

## 第六部分 (机械) 波 动 学

FangYi

[1] 传播本质: 质点集体等幅不等相振动; 位相传播 (沿  $\vec{u}$  依次落后)

能量传播 (质元  $E_k = E_p$  能流密度  $I = \varepsilon u = \frac{1}{2} \rho A^2 \omega^2 u$ )

物理量  $\left\{ \begin{array}{l} u \text{ 取决于媒质} \quad \text{波速} = \sqrt{\text{模量} / \text{密度}} \\ T(u) \text{ 取决于振源} \quad \omega = \sqrt{k/m} \end{array} \right\} \lambda = uT = u/\nu$

周期性关系  $T : \lambda : 2\pi = \Delta t : \Delta x : \Delta \phi$

平面谐波方程  $x_1$  参考点  $y = A \cos[\omega t + \phi]$   $y = A \cos[\omega(t \mp \frac{|x - x_1|}{u}) + \phi]$

参考点与波源 固定  $x = x_0$  得振动方程 固定  $t = t_0$  得波形图

[2] 干涉 条件: 振动方向相同; 频率相同; 位相差恒定

有无半波损失  $\Delta \phi = (\phi_2 - \frac{2\pi}{\lambda} r_2) - (\phi_1 - \frac{2\pi}{\lambda} r_1) = \begin{cases} k2\pi & \text{加强} \\ (2k+1)\pi & \text{减弱} \end{cases}$

波损失  $\Delta r = r_2 - r_1 = \begin{cases} k\lambda \\ (2k+1)\lambda/2 \end{cases}$

相位比较写反射波方程并与入射波叠加确定驻波方程, 求  $x_{\text{节}}$ 、 $x_{\text{腹}}$

驻波: 质点集体不等幅 (相邻波节间等相) 振动

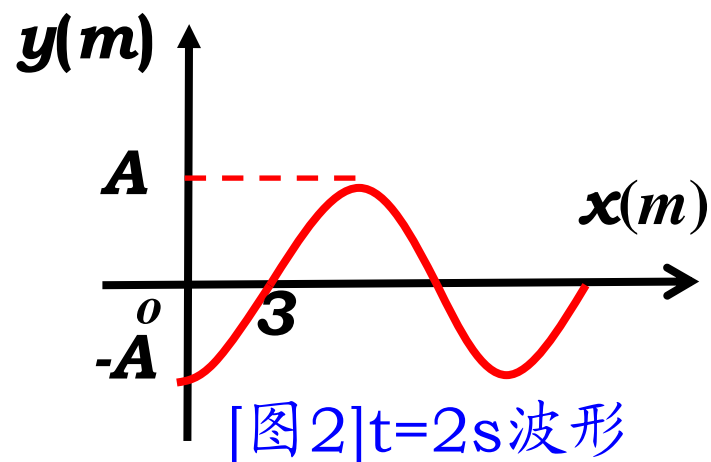
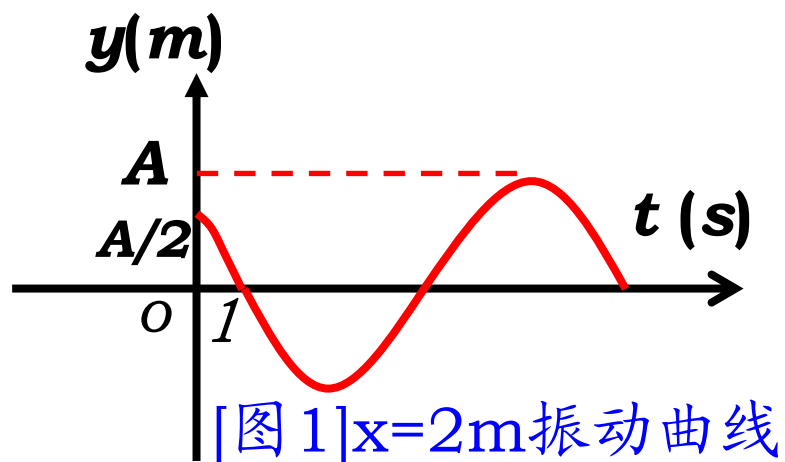
[3] 多普勒效应  $v_s \neq 0$ : 波长变化  $v_r \neq 0$ : 波数变化

$$f_r = \frac{u + v_r}{u - v_s} f_s \text{ 连线上}$$

$$\lambda_{\text{驻}} = \lambda_{\text{行}} / 2$$

[习题1] 已知图示信息, 求波函数

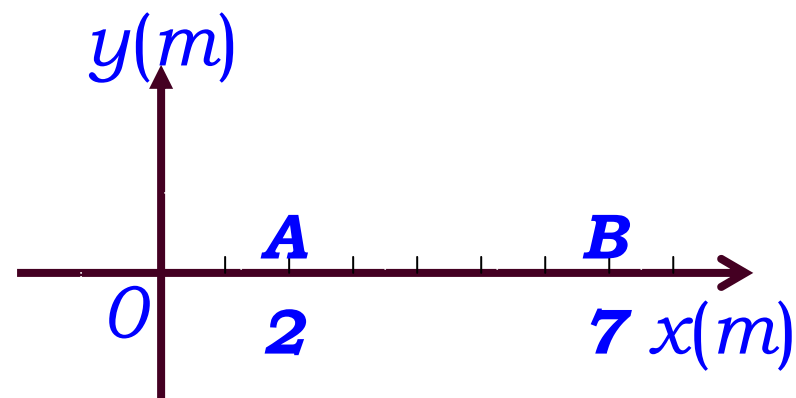
FangYi



[讨论1] 平面谐波波线上A、B两点振动方程分别为

$$y_A = 2\cos(\pi t - \pi/4) \text{ m}, y_B = 2\cos(\pi t + \pi/4) \text{ m}$$

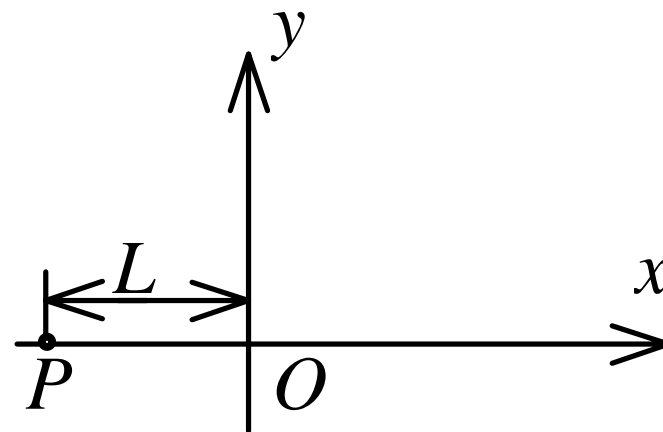
求(1)  $\lambda$  (2)  $u$  (3) 波动方程



[讨论2] 平面谐波 $\lambda$ 沿 $x$ 负向,  $P$ 点  $y_P = A \cos(2\pi\nu t + \frac{1}{2}\pi)$

(1) 波函数

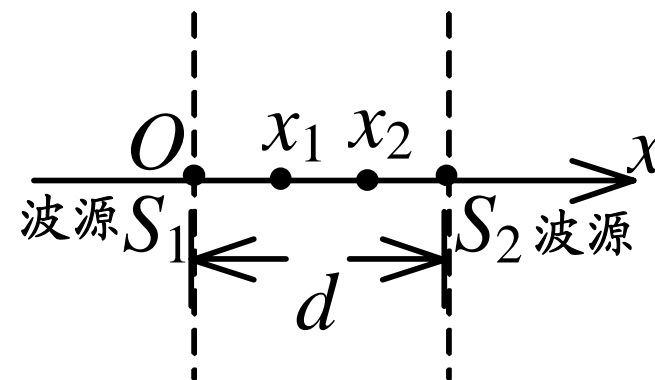
(2)  $P$ 点何时与 $O$ 点 $t_1$ 时的振动状态相同.



[习题2]  $d=30$ ,  $x_1=9$ 和 $x_2=12$ 处两点是因干涉而

FangYi

相邻的静止点. 求两波的 $\lambda$ 和两波源最小相位差.

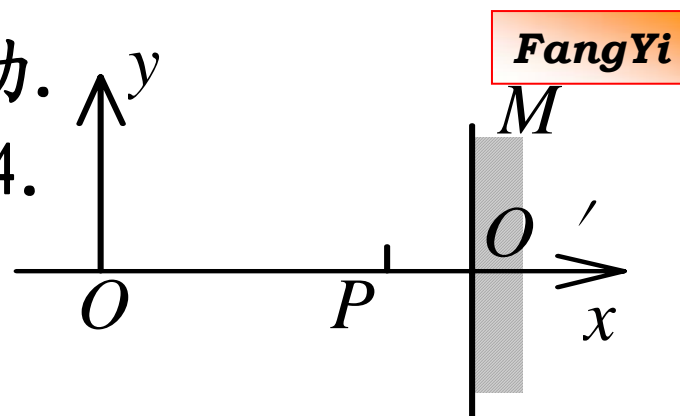


[习题3]  $\omega, A$  沿  $+x$ ,  $t=0$  时  $O$  点向  $-y$  运动.

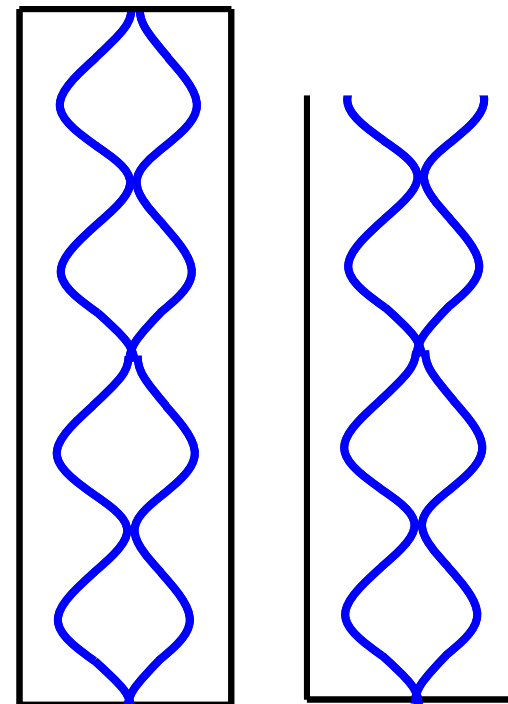
波密面  $M \perp x$  轴.  $OO' = 7\lambda/4, PO' = \lambda/4$ .

求: (1) 入射、反射波函数;

(2)  $P$  点的振动方程.



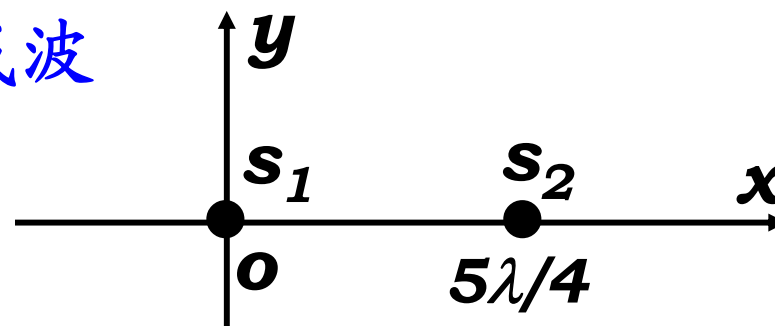
**[讨论3]**一口有水的井可与 $\geq 7\text{Hz}$ 某些频率共鸣，  
井里声速 $345\text{m/s}$ ，这口井至少有多深？



[讨论4]  $s_1 s_2$  是参考点, (1沿+x, 2沿-x轴传播) 振动方程

$$y_{1o} = A \cos \frac{2\pi}{T} t; \quad y_{2o} = A \cos \left( \frac{2\pi}{T} t + \frac{\pi}{2} \right)$$

求  $s_1 s_2$  之间, 左侧, 右侧合成波

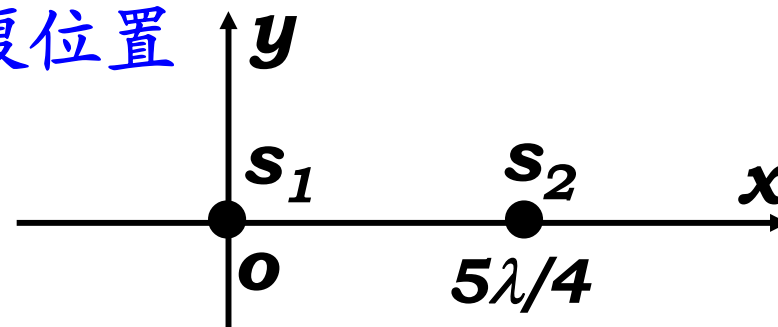




[讨论5]  $s_1 s_2$  是两相干波源, 它们的振动方程

$$y_{1o} = A \cos \frac{2\pi}{T} t \quad y_{2o} = A \cos \left( \frac{2\pi}{T} t + \frac{\pi}{2} \right)$$

确定驻波区域及波节、波腹位置



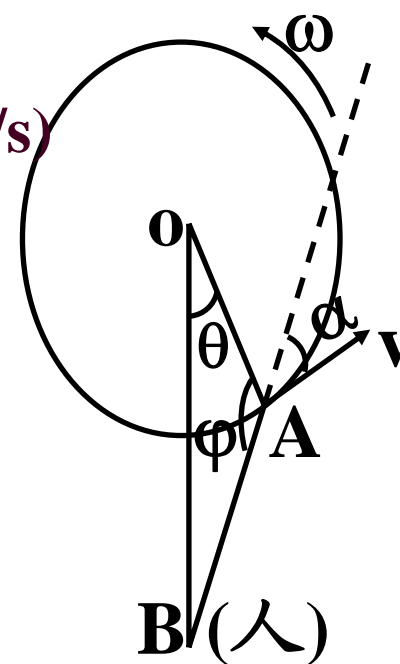
[讨论6] 驻波方程  $y = A \cos 2\pi x \cos 100\pi t$ ,  $x_1 = 1/8\text{m}$  处  
质元  $P_1$  与  $x_2 = 3/8\text{m}$  处质元  $P_2$  的振动位相差?

[习题4] 500Hz 音叉以  $\omega=5\text{rad/s}$  作 6m 匀速圆周运动,

FangYi

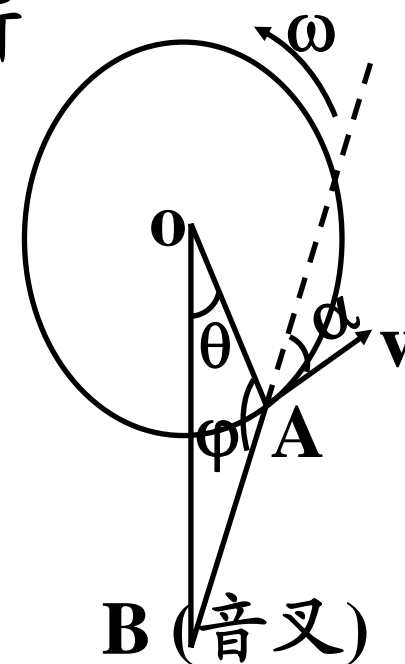
(1) 求距圆心 12m 处人听到频率  $\nu_r(\theta)$

(2) 听到  $\nu_{r\max}$  与  $\nu_{r\min}$  对应的  $\theta$  (空气中  $u_{\text{声}}=340\text{m/s}$ )



[习题4'] 500Hz的音叉距圆心12m,人以 $\omega=5\text{rad/s}$ 作6m匀速圆周运动, (1) 人听到频率 $\nu_r(\theta)$  (2) 听到 $\nu_{r\max}$ 与 $\nu_{r\min}$ 对应的 $\theta$ (空气中 $u_{\text{声}}=340\text{m/s}$ )

FangYi



[讨论7] 汽车驶过车站时车站上观察者测得音频由  
 $1200\text{Hz} \rightarrow 1000\text{Hz}$ , 空气声速为  $330\text{m/s}$ , 求车速

