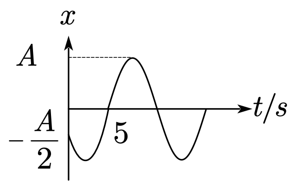
【知识点十二】

基础篇

12.1（华科 2017）一个谐振动的振动曲线如图所示，此振动的周期为（　　）

A.12sB.10sC.30sD.11s



习题12.1图

12.2（华科 2013）两个弹簧振子的周期都是 0.4s，设开始时第一个振子从平衡位置向负方向运动，经过 0.5s 后，第二个振子才从正方向的端点开始运动，则这两振动的相位差为______________。

12.3(北邮 2015)一质点同时参与两个同方向的简谐振动，其振动方程分别为$x_1=5\times10^{-2}\cos\left(4t+\frac{\pi}{3}\right)(SI)$，$x_2=3\times10^{-2}\sin\left(4t-\frac{\pi}{6}\right)(SI)$，则合振动的振动方程为（　　）

A.$x=2\times10^{-2}\cos\left(4t+\frac{\pi}{6}\right)$B.$x=2\times10^{-2}\cos\left(4t+\frac{\pi}{3}\right)$

C.$x=2\times10^{-2}\cos\left(4t-\frac{\pi}{3}\right)$D.$x=2\times10^{-2}\cos\left(4t-\frac{\pi}{6}\right)$

12.4（西交 2011）将两个振动方向、振幅、周期都相同的简谐运动合成后，若合振动的振幅和分振动的振幅相同，则这两个分振动的位相差是（　　）

A.$\frac{\pi}{6}$ B.$\frac{\pi}{3}$ C.$\frac{\pi}{2}$ D.$\frac{2\pi}{3}$

12.5（华科 2012）下列几个方程表示振动的合成，可以用来表示“拍”现象的是（　　）

A.$y=A\cos(\omega t+\varphi_1)+B\cos(\omega t+\varphi_2)$ B.$y=A\cos(200t)+B\cos(201t+\varphi)$

C.$x_1=A_1\cos\omega t$，$y_2=A_2\sin(\omega t+\varphi)$ D.$x_1=A_1\cos\omega t$，$y_2=A_2\cos2\omega t$

12.6 一平面简谐波在弹性媒质中传播，在某一瞬间，媒介中某质元正处于平衡位置，此时它的能量是（　　）

A.动能为零，势能最大B.动能为零，势能为零

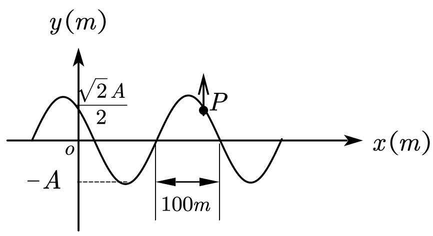
C.动能最大，势能最大D.动能最大，势能为零

12.7 一列强度为 I(J/sm^2)的平面简谐波通过一面积为 S 的平面，波速与该平面的法线的夹角为α，则通过该平面的能流是______________（J/s）。

12.8（西交 2011）如图所示为一平面简谐波在 t=0 时刻的波形图，设此简谐波的频率为 250Hz,且此时质点 P 的运动方向向上，求：

（1）该波的波动方程；

（2）在距原点 O 为 x=+50m 处质点的振动方程与速度表达式。

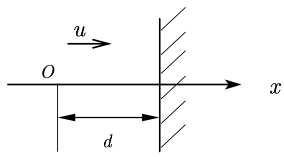


习题12.8图

12.9（北邮 2015）在坐标原点处有一波源，其振动方程为$y=A\cos2\pi\nu t(SI)$，由波源发出的平面简谐波沿x轴正方向传播。在距离波源为d处有一平面将波反射（反射时无半波损失），如图所示，则反射波的表达式为（　　）

A. $y=A\cos\left[2\pi\left(vt+\frac{x}{\lambda}\right)\right]$ B. $y=A\cos\left[2\pi\left(vt-\frac{d-x}{\lambda}\right)\right]$

C. $y=A\cos\left[2\pi\left(vt+\frac{d-x}{\lambda}\right)\right]$ D. $y=A\cos\left[2\pi\left(vt-\frac{2d-x}{\lambda}\right)\right]$



习题12.9图

12.10 设入射波的表达式为$y=A\cos 2\pi\left(vt+\frac{x}{\lambda}\right)$，波在$x=0$处发生反射，反射点为自由端，则反射波的表达式为________________；形成的驻波表达式为________________。

12.11（北邮 2016）一列波长为λ的平面简谐波沿x轴正方向传播，已知在$x=\frac{\lambda}{2}$处的振动表达式为$y=A\cos\omega t$，求：（1）该平面简谐波的波函数；

（2）若在波线上$L\left(L>\frac{\lambda}{2}\right)$处放一个反射面，反射面的密度和波速分别为$\rho_1$、$\mu_1$，原介质的密度和波速分别为$\rho_2$、$\mu_2$。$\rho_1\mu_1>\rho_2\mu_2$，且反射波的振幅为$A'$，求反射波的波函数。

12.12 一列横波在绳索上传播，其表达式为$y_2=0.05\cos\left[2\pi\left(\frac{t}{0.05}-\frac{x}{4}\right)\right]$

（1）现有另一横波（振幅也是 0.05m）与上述已知横波在绳索上形成驻波，设这一横波在 x=0 处与已知横波同相位，写出该波的方程；

（2）写出绳索上的驻波方程，写出各波节的位置表达式，并写出离原点最近的四个波节的坐标数值。

12.13（西交 2008）两列时速均为 64.8km/h 迎面对开的列车，一辆列车的汽笛频率为 600Hz，则在另一列车上的乘客所听到的汽笛的频率（设空气中声速为 340m/s）约为（　　）

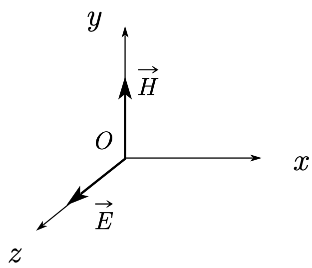
A.540HzB.568HzC.636HzD.667Hz

12.14 站在铁路附近的观察者听到迎面开来的火车笛声频率为 420Hz，当火车驶过后，笛声频率将为 380Hz，设声音速度为 340m/s，则火车的速度为____________。

12.15（北邮 2018）平面电磁波在自由空间中传播时，电场强度和磁感应强度（　　）

A.相互垂直且都垂直于传播方向B.朝相互垂直的两个方向传播

C.在垂直于传播方向的同一条直线上D.有相位差$\frac{\pi}{2}$



习题12.16图

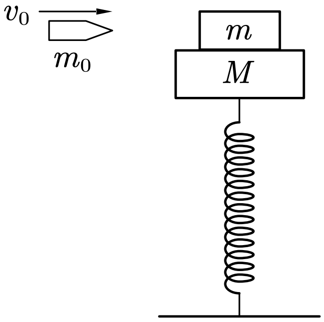
12.16 如图所示，当一平面电磁波电场向z轴正方向振动时，其磁场向y轴正方向振动时，则该电磁波的传播方向为______________。

提高篇

12.17 如图所示，有一劲度系数为 k 的轻质弹簧竖直放置，一端固定在水平面上，另一端连接一质量为 M 的光滑平板，平板上又放置一质量为 m 的光滑小物块。今有一质量为m_0的子弹以速度v_0水平射入物块，并与物块一起脱离平板。

（1）证明物块脱离平板后，平板将作谐振动；

（2）根据平板所处的初始条件，写出平板的谐振位移表达式。



习题12.17

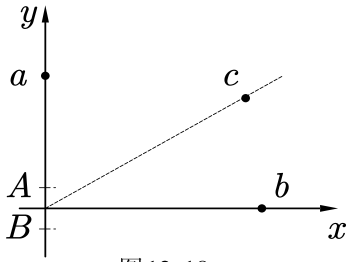
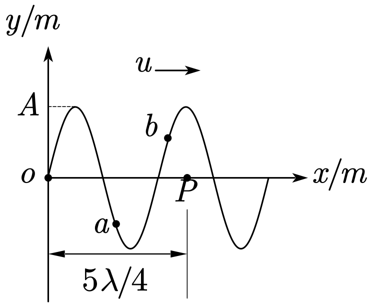


图12.18



习题12.19图

12.18（华科 2012）如图所示，A、B 是两个相干波源，振幅相同，位相相反，相距为$\frac{\lambda}{2}$，设两波源单独振动时，在足够远处（场点距离远大于两波源的间距）引起的波强度为I_0，求在足够远处的 a、b、c 各点合成波的强度I_a、

I_b、I_c。（注：a 点在 BA 的延长线上，b 点在 AB 的中垂线上，c 点在偏高中垂线$30°$ 的方向上）

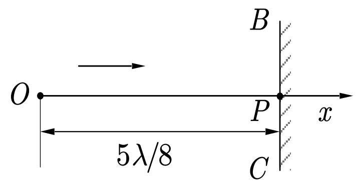
12.19（武大 2015）有一机械波，在 t=0 时刻的波形如右图所示。已知振幅为A，波速为u，波长为λ，且向 x 轴正方向传播，试求：

（1）画出图中 o、a、b 三点的振动方向；

（2）此波的波动表达式；

（3）若$OP=\frac{5\lambda}{4}$，求 P 点的振动表达式。

12.20（华科 2017）如图所示，波长为λ的平面简谐波沿 x 轴正向传播，BC 为波密媒质反射面，波由 P 点反射，$\overline{OP}=\frac{5}{8}\lambda$。在 t=0 时，O 处质点的合振动是经过平衡位置向位移负方向运动。设坐标原点在波源O 处，入射波和反射波的振幅均为 A，频率为ν。求：



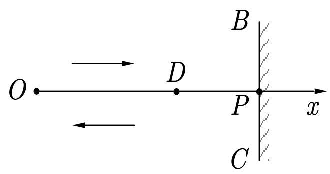
习题12.20图

（1）波源O 的初相位；

（2）OP 间入射波和反射波合成驻波的函数；

（3）OP 间波节的位置。

12.21 如图所示，一平面简谐波沿 x 轴正向传播，BC 为波密煤质的反射面。波由 P 点反射，$OP=\frac{3\lambda}{4}$，$DP=\frac{\lambda}{6}$。在 t=0 时，O 处质点的合振动经过平衡位置向负方向运动（设坐标原点在波源O 处，入射波和反射波的振幅均为A，频率为ν）。求：



习题12.21图

（1）波源处的初相位；

（2）入射波与反射波在D 点因干涉而产生的合振动的表达式。

12.22 一平面电磁波的波长为 3m，在自由空间沿x方向传播，电场$\boldsymbol{E}$ 沿y方向，振幅为$300V/m$。试求：

（1）电磁波的频率ν、角频率ω 及波数k；

（2）磁场$\boldsymbol{B}$ 的方向和振幅B_m；

（3）电磁波的能流密度及其对时间周期 T 的平均值。

【知识点十二参考答案】

基础篇

12.1【正解】A

【解析】0~5s 内，相位变化 $\frac{5\pi}{6}$，所以周期为 $T=5\times\frac{12}{5}s=12s$。

12.2【正解】π

【解析】卡因为周期是 0.4s，所以经过 0.5s 就相当于经过了 0.1s，这时候相当于走了 $\frac{1}{4}$ 个周期，在最左边，而第二个振子从正方向开始，在最右边，所以相位差为 π。

12.3【正解】B

【解析】$A=\sqrt{A_1^2+A_2^2+2A_1A_2\cos(\varphi_2-\varphi_1)}=2$，$\tan\varphi=\frac{A_1\sin\varphi_1+A_2\sin\varphi_2}{A_1\cos\varphi_1+A_2\cos\varphi_2}=\sqrt{3}$

12.4【正解】D

【解析】根据振幅的合成公式 $A=\sqrt{A^2+A^2+2A\bullet A\cos\Delta\varphi}$，解得：$\cos\varphi=-\frac{1}{2}$，所以 $\varphi=\frac{2\pi}{3}$。

12.5【正解】B

【解析】图两个行波的频率要相差不大，且振动方向要相同。

12.6【正解】C

【解析】波动能量不同于振动，波动的能量是不守恒的，在平衡位置处，动能和势能都是最大。

12.7【正解】$IS\cos\alpha$

【解析】从能流=平均能流密度（强度）乘面积，因为波速和面积法向量有一定的夹角，所以要乘 $\cos\alpha$。

12.8【正解】（1）$y=A\cos\left(500\pi t+\frac{\pi x}{100}-\frac{\pi}{4}\right)$；（2）$y=A\cos\left(500\pi t+\frac{\pi}{4}\right), v=-500\pi A\sin\left(500\pi t+\frac{\pi}{4}\right)$。

【解析】（1）设方程为 $y=A\cos(500\pi t+\varphi)$，$t$=0 时，$y=\frac{1}{\sqrt{2}}A=A\cos\varphi\Rightarrow\cos\varphi=\frac{1}{\sqrt{2}}$，又因为 P 速度且向上，所以 $\varphi=-\frac{\pi}{4}$，波沿 x 轴正向传播，由图可得 $\lambda=200m$，所以波动方程为

$$y=A\cos\left[500\pi\left(t+\frac{x}{u}\right)-\frac{\pi}{4}\right]=A\cos\left(500\pi t+\frac{\pi x}{100}-\frac{\pi}{4}\right)$$

（2）代入数据得到答案：$y=A\cos\left(500\pi t+\frac{\pi}{4}\right), v=-500\pi A\sin\left(500\pi t+\frac{\pi}{4}\right)$

12.9【正解】D

【解析】反射处的振动方程 $y=A\cos\left[2\pi\left(\nu t-\frac{d}{\lambda}\right)\right]$，因为没有半波损失，所以，反射波的表达式为

$$y=A\cos\left[2\pi\left(\nu t-\frac{d}{\lambda}+\frac{x}{\lambda}-\frac{d}{\lambda}\right)\right]=A\cos\left[2\pi\left(\nu t-\frac{2d-x}{\lambda}\right)\right]。$$

12.10【正解】$y=A\cos 2\pi\left(\nu t-\dfrac{x}{\lambda}\right)$，$y=2A\cos 2\pi\nu t\cos\dfrac{2\pi x}{\lambda}$

【解析】自由端没有相位的改变，方向发生反转；两者相加，根据驻波合成公式即可得出结果。

12.11【正解】（1）$y=A\cos\left(\omega t+\pi-\dfrac{2\pi x}{\lambda}\right)$；（2）$y=A'\cos\left(\omega t-\dfrac{4\pi L}{\lambda}+\dfrac{2\pi x}{\lambda}\right)(x\leqslant L)$。

【解析】（1）根据波动的标准公式可得，入射波的波函数为：

$$y=A\cos\left[\omega\left(t-\frac{x-\frac{\lambda}{2}}{u}\right)\right]=A\cos\left(\omega t-\frac{\omega\lambda}{u}+\frac{\omega\lambda}{2u}\right)=A\cos\left(\omega t+\pi-\frac{2\pi x}{\lambda}\right)$$

（2）因为$\rho_1\mu_1>\rho_2\mu_2$，所以有半波损失，反射波的波函数为

$$y=A'\cos\left[\omega t+\pi-2\pi\frac{L}{\lambda}-\pi-\frac{2\pi}{\lambda}(L-x)\right]$$

化简得：$$y=A'\cos\left(\omega t-\frac{4\pi L}{\lambda}+\frac{2\pi x}{\lambda}\right)(x\leqslant L)$$

12.12【正解】(1) $y_2{}'=0.05\cos\left[2\pi\left(\dfrac{t}{0.05}+\dfrac{x}{4}\right)\right]$；(2) $y=0.1\cos 40\pi t\cos\dfrac{\pi x}{2}$；$x=2k+1$，$k=0$，$\pm1$，$\pm2\cdots\cdots$；

离原点最近的四个波节坐标为：$\pm1m$，$\pm3m$。

【解析】（1）根据题中条件可得：$y_2{}'=0.05\cos\left[2\pi\left(\dfrac{t}{0.05}+\dfrac{x}{4}\right)\right]$

(2)驻波方程为$y=y_2+y_2{}'=0.1\cos 40\pi t\cos\dfrac{\pi x}{2}$，在波节处，有$\cos\dfrac{\pi x}{2}=0$，所以$x=2k+1$，$k=0$，

±1，$\pm2\cdots\cdots$，其中离原点最近的四个波节坐标为：$\pm1m$，$\pm3m$。

12.13【正解】D

【解析】根据波长在不同参考系下不变$\lambda=\dfrac{f_0}{v_S}=\dfrac{f}{2v+v_S}$，$f=\dfrac{600}{340}(2\times18+340)=663.529Hz$。

12.14【正解】$17m/s$

【解析】设源频率为ν，则迎面开来时：$\nu_1=\left(1+\dfrac{v}{340}\right)\nu=420Hz$；远离时：$\nu_2=\left(1-\dfrac{v}{340}\right)\nu=380Hz$；

两式相除得：$\dfrac{1+\frac{v}{340}}{1-\frac{v}{340}}=\dfrac{420}{380}=\dfrac{21}{19}$，解得：$v=17m/s$。

12.15【正解】A

【解析】电磁波的电场和磁场是相互垂直的，且传播方向满足$\boldsymbol{u}=\boldsymbol{E}\times\boldsymbol{H}$。

12.16【正解】x轴负方向

【解析】电磁波传播方向满足$\boldsymbol{u}=\boldsymbol{E}\times\boldsymbol{H}$

提高篇

12.17【正解】（1）证明过程见解析；（2）$x=\frac{mg}{k}\cos\left(\sqrt{\frac{k}{M}}t+\pi\right)$

【解析】(1)取只有 M 时，它静止时所在处为坐标原点O，x轴向上为正。此时设弹簧被压缩l，则$l=\frac{Mg}{k}$，

当 m 脱离后，M 在任意位置x时，弹簧压缩$l-x$，有$F_{合}=-Mg+k(l-x)=-kx$

即$M\frac{d^2x}{dt^2}=-kx$，平板作谐振动，角频率$\omega=\sqrt{k/M}$

（2）设 m 在 M2 静止时，弹簧压缩l'，则$l'=\frac{M+m}{k}g$

取 m 脱离后，M 开始振动的时刻 t=0，此时 M 位于平衡位置O点下方，

$$\Delta l=l'-l=\frac{M+m}{k}g-\frac{M}{k}g=\frac{mg}{k}$$

即$x_0=-\frac{mg}{k}$。又因为$v_0=0$，所以$A=\sqrt{x_0^2+\frac{v_0^2}{\omega^2}}=\frac{mg}{k}$

谐振动表达式为$x=A\cos(\omega t+\varphi)$。

而 t=0 时，$x=-A=A\cos\varphi$，得$\varphi=\pi$，所以$x=\frac{mg}{k}\cos\left(\sqrt{\frac{k}{M}}t+\pi\right)$

12.18【正解】见解析

【解析】合振动的强度：$I=2I_0+2I_0\cos\Delta\varphi=4I_0\cos^2\frac{\Delta\varphi}{2}$，$\Delta\varphi=(\varphi_B-\varphi_A)-\frac{2\pi}{\lambda}(r_B-r_A)$

对 a 点，$r_B-r_A=\frac{\lambda}{2}$，$\Delta\varphi_a=0$，$I_a=4I_0$；

对 b 点，$r_B-r_A=0$，$\Delta\varphi_b=\pi$，$I_b=0$；

对 c 点，$r_B-r_A=\frac{\lambda}{2}\sin 30°=\frac{1}{4}\lambda$，$\Delta\varphi_c=\frac{\pi}{2}$，$I_c=2I_0$

12.19【正解】（1）$o\downarrow$，$a\uparrow$，$b\downarrow$；（2）$y=A\cos\left(\frac{2\pi u}{\lambda}t-\frac{2\pi}{\lambda}x+\frac{\pi}{2}\right)$；（3）$y=A\cos\left(\frac{2\pi u}{\lambda}t\right)$。

【解析】（2）沿 x 轴正向传播的波动表达式为：$y(x,t)=A\cos\left(\omega t-\frac{2\pi}{\lambda}x+\varphi_0\right)$

由图可知在 x=0 处，t=0 时刻$y(0,0)=A\cos\varphi_0=0$

且$v(0,0)=-A\omega\sin\varphi_0<0$

所以$\varphi=\frac{\pi}{2}$

又$T=\frac{\lambda}{u}$，$\omega=\frac{2\pi}{T}=\frac{2\pi u}{\lambda}$

由此得波动表达式为$y=A\cos\left(\frac{2\pi u}{\lambda}t-\frac{2\pi}{\lambda}x+\frac{\pi}{2}\right)$

（3）将$x=\frac{5}{4}\lambda$代入上式，可得 P 点处的振动表达式为

$$y=A\cos\left(\frac{2\pi u}{\lambda}t-\frac{2\pi}{\lambda}\frac{5}{4}\lambda+\frac{\pi}{2}\right)=A\cos\left(\frac{2\pi u}{\lambda}t-2\pi\right)=A\cos\left(\frac{2\pi u}{\lambda}t\right)$$

12.20【正解】（1）$\varphi=\frac{\pi}{4}$；（2）$y=A\cos\left(2\pi\nu t-\frac{\pi}{2}\right)\cos\left(\frac{3\pi}{4}-\frac{2\pi x}{\lambda}\right)\left(0<x<\frac{5}{8}\lambda\right)$；（3）波节位置为$x=\frac{\lambda}{8}$、$x=\frac{5}{8}\lambda$

【解析】（1）根据旋转矢量法，O 点的合振动初相位为$\frac{\pi}{2}$

设入射波在O 点振动方程$y=A\cos(\omega t+\varphi)$，则入射波函数$y=A\cos\left(\omega t+\varphi-\frac{2\pi x}{\lambda}\right)$

P 点的入射方程$y=A\cos\left(\omega t+\varphi-\frac{5\pi}{4}\right)$，反射后$y=A\cos\left(\omega t+\varphi-\frac{\pi}{4}\right)$

反射波函数$y=A\cos\left[\omega\left(t-\frac{\frac{5}{8}\lambda-x}{u}\right)+\varphi-\frac{\pi}{4}\right]=A\cos\left(\omega t-\frac{3}{2}\pi+\varphi+\frac{2\pi x}{\lambda}\right)$

反射在O 点的振动方程$y=A\cos\left(\omega t+\varphi-\frac{3\pi}{2}\right)$

因为合振动初相位为$\frac{\pi}{2}$，所以$\varphi=\frac{\pi}{4}$

（2）将入射波函数和反射波函数相加得OP 间驻波函数

$$y=A\cos\left(2\pi\nu t-\frac{\pi}{2}\right)\cos\left(\frac{3\pi}{4}-\frac{2\pi x}{\lambda}\right)\left(0<x<\frac{5}{8}\lambda\right)$$

（3）令$\cos\left(\frac{3\pi}{4}-\frac{2\pi x}{\lambda}\right)=0$，可得波节位置为$x=\frac{\lambda}{8}$、$x=\frac{5}{8}\lambda$

12.21【正解】（1）$\varphi=\frac{\pi}{2}$；（2）$y_{D合}=2A\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}\cdot\frac{7}{12}\lambda\right)\cos\left(2\pi\nu t+\frac{\pi}{2}\right)=\sqrt{3}A\sin 2\pi\nu t$

【解析】设入射波为$y_{入}=A\cos\left(2\pi\nu t-\frac{2\pi x}{\lambda}+\varphi\right)$

则O 点处的振动方程为$y_0=A\cos(2\pi\nu t+\varphi)$

反射波在坐标处x 引起的振动可以视为是从点O 传到P 点再经反射传播过来的，需要的时间为Δt，

且考虑到在反射点P 处有半波损失，则$y_{反}=A\cos[2\pi\nu(t-\Delta t)+\varphi+\pi]$，其中$\left(\Delta t=\frac{2\overline{OP}-x}{u}\right)$

于是反射波$y_{反}=A\cos\left[2\pi\nu\left(t-\frac{2\overline{OP}-x}{u}\right)+\varphi+\pi\right]=A\cos\left(2\pi\nu t+\frac{2\pi x}{\lambda}+\varphi\right)$

故，反射波在O 点引起的振动为$y_0{}'=A\cos(2\pi\nu t+\varphi)$

O 点的合振动可写为$y_{0合}=y_0+y_0{}'=2A\cos(2\pi\nu t+\varphi)$

t=0 时,由O 点的旋转矢量图可知，$\varphi=\frac{\pi}{2}$。

于是，入射波、反射波分别为$y_{入}=A\cos\left(2\pi\nu t-\frac{2\pi x}{\lambda}+\frac{\pi}{2}\right)$，$y_{反}=A\cos\left(2\pi\nu t+\frac{2\pi x}{\lambda}+\frac{\pi}{2}\right)$

坐标x处质点的合振动为

$$y_{合}=y_{入}+y_{反}=A\cos\left(2\pi\nu t-\frac{2\pi x}{\lambda}+\frac{\pi}{2}\right)+A\cos\left(2\pi\nu t+\frac{2\pi x}{\lambda}+\frac{\pi}{2}\right)=2A\cos\frac{2\pi x}{\lambda}\bullet\cos\left(2\pi\nu t+\frac{\pi}{2}\right)$$

对于D点，$x=\overline{OP}-\overline{DP}=\frac{3\lambda}{4}-\frac{\lambda}{6}=\frac{7}{12}\lambda$，故$D$点的合振动为

$$y_{D合}=2A\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}\bullet\frac{7}{12}\lambda\right)\cos\left(2\pi\nu t+\frac{\pi}{2}\right)=\sqrt{3}A\sin 2\pi\nu t$$

12.22【正解】（1）$\nu=10^8 Hz$，$\omega=2\pi\times10^8 rad/s$，$k=\frac{2\pi}{3}rad/m$；（2）$B_m=10^{-6}T$；

（3）$\boldsymbol{S}=239\cos^2(\omega t-kx)\boldsymbol{i}$，$\bar{S}=120W/m^2$。

【解析】（1）频率ν为$\nu=\frac{c}{\lambda}=\frac{3\times10^8}{3}Hz=10^8 Hz$

角频率为$\omega=2\pi\nu=2\pi\times10^8 rad/s$

波数为$k=\frac{2\pi}{\lambda}=\frac{2\pi}{3}rad/m$

（2）$\boldsymbol{B}$的方向为沿z轴方向。振幅为$B_m=E/c=\frac{300}{3\times10^8}T=10^{-6}T$

（3）由题意得$\boldsymbol{E}=300\cos(\omega t-kx)\boldsymbol{j}$

$$\boldsymbol{H}=\frac{\boldsymbol{B}}{\mu_0}=\frac{B_m}{\mu_0}\cos(\omega t-kx)\boldsymbol{k}$$

能流密度为$\boldsymbol{S}=\boldsymbol{E}\times\boldsymbol{H}=\frac{300\times10^{-6}}{4\pi\times10^{-7}}\cos^2(\omega t-kx)\boldsymbol{i}=239\cos^2(\omega t-kx)\boldsymbol{i}$

平均能流密度为$\bar{S}=\frac{1}{T}\int_0^T 239\cos^2(\omega t-kx)dt=\frac{1}{2}\times239W/m^2=120W/m^2$