第 3 章练习题参考答案

基础练习

1. D　2. C　3. A　4. B　5. B　6. A　7. D　8. B　9. A　10. AD　11. B
12. B　13. BD　14. AC　15. AD　16. D　17. BC　18. BD

19. 1 ∶ 1。

20. 25 m/s。

21. $2\sqrt{2}$；$\dfrac{2\sqrt{6}}{3}$。

22. $10\sqrt{3}$；$20\sqrt{3}$。

23. $+y$；$-10\sin 5\pi t$。

24. 0；10。

25. P、R；Q。

26. 解：

（1）线断前，线的拉力 $F=mg$，设此时弹簧伸长为 x_0，$F\cos 30°=kx_0$，得 $x_0=\dfrac{\sqrt{3}mg}{2k}$；线断后，在弹力作用下，$A$ 做简谐运动的振幅为 $A=x_0=\dfrac{\sqrt{3}mg}{2k}$。

（2）A 将弹簧压缩到最短经历的时间为 $t=\left(\dfrac{1}{2}+n\right)T(n=0,1,2,\cdots)$，在 t 时间末 B 落地，速度 v 为 $v=gt=\dfrac{(2n+1)}{2}gT(n=0,1,2,\cdots)$。

27. 解：

（1）A 点的振幅 5 cm，此时振动的方向向上。

（2）由图可知该波波长为 $\lambda=8$ m，介质质点振动周期为 $T=0.04$ s，该波的振幅为 5 cm，则该波频为 $v=\dfrac{1}{0.04}=25$ Hz。

（3）$v=\dfrac{\lambda}{T}=\dfrac{8}{0.04}=200$ m/s，沿 x 轴负向传播。

综合进阶

1. C　2. B　3. A　4. B　5. D　6. B　7. A　8. C
9. C　10. D　11. D　12. D　13. B　14. D　15. B　16. B

17. π；$3/2\pi$；$1/3\pi$。

18. 1.2 s；$\dfrac{8}{3}\pi$。

19. 9.90×10^2 J。

20. $\frac{8}{3}\pi$。

21. 0.1；$\frac{1}{6}\pi$。

22. 解：

由题知 $k=\frac{m_1 g}{x_1}=\frac{1.0\times10^{-3}\times9.8}{4.9\times10^{-2}}=0.2\ \text{N/m}$

而 $t=0$ 时，$x_0=-1.0\times10^{-2}$ m，$v_0=5.0\times10^{-2}$ m/s（设向上为正）

又 $\omega=\sqrt{\frac{k}{m}}=\sqrt{\frac{0.2}{8\times10^{-3}}}=5$，即 $T=\frac{2\pi}{\omega}=1.26$ s

∴
$$A=\sqrt{x_0^2+\left(\frac{v_0}{\omega}\right)^2}$$
$$=\sqrt{(1.0\times10^{-2})^2+\left(\frac{5.0\times10^{-2}}{5}\right)^2}$$
$$=\sqrt{2}\times10^{-2}\ \text{m}$$

$\tan\varphi_0=-\frac{v_0}{x_0\omega}=\frac{5.0\times10^{-2}}{1.0\times10^{-2}\times5}=1$，即 $\varphi_0=\frac{5\pi}{4}$。

∴
$$x=\sqrt{2}\times10^{-2}\cos\left(5t+\frac{5}{4}\pi\right)m$$

23. 解：

（1）
$$\omega=\sqrt{k/m}=10\ \text{s}^{-1}$$
$$T=2\pi/\omega=0.63\ \text{s}$$

（2）$A=15$ cm，在 $t=0$ 时，$x_0=7.5$ cm，$v_0<0$

由
$$A=\sqrt{x_0^2+(v_0/\omega)^2}$$
得
$$v_0=-\omega\sqrt{A^2-x_0^2}=-1.3\ \text{m/s}$$
$$\phi=\text{tg}^{-1}(-v_0/\omega x_0)=\frac{1}{3}\pi \text{ 或 } 4/3$$
∵
$$x_0>0,$$
∴
$$\phi=\frac{1}{3}\pi$$

（3）
$$x=15\times10^{-2}\cos\left(10t+\frac{1}{3}\pi\right)\quad(\text{SI})$$
$$v_0=-\omega\sqrt{A^2-x_0^2}=-10\sqrt{0.15^2-0.075^2}=-1.30(\text{m/s})$$

振动方程为 $x=A\cos(\omega t+\varphi)=15\times10^{-2}\cos\left(10t+\frac{\pi}{3}\right)$ （SI）

24. 略。

25. 解：

由图(a)知，$t=0$ 时，$x_0=0$，$v_0>0$，$\therefore\ \varphi_0=\dfrac{3}{2}\pi$，又，$A=10\ \text{cm}$，$T=2\ \text{s}$

即

$$\omega=\frac{2\pi}{T}=\pi\ \text{rad/s}$$

故

$$x_a=0.1\cos\left(\pi t+\frac{3}{2}\pi\right)\text{m}$$

由图(b)知 $t=0$ 时，$x_0=\dfrac{A}{2}$，$v_0>0$，$\therefore\ \varphi_0=\dfrac{5\pi}{3}$

$t_1=0$ 时，$x_0=\dfrac{A}{2}$，$v_0>0$，$\therefore\ \varphi_0=\dfrac{5\pi}{3}$

又

$$\varphi_1=\omega\times1+\frac{5}{3}\pi=\frac{5}{2}\pi$$

所以

$$\omega=\frac{5}{6}\pi$$

故

$$x_b=0.1\cos\left(\frac{5}{6}\pi t+\frac{5\pi}{3}\right)m$$

26. 解：

(1)设谐振动的标准方程为 $x=A\cos(\omega t+\varphi_0)$，则知：

$$A=0.1\ \text{m},\ \omega=8\pi,\ \therefore\ T=\frac{2\pi}{\omega}=\frac{1}{4}s,\ \varphi_0=2\pi/3$$

又

$$|v_m|=\omega A=0.8\pi\text{m/s}=2.51\ \text{m/s}$$

$$|a_m|=\omega^2A=63.2\ \text{m/s}^2$$

(2)

$$|F_m|=ma=0.63\ \text{N}$$

$$E=\frac{1}{2}mv_m^2=3.16\times10^{-2}\ \text{J}$$

$$\overline{E}_p=\overline{E}_k=\frac{1}{2}E=1.58\times10^{-2}\ \text{J}$$

当 $E_k=E_p$ 时，有 $E=2E_p$，

即

$$\frac{1}{2}kx^2=\frac{1}{2}\cdot\left(\frac{1}{2}kA^2\right)$$

所以

$$x=\pm\frac{\sqrt{2}}{2}A=\pm\frac{\sqrt{2}}{20}\text{m}$$

(3)$\Delta\varphi=\omega(t_2-t_1)=8\pi(5-1)=32\pi$。

27. 解：

(1)坐标为 x 点的振动相位为

$$\omega t+\phi=4\pi[t+(x/u)]=4\pi[t+(x/u)]=4\pi[t+(x/20)]$$

波的表达式为 $y=3\times10^{-2}\cos 4\pi[t+(x/20)]$ (SI)

(2)以 B 点为坐标原点，则坐标为 x 点的振动相位为

$$\omega t+\phi'=4\pi\left[t+\frac{x-5}{20}\right] \quad (\mathrm{SI})$$

波的表达式为 $y=3\times10^{-2}\cos\left[4\pi\left(t+\frac{x}{20}\right)-\pi\right]$ (SI)

28. 解：

如图 3-58 所示为 $t=1$ s 时刻的波形图，可见 $t=0$ 原点处质点在负的最大位移处，所以 $\varphi=\pi$。

(1)坐标原点处质点的振动方程为 $y=0.2\cos\left(\frac{\pi}{2}t+\pi\right)m$。

(2)波函数为 $y=0.2\cos\left[\frac{\pi}{2}\left(t-\frac{x}{2.5}\right)+\pi\right]m$。

(3)P 点的坐标 $x=0.5$ m 代入上式，得 P 点的振动方程为 $y=0.2\cos\left(\frac{\pi}{2}t\right)m$。

29. 解：

(1)由图知：

$\therefore \quad \varphi=-\frac{\pi}{2}$

$A=0.04$ m，$\lambda=0.40$ m，$T=\frac{\lambda}{u}=\frac{0.40}{0.08}=5(s)$

$y=0.04\cos\left[2\pi\left(\frac{t}{5}-\frac{x}{0.4}\right)-\frac{1}{2}\pi\right]m$

(2)P 点处质点的振动方程为：

$x=0.2m$，$y=0.04\cos\left[2\pi\left(\frac{t}{5}-\frac{0.2}{0.4}\right)-\frac{1}{2}\pi\right]=0.04\cos\left[0.4\pi t-\frac{3}{2}\pi\right]my$

30. 解：

(1)$y=A\cos\left[2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{x}{\lambda}\right)+\varphi\right]$，$\varphi=-\frac{\pi}{2}$，$y=\cos\left[2\pi\left(\frac{t}{2}-\frac{x}{2}\right)-\frac{\pi}{2}\right]m$。

(2)$y=\cos(\pi t-\pi)m$。

31. 解：

(1)已知平面简谐波的波动方程

$$y=A\cos(Bt-Cx) \quad (x\geqslant 0)$$

将上式与波动方程的标准形式

$$y=A\cos\left(2\pi\upsilon t-2\pi\frac{x}{\lambda}\right)$$

比较，可知：波振幅为 A，频率 $\upsilon=\frac{B}{2\pi}$，波长 $\lambda=\frac{2\pi}{C}$，波速 $u=\lambda\upsilon=\frac{B}{C}$，波动周期 $T=\frac{1}{\upsilon}=\frac{2\pi}{B}$。

（2）将 $x=l$ 代入波动方程即可得到该点的振动方程

$$y=A\cos(Bt-Cl)$$

（3）因任一时刻同一波线上两点之间的位相差为

$$\Delta\varphi=\frac{2\pi}{\lambda}(x_2-x_1)$$

将 $x_2-x_1=d$，$\lambda=\frac{2\pi}{C}$代入上式，即得

$$\Delta\varphi=Cd$$

32. 解：

（1）$\Delta\varphi=\varphi_2-\varphi_1=\frac{7\pi}{3}-\frac{\pi}{3}=2\pi$，所以合振幅 $A=A_1+A_2=10\ \text{cm}$。

（2）$\Delta\varphi=\frac{4\pi}{3}-\frac{\pi}{3}=\pi$，所以，合振幅 $A=0$。

33. 解：

（1）已知平面简谐波的波动方程

$$y=A\cos(Bt-Cx)\ (x\geqslant 0)$$

将上式与波动方程的标准形式

$$y=A\cos\left(2\pi\upsilon t-2\pi\frac{x}{\lambda}\right)$$

比较，可知：波振幅为 A，频率 $\upsilon=\frac{B}{2\pi}$，波长 $\lambda=\frac{2\pi}{C}$，波速 $u=\lambda\upsilon=\frac{B}{C}$，波动周期 $T=\frac{1}{\upsilon}=\frac{2\pi}{B}$。

（2）将 $x=l$ 代入波动方程即可得到该点的振动方程

$$y=A\cos(Bt-Cl)$$

34. 解：

（1）O_1 在 P 点引起的振动为 $y_1=A\cos\left[\pi t-\frac{2\pi\times 8\lambda}{\lambda}+\pi\right]=A\cos(\pi t+\pi)$，$O_2$ 在 P 点引起的振动为 $y_2=A\left[\cos\pi t-\frac{2\pi\times 3\lambda}{\lambda}\right]=A\cos\pi t$。

（2）在 P 点二振动反相，合振动的振幅为 0，$I\propto A^2$，所以 P 点合振动的强度为 0。

35. 解：

（1）因为 $I=\overline{w}u$，所以

$$\overline{w}=\frac{I}{u}=18.0\times\frac{10^{-3}}{300}=6\times 10^{-5}\ \text{J/m}^3$$

$$w_{\max}=2\overline{w}=1.2\times 10^{-4}\ \text{J/m}^3$$

（2）$W=\overline{\omega}V=\overline{w}\ \frac{1}{4}\pi d^2\lambda=\overline{w}\ \frac{1}{4}\pi d^2\ \frac{u}{\nu}=6\times 10^{-5}\times\frac{1}{4}\pi\times(0.14)^2\times\frac{300}{300}=9.24\times 10^{-7}\ \text{J}$