第十六章 机械波和电磁波

一 选择题

1. 当一平面简谐波通过两种不同的均匀介质时，不会改变的物理量是：(　　　)

A. 波长和频率　　　B. 波速和频率

C. 波长和波速　　　D. 频率和周期

解：答案选 D

2. 已知一平面简谐波方程为 $y = A\cos(at - bx)$，$(a, b$ 为正值)，则：(　　　)

A. 波的频率为 a

B. 波的传播速度为 b/a

C. 波长为 π/b

D. 波的周期为 $2\pi/a$

解：答案选 D

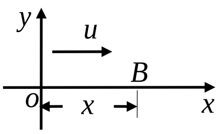
3. 如图所示，一平面简谐波沿 x 轴正向传播，坐标原点 O 的振动规律为 $y = A\cos(\omega t + \varphi_0)$，则 B 点的振动方程为：(　　　)

A. $y = A\cos[\omega t - (x/u) + \varphi_0]$

B. $y = A\cos\ \omega[t + (x/u)]$

C. $y = A\cos\{\omega[t - (x/u)] + \varphi_0\}$

D. $y = A\cos\{\omega[t + (x/u)] + \varphi_0\}$



选择题 3 图

解：任意点 B 处的振动方程就是沿 x 轴正向传播的波动方程 $y = A\cos\{\omega[t - (x/u)] + \varphi_0\}$。

所以答案选 C。

4. 一列沿 x 轴正向传播的平面简谐波，周期为 0.5s，波长为 2m。则在原点处质点的振动相位传到 x=4m 处所需要的时间为 (　　　)

A .0.5s　　　B. 1s　　　C. 2　　　D. 4s

解　因为波传播的距离 4m 是波长 2m 的 2 倍，因此传播这段距离所需的时间为 2 个周期，即为 ~~2s~~ 1s。

也可以按下面的方法计算。波速 $u = \dfrac{\lambda}{T} = \dfrac{2}{0.5} = 4$ m/s，则原点处质点的振动相位传到 x=4m 处所需要的时间为 $\Delta t = \dfrac{\Delta x}{u} = \dfrac{4}{4} = 1\text{s}$。

故 B 正确。

5. 两相干波源 S_1 和 S_2，相距为 $\dfrac{3}{2}\lambda$，其初相位相同，且振幅均为 1.0×10^{-2}m，则在波源 S_1 和 S_2 连线的中垂线上任意一点，两列波叠加后的振幅为　　　　(　　　)

A. 0　　B. 1.0×10^{-2}m　　C. $\sqrt{2}$×10^{-2}m　　D. 2.0×10^{-2}m

解　$\Delta\varphi=(\varphi_{20}-\varphi_{10})-\frac{2\pi}{\lambda}(r_2-r_1)$，因为两波源初相位相同，在波源 S_1 和 S_2 连线的中垂线上各点到两个波源的距离 $r_1=r_2$，所以 $\Delta\varphi=(\varphi_{20}-\varphi_{10})-\frac{2\pi}{\lambda}(r_2-r_1)=0$，两列波叠加后的振幅 $A=\sqrt{A_1^2+A_2^2+2A_1A_2\cos\Delta\varphi}=\sqrt{A_1^2+A_2^2+2A_1A_2}=A_1+A_2=2.0\times10^{-2}$m，故正确选项为 D。

6. 波的能量随平面简谐波传播，下列几种说法中正确的是：(　　)

A.　因简谐波传播到的各介质体积元均作简谐振动，故其能量守恒

B.　各介质体积元在平衡位置处的动能，势能最大，总能量最大

C.　各介质体积元在平衡位置处的动能最大，势能最小

D.　各介质体积元在最大位移处的势能最大，动能为 0

解：答案选 B

7. 一平面简谐波在弹性介质中传播，在介质质元从平衡位置运动到最大位移处的过程中：(　　)

A.　它的动能转换成势能

B.　它的势能转换成动能

C.　它把自己的能量传给相邻的一段质元，其能量逐渐增大

D.　它把自己的能量传给相邻的一段质元，其能量逐渐减小

解：答案选 D

8. 在同一介质中两列相干的平面简谐波的强度之比 $I_1/I_2=4$，则两列波的振幅之比 A_1/A_2 是：(　　)

A.　4　　B.　2　　C.　16　　D.　1 / 4

解：波的强度正比于振幅的平方，因 $I_1/I_2=4$，故 $A_1/A_2=2$。

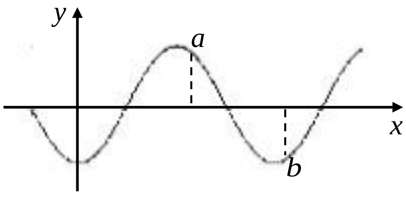
所以答案选 B。

9. 某时刻驻波波形曲线如图所示，则 a，b 两点处振动的相位差是：(　　)

A.　π　　B.　π / 2　　C.　0　　D.　无法确定

解：a，b 两点位于一个波节的两侧，根据驻波的相位特征，波节两侧各点的振动相位相反，故相位差是 π 。

所以答案选 A。



选择题 9 图

10. 在驻波中，两个相邻波节间各质点的振动是：(　　)

A. 振幅相同，相位相同　　B. 振幅不同，相位相同

C. 振幅相同，相位不同　　D. 振幅不同，相位不同

解：根据驻波的振幅和相位特征分析。

答案选 B。

11. 设声波在介质中的传播速度为 u，声源的频率为 ν_S，若声源 S 不动，而接收器 R 相对于介质以速度 V_R 沿着 S、R 连线向着声源 S 运动，则在 S、R 连线上各介质点的振动频率为：(　　)

A. ν_S　　B. $\dfrac{u+V_R}{u}\nu_S$　　C. $\dfrac{u-V_R}{u}\nu_S$　　D. $\dfrac{u}{u-V_R}\nu_S$

解：波源不动，介质中波的频率不变。

故答案选 A。

12. 电磁波在自由空间传播时，电场强度 $\boldsymbol{E}$ 与磁场强度 $\boldsymbol{H}$：(　　)

A. 在垂直于传播方向上的同一条直线上　　B. 朝互相垂直的两个方向传播

C. 互相垂直，且都垂直于传播方向　　D. 有相位差 $\pi/2$

解：答案选 C。

二　填空题

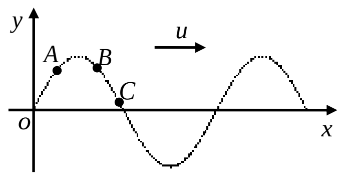
1. 一平面简谐波沿 x 轴正方向传播，已知 $x=0$ 处的振动规律为 $y=\cos(\omega t+\varphi_0)$，波速为 u，坐标为 x_1 和 x_2 两点的振动相位差是 ________。

解：$\dfrac{\omega}{u}(x_2-x_1)$

2. 一平面简谐机械波沿 x 轴正方向传播，波动方程为 $y=0.2\cos(\pi t-\pi x/2)$ m，则 $x=-3$m 处介质质点的振动加速度 a 的表达式为____________________。

解：$a=\dfrac{\partial^2 y}{\partial t^2}=-0.2\pi^2\cos(\pi t+\dfrac{3}{2}\pi)\ \text{m/s}^2$

3. 一个余弦横波以速度 u 沿 x 轴正向传播，t 时刻波形曲线如图所示。试分别指出图中 A，B，C 各点处介质质元在该时刻的运动方向：A、______；B、______；C、______。



填空题 3 图

解：向下；向上；向上。

4. 一平面简谐机械波在介质中传播时，若一介质质元在 t 时刻的能量是 10J，则在 $(t+T)$ (T 是波的周期)时刻该介质质元的振动动能是_________。

解：5J

5. 强度为 I 的平面简谐波沿着波速 $\boldsymbol{u}$ 的方向通过一面积为 S 的平面，波速 $\boldsymbol{u}$ 与该平面的法线 $\boldsymbol{n}_0$ 的夹角为 θ，则通过该平面的平均能流是_________。

解：$I\,S\cos\theta$

6. 一平面简谐波在截面面积为 $3.00\times10^{-2}m^2$ 的空气管中传播，设空气中声速为 330m/s。若在 10s 内通过截面的能量为 2.70×10^{-2}J，则波的平均能流密度为____________；波的平均能量密度为____________。

解：（1）平均能流 $\overline{P}=E/t=2.7\times10^{-3}$ J. s^{-1}，平均能流密度 $I=\dfrac{\overline{P}}{S}=9.00\times10^{-2}$ J $s^{-1}m^{-2}$ 。

（2）$I=\overline{w}.u$ ，$\overline{w}=I/u=2.73\times10^{-4}$ J. m^{-3}。

7. 能够引起听觉的声强级范围为______________。

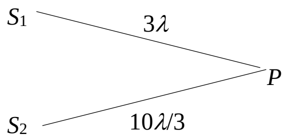
解：0 ~120 dB。

8. 如图 P 点距波源 S_1 和 S_2 的距离分别为 3λ 和 $10\lambda/3$，λ 为两列波在介质中的波长，若 P 点的合振幅总是极大值，则两波源应满足的条件是__________________________。

解：首先两列波必须是相干波，即振动方向相同、频率相同。两波同时传到 P 点时的相位差

$$\Delta\varphi=(\varphi_2-\varphi_1)-\frac{2\pi}{\lambda}(r_2-r_1)$$

$$=(\varphi_2-\varphi_1)-\frac{2\pi}{\lambda}(10\lambda/3-3\lambda)=(\varphi_2-\varphi_1)-2\pi/3$$



填空题 8 图

若 P 点的合振幅总是极大值，则由 $\Delta\varphi=0$，解出 $(\varphi_2-\varphi_1)=2\pi/3$。即要求 S_2 相位比 S_1 相位超前 $2\pi/3$。

因此两波源应满足的条件是：振动方向相同、频率相同、S_2 的相位比 S_1 的相位超前 $2\pi/3$ 。

9. 设反射波的表达式是 $y_2=0.15\cos[100\pi(t-x/200)+\pi/2]$ m，波在 x=0 处发生反射，反射点为自由端，则形成的驻波的表达式为__________________________。

解：在反射点 x=0 处反射波引起的振动是 $y_2=0.15\cos(100\pi t+\pi/2)$，由于反射点为自由端，所以在反射点入射波和反射波同相，入射波的方程为 $y_1=0.15\cos[100\pi(t+x/200)+\pi/2]$ m，形成的驻波的表达式

$$y=y_1+y_2=0.30\cos\frac{\pi}{2}x\cos(100\pi\,t+\frac{\pi}{2})\ \text{m}$$

10. 一驻波表达式为 $y=4.00\times10^{-2}(\cos2\pi x)\cos400t$ (m) 在 x=1/ 6 m 处的质元的振幅为____________，振动速度的表达式为____________。

解： 2×10^{-2} m，$\upsilon=-8\sin400t$

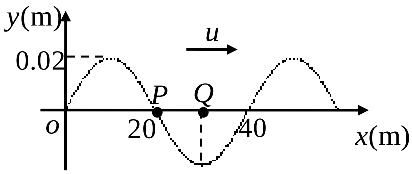
11. 设空气中声速为 330m/s。一列火车以 30m/s 的速度行驶，机车上汽笛的频率为 600Hz。一静止的观察者在机车的正前方听到的声音的频率分别是_________，在机车驶过其身边后所听到的声音的频率是 _______。

解：观察者不动，在机车前方听到的频率为 $\nu_R=\dfrac{u}{u-V_S}\nu_S=\dfrac{330}{330-30}\times600=660\text{Hz}$ 。

观察者不动，在机车后方听到的频率为$\nu_R = \dfrac{u}{u+V_S}\nu_S = \dfrac{330}{330+30}\times 600 = 550\text{Hz}$。

三　计算题

1. 如图为一平面简谐波在 t = 0 时刻的波形图，试写出 P 处质点与 Q 处质点的振动方程，并画出 P 处质点与 Q 处质点的振动曲线，其中波速 u = 20 m / s。



计算题 1 图

解：如图所示，振幅 A=0.02m，波长λ=40m，周期 $T=\lambda/u$ = 40 / 20 = 2 (s)，波动方程为 $y = A\cos[2\pi(t/T - x/\lambda) + \pi/2] = 0.02\cos[2\pi(t/2 - x/40) + \pi/2]$。

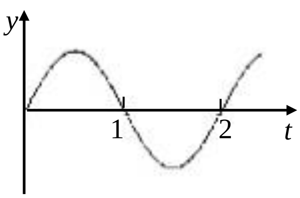
P 处（x= 20）质点的振动方程

$$y_P = 0.20\cos(\pi t - \pi/2)\ \text{m}$$

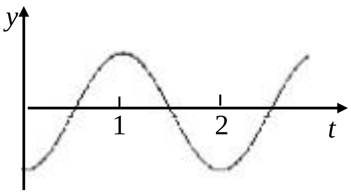
Q 处（x= 30）质点的振动方程

$$y_Q = 0.20\cos(\pi t - \pi)\ \text{m}$$

P 处质点与 Q 处质点的振动曲线如下图所示。

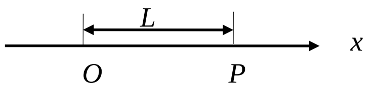


P 处质点的振动曲线



Q 处质点的振动曲线

2. 如图所示，一平面简谐波沿 ox 轴正向传播，波速大小为 u，若 P 处质点振动方程为 $y_P = A\cos(\omega t+\varphi)$ 。求：（1）o 处质点的振动方程；（2）该波的波动方程。



计算题 2 图

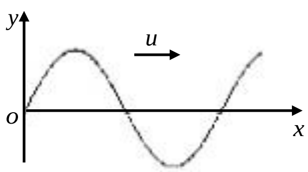
解：（1）O 处质点振动的相位比 P 处质点振动的相位超前 $\omega L/u$，因此 O 处质点振动方程为

$$y_0 = A\cos[\omega t + \omega L/u + \varphi] = A\cos[\omega(t + L/u) + \varphi]$$

（2）根据 O 处质点振动方程，可写出波动方程

$$y = A\cos\{\omega(t - x/u) + \omega L/u + \varphi\}$$
$$= A\cos\{\omega[t - (x - L)/u] + \varphi\}$$

3. 一平面简谐波沿 x 轴正向传播，其振幅和圆频率分别为 A 和 ω，波速为 u，设 t = 0 时的波形曲线如图所示。（1）写出此波的波动方程；（2）求距 O 点分别为$\lambda/8$ 和 $3\lambda/8$ 两处质点的振动方程；（3）求距 o 点分别为$\lambda/8$ 和



计算题 3 图

$3\lambda/8$ 两处的质点在 $t=0$ 时的振动速度。

解：（1）以 O 点为坐标原点，设 O 点处的振动方程为 $y_0=A\cos(\omega t+\varphi)$。由图可知，初始条件为

$$y_0=A\cos\varphi=0，\quad v_0=-A\omega\sin\varphi<0$$

所以 $\varphi=\pi/2$。故波动方程为

$$y=A\cos[\omega t-(\omega x/u)+\pi/2]$$

（2）$x=\lambda/8$ 处质点的振动方程为：

$$y=A\cos[\omega t-2\pi\lambda/(8\lambda)+\pi/2]$$

$$=A\cos(\omega t+\pi/4)$$

$x=3\lambda/8$ 处质点的振动方程为：

$$y=A\cos[\omega t-2\pi\times3\lambda/(8\lambda)+\pi/2]$$

$$=A\cos(\omega t-\pi/4)$$

（3）质点的振动速度

$$v=\partial y/\partial t=-\omega A\sin(\omega t-2\pi x/\lambda+\pi/2)$$

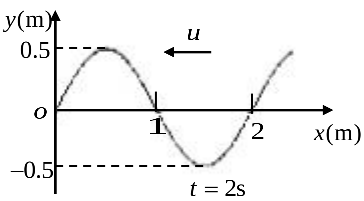
当 $t=0$ 时，$x=\lambda/8$ 处质点的振动速度

$$v=-\omega A\sin[-2\pi\lambda/(8\lambda)+\pi/2]=-\sqrt{2}A\omega/2$$

当 $t=0$ 时，$x=3\lambda/8$ 处质点的振动速度

$$v=-\omega A\sin[-2\pi\times3\lambda/(8\lambda)+\pi/2]=\sqrt{2}A\omega/2$$

4. 沿 x 轴负方向传播的平面简谐波在 $t=2$ s 时刻的波形曲线如图所示，设波速 $u=0.5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$，求原点处的振动方程。



计算题 4 图

解： 由题图可知波长 $\lambda=2$ m，由 $u=0.5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 可求出频率

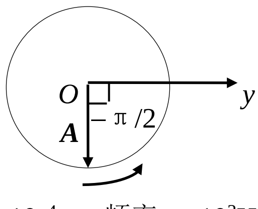
$$\nu=u/\lambda=1/4\ \text{Hz}$$

故周期 $T=4$ s。题图中 $t=2\text{ s}=T/2$。

设原点的振动方程为

$$y=0.5\cos(\pi t/2+\varphi_0)$$

由于 $t=2$ s 时，O 点位移是 $y=0$，且朝正 y 轴方向运动，根据如下所示的振动旋转矢量表示图，可看出此刻 O 点振动的相位为 $\varphi=3\pi/2$。即



$$\pi\times2/2+\varphi_0=3\pi/2 \text{ 或 } -\pi/2$$

$$\varphi_0=\pi/2 \text{ 或 } -3\pi/2$$

这样就得到原点处的振动方程

$$y=0.5\cos(\pi t/2+\pi/2) \text{ 或 } y=0.5\cos(\pi t/2-3\pi/2)$$

5. 一弹性波在介质中传播的速度 $u=10^3$m/s，振幅 $A=1.0\times10^{-4}$m，频率 $\nu=10^3$Hz，介质的密度为 $\rho=800\text{kg/m}^3$。求：（1）波的平均能流密度；（2）一分钟内垂直通过一面积 $S=4.0\times10^{-4}\text{m}^2$ 的总能量。

解：（1）波的平均能流密度

$$I=\frac{1}{2}\rho A^2\omega^2 u=\frac{1}{2}\rho A^2(2\pi\nu)^2 u$$

$$=\frac{1}{2}\times 800\times(1.0\times10^{-4})^2\times(2\pi\times10^3)^2\times10^3=1.6\times10^5\,\mathrm{W/m^2}$$

（2）一分钟内垂直通过面积 S 的总能量

$$E=IS\Delta t=1.6\times10^5\times4\times10^{-4}\times60=3.8\times10^3\,\mathrm{J}$$

6. 一线波源发射柱面波，设介质为不吸收能量的各向同性的均匀介质，试求波的平均能流密度以及振幅与离开波源的距离有何关系？

解：根据能量守恒定律可知，通过以线波源为轴的长度同为 l 而半径分别为 r_1 和 r_2 的两个圆柱面的能流应相等，即

$$2\pi r_1 l I_1=2\pi r_2 l I_2$$

由此得

$$I_1 r_1=I_2 r_2$$

即波的强度与 r 成反比。又因 I 和 A^2 成正比，所以振幅 A 应与 $\sqrt{r}$ 成反比。

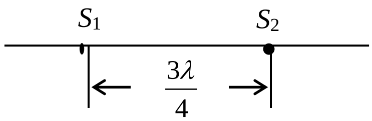
7. 有一个面向街道打开的面积为 4m² 的窗户，若窗口处噪音的声强级为 70dB，试求进入窗户的噪音功率。

解：$L_I=10\lg\frac{I}{I_0}$， $I_0=10^{-12}\,\mathrm{w\cdot m^{-2}}$。故声强 $I=I_0\times10^{\frac{L_I}{10}}=I_0\times10^7=10^{-5}\,\mathrm{w\cdot m^{-2}}$。

进入窗户的噪音功率 $P=IS=10^{-5}\,\mathrm{w\cdot m^{-2}}\times4\mathrm{m^2}=4\times10^{-5}\mathrm{W}$。

8. 如图所示，两相干波源 S_1 和 S_2 相距 $\frac{3\lambda}{4}$，λ 为波长，设两波在 S_1 S_2 连线上传播时，它们的振幅都是 A，并且不随距离变化。已知在该直线上在 S_1 左侧各点的合成波强度为其中一个波强度的 4 倍，求两波源的初相位差是多少？

解　两相干波源传到 S_1 左侧某点，它们在该点振动的相位差为



计算题 8 图

$$\Delta\varphi=(\varphi_2-\varphi_1)-\frac{2\pi}{\lambda}(r_2-r_1)$$

$$=(\varphi_2-\varphi_1)-\frac{2\pi}{\lambda}\times\frac{3\lambda}{4}=(\varphi_2-\varphi_1)-\frac{3\pi}{2}$$

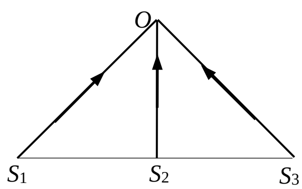
在 S_1 左侧各点干涉极大，故

$$(\varphi_2-\varphi_1)-\frac{3\pi}{2}=0$$

即两波源的初相位差为

$$(\varphi_2-\varphi_1)=\frac{3\pi}{2}$$

9. 如图所示，三个同频率，振动方向相同（垂直纸面）的简谐波，在传播过程中在 O 点相遇。若三个



计算题 9 图

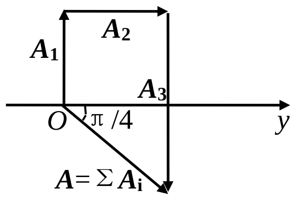
简谐波各自单独在 S_1、S_2 和 S_3 等处的振动方程分别为 $y_1 = A\cos(\omega t + \pi/2)$，$y_2 = A\cos\omega t$ 和 $y_3 = 2A\cos(\omega t - \pi/2)$，且 $S_2O = 4\lambda$，$S_1O = S_3O = 5\lambda$ （λ为波长），求 O 点的合振动方程。（设传播过程中各波振幅不变）

解：每一波传播的距离都是波长的整数倍，所以三个波在 O 点的振动方程仍可写成

$y_1 = A_1\cos(\omega t + \pi/2)$

$y_2 = A_2\cos\omega t$

$y_3 = A_3\cos(\omega t - \pi/2)$



其中 $A_1 = A_2 = A$，$A_3 = 2A$ 。

在 O 点，三个简谐振动叠加，利用简谐振动的旋转矢量表示法，可以画出 $t=2k\pi$ 时刻的振幅矢量图（如图）。根据矢量多边形的加法，可得 O 点合振动方程

$$y = \sqrt{2}A\cos(\omega t - \pi/4)$$

10. 两个波在一根很长的细绳上传播，它们的方程分别为 $y_1 = 0.06\cos\pi(x - 4t)$，$y_2 = 0.06\cos\pi(x + 4t)$ （x，y 以 m 计，t 以 s 计）。（1）求各波的频率、波长、波速和传播方向；（2）证明这细绳实际上是作驻波式振动，求波节位置和波腹位置；（3）波腹处的振幅多大？在 $x = 1.2$ m 处振幅多大？

解：（1）将波动方程与标准波动方程 $y = A\cos 2\pi(\nu t - x/\lambda)$ 对比可得两个波的频率、波长、波速

波长 $\lambda = 2$ m

频率 $\nu = 2$ Hz

波速 $u = \lambda\nu = 4\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$

第一个波动向 x 轴正向传播，第二波向$-x$ 方向传播。

（2）细绳上的波是上述两个波叠加形成的波

$$y = y_1 + y_2 = 0.12\cos\pi x\cos 4\pi t$$

显然上式表示的驻波方程。所以细绳作驻波式振动。

波点：由 $\cos x = 0$ 即 $\pi x = (2k+1)\pi/2$ 求出波节位置

$$x = (k + 0.5)\ \text{（m）}\qquad (k = 0,1,2,\cdots)$$

波腹：由 $\cos x = 1$ 即 $\pi x = k\pi$ 求出波腹位置

$$x = k\ \text{（m）}\qquad (k = 0,1,2\cdots)$$

（3）波腹处的振幅 $A = 0.12$ m，

$x = 1.2$ m 处 振幅 $A = 0.12\cos(1.2\pi) = 0.097$ m 。

11. 设入射波的方程式为 $y_1 = A\cos 2\pi(\frac{x}{\lambda} + \frac{t}{T})$，在 $x = 0$ 处发生反射，反射点为一固定端，设反射时无能量损失，求：(1) 反射波的方程；(2) 合成的驻波的方程；(3) 波腹和波节位置。

解：（1）反射点是固定端，所以反射时有“半波损失”，因反射时无能量损失，故

反射波的振幅为 A，因此反射波的方程为：

$$y_2 = A\cos[2\pi(t/T - x/\lambda) + \pi]$$

（2） 驻波的表达式是

$$y = y_1 + y_2$$
$$= 2A\cos(2\pi x/\lambda + \pi/2)\cos(2\pi t/T - \pi/2)$$

（3）波腹位置由下式确定：

$$2\pi x/\lambda + \pi/2 = n\pi$$

即 $x = (2n-1)\lambda/4 \qquad n = 1, 2, 3, 4, \cdots\cdots$

波节位置由下式确定：

$$2\pi x/\lambda + \pi/2 = n\pi + \pi/2$$

即 $x = n\lambda/2 \qquad n = 0, 1, 2, 3, \cdots\cdots$

12. 一弦上的驻波方程为：$y = 3.00\times10^{-2}(\cos1.6\pi x)\cos550\pi t$ (m)。（1）若将此驻波看作传播方向相反的两列波叠加而成，求两波的振幅和波速；（2）求相邻波节间的距离；（3）求 $t = 3.00\times10^{-3}$s 时，位于 x= 0.625 m 处质点的振动速度。

解：（1）将题中驻波方程

$$y = 3.00\times10^{-2}\cos1.6\pi x\cos550\pi t$$

与标准驻波方程 $y = 2A\cos(2\pi x/\lambda)\cos2\pi\nu t$ 相比可知：

$A = 1.50\times10^{-2}$ m，$\lambda = 1.25$ m， ν=275 Hz

波速 $u = \lambda\nu$=343.8 m / s

（2）相邻波节点之间距离

$$\Delta x = \lambda/2 = 0.625\text{ m}$$

（3）质点的振动速度

$$v = \frac{\partial y}{\partial t} = -3.00\times10^{-2}\times550\pi\cos1.6\pi x\sin550\pi t$$

将 $t = 3.00\times10^{-3}$s，x= 0.625 m 代入上式，得到此刻该点的振动速度

$$v = -46.2\text{ m/s}$$

13. 一声源的频率为 1080Hz，相对地面以 30m/s 的速率向右运动。设空气中声速为 331m/s。求在声源运动的前方和后方，地面上的观察者接收到的声波波长。

解：在声源运动的前方，地面上的观察者接收到的声波波长

$$\lambda_b = (u - V_S)/\nu_S = (331-30)/1080 = 0.279\text{m}$$

在声源运动的后方，地面上的观察者接收到的声波波长则是

$$\lambda_a = (u + V_S)/\nu_S = (331+30)/1080 = 0.334\text{m}$$

14. 设有一平面电磁波在真空中传播，电磁波通过某点时，该点的 E=50V/m。试求该时刻该点的 B 和 H 的大小，以及电磁场能量密度 w 和能流密度 $\boldsymbol{S}$ 的大小。

解：由 $B = \mu_0 H$ 和 $\sqrt{\varepsilon_0}E = \sqrt{\mu_0}H$ 以及 $c = \dfrac{1}{\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}}$ 得

$$B=\frac{E}{c}=\frac{50}{3\times10^{8}}=1.67\times10^{-7}\,\mathrm{T}$$

$$H=\frac{B}{\mu_0}=\frac{1.67\times10^{-7}}{4\pi\times10^{-7}}\,\mathrm{A/m}=0.134\,\mathrm{A/m}$$

电磁场能量密度

$$w=\frac{1}{2}(\varepsilon E^2+\mu H^2)=\varepsilon_0E^2=8.85\times10^{-12}\times50^2\,\mathrm{J\cdot m^{-3}}=2.21\times10^{-8}\,\mathrm{J\cdot m^{-3}}$$

能流密度的大小

$$S=EH=50\times0.134\,\mathrm{J/(m^2\cdot s)}=6.7\,\mathrm{J/(m^2\cdot s)}$$

15．用于打孔的激光束截面直径为60μm，功率为300kW。求此激光束的波印亭矢量的大小，以及激光束中电场强度和磁感应强度的振幅。

解： $S=\dfrac{P}{\pi R^2}=\dfrac{300\times10^3}{\pi\times(30\times10^{-6})^2}=1.06\times10^{14}\,\mathrm{W/m^2}$

$E=\sqrt{S/(c\varepsilon_0)}=2.0\times10^{8}\,\mathrm{V/m}$， $B=E/c=0.67\mathrm{T}$

16．一均匀平面电磁波在真空中传播，其电场强度 $\boldsymbol{E}=100\cos(\omega t-az)\boldsymbol{i}$。求：（1）波的传播方向；（2）磁场强度的表达式。

解：（1）把 $\boldsymbol{E}$ 表达式与平面波的标准式 $E=E_0\cos\omega(t-\dfrac{r}{u})$ 比较可得电磁波沿 z 轴方向传播。

（2）$\because\boldsymbol{E}$ 在 x 正方向，由电磁波性质知，$\boldsymbol{H}$ 在 y 轴正方向与 $\boldsymbol{E}$ 同频率同相位

$$\because \sqrt{\varepsilon_0}E_0=\sqrt{\mu_0}H_0$$

$$\therefore H_0=\sqrt{\frac{\varepsilon_0}{\mu_0}}E_0=\frac{\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}}{\mu_0}E_0=\frac{100}{4\pi\times10^{-7}\times3\times10^{8}}=\frac{5}{6\pi}$$

$$\therefore \boldsymbol{H}=\frac{5}{6\pi}\cos(\omega t-az)\boldsymbol{j}$$