

- 1-109 5.00 公里。
- 1-110 6402 公里。
- 1-111 法向加速度  $a_n = 0.25$  米/秒<sup>2</sup>；总加速度  $a = 0.32$  米/秒<sup>2</sup>。
- 1-112 (1) 0.05 弧度。 (2) 0.005 弧度。 (3) 趋于 0 弧度。
- 1-113 (1) 1.0 秒。 (2) 1.5 米。
- 1-116 8.03 米/秒<sup>2</sup>。
- 1-117 3.16 秒。
- 1-118 (1)  $-2.09$  弧度/秒<sup>2</sup>。 (2) 约为 71 转。 (3) 40 秒。
- 1-119  $0.8 \omega_0$ 。
- 1-120 (1) 无切向加速度，有法向加速度，法向加速度大小不变。 (2) 有切向加速度，切向加速度大小不变；有法向加速度，法向加速度大小不断增大。
- 1-121 (1) 600 转/秒。 (2) 190 米/秒。
- 1-122 (1) 228 米。 (2)  $\leq 480$  公斤。
- 1-123 (1) 法向加速度  $a_n = 2.3 \times 10^4$  厘米/秒<sup>2</sup>；切向加速度  $a_t = 4.8 \times 10^2$  厘米/秒<sup>2</sup>。
- (2)  $\theta = 2.67$  弧度。
- 1-124 (1) 最高点的曲率半径  $\rho = 59$  米。
- (2) 4 秒末到达的点的曲率半径  $\rho = 69$  米，图略。
- 1-125 (1) 地球自转角速度  $\omega = 7.3 \times 10^{-5}$  弧度/秒  $= 2.6 \times 10^{-1}$  弧度/时。
- (2) 赤道上一切的切向速度  $v = 4.7 \times 10^2$  米/秒；赤道上一切的法向加速度  $a_n = 3.4 \times 10^{-2}$  米/秒<sup>2</sup>。
- (3) 北京的切向速度  $v_{\theta=40^\circ} = 3.6 \times 10^2$  米/秒。
- 1-126 (1) 为原自转角速度 17 倍。 (2) 将约束不住地球

上的物体。

1-127 6.5 弧度/秒。

1-128 (1) 见四个不动的模糊的扇形黑影，等距排开，每个扇形的圆心角 $\sim 67^\circ$ 。

(2) 扇形沿圆盘转动的反方向转动，转动频率约为 0.5 转/秒。

1-129 (1) 应沿  $77^\circ 32'$  的纬线自东向西飞行。

(2) 可以看见太阳从西向东移动。

1-131  $|v| = 25\sqrt{5} = 55.9$  米/分  $\approx 56$  米/分；方向为东偏北  $26^\circ 35'$ 。

1-133 乙看起来，甲对乙的速度大小是 18.1 公里/时；方向是东偏南  $56^\circ 18'$ 。

甲看起来，乙对甲的速度大小是 18.1 公里/时；方向是西偏北  $56^\circ 18'$ 。

1-134  $|v| = 21.6$  公里/时；雨点速度的方向指向车行驶方向的前下方，与车行驶方向的夹角  $\theta = 73^\circ 54'$ 。

1-135 取  $x$  轴沿飞机的飞行方向， $y$  轴竖直地指向地面。

(1) 以地面为参考系，取发射点为坐标原点，则炮弹

$$\text{轨迹方程为 } y = \frac{gx^2}{2(v_0 + v)^2}。$$

(2) 以飞机为参考系，取发射点为坐标原点，则炮弹

$$\text{轨迹方程为 } y = \frac{g}{2v^2}x^2。$$

(3) 以炮弹为参考系，取炮弹质心为原点，则飞机的

$$\text{轨迹为 } y = -\frac{g}{2v^2}x^2。$$

1-136 炮身偏向目标运动前方，与航向成  $\varphi = \cos^{-1} \frac{v_1 + v_2}{v_0}$ ，

才有可能击中。

1-137  $v_1 = 7.5$  公里/时;  $v_2 = 17.5$  公里/时。

1-138 水流速度  $v = 5.0$  公里/时。

1-139 (1)  $\varphi_1 = \tan^{-1} \frac{v_0}{v_1}$ 。 (2)  $\varphi_2 = \tan^{-1} \frac{v_0}{v_1 + v_2}$ 。

(3)  $v' = \sqrt{v_1^2 + v_0^2}$ ;  $v'' = \sqrt{(v_1 + v_2)^2 + v_0^2}$ 。

1-140  $t_{\max} = \frac{d}{v_{\text{水}}} = \frac{dL}{fv \sin^2 \alpha}$

1-142 (1) 设无风时往返一次需时  $t_0 = \frac{2L}{u}$ , 则风沿  $AB$  方

向时, 往返一次需时  $t_1 = \frac{t_0}{1 - \frac{v^2}{u^2}}$ 。 (2) 风垂直于  $AB$  方向时,

往返一次需时  $t_2 = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{u^2}}}$ 。 (3) 风与  $AB$  方向成  $\theta$  角时, 往

返一次需时

$$t_3 = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{u^2} \sin^2 \theta} \left[ 1 - \frac{v^2}{u^2} \frac{\cos^2 \theta}{1 - \frac{v^2}{u^2} \sin^2 \theta} \right]}$$

1-143 见小船迎面向轮船驶近, 其速度方向与轮船航行线成  $\varphi = \tan^{-1} \frac{v_2}{v_1} = 58^\circ$ ; 速度的大小  $v = 47.2$  公里/时。

1-144 (1)  $B$  相对于  $A$  的速度  $v_{B-A} = 34.6$  公里/时; 速度的方向是西偏南  $30^\circ$ 。 (2) 最近距离  $r_{\min} = 2.56$  公里; 出现在 13:17。

1-145 (2) 截住时间与出发时间之差  $t = \frac{DV_0}{v\sqrt{V_0^2 - v^2}}$ ; 截住地点离港口距离  $S = \frac{DV_0}{\sqrt{V_0^2 - v^2}}$ 。

- 1-146 (1) 与岸成  $60^\circ$  角的逆流方向。 (2) 1.16 小时。  
 (3) 与岸垂直的方向划。

$$1-147 \quad \theta = \tan^{-1} \frac{\sqrt{2gh}}{v}$$

## 第二章 力 牛顿定律

2-1  $F = 440$  公斤力;  $\varphi = 17^\circ 17'$ 。

2-2 不能。

2-6  $w_2$ ;  $w_1 + w_2$ 。

$$2-7 \quad \frac{k_1 [\sqrt{(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2} - l_1] (x-x_1)}{\sqrt{(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2}} + \frac{k_2 [\sqrt{(x-x_2)^2 + (y-y_2)^2} - l_2] (x-x_2)}{\sqrt{(x-x_2)^2 + (y-y_2)^2}} + \frac{k_3 [\sqrt{(x-x_3)^2 + (y-y_3)^2} - l_3] (x-x_3)}{\sqrt{(x-x_3)^2 + (y-y_3)^2}} = 0;$$

$$\frac{k_1 [\sqrt{(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2} - l_1] (y-y_1)}{\sqrt{(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2}} + \frac{k_2 [\sqrt{(x-x_2)^2 + (y-y_2)^2} - l_2] (y-y_2)}{\sqrt{(x-x_2)^2 + (y-y_2)^2}} + \frac{k_3 [\sqrt{(x-x_3)^2 + (y-y_3)^2} - l_3] (y-y_3)}{\sqrt{(x-x_3)^2 + (y-y_3)^2}} = 0;$$

式中  $l_1$ ,  $l_2$  和  $l_3$  分别为三个弹簧的自然长度。

2-8 2 公斤。

2-9 不对。

2-10 一样。

2-12  $f$ ;  $2f$ 。

2-13  $T_A = T_B = F - \mu m_1 g$ ;  $T_C = \mu m_2 g$ 。

2-14 (1) 4.33 公斤力; 3.33 公斤力。

(2) 均为 5.00 公斤力。

2-15 4 公斤力； 4 公斤力。

2-17 (1) 5.0 公斤力。 (2) 4.0 公斤力。

(3) 8.0 公斤力。 (4) 4.0 公斤力。

2-18 不一定。

$$2-19 \quad \mu_0 = \frac{m}{M}; \quad \mu = \frac{m}{M} - \left(1 + \frac{m}{M}\right) \frac{2s}{gt^2}.$$

2-20  $\mu_0 = \tan \theta_0$ ; 静止不动。

2-21  $F_{\min} \doteq 119$  公斤力。

$$2-22 \quad \frac{f'}{f} = \cos \alpha - \mu \sin \alpha.$$

2-23 240 公斤力； 60 公斤力。

$$2-24 \quad \mathbf{F}_{A \rightarrow B} = \left[ \frac{F}{m_A + m_B} (m_B \cos \alpha + \mu_2 m_A \sin \alpha) + \mu_2 m_A g \right] \mathbf{i} \\ - (F \sin \alpha + m_A g) \mathbf{j}.$$

2-26  $0.03R$ 。

2-27 (1) 0.02; (2) 0.04。

2-28 0.5 米。

2-29 (1) 200 公斤力, 173 公斤力。

(2) 89.7 公斤力, 74 公斤力。

(3) 173 公斤力, 200 公斤力。

(4) 273 公斤力, 335 公斤力。

2-30 2.0 公斤力。

2-31 4.5 米。

$$2-32 \quad \frac{W \sin \alpha}{\sin (\alpha + \alpha')} ; \quad \frac{W \sin \alpha'}{\sin (\alpha + \alpha')}.$$

2-33 (1) 15 公斤力。 (2) 无关。

$$2-34 \quad \frac{W_1}{W_2} = \frac{1}{9}^\circ$$

$$2-35 \quad 22.5 \text{ 公斤力。}$$

$$2-36 \quad (1) 60^\circ. \quad (2) 17.3 \text{ 公斤力。}$$

$$2-39 \quad \sin^{-1} \left( \frac{R}{L} \frac{w}{W+w} \right)^\circ$$

$$2-41 \quad \frac{b-a}{\sqrt{(b-a)^2 - a^2}} W; \quad \frac{a}{\sqrt{(b-a)^2 - a^2}} W。$$

$$2-42 \quad w = \frac{W}{4} \sin \alpha_0$$

$$2-44 \quad (1) \tan \alpha;$$

$$(2) \tan \alpha + \frac{a}{g} \frac{1}{\cos \alpha}^\circ$$

$$2-46 \quad \tan^{-1} \frac{w_2}{w_1}^\circ$$

$$2-47 \quad (1) \frac{5}{6} \text{ 公斤力。} \quad (2) \frac{5}{6} \text{ 公斤力。} \quad (3) 106^\circ 16'。$$

$$2-48 \quad \frac{2\mu}{\sqrt{4\mu^2 + 1}} l。$$

$$2-51 \quad \frac{Mg}{2\pi} \cot \frac{\alpha}{2}^\circ$$

$$2-52 \quad (1) \beta = \tan^{-1} \left[ \frac{(m_1 + 2m_2) \tan \alpha}{m_2 - (m_1 + m_2) \tan^2 \alpha} \right],$$

$$T = \frac{1}{\sin(\beta - \alpha)} m_2 g_0$$

$$2-55 \quad (1) W_1 \left[ 1 - \frac{W_1 W_2}{(W_1 + W_2)^2} \left( \frac{L}{R} \right)^2 \right]^{-1/2};$$

$$W_2 \left[ 1 - \frac{W_1 W_2}{(W_1 - W_2)^2} \left( \frac{L}{R} \right)^2 \right]^{-1/2}。$$

$$(2) \frac{L}{R} \frac{W_1 W_2}{W_1 + W_2} \left[ 1 - \frac{W_1 W_2}{(W_1 + W_2)^2} \left( \frac{L}{R} \right)^2 \right]^{-1/2}。$$

$$(3) \tan^{-1} \left( \frac{W_1 - W_2}{W_1 + W_2} \frac{L}{\sqrt{4R^2 - L^2}} \right)$$

$$2-56 \quad \cos^{-1} \left( \frac{kl}{2(kR - W)} \right)$$

$$2-57 \quad F \geq \frac{W}{R - h} \sqrt{2Rh - h^2}$$

$$2-58 \quad 2 \sin^{-1} \frac{W_2}{2W_1}$$

$$2-59 \quad (1) \mu T \Delta \theta. \quad (2) e^{\mu \alpha}. \quad (\Delta \theta \text{ 与 } \alpha \text{ 均以弧度为单位。})$$

$$2-61 \quad 0.14mg < F < 7.12mg$$

$$2-71 \quad 0; 2g$$

$$2-72 \quad (1) \text{ 在平衡位置甲乙脱离; } v = 2 \times 10^2 \text{ 厘米/秒}$$

$$2-73 \quad (m_1 + m_2)g$$

$$2-74 \quad (1) 3.00 \text{ 米/秒}, 3.75 \text{ 米/秒}^2$$

$$(2) 4.50 \text{ 米/秒}, 2.50 \text{ 米/秒}^2$$

$$2-75 \quad (1) \mathbf{F} = 4.5\mathbf{i} + 12\mathbf{j} - 2.6\mathbf{k} \text{ (牛顿)},$$

$$\mathbf{a} = 4.5\mathbf{i} + 12\mathbf{j} - 2.6\mathbf{k} \text{ (米/秒}^2\text{)}$$

$$(2) \mathbf{r} = 2.00\mathbf{i} + 3.02\mathbf{j} + 0.01\mathbf{k} \text{ (米)},$$

$$\mathbf{v} = 0.045\mathbf{i} + 2.12\mathbf{j} + 0.974\mathbf{k} \text{ (米/秒)},$$

$$\mathbf{a} = 4.53\mathbf{i} + 12.0\mathbf{j} + 2.62\mathbf{k} \text{ (米/秒}^2\text{)}$$

$$2-76 \quad (1) 57\%; 5.6 \times 10^3 \text{ 牛顿}. \quad (2) 7.37 \text{ 米/秒}$$

$$2-77 \quad (1) \frac{1}{3}g. \quad (2) 6.66 \text{ 克力}. \quad (3) 13.3 \text{ 克力}$$

$$2-79 \quad (1) (\mu \cos \theta + \sin \theta) mg. \quad (2) (\sin \theta - \mu \cos \theta) mg.$$

$$(3) (\sin \theta - \mu \cos \theta) mg < F < (\sin \theta + \mu \cos \theta) mg$$

$$2-80 \quad 4.5 \times 10^2 \text{ 牛顿}$$

$$2-81 \quad (1) v = g(\sin \theta - \mu \cos \theta)t \quad (2) \frac{1}{2}g(\sin \theta - \mu \cos \theta)t^2$$

2-82 2.5 秒。

2-83 (1)  $t = \sqrt{\frac{2l}{g} \frac{1}{(\sin\theta - \mu \cos\theta) \cos\theta}}$ 。 (2)  $2 - \sqrt{3}$ 。

(3)  $g\sqrt{M^2 + 2Mm \cos\alpha(\cos\alpha + \mu \sin\alpha) + (m \cos\alpha)^2(1 + \mu^2)}$ 。

2-84 (1) 0.75 米/秒<sup>2</sup>。 (2) 0.19 公斤力。

2-86  $2M \frac{a}{a + g}$ 。

2-87  $\frac{mg}{k} \tau - \frac{m^2 g}{k^2} e^{-\frac{k}{m} \tau} (1 - e^{-\frac{k}{m} \tau})$ 。

2-88  $v_{2R} : v_R = \sqrt{2} : 1$ 。

2-89 10.4 米/秒。

2-91 6 分钟。

2-92  $< T - m \frac{2k}{t^2}$ 。

2-93 (1)  $v(t) = \left( \frac{1}{1 + 2ctv_0^2 \frac{1}{m}} \right)^{1/2} v_0$ ；

$$x(t) = \frac{m}{cv_0} \left[ \left( 1 + \frac{2cv_0^2 t}{m} \right)^{1/2} - 1 \right]。$$

(2)  $v(x) = \frac{1}{\frac{1}{v_0} + \frac{cx}{m}}$ 。

2-94  $\left( \frac{2k}{g} \frac{P}{P - mg} \right)^{1/2}$ 。

2-95 (1)  $v(t) = \left( \frac{ct}{m} + \frac{1}{v_0} \right)^{-1}$ 。

(2)  $\frac{m}{c} \ln \left( \frac{v_0}{v} \right)$ 。

2-96 (1) 36 公斤。 (2) 以 27.2 厘米/秒<sup>2</sup> 的加速度下降时。

(3) 0。



2-97 (1)  $(M-m)g$ , (2)  $Mg-m(g+a)$ 。

2-98 (1)  $a + \frac{m}{M}(g+a)$ 。 (2) 初速度为  $v_0 = at$  的竖直上抛运动。

2-99 不计空气阻力时加速度不变，始终为  $g$ 。考虑空气阻力时，物体在轨迹的初始点有最大的加速度  $a = g$ 。

2-100  $\frac{m_1}{m_2} = 3, \frac{m_1}{m_2} = \frac{n+1}{n-1}$ 。

2-101 天平向砝码一边倾斜。要使天平平衡需取去(或增加)砝码质量  $\Delta m = \frac{(m_1 - m_2)^2}{m_1 + m_2}$ 。

2-102 (1)  $v > 6.08$  米/秒, (2)  $v > 8.88$  米/秒。

2-103  $W_{A=650km} \doteq 54$  公斤力;  $W_{A=10R_E} = 0.65$  公斤力。  
向地球飞来时:

$a_{A=650km} = 17.90$  米/秒<sup>2</sup>;  $a_{A=10R_E} = 10.78$  米/秒<sup>2</sup>。

离地球飞去时:

$a_{A=650km} = 1.70$  米/秒<sup>2</sup>;  $a_{A=10R_E} = 8.82$  米/秒<sup>2</sup>。

2-105 (1) 否。 (2)  $\mu = \frac{2M_1^2}{M_2(3M_1 + M_2)}$ 。

2-106  $\mu_2 \neq 0$  时,  $m_1, m_2, M$  做匀加速运动,  $m_1, m_2$  的加速度  $a' = \frac{m_2 - \mu m_1}{m_1 + m_2}g$ ;  $M$  的加速度  $a = \frac{\mu m_1 - \mu_2(M + m_1)}{M}g$ ;

$\mu_2 = 0$  时,  $a' = \frac{m_2 - \mu m_1}{m_1 + m_2}g$ ;  $a = \frac{\mu m_1 g}{M}$ 。

2-107  $a = \frac{m_3 - m_1 - \mu m_2}{m_1 + m_2 + m_3}g$ ;

$T_A = T_B = \frac{2m_3 + (1 - \mu)m_2}{m_1 + m_2 + m_3}m_1g$ ;

$T_C = T_D = \frac{2m_1 + (1 + \mu)m_2}{m_1 + m_2 + m_3}m_3g$ 。

2-109 1.09 米/秒<sup>2</sup>； 220 克力； 111 克力。

2-110 5 公斤力。

2-112 (1)  $2g$  (或 19.6 米/秒<sup>2</sup>)， 向右。

(2)  $2g$  (或 19.6 米/秒<sup>2</sup>)， 向上。

(3) 808.7 公斤力， 与  $m_2$  的斜面方向垂直指向  $M$ 。

$$2-113 \quad y = -\frac{1}{2}g\left(\frac{x\sin\alpha}{v_0}\right)^2。$$

$$2-114 \quad (2) \quad \frac{M(M+m)g\cos\alpha}{M+m\sin^2\alpha}。$$

$$2-115 \quad \frac{m\sin\alpha\cos\alpha}{M+m\cos^2\alpha}。$$

$$2-116 \quad W_1 + W_2 + W_3 = \frac{W_2^2}{W_1 + W_2}。$$

$$2-117 \quad a_m = \left[1 + \left(\frac{m\sin\theta\cos\theta}{M+m\sin^2\theta}\right)^2\right]^{1/2} g\sin\theta；$$

$$a_M = \frac{m}{M+m\sin^2\theta} g\sin\theta\cos\theta；$$

$F = mg\sin\theta\cos\theta$ ， 向左。

$$2-118 \quad (1) \quad a_m = \left[\left(\frac{mg\sin^2\theta\cos\theta - F\sin\theta}{M+m\sin^2\theta}\right)^2 + (g\sin\theta)^2\right]^{1/2}；$$

$$a_M = \frac{mg\sin\theta\cos\theta - F}{M+m\sin^2\theta}。$$

$$2-119 \quad \frac{1}{3}(a-b)。$$

$$2-121 \quad \alpha = g\tan\frac{\beta-\alpha}{2}。$$

$$2-122 \quad (M+m)g\tan\alpha。$$

$$2-123 \quad \frac{(M+m)g\sin\alpha - F\cos\alpha}{(M+m)g\cos\alpha} \leq \mu$$

$$\leq \frac{F\cos\alpha - (M+m)g\sin\alpha}{(M+m)g\cos\alpha}。$$

2-124 10.0 米。

2-125  $(M + m_1 + m_2) \frac{m_2}{m_1} g$ 。

2-126  $\frac{m_1 \sin \alpha - m_2}{m_1 + m_2} m_1 g \cos \alpha$ 。

2-127 (1) 3.3 米/秒<sup>2</sup>。 (2) 9.8 米/秒<sup>2</sup>。

2-128  $a_1 = 4.9$  米/秒<sup>2</sup>;  $a_2 = 2.5$  米/秒<sup>2</sup>;

$T_A = T_B = 1.5$  公斤力;  $T_D = T_B = T_C = 0.75$  公斤力。

2-129 (1)  $a_1 = \left( \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} - \frac{m_3 - \frac{4m_1m_2}{m_1 + m_2}}{m_3 + \frac{4m_1m_2}{m_1 + m_2}} \frac{2m_2}{m_1 + m_2} \right) g$ ,

$a_2 = \left( \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} + \frac{m_3 - \frac{4m_1m_2}{m_1 + m_2}}{m_3 + \frac{4m_1m_2}{m_1 + m_2}} \frac{2m_1}{m_1 + m_2} \right) g$ ,

$a_3 = \frac{m_3 - \frac{4m_1m_2}{m_1 + m_2}}{m_3 + \frac{4m_1m_2}{m_1 + m_2}} g$ ,

(2)  $T_3 = T'_3 = \frac{2m_3 \frac{4m_1m_2}{m_1 + m_2}}{m_3 + \frac{4m_1m_2}{m_1 + m_2}} g$ ,

$T_1 = T_2 = \frac{m_3 \frac{4m_1m_2}{m_1 + m_2}}{m_3 + \frac{4m_1m_2}{m_1 + m_2}} g$ 。

2-130 (1) 0.77 秒, 2.58 米/秒。 (2) 3.3 克力。

2-132  $a_1 = \left( \frac{\frac{1}{m_1} - \frac{1}{m_2}}{\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2}} + \frac{\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} - \frac{1}{m_3} - \frac{1}{m_4}}{\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} + \frac{1}{m_3} + \frac{1}{m_4}} \right) g$ ,

$$\alpha_2 = \left( \frac{1}{m_1} \frac{1}{m_2} \quad \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \quad \frac{1}{m_3} \quad \frac{1}{m_4} \right) g,$$

$$\alpha_3 = \left( \frac{1}{m_3} \frac{1}{m_4} \quad \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \quad \frac{1}{m_3} \quad \frac{1}{m_4} \right) g,$$

$$\alpha_4 = \left( \frac{1}{m_3} \frac{1}{m_4} \quad \frac{1}{m_1} \quad \frac{1}{m_2} \quad \frac{1}{m_3} + \frac{1}{m_4} \right) g;$$

$$T_1 = \left( \frac{2}{m_1} \frac{1}{m_2} \quad \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \quad \frac{1}{m_3} \quad \frac{1}{m_4} \right) g,$$

$$T_2 = \left( \frac{2}{m_2} \frac{1}{m_3} \quad \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \quad \frac{1}{m_3} \quad \frac{1}{m_4} \right) g,$$

$$T_3 = \left( \frac{2}{m_4} \frac{1}{m_3} \quad \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \quad \frac{1}{m_3} \quad \frac{1}{m_4} \right) g,$$

$$T_4 = \left( \frac{2}{m_3} \frac{1}{m_4} \quad \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \quad \frac{1}{m_3} \quad \frac{1}{m_4} \right) g;$$

$$T_5 = T_6 = \frac{8}{\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} + \frac{1}{m_3} + \frac{1}{m_4}} g.$$

2-133 (3)  $T_n = 2^{n-1} T_0$ .

2-134  $\alpha'_1 = \frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1} g, \quad \alpha'_2 = \frac{m_4 - m_3}{m_4 + m_3} g,$

$$a_3' = \frac{4\left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} - \frac{1}{m_3} - \frac{1}{m_4}\right) + (m_2' - m_1')\left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2}\right)\left(\frac{1}{m_3} + \frac{1}{m_4}\right)g}{4\left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} + \frac{1}{m_3} + \frac{1}{m_4}\right) + (m_2' - m_1')\left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2}\right)\left(\frac{1}{m_3} + \frac{1}{m_4}\right)}$$

$$a_1 = a_1' + a_3', \quad a_2 = a_1' - a_3', \quad a_3 = a_2' - a_3', \quad a_4 = a_2' + a_3'$$

2-135  $W_1 = \frac{W_2}{2}$ 。

2-137  $\frac{1}{3}g = 3.3$  米/秒<sup>2</sup>； $\frac{2}{3}$  体重。

2-138 (1)  $\frac{7}{90}g$ 。 (2) 以  $\frac{2}{15}g$  的加速度向上运动。

2-140  $\frac{1}{4}g$ 。

2-141 同时到达。

2-142 18.8 米/秒。

2-143 (1)  $F_{\text{切向}} = mg, F_{\text{法向}} = m\frac{v^2}{l}$ ；

小球对杆的作用力  $F = m\left[\left(\frac{v^2}{l}\right)^2 + g^2\right]^{1/2}$ ， $F$  与水平方向夹

角  $\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{gl}{v^2}\right)$ 。

(2) 上球在固定点上方， $v < \sqrt{lg}$  时，小球受杆的推力；  
小球在固定点下方， $v > \sqrt{lg}$  时，小球受杆的拉力。

2-145 (1)  $mg$ 。 (2)  $mg - m\frac{v^2}{R}$ 。 (3)  $mg + m\frac{v^2}{R}$ 。

2-147  $\sqrt{(\sin\alpha\cos\alpha - \mu\cos^2\alpha)Rg} \leq v$   
 $\leq \sqrt{(\sin\alpha\cos\alpha + \mu\cos^2\alpha)Rg}$ ；

$v < \sqrt{(\sin\alpha\cos\alpha - \mu\cos^2\alpha)Rg}$  车往里倒或往下滑；

$v > \sqrt{(\sin\alpha\cos\alpha + \mu\cos^2\alpha)Rg}$  车往外倒或往外跑。

2-148 (1)  $\theta_0 = \tan^{-1} \frac{v^2}{Rg}$ ;

(2)  $\theta > \theta_0$  时,  $F = Mg \sin \theta - \frac{Mv^2}{R} \cos \theta$ , 作用在内轨

内侧;  $\theta < \theta_0$  时,  $F = \frac{Mv^2}{R} \cos \alpha - Mg \sin \theta$ , 作用在外轨内侧。

2-149 51 公斤力。

2-150 不动。

2-151 1140 牛顿。190 牛顿。

2-152  $M \left( g - \frac{2av^2}{(1+4a^2x^2)^{3/2}} \right)$ 。

2-154 (1) 当绳与水平方向成  $30^\circ$  仰角时, 1.6 米/秒。

(2) 0.55 秒。

2-155  $\frac{1}{2}(m\omega^2 l \pm \sqrt{2} mg)$ 。

2-156 (1)  $\theta = \cos^{-1} \left( \frac{lg}{v^2} \frac{m_1 + m_2}{m_1} \right)$ ;

(2)  $T_1 = m_1 \frac{v^2}{l} \left( 1 - \frac{m_2}{2(m_1 + m_2)} \right)$ ,

$T_2 = m_1 \frac{v^2}{l} \frac{m_2}{2(m_1 + m_2)}$ 。

2-157  $mg_\theta = mg \sin \varphi$ ,  $\theta = \frac{\pi}{2} - \varphi$ 。

2-158 (1)  $\omega(t) = \left( \frac{r_0}{r_0 - Vt} \right)^2$ 。 (2)  $m \frac{\omega_0^2 r_0^4}{r^3}$ 。

2-159  $\sqrt{\frac{RMg}{m}}$ 。

2-160 (1)  $\frac{3}{2} \frac{mv^2}{R}$ 。

(2)  $N - mg \cos \theta = 0$ ,  $mg \sin \theta = mR \frac{d^2 \theta}{dt^2}$ ;

$$(3) \frac{3}{2} \frac{mv^2}{R} - \frac{1}{2} \frac{mv_0^2}{R}.$$

$$2-161 \quad y = \frac{\omega^2}{2g} x^2.$$

2-162 (1) 0.87 公斤力; 1.0 公斤力; 2.7 米/秒。(2) 不能。

2-163 (2)  $7.2 \times 10^2 \frac{1}{r}$  / 秒。

2-164 0;  $mg \sin \theta$ 。

2-165 70 毫米。

2-166 (1) 最高点:

$$F_v = mg - m\omega^2 R \sin \theta, \quad F_H = m\omega^2 R \cos \theta,$$

$$F_r = m\omega^2 R - mg \sin \theta, \quad F_{\perp} = mg \cos \theta;$$

最低点:

$$F_v = mg + m\omega^2 R \sin \theta, \quad F_H = m\omega^2 R \cos \theta,$$

$$F_r = m\omega^2 R + mg \sin \theta, \quad F_{\perp} = mg \cos \theta.$$

(2) -100 牛顿, 450 牛顿, 350 牛顿, 300 牛顿, 1100 牛顿, 450 牛顿, 1150 牛顿, 300 牛顿。

$$(3) \sqrt{\frac{g \sin \theta}{R}}.$$

$$2-168 \quad \omega \geq \sqrt{\frac{4\pi kg}{wa}}.$$

2-169 (2) 75 公斤力。 (3) 7.5 米/秒<sup>2</sup>, 8.2 米/秒。

$$2-170 \quad R - \frac{g}{\omega^2}.$$

2-171 (1)  $4.2 \times 10^{-3}$  牛顿, 0。 (2) 0.34。

2-172 (1)  $mg - 4\pi^2 n^2 ma$ 。 (2)  $\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{a}}$ 。

2-173 (1)  $\sqrt{gh}$ ;

$$(2) \sqrt{\frac{gh \frac{1 - \mu \tan \frac{\theta}{2}}{1 + \mu \cot \frac{\theta}{2}}}{}} \leq v \leq \sqrt{\frac{gh \frac{1 + \mu \tan \frac{\theta}{2}}{1 - \mu \cot \frac{\theta}{2}}}{}}$$

2-174 (1)  $\sqrt{gl \tan \theta \sin \theta}$ ;  $mg \tan \theta$ 。

2-175  $\theta_2 = \tan^{-1} \frac{2m_1 \sin \alpha}{m_1 + 2m_1 \cos \alpha + 3m_2}$   
 $+ \cos^{-1} \frac{2(m_1 + m_2) \cos \alpha}{\sqrt{m_1^2(5 + 4 \cos^2 \alpha) + 6m_1 m_2(1 + 2 \cos \alpha) + 9m_2^2}}$ ，

其中  $\alpha = \frac{l}{R}$ 。

2-177  $\frac{1}{R} \ln \frac{1}{g} (g - 2RV_0 \sin \theta)$ 。

2-179 (1) 2 米,  $\sqrt{6}$  米/秒。 (2) 2.67 米, 6.00 米。

### 第三章 非惯性参照系

3-2 (1) 在赤道上, 视重 < 实重; 在两极, 视重 = 实重。

(2) 100.35 公斤。

(3) 当地球自转角速度等于现在的地球自转角速度的 17 倍时, 赤道物体的视重为零; 此时一日时间为 1.41 小时。

3-3 (1) 此时实重  $P_{\text{实}}$  与视重  $P_{\text{视}}$  是矢量关系, 在纬度  $\varphi$  处

$$P_{\text{实}}^2 - P_{\text{视}}^2 = P_{\text{实}}^2 \cos^2 \varphi;$$

(2) 在纬度  $\varphi$  处, 挂在天花板下的单摆静止时的平衡位置沿  $P_{\text{视}}$  的方向, 即垂直于该处纬线大圆的平面。

3-4  $4.64 \times 10^2$  米/秒。

3-5 (1) 80 公斤。 (2) 120 公斤。 (3) 0.0 公斤。

3-6 保持。

3-7 (1) 7.66 公斤。 (2) 5.31 公斤。

3-8 (1)  $\alpha = 0; T = mg$ 。 (2)  $\alpha = 0; T = mg$ 。



$$(3) \alpha = \tan^{-1} \frac{a}{g}; \quad T = m\sqrt{a^2 - g^2}.$$

$$(4) \alpha = \theta; \quad T = mg \cos \theta.$$

$$(5) \alpha = \tan^{-1} \frac{b \cos \theta}{g + b \sin \theta}; \quad T = m\sqrt{g^2 + b^2 + 2bg \sin \theta}.$$

$$(6) \alpha = \tan^{-1} \frac{b \cos \theta}{g - b \sin \theta}; \quad T = m\sqrt{g^2 + b^2 - 2gb \sin \theta}.$$

注：以上所算的  $\alpha$  都是处于平衡位置时悬线与地面竖直线之间的夹角。

$$3-9 \quad (1) T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}. \quad (2) T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}.$$

$$(3) T_3 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{\sqrt{a^2 + g^2}}}. \quad (4) T_4 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g \cos \theta}}.$$

$$(5) T_5 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{\sqrt{g^2 + b^2 + 2bg \sin \theta}}}.$$

$$(6) T_6 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{\sqrt{g^2 + b^2 - 2bg \sin \theta}}}.$$

注： $l$  为摆长。

$$3-10 \quad \rho = \frac{v^2}{g} \frac{1}{\sqrt{2\left(\frac{\Delta p}{p}\right) + \left(\frac{\Delta p}{p}\right)^2}}.$$

3-11 (1)  $U = mgl(1 - \cos \alpha)$ , 设摆在最低点的位能为零。

$$(2) A = \int_0^\alpha mal \cos \alpha d\alpha = mal \sin \alpha.$$

$$(3) \alpha_{\max} = 2 \tan^{-1} \frac{a}{g}.$$

(4) 已知平衡时角  $\alpha_0 = \tan^{-1} \frac{a}{g}$ , 所以  $\alpha_{\max} = 2\alpha_0$ .

(5) 以  $\alpha_0$  为平衡点, 振幅为  $\frac{1}{2}\alpha_{\max}$ , 作  $\alpha_{\max} - \alpha_0 = 0$  的

振动。由于空气的阻尼，最后静止于  $\alpha_0$ 。

3-12  $S=328$  米。

3-13 (1) 1.42 秒。 (2) 0.86 秒。 (3) 1.42 秒。

3-14 (1)  $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{\sqrt{g^2+a^2}}}$ ,  $a=0$  时  $T_0=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 。

(2)  $T=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ ,  $T_0=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ 。

(3)  $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g+a}}$ ,  $T_0=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 。

(4)  $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g-a}}$ ,  $T_0=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 。

3-15 (1) 取坐标为,  $x$  轴沿  $BC$  方向,  $y$  轴竖直向上。则  $M$

对桌面的加速度  $a_M = i \frac{mg \sin \theta \cos \theta}{M + m \sin^2 \theta}$ ;

$m$  对桌面的加速度  $a_m = -i \frac{M \sin \theta \cos \theta}{M + m \sin^2 \theta} g - j \frac{(M + m) \sin^2 \theta}{M + m \sin^2 \theta} g$ 。

(2)  $\frac{M m \cos \theta}{M + m \sin^2 \theta} g$  (3)  $\frac{M (M + m)}{M + m \sin^2 \theta} g$ 。

3-16 设  $g_0$  为地球上北纬  $45^\circ$  处海平面的重力加速度,  $g$  为飞机所在处的重力加速度,  $F$  为驾驶作用于座位上的力, 它与竖直方向的夹角为  $\varphi$ 。

(1)  $F = \frac{P}{g_0} \sqrt{a^2 + g^2 + 2ag \cos \theta}$ ;  $\varphi = \tan^{-1} \frac{a \sin \theta}{g + a \cos \theta}$ 。

(2)  $F = P \frac{g+a}{g_0}$ ; 方向竖直向下。

(3)  $F = \frac{P}{g_0} \sqrt{a^2 + g^2}$ ;  $\varphi = \tan^{-1} \frac{a}{g}$ 。

(4)  $F=0$ 。

(5)  $F = P \frac{g}{g_0}$ ; 方向竖直向下。

3-17 (1) 从机内观察,  $a_1' = 9.8$  米/秒<sup>2</sup>, 方向向右;  $a_2' = 9.8$  米/秒<sup>2</sup>, 方向向下。

(2) 从地面上观察,  $a_1 = 10.8$  米/秒<sup>2</sup>, 方向与水平的夹角  $\theta = -26^\circ 35'$ ;  $a_2 = 4.9$  米/秒<sup>2</sup>, 方向向下。

$$3-18 \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{l \cos \theta}{g}}.$$

3-19 (1)  $v_0 = 198$  厘米/秒。 (2)  $T = 3mg = 2.94$  牛。

(3)  $v_0$  时,  $T = 1.96$  牛;  $2v_0$  时,  $T = 4.90$  牛。

3-20 (1) 1.97 公里。 (2) 300 公斤(当  $a = 4g$  时)。

3-21 (1)  $mR\omega^2$ 。 (2) 4.43 弧度/秒。

$$3-22 \quad (1) v = \sqrt{\frac{gR}{\mu_s}}. \quad (2) v = 14 \text{ 米/秒}.$$

$$(3) \alpha = 11.09^\circ \doteq 11^\circ.$$

$$3-23 \quad (1) a_1 = \frac{\sin \theta - \mu_s \cos \theta}{\cos \theta + \mu_s \sin \theta}.$$

$$(2) a_2 = \frac{\sin \theta + \mu_s \cos \theta}{\cos \theta - \mu_s \sin \theta}.$$

$$3-24 \quad h = R - \frac{g}{\omega^2}. \quad (\text{从球壳的最低点算起的高度。})$$

3-25 (1) 6.4 弧度/秒。 (2) 1.4 牛。

3-26 3.7 牛。

3-27 (1) 2.21 米/秒。

(2) 无原则差别, 只是水桶体积大, 应计算它质心的位置。

$$3-29 \quad (1) v = \sqrt{hg}.$$

$$(2) v \text{ 不大于 } \sqrt{hg} \sqrt{\frac{1 + \mu \tan \theta}{1 - \mu \cot \theta}}.$$

$$(3) v \text{ 不小于 } \sqrt{hg} \sqrt{\frac{1 - \mu \tan \theta}{1 + \mu \cot \theta}}.$$

3-30 张力  $T = m\frac{v^2}{l} + ml\omega^2 - 2mv\omega$ 。

3-31 水平方向偏离  $\Delta s = 22.7$  米；方向偏东。

3-32 (1)  $\widehat{AB} = \omega\frac{R^2}{v}$ 。 (2) 提前量  $\widehat{AB} = 4\omega\frac{R^2}{v}$ 。

3-33 科里奥利加速度  $a_c = 2\omega \times v = [-5.9i + 4j - 6.9k]\omega$ ，其中  $\omega = 7.3 \times 10^{-5}$  弧度/秒。

3-34 科里奥利力  $F = (-0.05j + 0.06k)$  牛。即 0.05 牛，向南；0.06 牛，向上，抵消一部分重力。

3-35 水桶中的水面，凹度大的转得快。

3-36 将发生振动。因为失重状态，使所有因引力场引起的力(如重力、浮力)都消失了，弹性力仍然存在，初始位置又不在平衡点(由于弹簧是拉伸了的)，所以将发生振动。

3-37 有位移时，一般做功，但科里奥利力不做功。

3-38 (1) 方程为

$$\begin{cases} \frac{d^2 r}{dt^2} - r\omega^2 = g \sin \omega t, \\ N = mg \cos \omega t - 2\omega m \frac{dr}{dt}; \end{cases}$$

解出得

$$r = \frac{1}{4\omega^2} [(2\omega^2 r_0 + 2\omega v_0 + g)e^{\omega t} + (2\omega^2 r_0 - 2\omega v_0 - g)e^{-\omega t} - 2g \sin \omega t]。$$

(2) 不可能作简谐振动。

3-40 设弹簧自然长度为  $l$ ，质心到  $m_1$  距离是  $l_1$ ，质心到  $m_2$  距离是  $l_2$ ；拿住  $m_1$ ，让  $m_2$  下垂之后，弹簧长  $l'$ ，此时质心到  $m_1$  距离是  $l'_1$ ，质心到  $m_2$  距离是  $l'_2$ 。

取  $x$  轴竖直向下，原点为  $m_1$  的起始位置，且令  $x$  表示质心坐

标， $x_1$  表示  $m_1$  的坐标， $x_2$  表示  $m_2$  的坐标，则得

$$x = \frac{1}{2}gt^2 + \frac{m_2}{m_1 + m_2}l';$$

$$x_1 = x - l_1 - (l'_1 - l_1)\cos\omega t;$$

$$x_2 = x + l_2 + (l'_2 - l_2)\cos\omega t。$$

其中 
$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m_1 m_2 / (m_1 + m_2)}} = \sqrt{\frac{k(m_1 + m_2)}{m_1 m_2}}。$$

或将  $m_1, m_2$  的运动相对质心写出为

$$X_1 = x_1 - x = -l_1 - (l'_1 - l_1)\cos\omega t;$$

$$X_2 = x_2 - x = l_2 + (l'_2 - l_2)\cos\omega t。$$

所以系统的运动可概括为：质心作自由落体运动， $m_1$  与  $m_2$  对质心作简谐振动。

## 第四章 功 和 能

4-1  $f = \frac{W}{2}\sin\theta$ ；做功  $Wh$ 。

4-2 相等。

4-3 做功相同，效果不同，两车所得速度不同。

4-4 桌面对物做的功为  $-fs$ ；

物对桌面做的功为  $fs$ ；此功转化为热。

4-5  $F$  做的功为 8.50 焦耳；重力做的功为  $-4.90$  焦耳；摩擦力做的功为  $-1.34$  焦耳；支持力做的功为 0；物体动能增量 2.26 焦耳；重力位能增量 4.90 焦耳。

4-6 匀速上提时，所做的功为  $1.47 \times 10^{10}$  尔格 =  $1.47 \times 10^3$  焦耳 =  $1.5 \times 10^2$  公斤·米；加速上提时，所做的功为  $1.49 \times 10^{10}$  尔格 =  $1.49 \times 10^3$  焦耳 =  $1.52 \times 10^2$  公斤·米。

4-7 (1)所做的功为  $W_1 = (mg + f)h_1 + \frac{m}{2}v_0^2$ 。

(2)所做的功为  $W_2 = (mg + f)h_2$ 。

(3)所做的功为  $W_3 = (mg + f)h_3 - \frac{m}{2}v_0^2$ 。

4-8 -22.5 公斤·米。

4-9 67 焦耳。

4-10 -12 焦耳。

4-11 (1)  $W = -10.6 \times 10^5$  尔格。

(2)  $\mu_{BC} = 0.153$ 。

4-12  $4.2 \times 10^6$  焦耳。

4-13 投铅球时所做的功为 532 焦耳；掷铁饼时所做的功为 525 焦耳。

4-14  $1.23 \times 10^{-2}$  马力。

4-15  $P = 23.25$  瓦； $E = 2.01 \times 10^6$  焦耳。

4-16  $1.44 \times 10^3$  马力。

4-17 (1) 第 1 秒末的瞬时功率为 8.0 瓦；第 5 秒末的瞬时功率为 40 瓦。

(2) 1 秒钟内的平均功率为 4.0 瓦；5 秒钟内的平均功率为 20 瓦。

4-18 (1)  $v_1 = 1.0$  米/秒时， $a_1 = 0.7$  米/秒<sup>2</sup>；

$v_2 = 10$  米/秒时， $a_2 = -1.8 \times 10^{-2}$  米/秒<sup>2</sup>。

(2) 8.16 米/秒。

4-19 3.92 千瓦； $3.4 \times 10^4$  度。

4-20  $Thg \times 70\%$  千瓦 =  $Thg \times \frac{1000}{735} \times 70\%$  马力。

4-21 15.6 千瓦。

4-22 (1) 水平总推力  $F = 30$  牛；所需功率  $P = \dot{M}v^2 = 45$  瓦。

$$(2) \frac{1}{2}。$$

4-26  $1.0 \times 10^9$  焦耳。

4-27 (1)  $1.6 \times 10^7$  米/秒。

(2)  $2.1 \times 10^{-13}$  焦耳 =  $1.32 \times 10^6$  电子伏特。

4-28 0.45 米。

4-30 (1) 不一定，有。 (2) 负的。

(3) 设地球总质量为  $M$ ，地球半径为  $R$ ，有一个质量为  $m$  的质点。则  $m$  在地面以上某点  $r$  的重力位能

$$V(r) = -\frac{GMm}{r}, \quad r > R。$$

$m$  在地面以下某点  $r$  的重力位能

$$V(r) = -\frac{3GMm}{2R} + \frac{GMm}{R^3} \frac{r^2}{2}, \quad r < R。$$

4-31  $F$  做的功为  $W = F \cdot h$ ；只有当  $F = mg$  时， $W = mgh = \Delta E_p$ 。

4-32 重力所做的功为  $(m_1 - m_2)gh$ ；拉力所做的功为 0；系统位能改变  $-(m_1 - m_2)gh$ ；系统动能改变  $(m_1 - m_2)gh$ ；机械能改变 0。

$$4-33 \frac{1}{4}Mgh。$$

4-34  $v = \sqrt{2gh}$ ，只要  $m$  保持不离开斜面，三个面的结果相同。

$$4-35 v_c = \sqrt{3gh}。$$

4-36 0.14 牛。

4-37 2.8 米。

4-38 (1)  $v_1 = \sqrt{2gh_1(1 - \mu \cot \theta)}$ ；方向沿斜面向下。

(2)  $v_2 = \sqrt{2g(h_1 + h_2 - \mu h_1 \cot \theta)}$ ； $v_2$  与水平面的夹角

$$\varphi = \tan^{-1} \sqrt{\tan^2 \theta - \frac{h_2}{h_1} \frac{\sin \theta}{(\sin \theta - \mu \cos \theta) \cos^2 \theta}}$$

$$(3) t = \sqrt{\frac{2}{g}} \left[ \sqrt{(1 - \mu \cot \theta) \sin^2 \theta \cdot h_1 + h_2} - \sqrt{(1 - \mu \cot \theta) \sin^2 \theta \cdot h_1} \right]$$

4-39 (1) 在B点, 速度  $v_B = \sqrt{\sqrt{2} gl}$ , 方向沿切线方向; 张力

$$T_B = \frac{3\sqrt{2}}{2} mg, \text{ 沿绳方向; 小球受的合力 } F_B = \sqrt{\frac{5}{2}} mg, F_B$$

与  $T_B$  之夹角  $\varphi_B = \sin^{-1} \frac{1}{\sqrt{5}} = 26^\circ 34'$ ; 小球的加速度  $a_B$

$$= \sqrt{\frac{5}{2}} g, \text{ 方向与 } F_B \text{ 同。}$$

(2) 在C点(转过  $90^\circ$  时), 速度  $v_C = \sqrt{2gl}$ , 方向水平向左; 张力  $T_C = 3mg$ ; 小球受的合力  $F_C = 2mg, \varphi_C = 0^\circ$ ; 小球的加速度  $a_C = 2g$ ; 方向与  $F_C$  同。

4-41  $m_1$  上升高度  $h_1 = 0.16$  米;  $m_2$  上升高度  $h_2 = 0.36$  米。

$$4-42 \quad \alpha_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \alpha; \quad \alpha_2 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} \sqrt{\frac{l_1}{l_2}} \alpha$$

4-43 3.64 厘米。

4-44 (1)  $3.07 \times 10^3$  焦耳。 (2)  $5.12 \times 10^3$  焦耳。

(3)  $2.56 \times 10^3$  焦耳。

4-45 (1) 8.17 千瓦。 (2)  $1.72 \times 10^3$  焦耳。

(3) 0。

4-46  $-Mgv$ , 此时为储能。

4-47 (1)  $E_k = 12.7$  焦耳。 (2)  $A_{\text{阻}} = -4.22 \times 10^2$  焦耳。

(3)  $E_{\text{机}} = 4.09 \times 10^2$  焦耳。

4-48 阻力对子弹做的功为  $W_1 = -F(S' + S_0)$ ; 阻力对木块做的功机械为  $W_2 = FS'$ ; 且  $W_1 \neq W_2, W_1 + W_2 = -FS_0$ 。

4-49 3.4 厘米。



$$4-50 \quad (1) \quad v = \sqrt{\frac{2(m_2 - m_1)gy}{m_1 + m_2}}$$

$$(2) \quad a = \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2}g$$

$$4-51 \quad v = \sqrt{\frac{2m_1gh}{m_1 + m_2}}, \quad a = \dot{v} = \frac{m_1g}{m_1 + m_2}, \text{ 为匀加速。}$$

$$4-53 \quad v = \sqrt{gd(\sin\varphi - \sin\theta)}$$

$$4-54 \quad \text{速度 } v = \sqrt{\frac{2gd\sin\theta \cdot (W_1 - W_2)}{W_1 + W_2}}$$

$$4-55 \quad v = \sqrt{g\left(L - \frac{a^2}{L}\right)}$$

$$4-56 \quad \text{速度 } v = 1.21 \text{ 米/秒；加速度 } a = 4.9 \text{ 米/秒}^2$$

$$4-57 \quad (1) \quad \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}Mv^2 = mgd - \frac{1}{2}kd^2 - \mu Mgd$$

$$(2) \quad \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}Mv^2 + \frac{1}{2}kd^2 = mgd - \mu Mgd$$

$$(3) \quad \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}Mv^2 + \frac{1}{2}kd^2 = mgd - \mu Mgd$$

$$(4) \quad \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}Mv^2 + \frac{1}{2}kd^2 - mgd = -\mu Mgd$$

其中  $v$  为系统的速率。

$$4-60 \quad (1) \quad \text{开始时的动能为 } E_{k0} = 1.9602 \approx 1.96 \text{ 焦耳。最高点的位能为 } E_p = 0.98 \text{ 焦耳。}$$

$$(2) \quad \text{摩擦力 } f_\mu = 0.049 \text{ 牛。}$$

(3) 不会再往下滑。

$$(4) \quad \infty$$

$$4-61 \quad v_0 = 8 \text{ 米/秒。}$$

$$4-62 \quad \theta = 7^\circ 48'$$

$$4-63 \quad (1) \quad F_\mu = 2.45 \times 10^3 \text{ 牛； } P = 8.8 \times 10^4 \text{ 瓦。}$$

(2) 下山速率  $v = 44.9$  米/秒。

4-64 4 倍。

4-65 小球射出的速度  $v \approx 8.1$  米/秒。

4-66  $2d$ 。

$$4-67 \quad (M+m)g + mg \sqrt{1 + \frac{2kh}{g(M+m)}}$$

4-68 不对，到达平衡点时  $mgy \neq \frac{1}{2}ky^2$ ，因为还有动能；平衡

点的位置应当是  $y_0 = \frac{mg}{k}$ 。

$$4-69 \quad \frac{E_1}{E_2} = \frac{k_2}{k_1}$$

$$4-70 \quad \frac{2(F - \mu mg)^2}{k}$$

$$4-71 \quad (1) \text{ 缓拉时, } f \text{ 做的功为 } W_1 = \frac{1}{2} \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2} l^2$$

$$(2) \text{ 突然拉时, } m \text{ 尚未动, } f \text{ 做的功为 } W_2 = \frac{1}{2} k_2 l^2$$

$$(3) m \text{ 的最大动能 } E_{K_{\max}} = \frac{l^2}{2} \frac{k_2^2}{k_1 + k_2}$$

$$4-72 \quad (1) A, B \text{ 离开时, } B \text{ 的速度为 } v_B = \sqrt{\frac{k}{m_A + m_B}} \cdot x_0$$

$$(2) A \text{ 离 } O \text{ 点最大距离 } \Delta x_{\max} = \sqrt{\frac{m_A}{m_A + m_B}} \cdot x_0$$

$$4-73 \quad \text{最大压力 } F_{\max} = \sqrt{\frac{2ghkm_A^2}{m_A + m_B}}$$

$$4-74 \quad (2) F_x = k(x+a) \frac{\sqrt{(x+a)^2 + y^2} - a}{\sqrt{(x+a)^2 + y^2}} - k(a-x) \frac{\sqrt{(x-a)^2 + y^2} - a}{\sqrt{(a-x)^2 + y^2}}$$

$$(3) F_x|_{x=0} = \frac{2ky(\sqrt{a^2+y^2}-a)}{\sqrt{a^2+y^2}}.$$

(4) 定性分析： $y=0$  时， $U=kx^2$  为抛物线； $x=0$  时， $U=k[\sqrt{a^2+y^2}-a]$ ，以  $x$  轴为对称轴的曲线， $y \rightarrow \infty$  时为直线。

4-75 (1)  $U = k(\sqrt{x^2+a^2}-L_0)^2.$

(2)  $v = \sqrt{\frac{2k}{m}} \cdot a.$

(3)  $L_0 < a$ , 稳定平衡； $L_0 = a$ , 随遇平衡； $L_0 > a$ , 不稳定平衡，图略。

4-76 (1)  $U(x) = \frac{D}{4}x^4.$  (2) 所做的功为  $W = \frac{D}{4}x^4.$

4-77 (1) 设  $x \rightarrow \infty$  处为位能的零点，则位能函数

$$U(x) = k \frac{m_1 m_2}{x}.$$

(2) 所做的功为  $W = -km_1 m_2 \left( \frac{1}{x_1} - \frac{1}{x_1+d} \right).$

4-78 (1) 电子动能的变化  $\Delta E_K = \frac{ke^2}{2} \left( \frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} \right).$

(2) 位能减小值  $-\Delta E_P = +ke^2 \left( \frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} \right).$

(3) 总能量减小值  $-\Delta E = \frac{ke^2}{2} \left( \frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} \right).$

4-79 (1) 地球半径  $R_e = 6378$  公里，地球质量  $M = 5.976 \times 10^{24}$  公斤； $G = 6.67 \times 10^{-11}$  牛·米<sup>2</sup>/公斤<sup>2</sup>；一公斤物体在地面上的位能为  $U(R_e) = -6.25 \times 10^7$  焦耳。

(2) 一公斤物体在离地心  $10^5$  公里处的位能为  $U(r) = -3.99 \times 10^6$  焦耳。

(3) 所需做的功为  $W = 5.85 \times 10^7$  焦耳。

4-80 (1) 向心力  $f = \frac{mv^2}{r}$ 。

(2)  $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ 。 (3)  $\left| \frac{E_K}{E_P} \right| = \frac{1}{2}$ 。

4-81 (1) 逃逸速度  $v_e = \sqrt{2} v_0$ 。

(2) 最高能到达  $R_0$ ，其抛射速率为  $v_1 = v_0$ ；该物到达

$\frac{1}{2}R_0$  时的速率为  $v = \frac{1}{\sqrt{3}}v_0$ 。

(3) 势能  $U(R_0 + y) = -mv_0^2 \left[ 1 - \frac{y}{R_0} + \left(\frac{y}{R_0}\right)^2 + \dots \right]$ 。

(4) 抛射速率  $v_2 = \sqrt{2 \left(\frac{v_0^2}{R}\right) y \left(1 - \frac{y}{R_0}\right)}$ 。

4-82 (1)  $E_M = 5.75 \times 10^{16}$  焦耳。

(2) 重量为  $5.87 \times 10^9$  吨力物体。

4-83 取无穷远处为引力势的零点。引力势：当  $r > R$  时，

$$U(r) = -\frac{GM}{r}; \text{ 当 } r < R \text{ 时, } U(r) = -\frac{3}{2} \frac{GM}{R} + \frac{1}{2} \frac{GM}{R^3} r^2, \text{ 图略。}$$

引力场强：当  $r > R$  时， $F = -\frac{GM}{r^2}$ ，负号表示吸引力；

当  $r < R$  时， $F = -\frac{GM}{R^3} r$ ，负号表示吸引力，图略。

4-85 (1)  $x = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} x_0$ 。

(2)  $x = 0$ ，事实上  $m_1$  不回去。

(3)  $x_0 = (m_1 + m_2) \sqrt{\frac{gh}{2km_1}}$ 。

4-86 每秒推出空气质量为 490 公斤；这些空气得到的动能  $2.5 \times 10^4$  焦耳。

4-87 0.41 厘米。

4-88 (1) (a)  $F = (4.5\mathbf{i} + 12\mathbf{j} - 2.73\mathbf{k})$  牛； (b)  $\mathbf{a} = (4.5\mathbf{i} + 12\mathbf{j} - 2.73\mathbf{k})$  米/秒<sup>2</sup>； (c)  $E_K = 2.5$  焦耳； (d)  $\dot{E}_K = 21.3$  焦耳/秒。

(2)  $\mathbf{r} \approx (2\mathbf{i} + 3.02\mathbf{j} + 0.01\mathbf{k})$  米；  $\mathbf{v} \approx (0.015\mathbf{i} + 2.12\mathbf{j} + 0.97\mathbf{k})$  米/秒；  $E_K \approx 2.72$  焦耳。

(3) (a)  $W_1 = 0$ ； (b)  $W_2 = 0$ 。

4-89  $h = \frac{1}{3}R_0$ 。

4-90  $\theta = 48^\circ 11'$ 。

4-93 (1) 在 B 点的速度  $v_B = \sqrt{2g(h-R)}$ ； 在 B 点受的合力  $F_B = \frac{2mg(h-R)}{R}$ ； 在 B 点它作用在轨道上的力

$$N_B = \frac{2mgh}{R} - 3mg。$$

(2)  $h = 1.5R_0$ 。

4-94  $\theta = \cos^{-1} \left[ \frac{1}{3} + \sqrt{\frac{1}{9} - \frac{M}{6m}} \right]$ 。

4-95 (1)  $m$  对  $M$  所做的功  $W = \frac{Mm^2g\Delta h \cos^2\alpha}{(m+M)(M+m\sin^2\alpha)}$ 。

(2)  $M$  走的距离  $\Delta S = \frac{m}{m+M} h \cot\alpha$ 。

4-96 (1)  $V = \sqrt{\frac{2m^2gh}{M(m+M)}}$ 。

(2) 滑梯对  $m$  做的功  $W = -\frac{m^2gh}{(m+M)}$ 。

4-97 (1) 突然卡住后，绳子不断伸长，相应的张力不断增加，直到升降机的动能转化成绳子的弹性位能及升降机本身位能的变化，最后才会停机；(2) 绳的最大张力  $T = 9.3$  吨；绳的最大伸长量  $\Delta x = 9.3$  厘米。

4-98  $\frac{M}{M-m}l。$

4-99 (1)  $v=u(1-e^{-\frac{\pi}{M}})$ ，其中  $u, v$  都是数值。

(2)  $\eta=2\left(\frac{v}{u}\right)\left(1-\frac{v}{u}\right)$ ； $v=\frac{u}{2}$  时， $\eta$  最大， $\eta_{\max}=\frac{1}{2}$ 。

4-100 (1) (a)  $v=0.95$  米/秒；(b)  $a=0.25$  米/秒<sup>2</sup>；(c)  
 $P=14.3$  瓦。

(2) (a)  $v=0.45$  米/秒；(b)  $a=0.25$  米/秒<sup>2</sup>；(c)  
 $P=6.75$  瓦。

4-101 (1)  $2.5 \times 10^3$  克·厘米/秒。

(2)  $2.1 \times 10^4$  尔格。

(3)  $4.2 \times 10^4$  尔格。

4-102  $\frac{1}{2g\mu} \frac{m_B v_A^2}{m_A + m_B}。$

4-103 11 倍。

## 第五章 动量 角动量

5-2  $>0.86$  千克·米/秒。

5-4 14 牛顿。

5-5 (1)  $3 \times 10^{-3}$  秒。 (2) 0.6 牛顿·秒。 (3) 2.0 克。

5-6 (1)  $6.13 \times 10^5$  米/秒<sup>2</sup>。 (2)  $3.06 \times 10^4$  牛顿。

(3)  $5.71 \times 10^{-4}$  秒。 (4)  $17.5 \times 10^2$  牛顿·秒。

(5)  $17.5 \times 10$  牛顿·秒。

5-7 (1) 68.0 牛顿·秒。 (2) 6.86 秒。 (3) 40.0 米/秒。

5-8 11.25 牛顿·秒； $5.625 \times 10^3$  牛顿。

5-9 (1) (7.04, -7.96) 米/秒，或 10.62 米/秒；

$\varphi = -\tan^{-1}1.1294 = -48^\circ 28'$ 。

(2) 0.531 牛顿·秒;  $\varphi = -48^\circ 28'$ 。

5-10 (2) 25.76 千克力; 0.25 千克力。 (3) 255.4 千克力;  
0.25 千克力。

5-11 4.20 达因·秒。

5-12 不对。

5-15 (1) 否。 (2) 是。 (3) 是。 (4) 否; 是。

5-16 (1)  $\Delta l = F/k$ 。 (2)  $F_1, F_2$ 。 (3) 简谐振动; 0; 守恒。

5-17 动量为零, 守恒。有相对运动时机械能守恒定律不成立。

5-19 3.2 厘米。

5-20  $\sqrt{\frac{1}{k(M+m)}}mv$ 。

5-21 (1)  $V_1 = v + \frac{m}{M+m}u, V_2 = v, V_3 = v - \frac{m}{M+m}u$ 。

(2)  $V_1 = v + \frac{m}{M+2m}u, V_2 = v + \frac{m^2}{(M+2m)(M+m)}u,$

$V_3 = v - \frac{m(M^2+3mM+m^2)}{(M+m)^2(M+2m)}u$ 。

5-22 180 公斤。

5-23  $v_1 = \frac{F \Delta t_1}{m_1 + m_2}, v_2 = \frac{F \Delta t_2}{m_2} + \frac{F \Delta t_1}{m_1 + m_2}$ 。

5-24  $2v - v_1$ 。

5-25 0.633 秒, 206 厘米/秒。

5-28  $(1 + \frac{m}{M})$ 米, 质心竖直上升后又下落到原地。

5-29 同时到达。

5-30  $v_x = (1 - \frac{w}{W})V \cos \alpha; v_y = V \sin \alpha;$

$\beta = \tan^{-1}(\frac{W}{W-w} \tan \alpha)$ 。

5-31  $R^2 = x^2 \left(1 + \frac{m}{M}\right)^2 + y^2。$

5-32  $2.4 \times 10^5$  米/秒。

5-33 (1) 设中微子沿  $x$  轴运动，电子沿  $-y$  轴运动，则核的运动方向与  $x$  轴夹角  $120^\circ$ 。(2)  $10.7 \times 10^{-16}$  克·厘米/秒。

5-34 9.8 米/秒；垂直地面向上。

5-36 40.0 牛顿。

5-38  $2.5 \times 10^3$  克·厘米/秒； $2.1 \times 10^4$  尔格； $4.2 \times 10^4$  尔格。

5-39 1。

5-42 3。

5-43 (1)  $\frac{\pi}{2}$ 。(2)  $\frac{4\alpha}{(1+\alpha)^2} \cos^2 \beta \cdot K_0。$

5-45  $\frac{4}{1837} E_{e_0}$

5-48  $\frac{M+m}{2m} V$ ，向右。

5-50 (1)  $\left[\frac{2m_1^2 + (m_1 + m_2)^2}{m_1 + m_2}\right] g_0$ 。(2)  $\left(\frac{m_1}{m_1 + m_2}\right)^2 R_0。$

5-51 (1) 0.16。(2) 240 焦耳。(3) 0.32 焦耳。

5-52  $\left(\frac{m'}{m+m'}\right)^2 h_0。$

5-53  $\left(\frac{m+M}{m'+m+M}\right)^2 x_0。$

5-54  $\frac{1}{3}$  米/秒， $\frac{1}{3} 10^4$  焦耳； $\frac{1}{2}$  米/秒。

5-55 以下 18.7 米。

5-56 (1)  $\tan^{-1} \sqrt{\frac{M-m}{M+m}}$ 。(2)  $\tan^{-1} \sqrt{\frac{\alpha^2 M^2 - m^2}{(M+m)^2}}$ 。

5-61  $ev_0。$

5-62 2.8 厘米。



5-65 略。

5-66 (1) 0.37 秒。 (2) 122 米/秒。

5-67 若  $N$  个人一个一个地跳，车的末速度为

$$\left[ \frac{m}{Nm+M} + \frac{m}{(N-1)m+M} + \cdots + \frac{m}{m+M} \right] v + v_0。$$

若  $N$  个人一起跳，车的末速度为  $\frac{Nm}{Nm+M}v + v_0。$

5-68 (1) 8240 米/秒。 (2) 4024 米/秒。

5-69 (1)  $\frac{r_0 v_0}{M_0}$ 。 (2) 50 公斤/秒。 (3)  $v = -v_0 \int_{M_0}^M \frac{dM}{M}$ 。

5-70 11 米/秒<sup>2</sup>。

5-71  $\frac{1}{4} \left( \frac{A \rho u^2}{M} \right)。$

5-72 相对火箭坐标系。

5-73 (1) 58.8 公斤/秒。 (2) 176.4 公斤/秒。

5-74 (1)  $\frac{M_0 g}{V_0} e^{-\frac{g}{V_0} t}$ 。 (2)  $v = -gt + V_0 \ln \frac{M_0}{M_0 - \alpha t}$ 。

(3)  $-\frac{Mg_0}{4\alpha} + V_0 \ln \frac{4}{3}$ ;  $v_0 + V_0 \ln \frac{4}{3}$ 。

(4)  $-\frac{M_0 g}{4\alpha} + 1.65 \times 10^5 \ln \frac{4}{3}$ ,  $v_0 + 1.65 \times 10^5 \ln \frac{4}{3}$ 。

5-75 0.91 米/秒。

5-76 略。

5-77 (1)  $\frac{ml^2}{2}\omega$ 。 (2)  $\frac{ml^2}{2}\omega$ 。 (3) 相等。

5-78  $2.64 \times 10^{17}$  克·厘米<sup>2</sup>/秒。

5-79  $m\sqrt{GMr} = 7.13 \times 10^{23}$  公斤·米<sup>2</sup>/秒。

5-80  $\frac{1}{2} \frac{J^2}{mr^2}$ ;  $-\frac{J^2}{mr^2}$ ;  $-\frac{1}{2} \frac{J^2}{mr^2}$ 。

5-81 9 弧度/秒;  $2.7 \times 10^5$  尔格。

5-82 (1)  $\frac{2}{3}a$ 。 (2) 均为  $\frac{1}{2}m\omega a^2$ 。 (3)  $\frac{3}{4}\omega$ 。

(4)  $\frac{1}{4}m\omega^2 a^2$ 。 (5)  $\frac{3}{16}m\omega^2 a^2$ 。

5-83 (1)  $3.9 \times 10^3$  公斤·米<sup>2</sup>/秒。 (2) 13 米/秒。

(4) 406 公斤力。

5-86 (1) 绕质心转动。 (2)  $\frac{2v}{l}$ 。

5-88  $(\frac{4}{3}, \frac{1}{2})$ 。

5-89 (1) 3.5 米/秒<sup>2</sup>，沿  $x$  方向，2.0 米/秒<sup>2</sup>，沿  $y$  方向，  
-1.5 米/秒<sup>2</sup>，沿  $x$  方向。

(2) (2.5, -0.5)。 (3) 1.12 米/秒<sup>2</sup>。

5-90 (1) 0.25 米。 (2) 1.96 米/秒<sup>2</sup>。 (3) 8.82 米。

(4) 553 焦耳。 (5) 331 焦耳。

5-95 60 焦耳。

5-96 (1)  $-1.0i + 2.0j$ (米/秒)。 (2) 9 焦耳。 (3)  $90^\circ$ 。

5-97 (1)  $\frac{1}{2}V_0 i - \frac{2}{9}V_0 j$ 。 (2)  $126^\circ 52'$ 。

(3) 不守恒。 (4) 守恒。

5-98  $S = \frac{Ze^2}{M_P v_0^2} - \sqrt{\frac{Ze^2}{M_P v_0^2} + b^2}$ 。

5-99 (2)  $T = \frac{4\omega r^2 \pi}{5gh}$ 。

## 第六章 万有引力

6-2 (1)  $6.25 \times 10^{-11}$  牛顿·米<sup>2</sup>/公斤<sup>2</sup>。 (2)  $G$  的数值约小百分之三。

6-3  $1.92 \times 10^{24}$  公斤。

6-4 11.2 公里/秒。

6-5 半径小的逃逸速度大。

6-6  $0.0027^\circ$ 。

6-8  $19.88 \times 10^{24}$  达因。

6-9 2.21 倍。

6-10 月球轨道的曲率中心应在太阳一侧。

6-11 略。

6-14 (1) 1.20 达因。 (2)  $6.65 \times 10^{-3}$  达因。

6-15 椭圆的一部分。

6-16 27.40 天。

6-17  $F_{\text{月}}/F_{\text{地}} = 8.08 \times 10^{-35}$ 。

6-18 坐标原点取在月球中心，引力为零的地方距月球中心为  $r = 6R_{\text{地}}$ 。

6-19 9.96 公斤。

6-20  $1.97 \times 10^{33}$  克。

6-21  $7.89 \times 10^5$  厘米/秒;  $5.10 \times 10^3$  秒;  $9.74 \times 10^3$  厘米/秒<sup>2</sup>。

6-22 35900 公里。

6-23 280 公里。

6-25 (1)  $V = \sqrt{2} v_0$ 。

(2)  $V = v_0, \frac{1}{\sqrt{3}} v_0$ 。

(3) 以无穷远为位能零点，则位能  $= -m v_0^2 \left[ 1 - \left( \frac{y}{R_0} \right) + \left( \frac{y}{R_0} \right)^2 - \dots \right]$ ；以地面为位能零点，则位能  $= m v_0^2 \left[ \left( \frac{y}{R_0} \right) - \left( \frac{y}{R_0} \right)^2 + \dots \right]$ 。

(4)  $\sqrt{2yg_0}$ 。

6-26  $m(\alpha - 9.80 \text{ 厘米/秒}^2)$ 。

6-27  $9.6 \times 10^7 \text{ 秒}$ 。

6-28 7 公斤。

6-29  $3R_E$ 。

6-30  $4.1 \times 10^{-4} \%$ 。

6-31 4 小时 46 分。

6-32  $5.98 \times 10^{27} \text{ 克}$ 。

6-33  $g_0 \left( \frac{R_E}{R_E + h} \right)^2$ 。

6-34  $\frac{1}{4}g_0$ 。

6-35 7.9 公里/秒。

6-37  $M > 1.35R \times 10^{28} \text{ 克}$  ( $R$  以厘米为单位)。

6-38  $R < 1.47 \text{ 公里}$ 。

6-39  $R > 4.23 \times 10^{10} \text{ 光年}$ 。

6-40  $R \leq 2.93 \text{ 公里}$ 。

6-42 690 天。

6-43 (2) 30.2 公里/秒。

6-45 (1) 4.83 天。 (2) 64.6 天。

6-46  $5.36 \times 10^9 \text{ 公里}$ 。

6-47  $\frac{R_1}{R_2}\alpha$ 。

6-49 (2)  $r = \frac{R_0}{1 - \frac{V_r}{V_0} \cos \theta}$ 。

6-50 (1)  $r = \frac{\beta^2 R_0}{1 - (\beta^2 - 1) \cos \theta}$ 。 (2)  $\sin \alpha = \frac{1}{\beta^2 - 1}$ 。

6-51 3380 公里; 5.51 公里/秒。

$$6-52 \quad (1) \left(\sqrt{\frac{3}{2}} - 1\right)v_0, \quad r = \frac{\frac{3}{2}R_0}{1 - \frac{1}{2}\cos\theta} \quad (2) \sqrt{2}T_0$$

$$(3) V_r = \sqrt{\frac{1}{6}}V_0; \quad V_{\perp} = \sqrt{\frac{2}{3}}V_0$$

## 第七章 刚体力学

7-1 如合外力矩不为零，则转动状态变化。

7-2 (1)  $L = 140k$  牛顿·米。 (2)  $d = 2.8$  米。

(3)  $F_{\perp} = 14$  牛顿。

7-3 (1)  $L_{F_1} = -30\sqrt{3}$ ,  $L_{F_2} = 30\sqrt{2}$ ,  $L_{F_3} = 40$ ,  $L_{F_4} = 0$ ,  
 $L_P = -10$ , 单位是米·公斤力, 逆时针方向为正。

(2) 20.5 米·公斤力。 (3)  $F_5 = 5.1$  公斤力。

(4)  $F = 15.0$  公斤力, 向上与  $OB$  方向的夹角为  $86.7^\circ$ 。

7-4  $P_A = 450$  克力;  $P_B = 750$  克力。

7-5  $f = 100$  公斤力。

7-6  $x = 6.83a$  处, 力  $F = \frac{1}{2}(2 + \sqrt{2})i - \frac{1}{2}(2 - \sqrt{2})j$  公

斤力(或  $\sqrt{3}$  公斤力, 沿  $-y$  方向与  $Ox$  的夹角为  $9.74^\circ$ )。

7-7 (1)  $T_1 = 19$  公斤力。 (2)  $T_2 = 38$  公斤力。

7-8 (1)  $T_1 = 28.1$  公斤力。 (2)  $T_2 = 21.1$  公斤力。

7-9  $F_1 = 2.2 \times 10^4$  达因, 沿水平指向杯内;  $F_2 = 5.4 \times 10^4$  达因, 以仰角  $65.9^\circ$  指向杯内。

7-10 283 牛顿。

$$7-11 \quad \tan\theta = \frac{1}{1 + 2\mu}$$

$$7-13 \quad S_P = \frac{RL\cos\alpha}{(2P + q)L\sin\alpha + Wh}$$

7-14  $\alpha = 45.9^\circ; h \geq 4.18$  米。

7-15  $f_1 = f_2 = 300$  公斤力。

7-16  $\frac{l_1 + r_1}{l_2 + r_2} = \frac{P_2}{P_1}$ 。

7-17  $\theta = 8.21^\circ$ 。

7-18 (1)  $\theta = \tan^{-1} \frac{m_1 \cos \alpha + m_2}{m_1 \sin \alpha}$ 。

(2)  $T_1 = \frac{m_1 g \sin\left(\frac{\alpha}{2} + \theta\right)}{\cos \frac{\alpha}{2}} = \frac{m_1(m_1 + m_2)g}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2 + 2m_1 m_2 \cos \alpha}}$ 。

(3)  $N = m_2 g \frac{\cos \theta}{\cos \frac{\alpha}{2}} = \frac{2m_1 m_2 g \sin \frac{\alpha}{2}}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2 + 2m_1 m_2 \cos \alpha}}$ 。

7-20 (1) 随遇平衡。 (2) 稳定平衡。

(3) 不稳定平衡。

7-21  $a$  块。

7-23 (1) 15 米/秒，向前。 (2) 0。

(3) 30 米/秒，向前。 (4) 21 米/秒，向前俯角  $45^\circ$ 。

(5) 10 米/秒，向前。

7-26 斜面固定且无滑动时，在通过球心与转轴垂直的截面的圆周上，相对于球心的速率为  $v = r\omega$ ；如相对地面，则是以通过球与斜面接触点的瞬时轴为轴，以  $r$  为半径的柱面与球面相交的交线上， $v = r\omega$ 。

7-27 3.16 秒。

7-28  $\frac{1}{\omega} = \frac{1}{\omega_0} - \frac{t}{\tan \varphi}$ 。

7-29 150 转/分。

二



7-30 (1)  $-0.628 \text{ 秒}^{-2}$ 。 (2) 125 圈。

(3)  $15.7 \text{ 秒}^{-1}$ 。 (4)  $93\frac{3}{4}$  圈。

(5)  $v_t = 15.7 \text{ 米/秒}$ ;  $a_t = -0.628 \text{ 米/秒}^2$ ;

$a_n = 246 \text{ 米/秒}^2$ 。 (6)  $89.9^\circ$ 。

7-31 (1)  $0.80\omega_0$ 。 (2)  $0.81\omega_0$ 。

7-32  $v = v_0 (1 - \cos \varphi) \left\{ 1 + \frac{R \sin \varphi}{\sqrt{l^2 - R^2 (1 - \cos \varphi)^2}} \right\}$ , 沿水平  
向前。

7-33  $\omega = v \sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{r^2}}$ ,  $\omega$  与水平夹角  $\varphi = \tan^{-1} \frac{r}{R}$ 。

7-34 (1) 最大。 (3) 最小。

7-35  $2.55 \times 10^{-14} \text{ 克} \cdot \text{厘米}^2$ 。

7-36 (1)  $mR^2$ 。 (2)  $\frac{1}{2}mR^2$ 。 (3)  $\frac{1}{2}mR^2$ 。

(4)  $\frac{2}{5}mR^2$ 。 (5)  $\frac{2}{3}mR^2$ 。 (6)  $\frac{1}{4}mR^2$ 。

(7)  $m \left( \frac{1}{4}R^2 + \frac{1}{12}h^2 \right)$ 。

7-37 (1)  $\frac{1}{2}m(R_1^2 + R_2^2)$ 。 (2)  $\frac{2}{5}m \frac{R_2^5 - R_1^5}{R_2^3 - R_1^3}$

(3)  $\frac{1}{12}m(a^2 + b^2)$ 。 (4)  $\frac{1}{12}mb^2$ 。

(5)  $\frac{1}{12}m(a^2 + b^2)$ 。 (6)  $\frac{1}{12}ml^2$ 。

(7)  $\frac{1}{3}ml^2$ 。 (8)  $\frac{1}{3}ml^2 \sin^2 \alpha$ 。

7-38 (1)  $I_z = ma^2$ 。 (2)  $I_z = \frac{1}{2}ma^2$ 。

(3)  $I_z = \frac{1}{2}ma^2$ 。

九  
三  
八  
〇

二

内

7-39 (1)  $\frac{3}{2}ml^2$ . (2)  $\frac{3}{4}ml^2$ . (3)  $\frac{1}{2}ml^2$ .

(4)  $\frac{1}{4}ml^2$ .

7-40  $1.88 \times 10^6$  克·厘米<sup>2</sup>。

7-41 (1)  $\frac{1}{12}m \left( a^2 + b^2 - \frac{6\pi r^4}{ab} \right)$ 。

(2)  $\frac{1}{12}m(a^2 + b^2) - \frac{mc^2}{12ab}(3a^2 - 6ac + 3b^2 - 6bc + 8c^2)$ 。

7-42 距  $m_1$  15 厘米。

7-44 0.244 公斤·米<sup>2</sup>。

7-45  $4.2 \times 10^4$  克·厘米<sup>2</sup>。

7-46 (1)。

7-47 (1)、(2)快。

7-48 (1)。

7-49  $L = 15.7$  牛·米。

7-50  $6.4$  秒<sup>-2</sup>。

7-51  $a = \frac{2(m_1 - m_2)}{2(m_1 + m_2) + m_0}g$ ;  $T_1 = \frac{m_1(4m_2 + m_0)}{2(m_1 + m_2) + m_0}g$ ;

$T_2 = \frac{m_2(4m_1 + m_0)}{2(m_1 + m_2) + m_0}g$ 。

7-52  $a = 2.8$  米/秒<sup>2</sup>;  $T_1 = 0.70$  牛;  $T_2 = 0.56$  牛。

7-53  $a = 0.73$  米/秒<sup>2</sup>;  $T_1 = 9.2$  牛;  $T_2 = 9.3$  牛。

7-54  $a = \frac{2(m_1 - m_2)}{2(m_1 + m_2) + M_1 + M_2}g$ ;

$T_2 = \frac{m_2(4m_1 + M_1 + M_2)}{2(m_1 + m_2) + M_1 + M_2}g$ ;

$T_3 = \frac{4m_1m_2 + m_1M_2 + m_2M_1}{2(m_1 + m_2) + M_1 + M_2}g$ 。



7-55 (1)  $\alpha_1 = 3.8 \text{ 秒}^{-2}$ 。 (2)  $\alpha_2 = 4.8 \text{ 秒}^{-2}$ 。

7-56 (1)  $a = \frac{2mg}{2m+M}$  (2)  $T = \frac{mM}{2m+M}g$ 。

(3)  $v = \sqrt{\frac{4mgh}{2m+M}}$  (4)  $t = \sqrt{\frac{(2m+M)h}{mg}}$ 。

7-57 4.6 秒。

7-58 (1):(2):(3):(4) = 140:105:150:126。

7-60  $I = \frac{Mgr^2}{2h}(t_2^2 - t_1^2)$ 。

7-61 (1)  $66 \text{ 秒}^{-2}$ ; 0.27 公斤力挤压。 (2) 力的方向与 (1)相反。

7-62 49.7 厘米/秒<sup>2</sup>。

7-63  $T_1 = T_2 = 0.45$  公斤力;  $T_3 = 0.50$  公斤力。

7-64  $\alpha = \frac{2m+M}{r\left(4m+M+\frac{I}{r^2}\right)}g$ 。

7-65  $\frac{m+M}{m+M+\frac{I}{r^2}}g$ 。

7-66  $\alpha_1 = \frac{\left(1+\frac{2I}{mr^2}\right)g}{\left(1+\frac{I}{mr^2}\right)^2+\frac{I}{mr^2}}$ ;  $\alpha_2 = \frac{\left(1+\frac{2I}{mr^2}\right)g}{\left(1+\frac{I}{mr^2}\right)^2+\frac{I}{mr^2}}$ 。

7-67  $\alpha_1 = \frac{4(2m-M)}{8m+7M}g$ ;  $T_3 = \frac{(5m+3M)M}{8m+7M}g$ 。

7-68  $\alpha_2 = \frac{m_2+M_2-2m_1\sin\alpha}{4m_1+m_2+2M_1+\frac{3}{2}M_2}g$ ;

$$T_2 = \frac{2M_1 + \frac{1}{2}M_2 + 2m_1(2 + \sin\alpha)}{4m_1 + m_2 + 2M_1 + \frac{3}{2}M_2}m_2g$$

$$7-69 \quad a_1 = \left\{ \left[ (4m_2m_3 - m_1m_2 - m_1m_3) + \frac{M_2}{2}(3m_2 + 3m_3 + M_2 - m_1) \right] / \left[ (4m_2m_3 + m_1m_2 + m_1m_3) + \frac{M_2}{2}(3m_2 + 3m_3 + m_1 + M_2) + \frac{M_1}{2} \left( m_2 + m_3 + \frac{M_2}{2} \right) \right] \right\} g;$$

$$a_2 = \left\{ \left[ (3m_1m_3 - m_1m_2 - 4m_2m_3) - \frac{M_2}{2} \left( 3m_2 + 3m_3 - m_1 + \frac{3}{2}M_2 \right) + \frac{M_1}{2}(m_3 - m_2) \right] / \left[ (4m_2m_3 + m_1m_2 + m_1m_3) + \frac{M_2}{2}(3m_2 + 3m_3 + m_1 + M_2) + \frac{M_1}{2} \left( m_2 + m_3 + \frac{M_2}{2} \right) \right] \right\} g;$$

$$a_3 = \left\{ \left[ (4m_2m_3 + m_1m_2 - 3m_2m_3) + \frac{M_2}{2} \left( 3m_2 + 3m_3 - m_1 + \frac{1}{2}M_2 \right) + \frac{M_1}{2}(m_3 - m_2) \right] / \left[ (4m_2m_3 + m_1m_2 + m_1m_3) + \frac{M_2}{2}(3m_2 + 3m_3 + m_1 + M_2) + \frac{M_1}{2} \left( m_2 + m_3 + \frac{M_2}{2} \right) \right] \right\} g。$$

7-70 4.2 牛顿。

$$7-72 \quad \frac{2l\omega_0}{3g\mu}。$$

$$7-73 \quad a = \frac{1}{3}g; \quad \mu \leq \frac{1}{3}。$$

$$7-74 \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{l_1^2 + l_2^2}{(l_2 - l_1)g}}; \quad l_0 = \frac{l_1^2 + l_2^2}{l_2 - l_1}。$$

7-75 0.248 米。

7-76 1.64 秒。

7-79 向下。

7-80 快。

$$7-81 \quad x = \frac{l}{2} \left( 1 - \frac{1}{\sqrt{3}} \right)。$$

7-82 (1) 经过时间  $t = \frac{I}{2ak} \ln \frac{a + \omega_1}{a - \omega_1}$ ，其中  $a^2 = \frac{L}{k}$ ；

(2)  $\frac{I}{2k} \ln \frac{a^2}{a^2 - \omega_1^2}$  圈。

7-83 (1)  $\bar{\omega} = \frac{\ln \frac{\omega_0}{\omega_1}}{\frac{1}{\omega_1} - \frac{1}{\omega_0}}$ ；

(2) 经过时间  $t = \frac{2I}{\omega_0 k}$ 。

7-84 0.92 厘米。

7-85 (1)  $a < \frac{k}{r} g$ 。 (2)  $a < \left( 3.5\mu - 2.5 \frac{k}{r} g \right)$ 。

7-86 (1)  $\theta \leq \tan^{-1} \frac{7}{2} \mu \approx 41.3^\circ$ 。

7-87  $5.2 \times 10^{21}$  焦耳。

7-88  $5.5 \times 10^6$  焦耳。

7-89  $3.6 \times 10^3$  牛。

7-91 (1)  $1.16 \times 10^2$  焦耳。 (2)  $2.40 \times 10^2$  牛。

7-92 0.207。

7-93 (1)  $\frac{1}{2} mgl$ 。 (2)  $\sqrt{3gl}$ 。 (3) 距地  $\frac{2}{3} l$ 。

7-94 (1)  $t_1 = \frac{1}{\sin \theta} \sqrt{\frac{3h}{g}}$ 。 (2)  $t_2 = \frac{1}{\sin \theta} \sqrt{\frac{2h}{g}}$ 。

7-95 (1)  $\frac{1}{10}(7R - 17r)$ 。 (2)  $\sqrt{g(R - r)}$ 。

7-96  $1.0 \times 10^5$  公斤力·米。

7-97 地球与月球质心连线上距地球质心  $0.73 R$ 。

7-98 距加重一端 45.5 厘米。

7-100 在半圆的平分线上距圆心  $\frac{4R}{3\pi}$ 。

7-101 以  $A$  为原点,  $AB$  为  $x$  轴,  $C$  在  $y$  的正方向:  $x_c = 18.0$  厘米,  $y_c = 5.2$  厘米。

7-102  $\left(0, -\frac{8R}{15\pi}\right)$ 。

7-103  $\alpha = 76^\circ 31'$ 。

7-104 以正方形中心为原点, 指向切去一角的对角线为  $x$  轴, 质心  $x_c = -0.14$  米。

7-105 以大圆中心为原点, 指向第一个挖去的小圆中心为  $x$  轴, 指向第二个挖去的小圆中心为  $y$  轴。则(1)  $\left(-\frac{R}{20}, 0\right)$ 。

(2)  $\left(-\frac{3R}{56}, -\frac{3R}{56}\right)$ 。

7-106 (1)  $\left(\frac{a}{4}, \frac{a}{4}, \frac{a}{4}\right)$ 。 (2)  $\left(\frac{2a}{10}, \frac{3a}{10}, \frac{4a}{10}\right)$ 。

7-108 都不一定。

7-110 (1)、(2)、(3)均为  $9.8$  米/秒<sup>2</sup>, 方向与  $F$  相同。

7-111 (1)、(2)、(3)均为零。

7-112  $1.25a$ 。

7-113 (1)  $\frac{2F}{3m}$ 。 (2)  $222$  米/秒。

7-114  $5.0$  米/秒。

7-115  $a = \frac{2}{3}g$ ;  $T = \frac{1}{3}mg$ 。

7-116 (1)  $F_A = F_B = 987$  公斤力。

(2)  $F_A = 790$  公斤力;  $F_B = 1184$  公斤力。

7-117 绕  $P$  点转动。

7-118  $\alpha = \frac{l}{2}$ 。

7-119 不定, 1, 3 受力一样, 但  $F_1 + F_2 + F_3 = W$ 。

7-120  $57.0^\circ$ 。

7-121  $\frac{1}{4}ml\omega^2\left(1-\frac{x^2}{l^2}\right)$ 。

7-122 786 公斤力。

7-123 (1)  $P_A = \frac{2a}{3b}W$  (拉门时),  $P_B = \frac{2a}{3b}W$  (推门时),  $P_A$ 、

$P_B$ 、 $W$  在一个平面内且  $P_A$ 、 $P_B$  与  $W$  垂直。

7-124 (1)  $L = \frac{2GMmr^2 \sin 2\theta}{R^3}$ ,  $G$  是万有引力恒量。

(2)  $1.01 \times 10^{24}$  牛·米。

7-125 (1) 1.0 公斤力。 (2) 1.0 公斤力。 (3)  $f=0$ 。

7-126 (2)。

7-127 (1) 56.6 厘米。 (2) 70.7 厘米。

7-128 59.4 厘米。

7-129 (1)  $\alpha = \frac{g \sin \theta}{R_2 \left[ 1 + \frac{\frac{2}{5} \left( 1 - \frac{R_1^5}{R_2^5} \right)}{\left( 1 - \frac{R_1^3}{R_2^3} \right)} \right]}$ 。

(2)  $v = \sqrt{\frac{2gh}{1 + \frac{\frac{2}{5} \left( 1 - \frac{R_1^5}{R_2^5} \right)}{\left( 1 - \frac{R_1^3}{R_2^3} \right)}}}$ 。

7-130 87 米。

7-131  $11.0 \text{ 秒}^{-1}$ 。

7-132  $0.060 \text{ 米/秒}^2$ 。

7-133 不动。

7-134 88.4 厘米。

7-135  $T_A:T_B = \sqrt{2}:1$ 。

7-136 (1)  $9.9 \times 10^{37}$  公斤·米<sup>2</sup>。 (2)  $2.6 \times 10^{29}$  焦耳。  
 (3)  $7.2 \times 10^{33}$  公斤·米/秒。 (4)  $3.6 \times 10^2$  米/秒。

7-137 (1)  $\theta_0 = 78.8^\circ$ 。 (2)  $v_c = 2.43$  米/秒。  
 (3)  $a_t = 0, a_n = 23.7$  米/秒<sup>2</sup>。  
 (4)  $F = 21.7$  牛。 (5)  $\theta = 53.4^\circ$ 。

7-138  $\frac{1}{2}F$ , 与  $F$  相反方向。

7-140 (1) 切向加速度  $a_t = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} g$ , 法向加速度  $a_n = 0$ ,

力  $f = \frac{4m_1 m_2}{m_1 + m_2} g$ 。 (2)  $a_t = 0, a_n = \frac{2(m_1 - m_2)}{m_1 + m_2} g$ ,

$f = \frac{3m_1^2 + 3m_2^2 - 2m_1 m_2}{m_1 + m_2} g$ 。

7-141 20.9 厘米。

7-142 (1)  $v_c = \frac{J}{m}, \omega_c = \frac{12Jx}{ml^2}, v_A = \frac{J}{m} \left( \frac{6x}{l} - 1 \right)$ 。

(2)  $x = \frac{1}{6}l$ 。 (3)  $x = \frac{1}{6}l$ 。

7-144 (1)  $\sqrt{\frac{4}{3}gl}$ 。 (2)  $x = \frac{2}{3}l$ 。 (3)  $\frac{m}{M} = \frac{3}{4}$ 。

7-145 (1) 以  $A$  为原点, 竖直向下为  $y$  方向,  $AB$  水平时为  $x$  方向, 下落过程中质心的轨迹为抛物线  $x^2 = 3ly - 3l^2$ 。

(2) 重力加速度  $g$ 。

(3)  $\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{3h}{l}}$  圈。

7-147 摩擦力足够大, 扔出时  $v > R\omega$ 。

7-148 (1)  $\tan\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\theta}{4}\right) = e^{\frac{\sqrt{3g}t}{2l}}$ 。 (2)  $t \rightarrow \infty$ 。

7-149  $\frac{3}{2}l$ 。

$$7-150 \quad \text{线轴中心的加速度 } a = \frac{F(R \cos \alpha - r)R}{\frac{3}{2}MR^2 - \frac{1}{2}m(R^2 - r^2)},$$

当  $\cos \alpha > \frac{r}{R}$  时向前(沿  $F$  方向的水平分量),  $\cos \alpha < \frac{r}{R}$  时向后。

$$7-151 \quad \sqrt{\frac{10}{7}gh}。$$

$$7-152 \quad 53^\circ 58'。$$

$$7-153 \quad (1) \quad v = \sqrt{\frac{10gh[(M+m)^2 \sin^2 \theta + M^2 \cos^2 \theta]}{(M+m)[7(M+m) - 5m \cos^2 \theta]}}。$$

$$(2) \quad a = \frac{5mg \sin \theta \cos \theta}{7(M+m) - 5m \cos^2 \theta}; \quad S = \frac{mh}{M+m} \cot \theta。$$

$$7-154 \quad (1) \quad P_1 = 93 \text{ 公斤力}, P_2 = 97 \text{ 公斤力}。$$

$$(2) \quad P_1 = 94 \text{ 公斤力}, P_2 = 96 \text{ 公斤力}。$$

## 第八章 机械振动

8-1 (1)、(2)、(3)、(5)、(7)不是简谐振动; (4)(6)是简谐振动。

8-4 (1)、(3)、(4)一样, (2)不一样。

8-5 (1)、(3)相同。(2)  $T_3 > T_2 > T_1$ 。(4)  $T_1 = T_2 > \sqrt{3}$ 。

(5)  $T_3 > T_1 > T_2$ 。(6)  $T_3 > T_1$ , 第二个不振动。

8-6 图 8-6(1)位置。

$$8-7 \quad (1) \quad S = A \sin \left( \omega t + \frac{5}{6} \pi \right)。$$

$$(2) \quad S = A \cos \left( \frac{2\pi}{T} t + \frac{\pi}{3} \right); \quad S = A \cos \left( 2\pi \nu t + \frac{\pi}{3} \right)。$$

$$(3) \quad v = -A\omega \sin \left( \omega t + \frac{\pi}{3} \right); \quad a = -A\omega^2 \cos \left( \omega t + \frac{\pi}{3} \right)。$$

8-8 (1) 振幅 6 厘米, 周期  $\frac{2\pi}{5}$  秒, 频率  $\frac{5}{2\pi}$  秒<sup>-1</sup>。

(2) 位移  $3\sqrt{2}$  厘米，速度  $15\sqrt{2}$  厘米/秒，加速度  $-75\sqrt{2}$  厘米/秒<sup>2</sup>。

(3) 位移  $-3\sqrt{2}$  厘米，速度  $-15\sqrt{2}$  厘米/秒，加速度  $75\sqrt{2}$  厘米/秒<sup>2</sup>。

8-9 周期 8.0 秒，振幅  $\frac{11}{2}\sqrt{2}$  厘米。

8-10 (1) 12.3 厘米。 (2) 95 厘米/秒。

8-11 2.2 秒。

8-12  $v = 2\pi\nu\sqrt{A^2 - x^2}$ 。

8-13 (1)  $\frac{T}{4}$ 。 (2)  $\frac{T}{12}$ 。 (3)  $0.21T$ 。

8-16 (1)  $S = A\sin\frac{\pi}{6}(5t+1)$ 。 (2)  $S = A\sin\pi(t-1)$ 。

8-18 (1) 否。 (2) 否。 (3) 摆角及摆锤位移在作简谐振动。

8-21  $v$  超前  $S$  为  $\frac{\pi}{2}$ ； $a$  超前  $v$  为  $\frac{\pi}{2}$ 。

8-22 (1)  $S_2$  超前  $\frac{\pi}{6}$ 。 (2)  $S_2$  超前  $\frac{3}{4}\pi$ 。 (3)  $S_2$  超前  $\frac{7}{12}\pi$ 。

8-23 如  $x = A\sin(\omega t + \varphi_0)$ ，则  $A = \sqrt{x_0^2 + \frac{v_0^2}{\omega^2}}$ ； $\varphi_0 = \tan^{-1}\frac{x_0\omega}{v_0}$ 。

8-24 (i) 用正弦表示式时， $x = A\sin(\omega t + \varphi_0)$ ， $\varphi_0 = \pi$ ；

(2) 状态周相  $\varphi_2 = 2n\pi$ ，时刻  $t_2 = \left(n + \frac{1}{2}\right)T$ ；

(3) 状态周相  $\varphi_3 = \left(2n + \frac{1}{2}\right)\pi$ ， $t_3 = \left(n + \frac{3}{4}\right)T$ ；

(4) 状态周相  $\varphi_4 = \left(2n - \frac{1}{2}\right)\pi$ ， $t_4 = \left(n + \frac{1}{4}\right)T$ 。

(ii) 用余弦表示式时， $x = A\cos(\omega t + \varphi_0)$  时， $\varphi_0 = \frac{\pi}{2}$ ；



(2) 状态周相  $\varphi_2 = \left(2n - \frac{1}{2}\right)\pi$ , 时刻  $t_2 = \left(n + \frac{1}{2}\right)T$ ;

(3) 状态周相  $\varphi_3 = 2n\pi$ , 时刻  $t_3 = \left(n + \frac{3}{4}\right)T$ ;

(4) 状态周相  $\varphi_4 = (2n + 1)\pi$ , 时刻  $t_4 = \left(n + \frac{1}{4}\right)T$ 。

其中  $n = 0, 1, 2, \dots$ 。

8-25 (1)  $S = A \sin(\omega t + \pi)$ 。 (2)  $S = A \sin \omega t$ 。

(3)  $S = A \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$ 。 (4)  $S = A \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$ 。

8-26 (1)  $\varphi_0 = \frac{\pi}{6}$ ,  $\varphi_a = \frac{\pi}{2}$ ,  $\varphi_b = \frac{5}{6}\pi$ ,  $\varphi_c = \pi$ ,  $\varphi_d = -\frac{5}{6}\pi$ ,

$\varphi_e = -\frac{\pi}{2}$ ,  $\varphi_f = 0$ ;  $t_a = \frac{T}{6}$ ,  $t_b = \frac{T}{3}$ ,  $t_c = \frac{5}{12}T$ ,  $t_d = \frac{T}{2}$ ,  $t_e = \frac{2}{3}T$ ,

$t_f = \frac{11}{12}T$ 。 (2)  $\varphi_0 = -\frac{\pi}{3}$ ,  $\varphi_a = 0$ ,  $\varphi_b = \frac{\pi}{3}$ ,  $\varphi_c = \frac{\pi}{2}$ ,  $\varphi_d = \frac{2}{3}\pi$ ,

$\varphi_e = \pi$ ,  $\varphi_f = -\frac{\pi}{2}$ ;  $t$  同(1)。

8-27 (1)  $8.5 \times 10^3$  米/秒<sup>2</sup>。 (2)  $3.8 \times 10^5$  牛。

8-28  $S = 3.92 \cos(5t + 0.04)$  厘米;  $F = 4.9 \times 10^3$  达因。

8-29 振幅 1.0 厘米, 周期 0.20 秒。

8-30 6.2 厘米。

8-31  $x = \frac{mg}{k} \left(1 - \cos \sqrt{\frac{k}{m}} t\right)$ 。

8-33 (1)、(2)、(3) 周期相同, 均为  $2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ ; 平衡时弹簧的长度为(1)  $l_0$ ; (2)  $l_0 + \frac{mg}{k}$ ; (3)  $l_0 + \frac{mg \sin \alpha}{k}$ 。

8-34 (1)、(2)、(3)、(5)、(6)、(7) 是简谐振动, (4) 不是简谐振动。周期为: (1)  $\sqrt{2} T_0$ ; (2)、(3)、(5)、(6)、(7) 为  $\frac{\sqrt{2}}{2} T_0$ ; 其中

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$8-35 \quad x = A \cos(\omega t + \varphi_0), \quad A = \sqrt{\frac{mg}{k} \left( 2h + \frac{mg}{k} \right)};$$

$$\varphi_0 = \tan^{-1} \sqrt{\frac{2kh}{mg}}, \quad \pi < \varphi_0 < \frac{3}{2} \pi.$$

$$8-36 \quad T = \frac{2\sqrt{2}\pi}{3} \sqrt{\frac{m}{k}}$$

8-38 2.21 秒。

8-39 (1) 1.32 公斤力; 0.68 公斤力。

(2) 6.2 厘米。

8-40 (1) 3.1 厘米。

(2) 2.2 秒<sup>-1</sup>。

8-41 悬点  $O$  至质心  $C$  连线上  $l_0 = \frac{I}{Mh}$  处。  $I$  为摆绕  $O$  轴的转动惯量,  $M$  为摆的质量,  $h = \overline{OC}$ 。

8-43 快 30.30 秒。

$$8-44 \quad (1) \frac{T_0}{\sqrt{1 + \frac{C_0}{mgR_0}}}$$

$$(2) \frac{T_0}{\sqrt{\frac{C_0}{mgR_0} - 1}}$$

$$\text{其中 } T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{R_0}{g}}$$

$$8-45 \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{3g}}$$

$$8-46 \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{2g}}$$