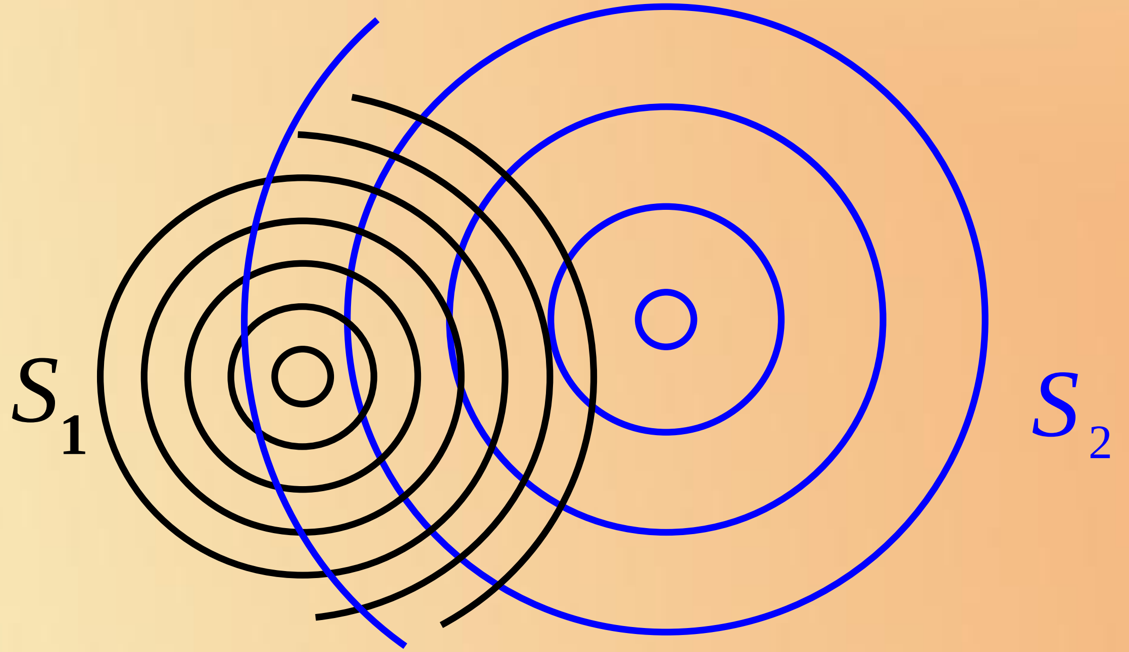
1. 波的叠加原理

波传播的独立性:几个波源产生的波，同时在一介质中传播,如果这几列波在空间某点处相遇，那么每一列波都将独立地保持自己原有的特性(频率、波长、振动方向等)传播。



波的叠加原理: 有几列波同时在媒质中传播时，它们的传播特性（波长、频率、波速、波形）不会因其它波的存在而发生影响。在相遇区域，合振动是分振动的叠加。

叠加原理表明，可将任何复杂的波分解为一系列简谐波的组合。

2. 波的干涉

相干波

相干条件：
- 振动方向相同
- 频率相同
- 相位相同或相位差恒定

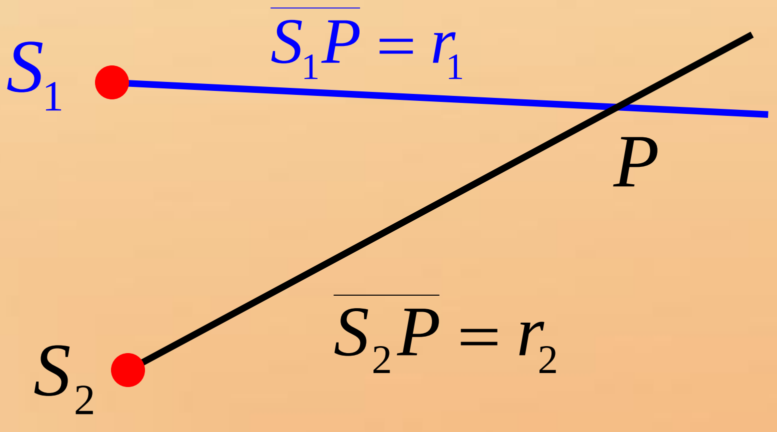
相干波：满足相干条件的几列波称为相干波。

相干波源：能发出相干波的波源称为相干波源。

强弱分布规律

两个相干波源波源S_1和S_2的振动方程分别为：

$$\begin{cases} y_{S1} = A_{10}\cos(\omega t + \phi_{10}) \\ y_{S2} = A_{20}\cos(\omega t + \phi_{20}) \end{cases}$$



S_1和S_2单独存在时,在P点引起的振动的方程为：

$$\begin{cases} y_1 = A_1\cos(\omega t + \phi_{10} - 2\pi r_1/\lambda) \\ y_2 = A_2\cos(\omega t + \phi_{20} - 2\pi r_2/\lambda) \end{cases}$$

波的干涉

P点的合方程为:

$$y = y_1 + y_2 = A\cos(\omega t + \phi_0)$$

振幅A和相位ϕ_0

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos\left[\phi_{20} - \phi_{10} - 2\pi(r_2 - r_1)/\lambda\right]}$$

$$tg\phi_0 = \frac{A_1\sin\left(\phi_{10} - \frac{2\pi r_1}{\lambda}\right) + A_2\sin\left(\phi_{20} - \frac{2\pi r_2}{\lambda}\right)}{A_1\cos\left(\phi_{10} - \frac{2\pi r_1}{\lambda}\right) + A_2\cos\left(\phi_{20} - \frac{2\pi r_2}{\lambda}\right)}$$

对于P点 $\Delta\phi = \phi_{20} - \phi_{10} - 2\pi(r_2 - r_1)/\lambda$ **为恒量，因此A 也是恒量，并与 P点空间位置密切相关。**

- 当$\Delta\phi = \phi_{20} - \phi_{10} - 2\pi(r_2 - r_1)/\lambda = 2k\pi$ 时，得

$$A = A_1 + A_2$$（合振幅最大）

- 当$\Delta\phi = \phi_{20} - \phi_{10} - 2\pi(r_2 - r_1)/\lambda = (2k+1)\pi$ 时，得

$$A = |A_1 - A_2|$$（合振幅最小）

- 当$\Delta\phi$为其他值时，合振幅介于

$A = A_1 + A_2$和 $A = |A_1 - A_2|$之间

若ϕ_{10}=ϕ_{20}，上述条件简化为：

$\delta = r_1 - r_2 = k\lambda$，$k = 0, \pm1, \pm2, \cdots$（合振幅最大）

$\delta = r_1 - r_2 = (k + 1/2)\lambda$，$k = 0, \pm1, \pm2, \cdots$（合振幅最小）

波程差 $\delta = r_1 - r_2$

两列相干波源为同相位时，在两列波的叠加的区域内，在波程差于零或等于波长的整数倍的各点，振幅最大；在波程差等于半波长的奇数倍的各点，振幅最小。

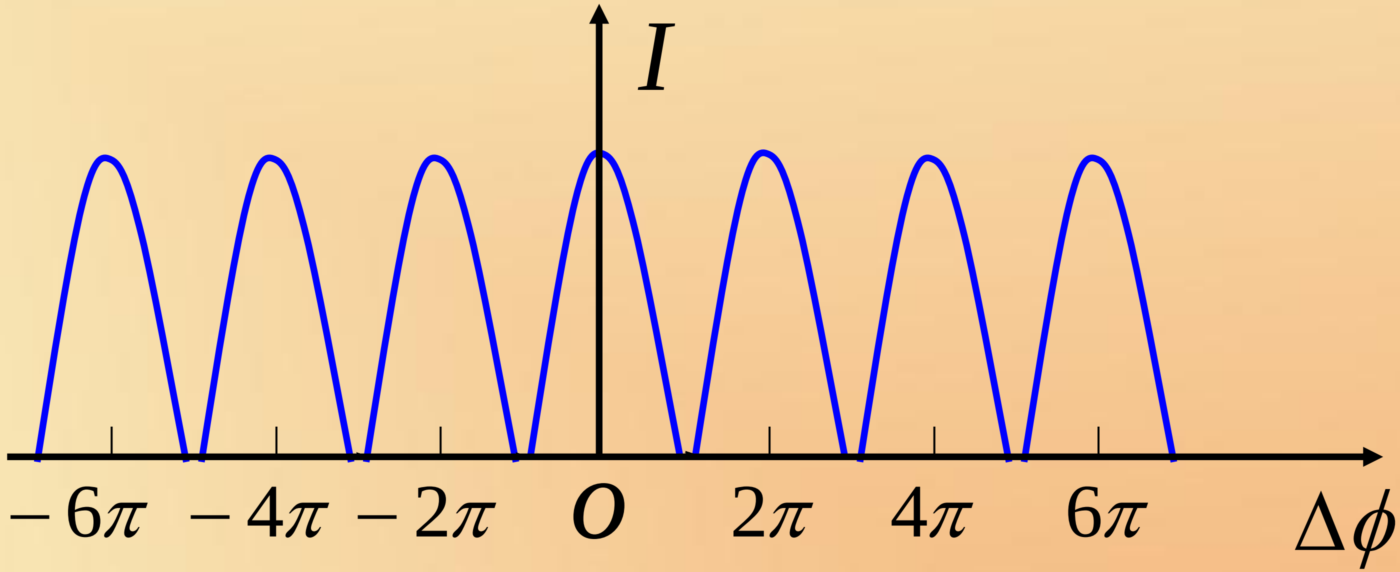
因 $I \propto A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos\Delta\phi$

$$\Rightarrow I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}\cos\Delta\phi$$

若I_1=I_2，叠加后波的强度：

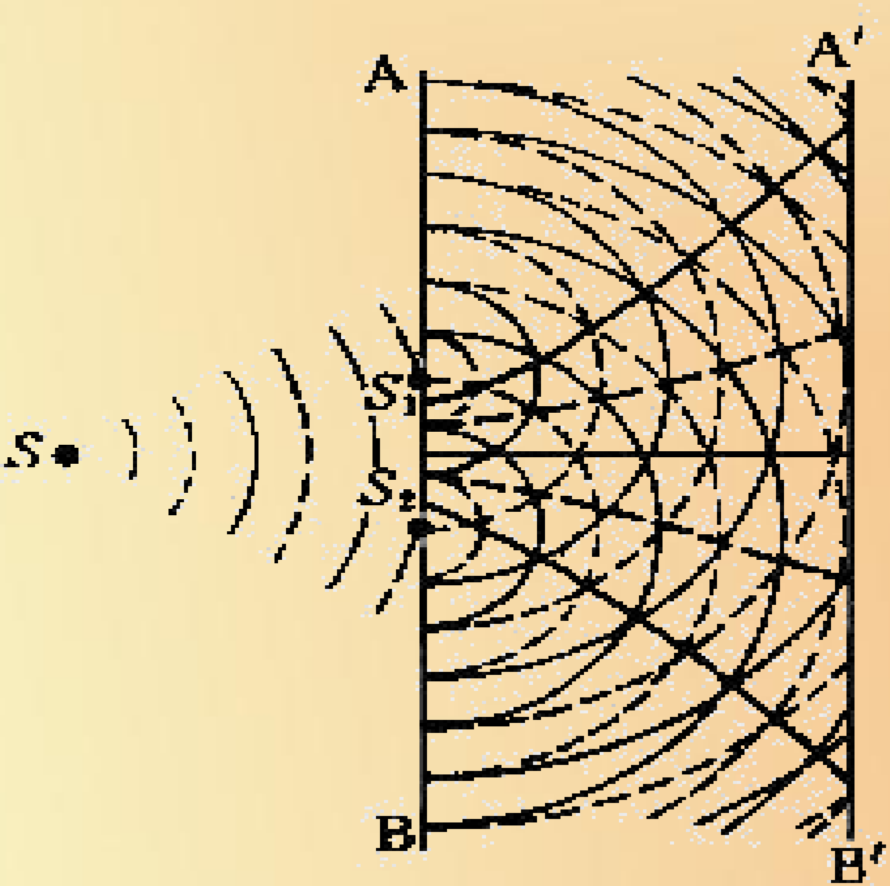
$$I = 2I_1[1+\cos(\Delta\phi)] = 4I_1\cos^2\frac{\Delta\phi}{2}$$

$$\Delta\phi = 2k\pi, I = 4I;\ \Delta\phi = (2k+1)\pi,\ I = 0$$



干涉现象的强度分布

同频率、同方向、相位差恒定的两列波,在相遇区域内,某些点处振动始终加强,另一些点处的振动始终减弱,这一现象称为波的干涉。

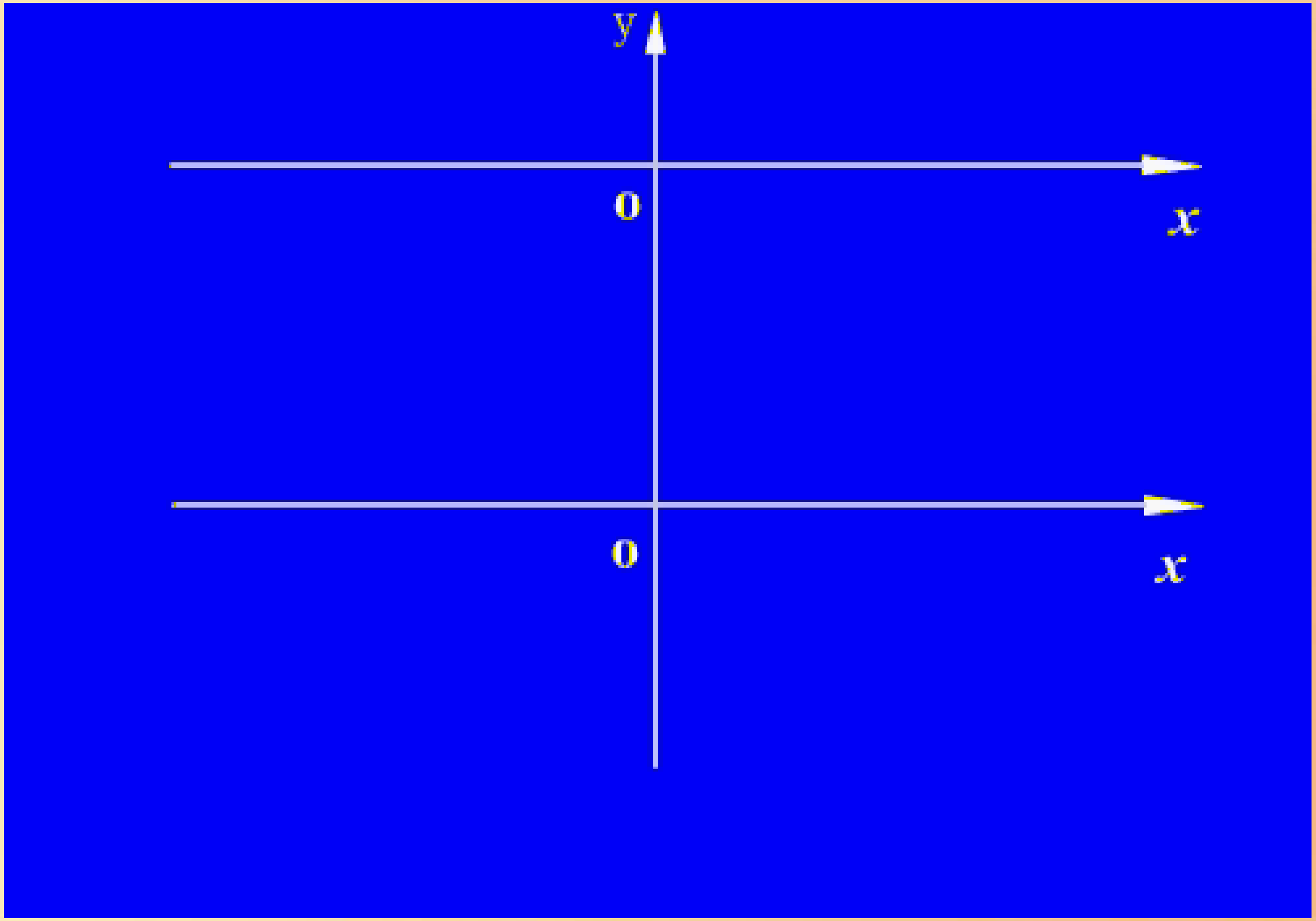


干涉现象的强度分布

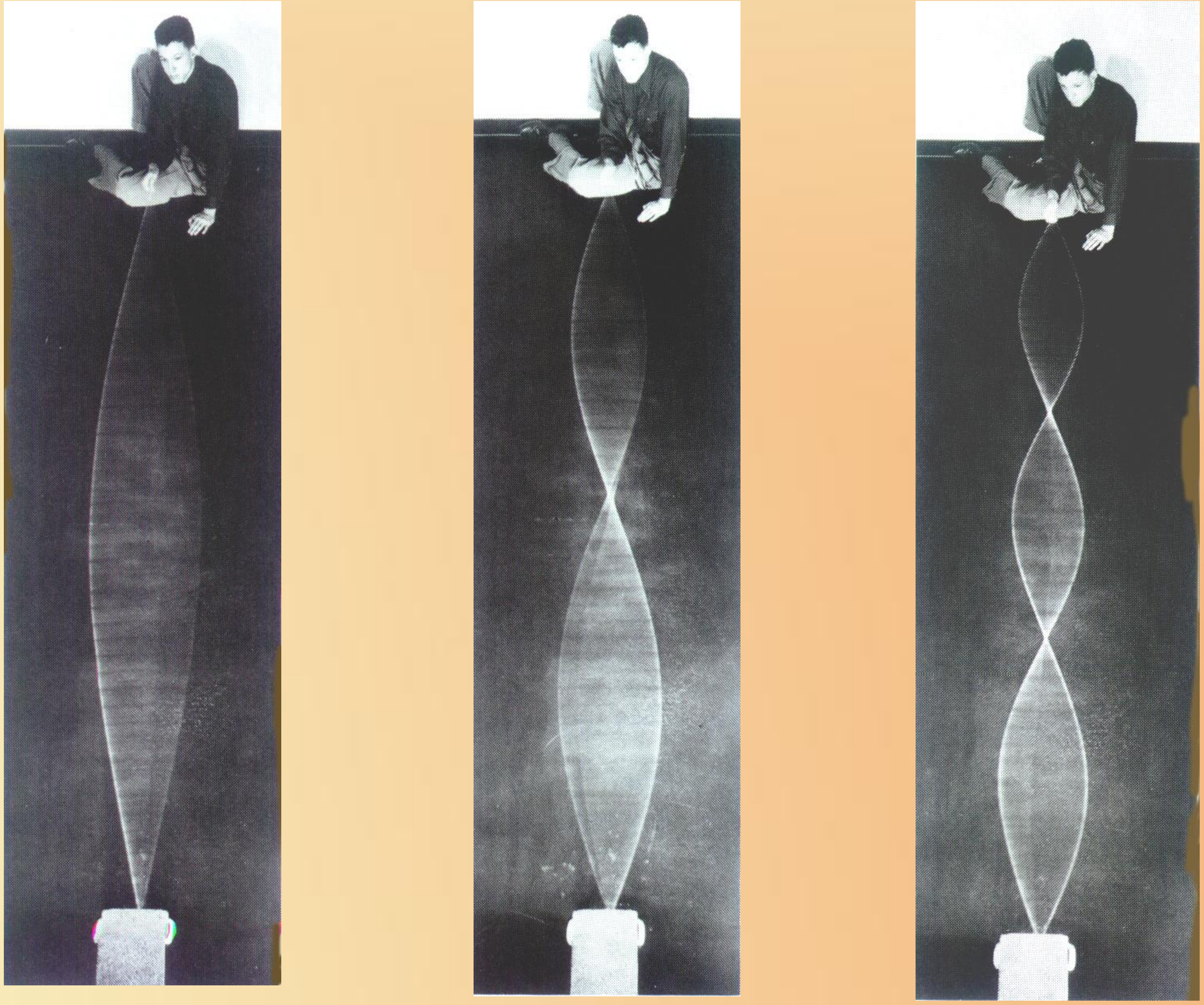
3. 驻波

驻波是两列振幅相同的相干波在同一条直线上沿相反方向传播时叠加而成的。

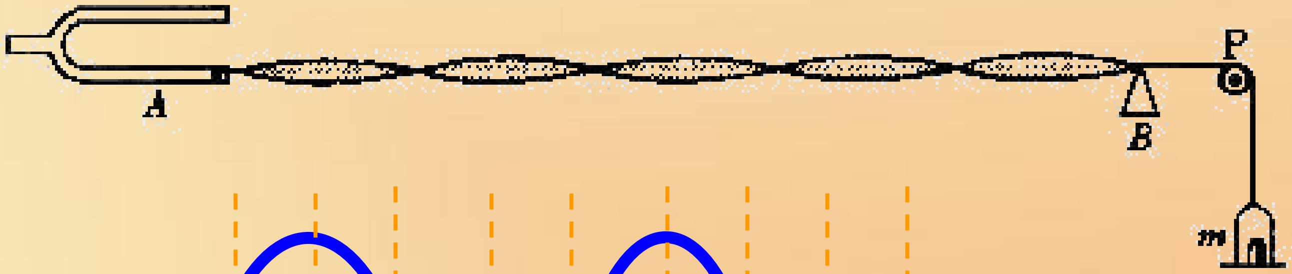
驻波的形成

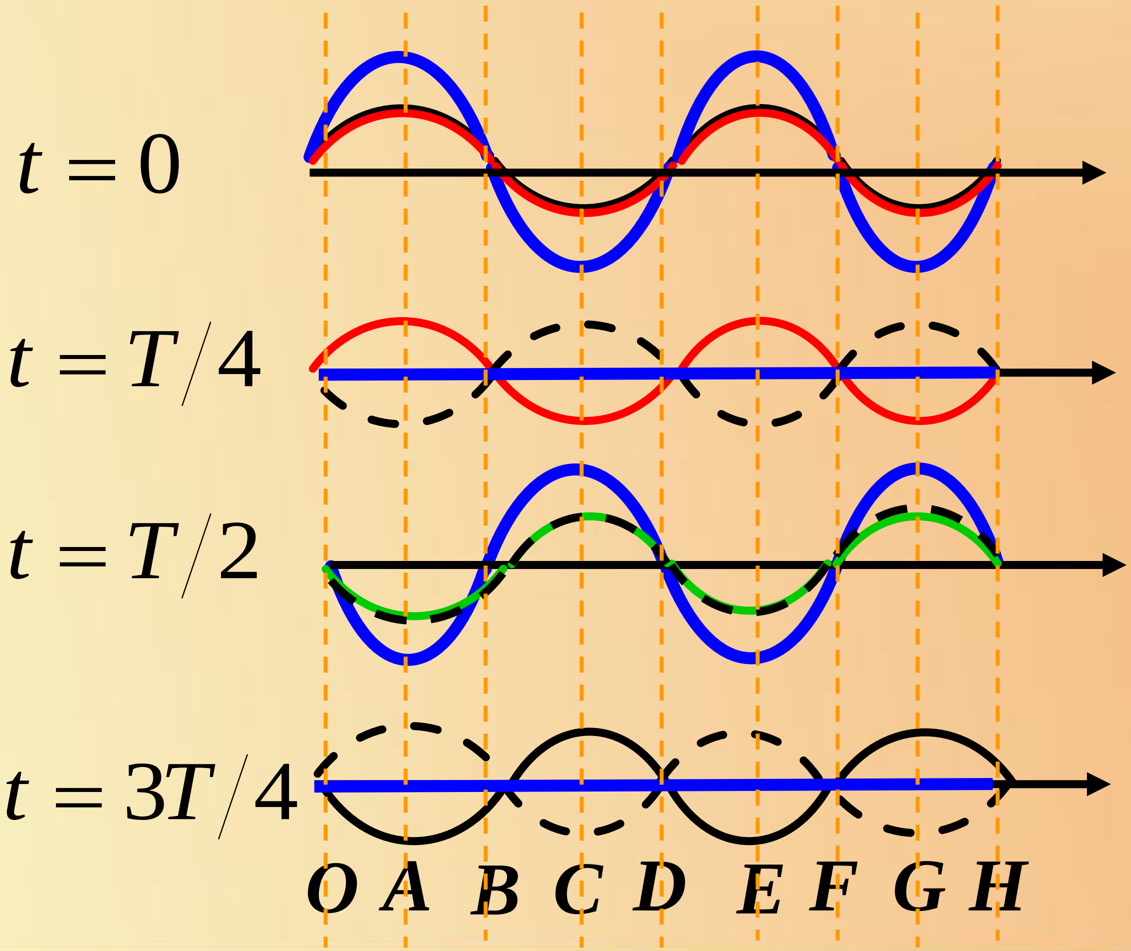


实验——弦线上的驻波：



实验——弦线上的驻波：





波节*O B D F H*

波腹*A C E G*

沿x轴的正、负方向传播的波

$$y_1 = A\cos 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right) \qquad y_2 = A\cos 2\pi\left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda}\right)$$

合成波

$$y = y_1 + y_2 = A\left[\cos 2\pi(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}) + \cos 2\pi(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda})\right]$$

$$= (2A\cos\frac{2\pi}{\lambda}x)\cos\frac{2\pi}{T}t$$

合成波的振幅 $\left|2A\cos\frac{2\pi}{\lambda}x\right|$ **与位置x有关。**

波腹位置 $\left|2A\cos\frac{2\pi}{\lambda}x\right| = 1 \Rightarrow \frac{2\pi}{\lambda}x = k\pi$

$$\Rightarrow x = k\frac{\lambda}{2} \quad (k = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots.)$$

波节位置 $\left|2A\cos\frac{2\pi}{\lambda}x\right|=0 \Rightarrow \frac{2\pi}{\lambda}x=(2k+1)\frac{\pi}{2}$

$$\Rightarrow x=(2k+1)\frac{\lambda}{4} \quad (k=0,\pm1,\pm2,\ldots.)$$

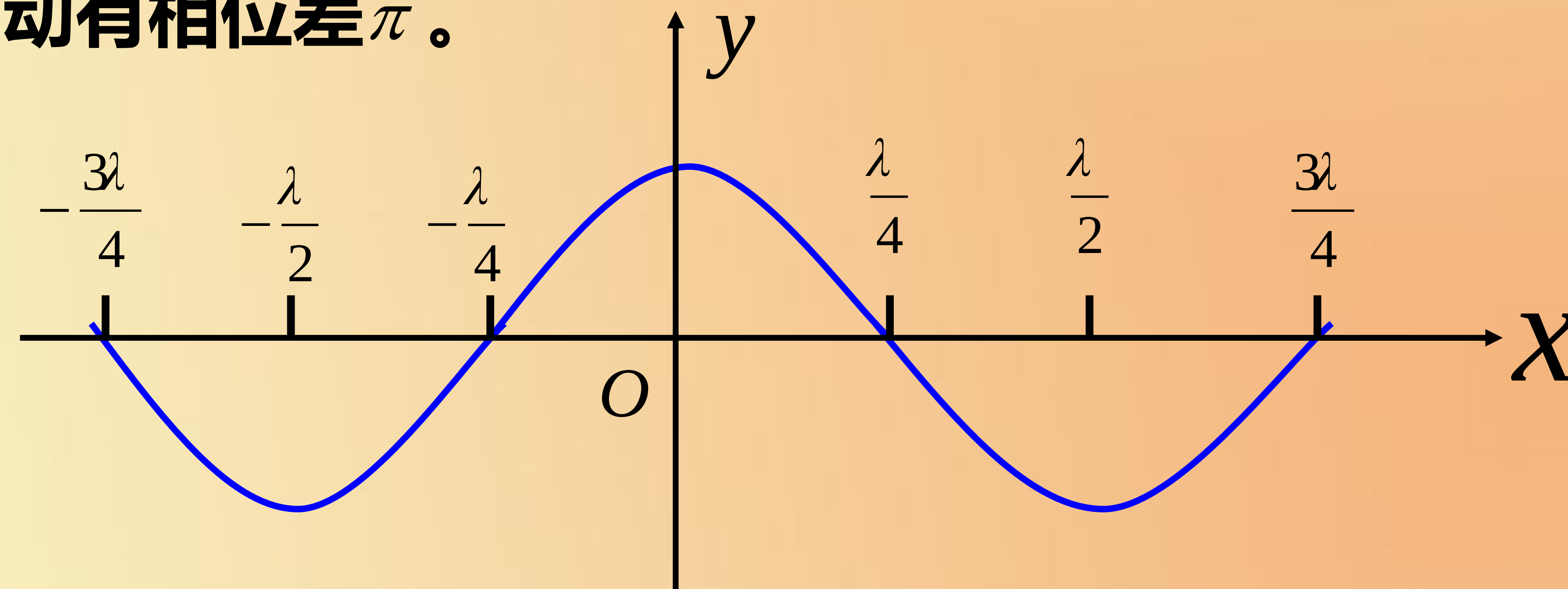
相邻两个波腹(节)间的距离为 $\lambda/2$

- **能量分布**

在驻波形成后，各个质点分别在各自的平衡位置附近作简谐运动。能量(动能和势能)在波节和波腹之间来回传递，无能量的传播。

- **相位分布**

振幅项 $2A\cos 2\pi x/\lambda$ **可正可负,时间项** $\cos(\omega t)$ **对波线上所有质点有相同的值，表明驻波上相邻波节间质点振动相位相同，波节两边的质点的振动有相位差**π**。**



相位分布图

对于波沿分界面垂直入射的情形,把密度ρ与波速u的乘积ρu较大的介质称为波密介质，ρu较小的介质称为波疏介质。

当波从波疏介质传播到波密介质，分界面反射点是波节，表明入射波在反射点反射时有相位π的突变相当于在波程上突变 $\lambda/$这一现象称为半波损失。