

习题答案

第9章

9.11 (1) $A = 0.1\text{m}$, $\omega = 2\pi\text{s}^{-1}$, $\varphi = \pi$, $T = \frac{2\pi}{\omega} = 1\text{s}$, $\nu = \frac{1}{T} = 1\text{Hz}$;

(2) $x = -0.1\text{m}$, $\nu = 0$, $a = 0.4\pi^2\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ 。

9.12 $x = 4.0 \times 10^{-2} \cos(\pi t + 0.75\pi)(\text{m})$,

$$v = \frac{dx}{dt} = -(4\pi \times 10^{-2}) \sin(\pi t + 0.75\pi)(\text{m}\cdot\text{s}^{-1}),$$

$$a = \frac{d^2x}{dt^2} = -(4\pi^2 \times 10^{-2}) \cos(\pi t + 0.75\pi)(\text{m}\cdot\text{s}^{-2})。$$

9.13 (1) 平衡位置 $mg = kl_0$, 任意位置 $F = mg - k(l_0 + x) = -kx$, 故为简谐运动;

(2) $x = 0.02 \cos 14t (\text{m})$ 。

9.14 $\theta = \frac{v_0}{\omega R} \cos\left(\sqrt{\frac{g}{R}}t - \frac{\pi}{2}\right)$ 。

9.15 (1) 通过计算得到 $F = -\frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2} x = -kx$, 其中 $k = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}$ 为常数, 故物体做简谐运动;

(2) $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{k_1 k_2}{m(k_1 + k_2)}}$ 。

9.16 (1) $x = 4 \cos\left(4\pi t + \frac{\pi}{2}\right)(\text{cm})$;

(2) $x = 4 \cos\left(4\pi t - \frac{\pi}{3}\right)(\text{cm})$;

(3) $x = 4 \cos 4\pi t (\text{cm})$ 。

9.17 (1) $x = A \cos\left(\frac{2\pi}{T}t \pm \pi\right)$;

(2) $x = A \cos\left(\frac{2\pi}{T}t - \frac{\pi}{2}\right)$;

$$(3) x = A \cos\left(\frac{2\pi}{T}t + \frac{\pi}{3}\right);$$

$$(4) x = A \cos\left(\frac{2\pi}{T}t - \frac{\pi}{4}\right)。$$

$$9.18 \quad g_M = (T_E / T_M)^2 g_E = 1.63 \text{m} \cdot \text{s}^{-2}。$$

$$9.19 \quad l = \frac{1}{2} \cdot \frac{t}{\Delta t} \cdot d l = \frac{1}{2} \times \frac{60}{0.1} \times 1 \text{mm} = 300 \text{mm}。$$

$$9.20 \quad (1) \omega = \sqrt{g/l} = 3.13 \text{s}^{-1}, \quad T = 2\pi/\omega = 2.01 \text{s};$$

$$(2) \theta = \frac{\pi}{36} \cos(3.13t);$$

$$(3) v = l \left| \frac{d\theta}{dt} \right| = 0.164 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}。$$

$$9.21 \quad (1) x = 0.24 \cos\left(\frac{1}{2}\pi t + \frac{2\pi}{3}\right) (\text{m});$$

$$(2) t_{\min} = \frac{\Delta\varphi}{\omega} = \frac{5}{3} \text{s};$$

$$(3) E = E_k = \frac{1}{2} mA^2 \omega^2 = 0.07106 \text{J}。$$

$$9.22 \quad (1) E = 2.0 \times 10^{-3} \text{J};$$

$$(2) x_0 = \pm \frac{\sqrt{2}}{2} A = \pm 7.07 \times 10^{-3} \text{m} \text{ 时动能和势能相等};$$

$$(3) E_k = \frac{3}{4} E, \quad E_p = \frac{E}{4}。$$

$$9.23 \quad (1) a_{\max} = A\omega^2, \quad \omega = \sqrt{\frac{a_{\max}}{A}} = 20 \text{s}^{-1}, \quad T = \frac{2\pi}{\omega} = 0.314 \text{s};$$

$$(2) E_{k,\max} = \frac{1}{2} mv_{\max}^2 = \frac{1}{2} mA^2 \omega^2 = 0.08 \text{J};$$

$$(3) E_k = E_p, \quad \frac{1}{2} kx^2 = \frac{1}{4} kA^2, \quad x = \pm \frac{\sqrt{2}}{2} A = \pm 1.41 \times 10^{-2} \text{m}。$$

$$9.24 \quad x = x_1 + x_2 = 0.03 \cos\left(4t + \frac{\pi}{6}\right)。$$

9.25 (1) 当两分振动同相位时, 合振动的振幅最大, 即 $\varphi_2 = -\frac{5\pi}{6}$, 合振幅最大值为 $A = A_1 + A_2 = 0.4 \text{m} + 0.5 \text{m} = 0.9 \text{m}$;

(2) 若合振动的初相 $\varphi_0 = \frac{\pi}{6}$, 则合振动 A 初相位与 A_1 相反, 得到 $\varphi_2 = \frac{\pi}{6}$, 合振幅值为 $A = |A_1 - A_2| = 0.5 \text{m} - 0.4 \text{m} = 0.1 \text{m}$ 。

- 9.26 (1) $A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)} = 7.8\text{m}$,
 $\varphi = \arctan \frac{A_1 \sin \varphi_1 + A_2 \sin \varphi_2}{A_1 \cos \varphi_1 + A_2 \cos \varphi_2} = \arctan 11$;
 (2) 当 $\Delta\varphi = 2k\pi$ 时振幅达到最大, 故
 $\varphi_3 = 2k\pi + \varphi_1 = 2k\pi + 0.75\pi$ ($k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$) 。

第 10 章

- 10.11 $A = 0.05\text{m}$, $T = 0.25\text{s}$, $\lambda = 1\text{m}$, $u = 4\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$;
 10.12 $y = 0.03 \cos \left[4\pi \left(t - \frac{x}{20} \right) - \pi \right]$ (SI) 。
 10.13 $y = 0.05 \cos \left(5\pi t + \frac{\pi}{5}x - \frac{\pi}{3} \right)$ (SI) 。
 10.14 (1) $y = 0.02 \cos \left(100\pi t - \frac{\pi}{2}x - \frac{\pi}{2} \right)$ (SI) ;
 (2) $y = 0.02 \cos(100\pi t - \pi)$ (SI) ;
 (3) $v = 0$ 。
 10.15 (1) $y = 0.1 \cos \left(500\pi t - \frac{\pi}{100}x - \frac{\pi}{4} \right)$ (SI) ;
 (2) $y = 0.1 \cos \left(500\pi t - \frac{5\pi}{4} \right)$ (SI) , $v = -50\pi \sin \left(500\pi t - \frac{5\pi}{4} \right)$ (SI) 。
 10.16 (1) $y = 0.1 \cos \left(500\pi t + \frac{\pi}{10}x + \frac{\pi}{3} \right)$ (SI) ;
 (2) $y = 0.1 \cos \left(500\pi t + \frac{13\pi}{12} \right)$ (SI) , $v = 40.6\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。
 10.17 以 A 为原点, $x = 1, 3, 5, \dots, 29$ 处静止。
 10.18 (1) $y = 0.01 \cos \left[200\pi \left(t + \frac{x}{10} \right) + \pi \right]$ (SI) ;
 (2) $y = 0.02 \cos \left(20\pi x + \frac{\pi}{2} \right) \cos \left(200\pi t + \frac{\pi}{2} \right)$ (SI) 。
 10.19 (1) 0.1m ; (2) 0.01m , $20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。
 10.20 41.7cm 。
 10.21 $\frac{v' - v}{v' + v}u$ 。
 10.22 (1) 865.6Hz , 743.7Hz ;

(2) 826.2 Hz。

10.23 55.9Hz。

第 11 章

11.20 $d = 8.0 \times 10^{-6} \text{ m}$ 。

11.21 (1) 6.0mm; (2) 19.9mm。

11.22 (1) 0.11m; (2) 7。

11.23 $\Delta x = 7.2 \times 10^{-5} \text{ m}$ 。

11.24 $7.78 \times 10^{-4} \text{ mm}$ 。

11.25 $\lambda_1 = 457.6 \text{ nm}$, 蓝紫色; $\lambda_2 = 558.7 \text{ nm}$, 绿色。

11.26 (1) $\theta = 4.8 \times 10^{-5} \text{ rad}$; (2) A 处为第 3 级明纹;

(3) 棱边到 A 处共呈现 3 条明纹, 3 条暗纹。

11.27 (1) $R = 6.79 \text{ m}$; (2) $k = 4$ 。

11.28 (1) 4 个半波带, P 为暗点;

(2) 3 个半波带, P 为亮点; Q 点对应 AB 上半波带数为 5, 为亮点;
 P 点较亮。

11.29 (1) 极大; (2) $\varphi = \arcsin \frac{\lambda}{d} = \arcsin \frac{c}{vd} = 0.217 \text{ rad} = 12.4^\circ$ 。

11.30 (1) $\Delta x_0 = \frac{2\lambda f}{b} = \frac{2\lambda(0.5)}{5\lambda} = 0.2 \text{ m}$;

(2) $\Delta x_1 = f \sin \varphi_2 - f \sin \varphi_1 = \frac{\lambda f}{b} = 0.1 \text{ m}$ 。

11.31 $\theta_0 = \frac{1.22\lambda}{D} = 6 \times 10^{-9} \text{ rad}$ 。

11.32 $\theta_0 = \frac{1.22\lambda}{D} = \frac{d}{x}$, $x = 4918 \text{ m}$ 。

11.33 (1) 3; (2) $\pm 2, \pm 4, \dots$ 缺级。

11.34 夹角 $\theta = \pm 45^\circ$ 或 $\pm 135^\circ$ 。

11.35 $I = \frac{1}{2} I_1$ 。

11.36 (1) $i_0 = 48^\circ 27'$; (2) $i_0 = 41^\circ 34'$ 。

第 12 章

- 12.13 $\bar{\varepsilon}_{kt} = 3.89 \times 10^{-22} \text{ J}$ 。
- 12.14 273K时 $\bar{\varepsilon}_{kt} = 5.65 \times 10^{-21} \text{ J}$ ，373K时 $\bar{\varepsilon}_{kt} = 7.72 \times 10^{-21} \text{ J}$ ； $T = 7.73 \times 10^3 \text{ K}$ 。
- 12.15 (1) $p = 1.35 \times 10^5 \text{ Pa}$ ；(2) $T = 362 \text{ K}$ ， $\bar{\varepsilon}_{kt} = 7.49 \times 10^{-21} \text{ J}$ 。
- 12.16 $i = 5$ 。
- 12.17 $N\bar{\varepsilon}_{kt} = 7.31 \times 10^6 \text{ J}$ ， $\Delta E = 4.16 \times 10^4 \text{ J}$ ， $\sqrt{v^2} = 0.856 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。
- 12.18 $\Delta E = 0.75RT$ 。
- 12.19 $n = 2.415 \times 10^{25} \text{ m}^{-3}$ 。
- 12.20 $N = 1.88 \times 10^{18}$ 。
- 12.21 9.6 天。
- 12.22 $n = 2.4 \times 10^{12} \text{ m}^{-3}$ 。
- 12.23 $\bar{\varepsilon}_{kt} = 1.98 \times 10^{-21} \text{ J}$ 。
- 12.24 (1) $N_A \bar{\varepsilon}_{kt} = 3.74 \times 10^3 \text{ J}$ ，(2) $N_A \bar{\varepsilon}_{kr} = 2.49 \times 10^3 \text{ J}$ 。
- 12.25 $E = 1.417 \times 10^3 \text{ J}$ ， $\bar{\varepsilon}_{kt} = 5.56 \times 10^{-21} \text{ J}$ ， $\bar{\varepsilon}_{kr} = 3.77 \times 10^{-21} \text{ J}$ 。
- 12.26 $T = 284.4 \text{ K}$ ， $p = 1.0275 p_0$ 。
- 12.27 $\Delta T = 12.8 \text{ K}$ 。
- 12.28 $\sqrt{v^2} = 491.87 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ， $\mu = 0.0283 \text{ kg}$ ，氮气。
- 12.29 略。
- 12.30 (1) $n = 2.45 \times 10^{-25} \text{ m}^{-3}$ ；(2) $m = 5.31 \times 10^{-26} \text{ kg}$ ；
 (3) $\rho = 1.30 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ；(4) $l = 3.445 \times 10^{-9} \text{ m}$ ；
 (5) $v_p = 394.7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ；(6) $\bar{v} = 445.4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ；
 (7) $\sqrt{v^2} = 483.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ；(8) $\bar{\varepsilon} = 1.035 \times 10^{-20} \text{ J}$ ；
 (9) $\bar{Z} = 4.07 \times 10^9 \text{ s}^{-1}$ ；(10) $\bar{\lambda} = 1.09 \times 10^{-7} \text{ m}$ 。
- 12.31 $(v_p)_{\text{O}_2} = 3.94 \times 10^2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ， $(\sqrt{v^2})_{\text{O}_2} = 4.83 \times 10^2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ，
 $(\bar{v})_{\text{O}_2} = 4.45 \times 10^2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。
- 12.32 (1) $n = 3.2 \times 10^{17} \text{ m}^{-3}$ ；(2) $\bar{\lambda} = 7.8 \text{ m}$ ， $\bar{Z} = 60 \text{ 次/s}$ 。

第 13 章

- 13.13 $W = 5.0 \times 10^2 \text{ J}$ ， $\Delta E = 1.21 \times 10^3 \text{ J}$ 。

13.14 (1) $Q_p = 128.1\text{J}$, $Q_V = 91.5\text{J}$; (2) $W_p = 36.1\text{J}$, $W_V = 0$ 。

13.15 (1) $\Delta E = Q = 623\text{J}$, $W = 0$, $W' = 0$, $Q = 623\text{J}$;

(2) $\Delta E = 623\text{J}$, $Q = 1.04 \times 10^3$, $W = 417\text{J}$, $W' = -417\text{J}$;

(3) $Q = 0$, $\Delta E = 623\text{J}$, $W = -623\text{J}$, $W' = -W = 623\text{J}$ 。

13.16 (1) $Q_1 = 266\text{J}$; (2) $Q_2 = -308\text{J}$ 。

13.17 (1) $1 \rightarrow 3 \rightarrow 2$ 过程: $\Delta E = 7.5 \times 10^3\text{J}$, $W = 8.0 \times 10^3\text{J}$,

$Q = \Delta E + W = 1.55 \times 10^4\text{J}$;

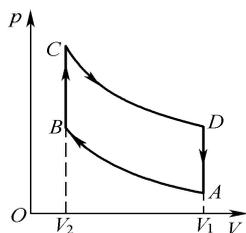
(2) $1 \rightarrow 2$ 过程: $\Delta E = 7.5 \times 10^3\text{J}$, $W = 6.0 \times 10^3\text{J}$, $Q = 1.35 \times 10^4\text{J}$ 。

13.18 $W = RT \ln \frac{V_2 - b}{V_1 - b} + a \left(\frac{1}{V_2} - \frac{1}{V_1} \right)$ 。

13.19 (1) $\Delta E = 1.25 \times 10^3\text{J}$, $W = 2.03 \times 10^3\text{J}$, $Q = 3.28 \times 10^3\text{J}$;

(2) $\Delta E = 1.25 \times 10^3\text{J}$, $W = 1.69 \times 10^3\text{J}$, $Q = 2.92 \times 10^3\text{J}$ 。

画图及说明:



(1) 由两条等温线、两条等体线构成

(2) 对外做功不同, (1) > (2); (2) 由于是理想气体, 内能增量相同; 由热一律可得, 吸热 (1) > (2);

13.20 略。

13.21 (1) 当 $n=0$ 时是等压过程, 当 $n=1$ 时是等温过程, 当 $n=\gamma$ 时表示绝热过程, 当 $n=\infty$ 时, 则有 $p^{1/n}V = \text{常数}$, 表示等容过程;

(2) $W = \int_{V_1}^{V_2} p dV = \int_{V_1}^{V_2} C V^{-n} dV = \frac{C}{1-n} (V_2^{1-n} - V_1^{1-n}) = \frac{p_1 V_1 - p_2 V_2}{n-1}$;

(3) 略。

13.22 $\Delta E = 124.65\text{J}$, $A = -209\text{J}$, $Q = -84.35\text{J}$, $C = 8.435\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 。

13.23 $Q_1 = 5.35 \times 10^3\text{J}$, $Q_2 = 4.01 \times 10^3\text{J}$, $W = 1.34 \times 10^3\text{J}$ 。

13.24 (1) $W_{AB} = 200\text{J}$, $\Delta E_{AB} = 750\text{J}$, $Q_{AB} = 950\text{J}$, $W_{BC} = 0\text{J}$, $Q_{BC} = -600\text{J}$,

$W_{CA} = -100\text{J}$, $\Delta E_{CA} = -150\text{J}$, $Q_{CA} = -250\text{J}$;

$$(2) A = 100\text{J}, Q = 100\text{J}。$$

$$13.25 \quad \eta = 31\%。$$

$$13.26 \quad \eta = 25\%。$$

13.27 略。

$$13.28 \quad (1) Q_{\text{I}} = 12RT_0, Q_{\text{II}} = 45RT_0, Q_{\text{III}} = -143RT_0/3;$$

$$(2) \eta = \frac{W}{Q_{\text{I}}} = 16.37\%。$$

$$13.29 \quad (1) \Delta\eta_1 = 2.73\%, (2) \Delta\eta_2 = 10\%。$$

$$13.30 \quad W = 4.18\text{J}。$$

$$13.31 \quad 356\text{W}。$$

$$13.32 \quad 1392.9\text{J}。$$

第 14 章

$$14.11 \quad (1) x = 2.6 \times 10^{17} \text{m}, y = 4.0 \times 10^{17} \text{m}, z = 0, t = 3.33 \times 10^8 \text{s};$$

$$(2) 1.67 \times 10^9 \text{s}。$$

$$14.12 \quad 0.994c。$$

$$14.13 \quad x = 2.6 \times 10^8 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}。$$

$$14.14 \quad 13.63\text{m}。$$

$$14.15 \quad M_0 = \frac{2m_0}{\sqrt{1-v^2/c^2}}。$$

$$14.16 \quad 3.564 \times 10^{-13} \text{J}。$$

$$14.17 \quad 4.14 \times 10^{-7} \text{m}。$$

$$14.18 \quad 6.57 \times 10^{-7} \text{m}, 4.87 \times 10^{-7} \text{m}, 4.34 \times 10^{-7} \text{m}。$$

$$14.19 \quad 3.45 \times 10^{-35} \text{m}。$$

$$14.20 \quad 5.76 \times 10^{-3} \text{m}。$$

$$14.21 \quad A = 1/\sqrt{a}。$$

$$14.22 \quad W = \frac{1}{4} - \frac{1}{2n\pi} \sin \frac{n\pi}{2}。$$