gd^2(r_1-r_2)/18v=0.82\,\mathrm{P_a\cdot S}$.

5-25　$v_m=\dfrac{2}{9h}r^2rg=1.43\times 10^{-2}\,\mathrm{m/s}$.

5-26　$v_{m1}=\dfrac{2r_1^2(r-r')}{9h}g=1.2\times 10^{-4}\,\mathrm{m/s}$;　$v_{m1}=\dfrac{2r_1^2(r-r')}{9h}g=3.0\times 10^{-1}\,\mathrm{m/s}$.

5-27　水滴所受的重力为　$mg=r(\frac{1}{6}pd^3)g=4.1\times 10^{-11}\,\mathrm{N}$;

而它受气流向上的曳引力为　$f=6ph(d/2)v=6.8\times 10^{-11}\,\mathrm{N}$.

由于 $f>mg$ ，故水滴不能回落地面 .

5-28　由雷诺数 $R=\dfrac{rvl}{h}=\dfrac{(Q/\frac{pd^2}{4\times 5})(\frac{d}{\sqrt{5}})}{h/r}=\dfrac{4\sqrt{5}Q}{pd(h/r)}=6.3\times 10^3>2600$ ，可断定为湍流 .

第六章 振动和波

6-1（1）　$j_0=2p-\frac{p}{3}=\frac{5p}{3}$　或 $-\frac{p}{3}$.

（2） $x_{(0.5)}=6\sqrt{3}cm$；$v_{(0.5)}=-6p\ {cm}/{s}$；$a_{(0.5)}=-6\sqrt{3}p^2\ {cm}/{s^2}$.

(3) 相当于 $t=1s$： $v_{(1)}=-6\sqrt{3}p\ {cm}/{s}$； $a_{(1)}=6p^2\ {cm}/{s^2}$.

6-2 当$a=0$时， $x=\cos pt$；当$a=\frac{p}{3}$时，$x=\cos(pt+\frac{p}{3})=\cos pt_1$， $t_1=t+\frac{1}{3}$；

当$a=\frac{p}{2}$时，$x=\cos pt_2$ ，$t_2=t+\frac{1}{2}$； 当$a=-\frac{p}{3}$时， $x=\cos pt_3$ $t_3=t-\frac{1}{3}$.

由上各式可见，各轨迹均为余弦曲线，只不过原点在 t 轴上作相应的平移。

6-3 $S_{1(t)}=A\cos(\frac{2p}{T}t+a_1)$；$S_{2(t)}=A\cos(\frac{2p}{T}t_1+a)$， $t_1=t'-\frac{T}{3}$；

$S_{3(t)}=A\cos(\frac{2p}{T}t_2+a)$， $t_2=t+\frac{T}{3}$.

由上各式可见，各轨迹均为余弦曲线，只不过原点在 t 轴上作相应的平移。

6-4 (1) $T=\frac{2p}{w}=\frac{2p}{5}=1.26s$；(2) $f=m\ddot{x}(0)=37.5dyn$；(3) $E=\frac{1}{2}mw^2A^2=112.5erg$.

6-5 液体的振荡是简谐振动， 周期为 $T=2p\sqrt{\frac{L_{总}}{2g}}=p\sqrt{\frac{2L_{总}}{g}}$.

6-6 $w=\sqrt{\frac{k_1+k_2}{m}}$

6-7 （1）$w=\sqrt{\frac{g}{5}}=14\ {rad}/{s}$，$v=\frac{w}{2p}=2.23H_z$；（2） $v_{(x=3cm)}=-w5\sin(14t+p)=56\ {cm}/{s}$ ；

（3）$m=\frac{1}{3}\Delta m=100g$；（4） $x_o'=\frac{4mg}{k}=4x_0=20cm$.

6-8 (1)$j_0=\frac{3p}{2}$,$q_0=\frac{v_0}{lw}=\frac{10^{-2}}{\sqrt{1\times 9.8}}=3.19\times 10^{-3}rad$；(2) 若 $F\Delta t$ 向左，则初相位为 $j_0=\frac{p}{2}$.

6-9 振幅$A=\frac{mg}{k}\sqrt{1+\frac{2kh}{(M+m)g}}$，初相位$j_0=arctg\sqrt{\frac{2hk}{(M+m)g}}$ 。

6-9 $\because T-mg\cos q=ml\dot{q}^2$， $\therefore T=mg\cos[q_0\cos(wt+j_0)]+mlq_0^2\frac{g}{l}\sin^2(wt+j_0)$；

在$wt+j_0=2np\pm{p}/{2}$时，$T=T_{\max}=mg(1+q_0{}^2)$ 。

6-11 $T=\frac{2p}{w}=2p\sqrt{\frac{l}{g\cos a}}=\frac{T_0}{\sqrt{\cos a}}>T_0$，$T_0=2p\sqrt{\frac{l}{g}}$ ，周期变大

6-12 是简谐运动，周期为$T=\frac{2p}{w}=2p\sqrt{\frac{l}{g}}$ 。

6-13 系统作简谐振动，周期是 $T=\frac{2p}{w}=2p\sqrt{\frac{M+3m/4}{2k}}$ 。

6-14 （1）木板的运动方程为 $M\ddot{x}=m(\frac{l-x}{2l}-\frac{l+x}{2l})Mg=-\frac{m}{l}Mgx$，故木板作简谐运动，其固有角频率为 $w=\sqrt{\frac{mg}{l}}$；

（2）木板不作简谐振动，而是向右（或向左）滑出。

6-15 弹簧的运动比较复杂，较严格的分析可参见：

（1）罗蔚茵，《力学简明教程》，广州，中山大学出版社，1985，340~346。

（2）钱伯初，美国研究生考题分析（三）——近似处理，大学物理，1983 年第 3 期，第 28 页，例 1。

6-16 $w_1 = 0, w_2 = w_3 = \sqrt{\dfrac{3k}{m}}$ 。讨论：

（1）$w_1 = 0 \Rightarrow a_1 = a_2 = a_3$ 体系各质点给圆心作纯转动；

（2）$w_2 = w_3 = \sqrt{\dfrac{3k}{m}}$，可能形况为：① $a_1 = 0, a_2 = -a_3 = \pm\dfrac{1}{\sqrt{2}}a$，② $a_1 = \pm\sqrt{\dfrac{2}{3}}a$,

$a_2 = a_3 = -\dfrac{1}{2}a_1 = \mathbf{m}\dfrac{1}{2}\sqrt{\dfrac{2}{3}}a$；其余情况比较复杂，此处从略。

6-17 $t = \dfrac{1}{b}\ln\dfrac{A}{A_{(t)}}\ t = \dfrac{1}{\ln 3/10}\ln\dfrac{3}{0.3} = 21s$

6-18 $Q = \dfrac{1}{2\Lambda} = \dfrac{w_0}{2b} = \dfrac{880p}{2\times\ln 5/8} = 6.87\times10^3$

6-19 $k = mw^2 = 5p^2 = 49.3\,{}^{N}\!/\!_{m}$（劲度系数），$b = \dfrac{w_0 l}{\sqrt{l^2 + 4p^2}} = 0.01/s$ （阻尼系数）.

6-20 阻力系数 $g = \dfrac{F}{A_{\max}w_0} = \dfrac{1}{200p}\,{}^{kg}\!/\!_{s}$； 阻力的幅度 $F_0 = gv_{\max} = g\dfrac{F}{2mb} = F = 10^{-3}N$.

6-21 $A_{合} = \sqrt{A^2 + (\sqrt{3}A)^2} = 2A$, $j_{合} = \dfrac{7}{12}p = 105^0$.

6-22 (1) 轨迹为 $\dfrac{x^2}{A^2} + \dfrac{y^2}{B^2} = 1$ 顺时针方向旋转的正椭圆；

（2）轨迹同上，但为逆时针方向旋转的正椭圆。

6-23 $T_{拍} = \dfrac{t}{n} = 2s$，$\Delta u = 0.5H_z$, $u = u_0 \pm \Delta u = 256 \pm 0.5H_z$ 。

6-24 从左自右依次为； $w_{纵} = 2w$, $\dfrac{3}{2}w$, $\dfrac{3}{2}w$, $\dfrac{4}{3}w$, $3w$, $3w$.

6-25 （ 1 ） 1) $u(x,0) = ASin\dfrac{2px}{l}$ ， 2) $u(x,\dfrac{T}{4}) = -ACos\dfrac{2px}{l}$ 3) $u(x,\dfrac{T}{2}) = -ASin\dfrac{2px}{l}$ ，

4) $u(x,\dfrac{3T}{4}) = ACos\dfrac{2px}{l}$；

(2) 1) $u(0,t) = -ASin\dfrac{2pt}{T}$ ， 2) $u(\dfrac{l}{4},t) = ACos\dfrac{2pt}{T}$ ， 3) $u(\dfrac{l}{2},t) = Sin\dfrac{2pt}{l}$ ，

4) $u(\dfrac{3l}{4},t) = -ACos\dfrac{2pt}{T}$

6-26 $u(x,t) = 0.001Cos(3300pt + 10px + \dfrac{p}{2}) = 0.001Sin(3300pt + 10px + p)$

6-27 A=2.0cm, $l = 30cm$ **,** $v = 100Hz$ **,** $c = vl = 3000cm/s$ **;**

当 **x=10cm** 时，初相位为 $y_0' = -\dfrac{2p}{3}$ 或 $\dfrac{4p}{3}$

6-28 $u(x,t) = ACos[w(t - \dfrac{x}{c}) + y_0] = ACos[2pv(t - \dfrac{x}{c}) + y_0]$.

6-29 $l_1 = \dfrac{c}{v_1} = 16.5m$，$l_2 = \dfrac{c}{v_2} = 1.65cm$.

6-30 可见光的频率范围为: $7.5\times10^{14} \sim 3.95\times10^{14}\,Hz$

6-31 从略。

6-32 $\mathbf{Q}\ w\frac{d}{c}=\frac{2pd}{l}=\frac{5}{2}p$， $\therefore u(0,t)=A\cos(wt+j_0)$.

（1）无半波相位突：(a) O 点左边: $u=-2A\sin(wt+j_0)\sin w\frac{x}{t}$，是驻波；

(b) O 点右边: $u=-2A\sin[w(t-\frac{x}{c})+j_0]\cos\frac{p}{2}=0$ ，不动。

（2）半波相位突变： (a) O 点左边: $u2A\cos(wt+j_0)\cos w\frac{x}{c}$，是驻波；

(b) O 点右边: $u=2A\cos[w(t-\frac{x}{c})+j_0]$,是一振幅加倍的行波。

6-33 反射波(向左)在固定端有 180° 的相位跃变。

6-34 $u_{反}(x,t)=A\cos[2p(\frac{t}{T}-\frac{x}{l})+\frac{p}{4}]$。

6-35 $u=2A\cos 2p\frac{t}{T}\cos 2p\frac{x}{l}$；波腹: $x=n\frac{l}{2}$ ，波节: $x=n\frac{l}{2}-\frac{l}{4}, n=1,2,3,\cdots$

6-36 AB 上不动点即为波节 $x=n\frac{l}{2}, n=0,1,2,3,\cdots,20$ 共 21 个点(λ/2 = 1 m)。

6-37 群速: $v_g=\frac{dw}{dk}=\frac{g+3rk^2/r}{2w}$. 当 $v_g=c=\frac{w}{k}$时，$k=\sqrt{\frac{rg}{r}}$；此时

$\frac{dc}{dk}=\frac{1}{2}\frac{1}{\sqrt{g/k+rk/r}}(-\frac{g}{k^2}+\frac{r}{r})=0$，相速 c 有极小值,也是最小值（$c_{min}=\sqrt{2}(\frac{rg}{r})^{\frac{1}{4}}$).

6-38 (1) $l=24cm$，$c=240cm/s$; (2) B 点比 A 点的相位落后: $\Delta j=\frac{p}{5}$.

6-39 A 听到的拍频为: $\Delta v_A 30.3Hz$; B 听到的拍频为 $\Delta v_B=29.4Hz$.

6-40 $v=\frac{c^2-v_s^2}{2cv_s}\Delta v_{拍}=204Hz$

6-41 潜水艇的速率 $v=\frac{\Delta v_{拍}}{2v+\Delta v_{拍}}c=6m/s$·

6-42 马赫锥半顶角 $a=\arcsin\frac{c}{v_s}=\arcsin\frac{c}{1.5c}=41.8^{o}$.

第七章 万有引力

7-1 $M=\frac{4p^2}{GT^2}r^3=6,06\times10^{24}$ kg.

7-2 $K=\dfrac{r^3}{T^2}=\dfrac{G}{4p^2}(M+m)$.

7-3 $T'=T\sqrt{\dfrac{M+m}{M}}=27.3\sqrt{\dfrac{81m+m}{81m}}=27.5\,\text{d}$.

7-4 $a_1=2.5\,\text{AU}$: $T_1=(a_1/a)^{3/2}T=3.95\,\text{y}$; $a_2=3.0\text{AU}$: $T_2=(a_2/a)^{3/2}T=5.18\,\text{y}$.

7-5 $\bar{r}\approx\dfrac{24p}{GT^2q^3}=1.29\times10^3\,\text{kg/m}^3$.

7-6 由$T^2=\dfrac{4p^2}{GM}r^3$， $r\approx R$， 及 $M=\bar{r}\cdot\dfrac{4p}{3}R^3$，得 $T=\sqrt{\dfrac{3p}{G\bar{r}}}\propto\dfrac{1}{\bar{r}}$.

7-7 (1) $\dfrac{r_M}{r_E}=\dfrac{M_M}{M_E}\cdot\dfrac{d_E{}^3}{d_M{}^3}=0.74$； (2) $g_M=\dfrac{M_Md_E{}^2}{M_Ed_M{}^2}g_E=0.207g_E=2.03\,\text{m/s}^2$.

7-8 (1) $h=r-R=\sqrt[3]{\dfrac{GMT^2}{4p^2}}-R=1.69\times10^6\,\text{m}$； (2) $t=\dfrac{2\arccos(R/r)}{\Delta w}=2.63\times10^2\,\text{s}$.

7-9 同步卫星圆形轨道的半径 $r=\sqrt[3]{\dfrac{GM}{w^2}}=4.23\times10^7\,\text{m}$，容许的半径误差为

$$|\Delta r|=\frac{2r}{3}\cdot\frac{\Delta w}{w}=\frac{2\times4.23\times10^7}{3}\cdot\frac{10/(10\times365\times24\times60\times60)}{2p/(24\times60\times60)}=214\,\text{m}.$$

7-10 $h=r-R_木=\sqrt[3]{\dfrac{GM_木T}{4p^2}}-R_木=8.77\times10^7\,\text{m}$.

7-11 (1) $T=2pD\sqrt{\dfrac{r_{2C}}{GM}}=2pD\sqrt{\dfrac{10D}{11GM}}$； (2) $\dfrac{mv_2{}^2/2}{Mv_1{}^2/2+mv_2{}^2/2}=\dfrac{v_2{}^2}{10v_1{}^2+v_2{}^2}=\dfrac{10}{11}$.

7-12 轨道椭圆长轴 $a=(\dfrac{GM_ST^2}{4p^2})^{1/3}=2.69\times10^{14}\ \text{m}$，远日点$r_+\approx2a=5.38\times10^{14}\ \text{m}$.

7-13 $G=\dfrac{Dr^2q}{Mml}=6.61\times10^{-11}\,\text{m}^3/\text{kg.s}^2$.

7-14 (1) $x=GM^2/k[l_0+2(\dfrac{3M}{4pr})^{1/3}]^2=5.90\times10^{-6}\,\text{m}$；

(2) $w=\sqrt{GM/(R+l_0/2)(2R+l_0)}=6.23\times10^{-4}\,\text{rad/s}$.

7-15 $r_M=(\dfrac{5}{2}\times0.33R_E-r_c)M_E/\dfrac{4}{3}pR_E{}^3(R_E{}^2-r_c{}^2)=4.17\times10^3\,\text{kg/m}^3$,

$$r_c = [M_E - \frac{4}{3}p(R_E{}^3 - r_c{}^3)r_M]/\frac{4}{3}pr_c{}^3 = 12.7\times10^3 \text{ kg/m}^3 .$$

7-16　地幔和地核交界处，重力加速度最大：$g_c = \frac{4}{3}pGr_C r_C = 12.3\,\text{m/s}^2$.

7-17　(a) 逃逸速度 $v_2 = \sqrt{2GM/R}$，按能量守恒，可求得离球心的最大距离为 $r = 16R/7$；

(b) $\mathbf{Q}\,\frac{3}{4}v_2 = \frac{3}{4}\sqrt{\frac{2GM}{R}}\rangle\sqrt{\frac{GM}{R}} = v_1$，即此速度大于第一宇宙速度，粒子此情况下已成为卫星，但可求得其离球心的最大距离为 $r = 9R/7$.

7-18　由角动量守恒和能量守恒定律可证 .

7-19　(1) $v_1{}^2 = v_2{}^2 = v_0{}^2 + (v_0/2)^2 = 5v_0{}^2/4$;　$E_1 = E_2 = \frac{1}{2}\cdot\frac{m}{2}v_1{}^2 - G\frac{Mm/2}{r} = -\frac{3}{16}G\frac{mM}{r}$;

$$L_1 = L_2 = (m/2)v_0 r = (m/2)\sqrt{GMr} .$$

(2) 两碎块均为以圆心为焦点的镜象对称椭圆; 其长半轴为 $a = -\frac{GM(m/2)}{2E_1} = \frac{4}{3}r$,

偏心率为 $e = \sqrt{1 - \frac{2|E_1|L_1{}^2}{G^2M^2(m/2)^3}} = \frac{1}{2}$,　短半轴为 $b = \sqrt{a^2(1-e^2)} = \frac{2}{3}\sqrt{3}r$.

7-20　圆轨道上行星的速度为 $v_0 = \sqrt{\frac{GM}{r}}$；　彗星在近日点的速度接近逃逸速度，即

$$v_{近} \approx v_{逃} = \sqrt{\frac{2GM}{r}}\text{ ；故 } v_{近}: v_0 = \sqrt{2} .$$

7-21　按洛希公式，$r_C = 2.45539R(r/r')^{1/3} = 2.45539R_{木}$；即撕裂发生在木星上空高

$$h = r_C - R_{木} = (2.45539-1)\times7.154\times10^7 = 1.041\times10^8\,\text{m} = 1.041\times10^5\,\text{km}\text{ 处} .$$

7-22　相对速度近似等于木星的逃逸速度，即

$$V \approx v_{木逃} = \sqrt{\frac{2GM_{木}}{R_{木}}} \approx \sqrt{\frac{2G(320M_{地})}{(11R_{地})}} = v_{地逃}\sqrt{\frac{320}{11}} = 11.2\times5.4 \approx 60\,\text{km/s} .$$

第八章　相对论

8-1　$\Delta t = \Delta t\big/\sqrt{1-v^2/c^2} = 14\times10^{-6}\,\text{s}$,　$\Delta l = v\Delta t = 4200\,\text{m}$.

8-2　$\Delta t = g\Delta t = 2.5\times10^{-5}\,\text{s}$,　$l = 7.5\times10^3\,\text{m}$.

8-3　$v = \sqrt{1-(\Delta t/\Delta t)^2}\cdot c = \frac{\sqrt{5}}{3}\cdot c$,　$l = v\Delta t = \sqrt{5}c$.

8-4 $v = \sqrt{1-(\Delta x/\Delta x')^2}\cdot c = \dfrac{\sqrt{8}}{3}\cdot c$, $\Delta t' = -0.94\times 10^{-8}$ s.

8-5 质点的轨迹为一椭圆：$\dfrac{x'^2}{(1-v^2/c^2)a^2}+\dfrac{y'^2}{a^2}=1$.

8-6 $q = \arctan(\tan q'/\sqrt{1-v^2/c^2})$.

8-7 $v_x = \dfrac{v'\cos q'+V}{1+Vv'\cos q'/c^2}$，$v_y = \dfrac{v'\sin q'\sqrt{1-V^2/c^2}}{1-Vv'\cos q'/c^2}$；$q = \arctan\dfrac{v'\sin q'\sqrt{1-V^2/c^2}}{V+v'\cos q'}$.

8-8 $v_g = -c,\quad v_e = 0.924c$.

8-9 $v' = (v-V)/[1-vV/c^2] = 0.976c$.

8-10 (1) 对 K 系，小包的速度为 $v_x = -c/2$，$v_y = \sqrt{v^2 - v_x{}^2} = \sqrt{5}c/4$；

对 a 船，小包的速度为 $v_x' = (v_x - V)/(1-v_xV/c^2) = -4c/5$，

$v_y' = v_y\sqrt{1-V^2/c^2}/(1-v_xV) = \sqrt{15}c/10$，

故 a 船的瞄准角为 $a' = \arctan v_x'/v_y' = 154.2°$.

(2) $v' = \sqrt{v_x'^2+v_y'^2} = \sqrt{(-4/5)^2+(\sqrt{15}/10)^2}c = 0.888c$.

(3) $v_x'' = (v_x+V)/(1+v_xV/c^2) = 0$，$v_y'' = v_y\sqrt{1-V^2/c^2}/(1+v_xV/c^2) = \sqrt{15}c/6$；

即 $a'' = 0$，$v'' = v_y'' = (\sqrt{15}/6)c$.

8-11 $A_1 = (m_{0.1c} - m_0)c^2 = 0.005m_0c^2 = 0.14\times 10^{-15}$ J,

$A_2 = (m_{0.9c} - m_{0.8c})c^2 = 0.085m_0c^2 = 6.97\times 10^{-15}$ J = $17A_1$.

8-12 由 $mv = m_0v/\sqrt{1-v^2/c^2} = 2m_0v$，解得 $v = \dfrac{\sqrt{3}}{2}c$.

8-13 $\Delta m = \Delta E/c^2 \approx \dfrac{1}{2}m_0v^2/c^2 = 6.7\times 10^{-10}m_0 = 6.7\times 10^{-5}$ kg.

8-14 $\Delta E = mC\Delta T = 2000$ kC = 8.4 J，$\Delta m = \Delta E/c^2 = 9.3$ kg.

8-15 $E = 2m_0c^2 = 1.64\times 10^{-13}$ J.

8-16 (1) $\Delta E = \Delta mc^2 = 1.8\times 10^{14}$ J；(2) $\overline{P} = \Delta E/\Delta t = 1.8\times 10^{20}$ J/s .

8-17 $\Delta E = (4m_H - m_{H_e})c^2 = 4.26\times 10^{-12}$ J .

8-18 $v_c = \dfrac{pc^2}{E} = \dfrac{E_g \cdot c}{E_g + m_0 c^2}$

8-19 $E_m = \dfrac{(m_p{}^2 + m_m{}^2)c^2}{2m_p}$ ， $E_n = \dfrac{(m_p{}^2 - m_m{}^2)c^2}{2m_p}$.

8-20 $p_2 = m_{10} v_1 \Big/ \sqrt{1 - v_1{}^2 / c^2} = 1.13 \times 10^{-18}\,\mathrm{N.s}$, $E_2 = m_2 c^2 = m_0 c^2 - m_1 c^2 = 1.76 \times 10^{-9}\,\mathrm{J}$,

$m_{20} = \sqrt{(E_2{}^2 - c^2 p_2{}^2) / c^4} = 1.95 \times 10^{-24}\,\mathrm{kg}$ = 11.7 原子单位.

8-21 $v = (\sqrt{3})c / 2$.

8-22 (1) $E_{g\,\min} = \dfrac{(m_K + m_\Lambda)^2 - m_p{}^2}{2m_p} c = 917\,\mathrm{Mev}$.

(2)

8-23 $T = \dfrac{2pDl}{c\Delta l} = 1.526 \times 10^6\,\mathrm{s}$ = 17.66 天 .

8-24 $\mathbf{Q}\, n' = \sqrt{1 - b^2} / (1 - b \cos q) \approx n / (1 + v \cos q / c)$, $\therefore n_{拍} = n' - n \approx (-v \cos q / c) n$.

8-25 $v = \dfrac{\Delta l}{l} c = \dfrac{0.10}{6.00 \times 10^3} \times 3.0 \times 10^8 = 5.0 \times 10^3\,\mathrm{km/s}$.