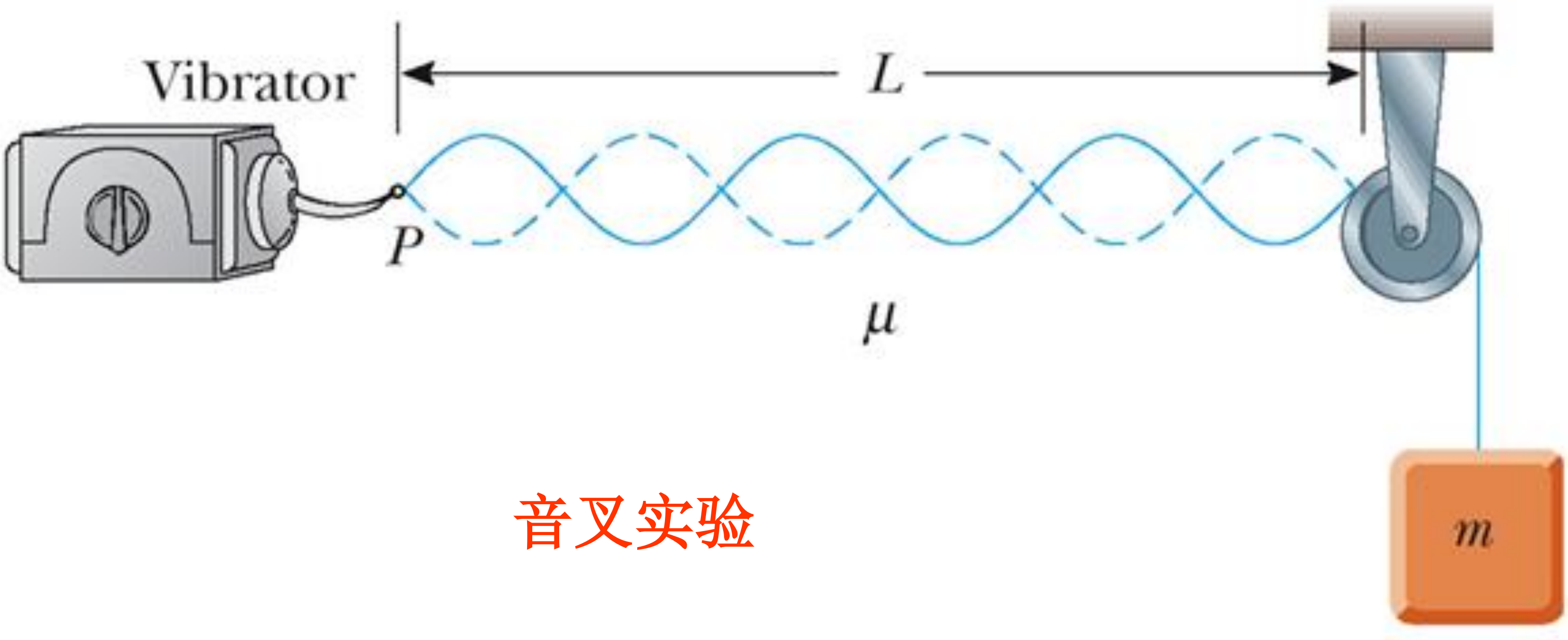
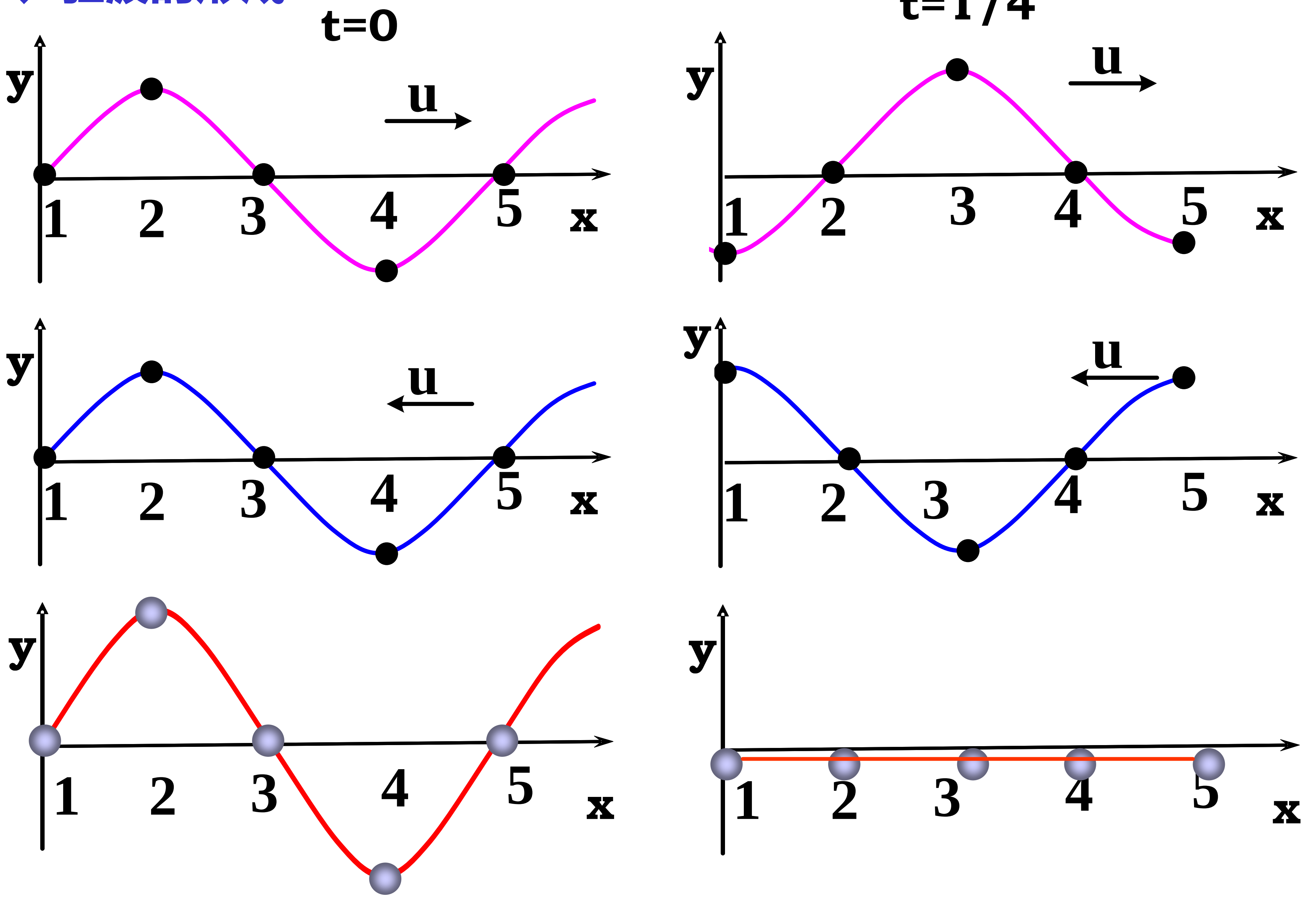
§10.5 驻波

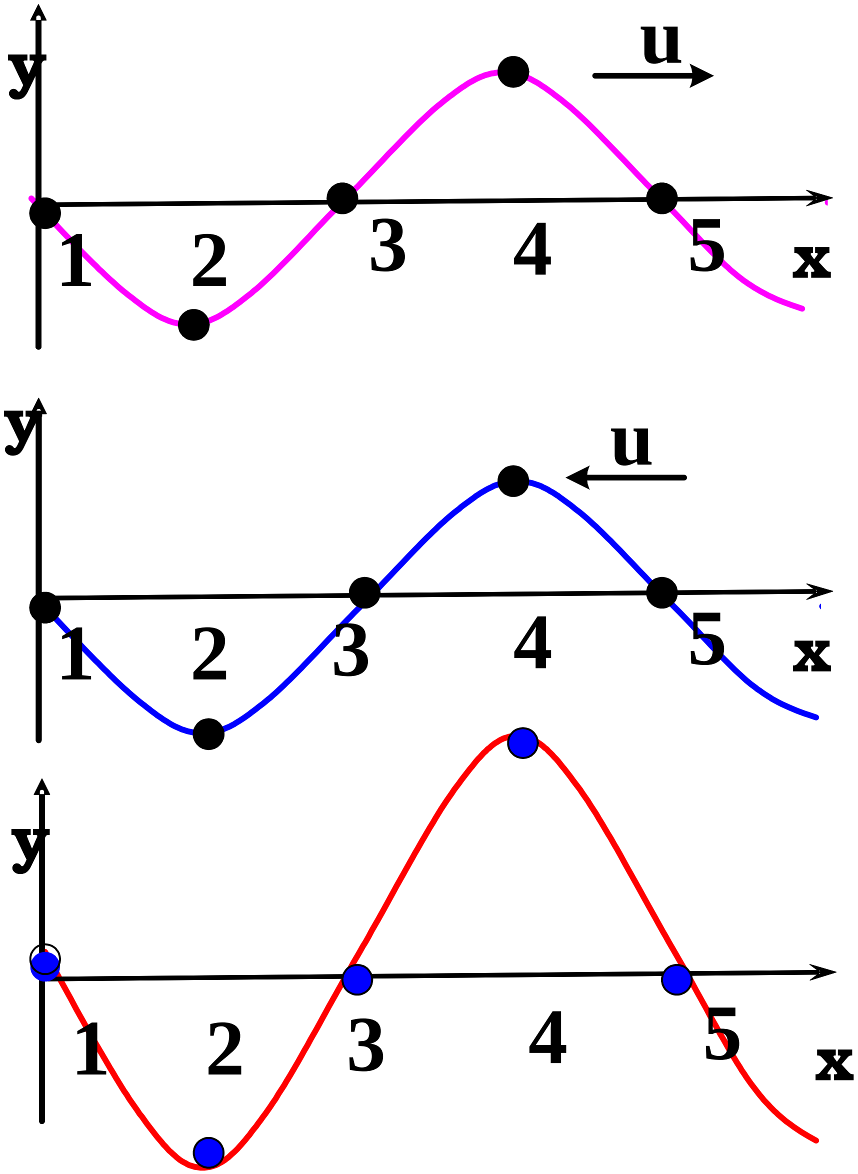


音叉实验

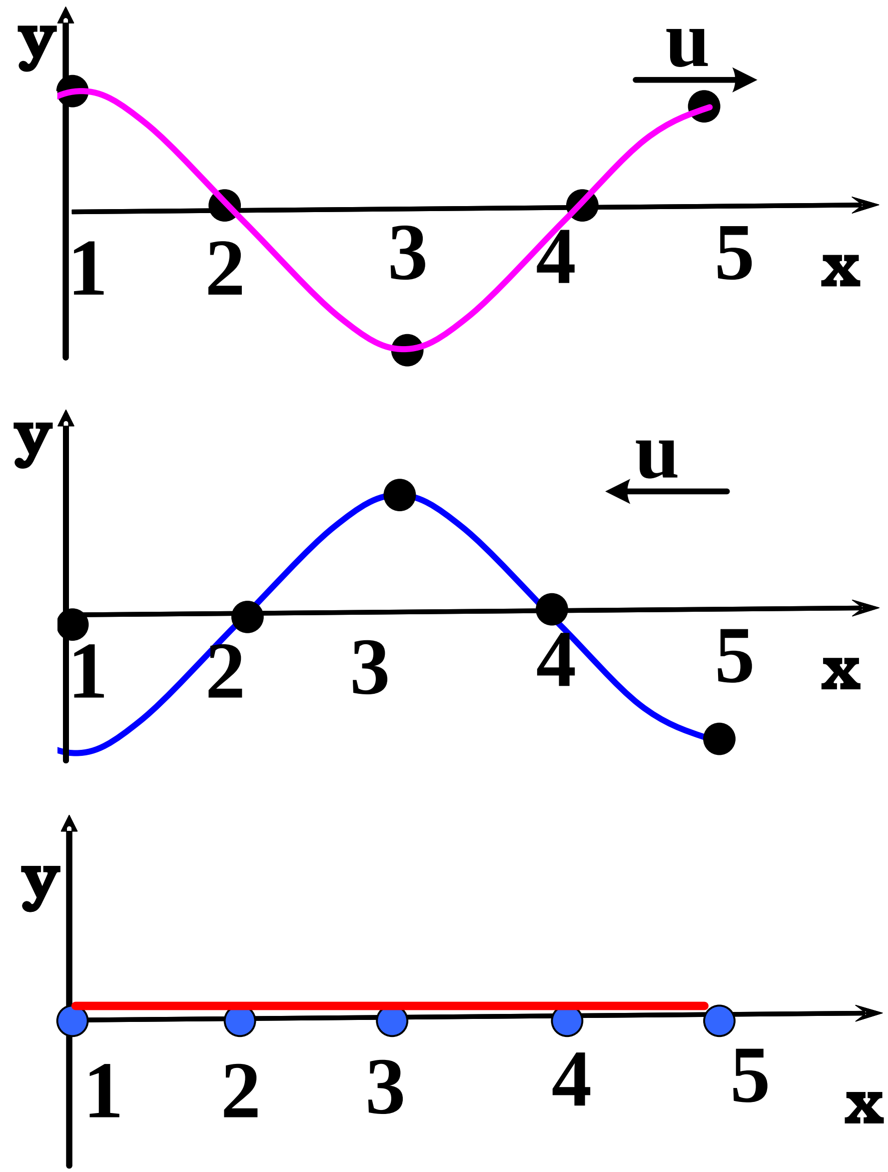
一、驻波的形成



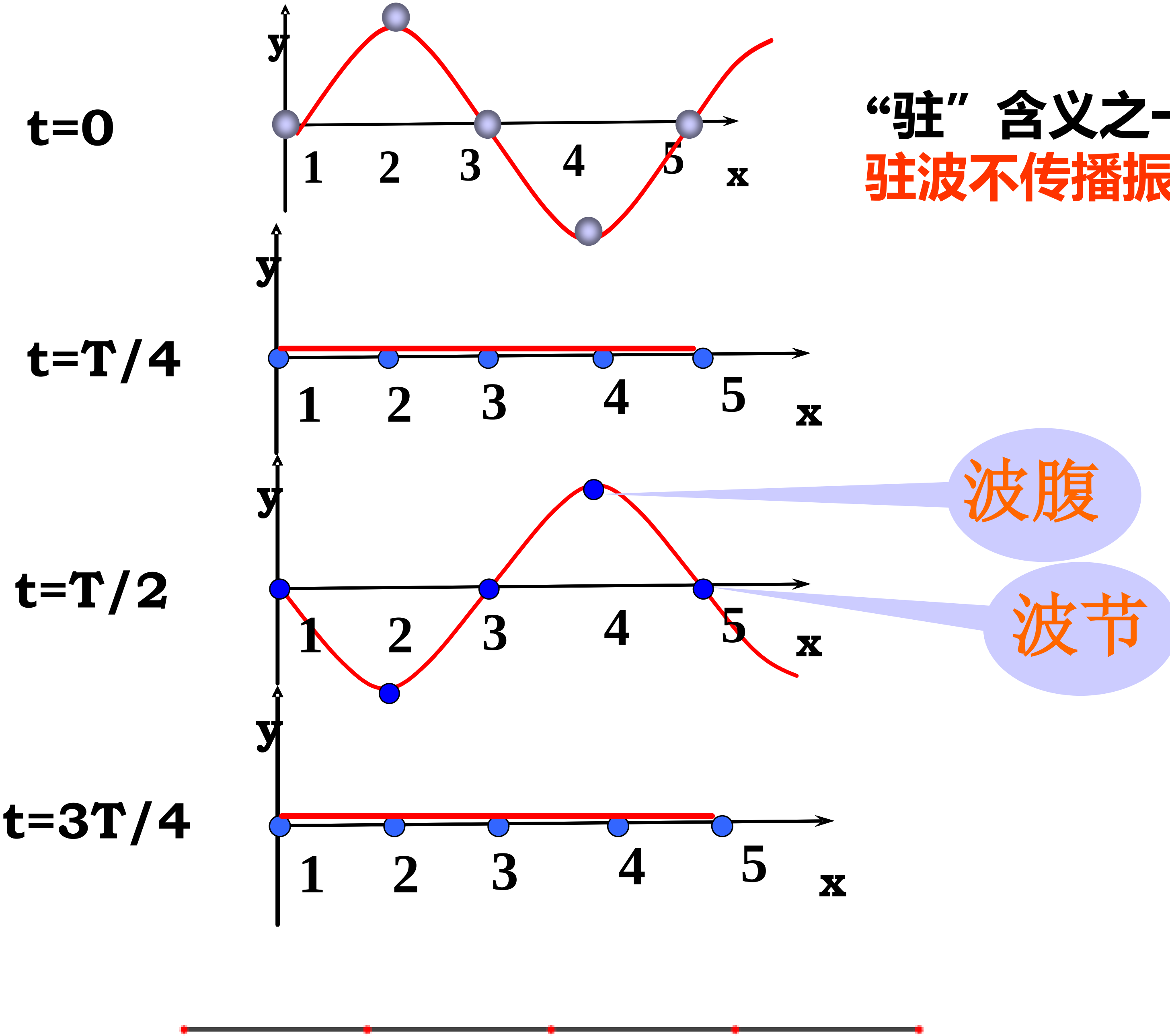
t=T/2



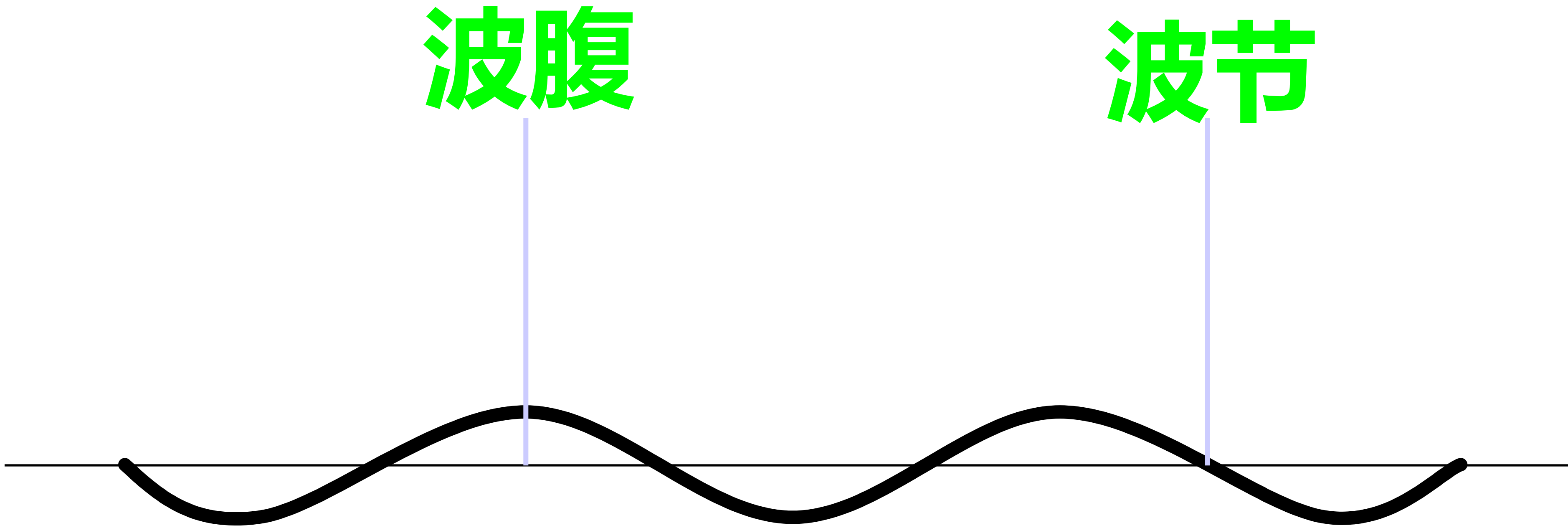
t=3T/4



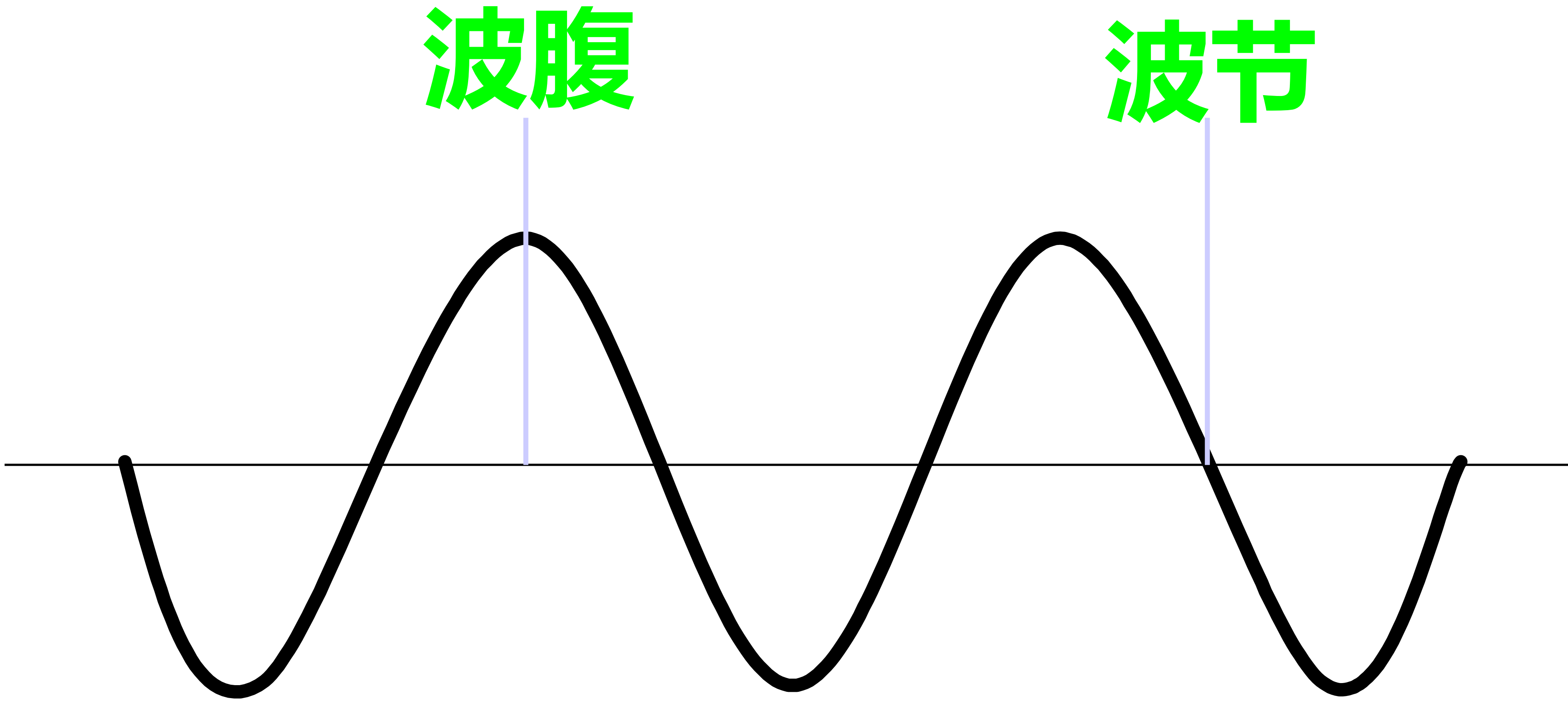
“驻”含义之一：
驻波不传播振动状态



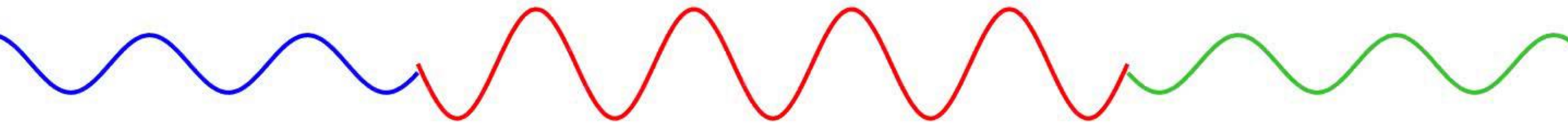
驻 波



驻 波



二、驻波的表达式



$$y_1 = A\cos\omega(t - \frac{x}{u}) \qquad y_2 = A\cos\omega(t + \frac{x}{u})$$

$$y = y_1 + y_2 = A\cos\omega(t - \frac{x}{u}) + A\cos\omega(t + \frac{x}{u})$$

$$= 2A\cos\frac{\omega}{u}x\cos\omega t$$

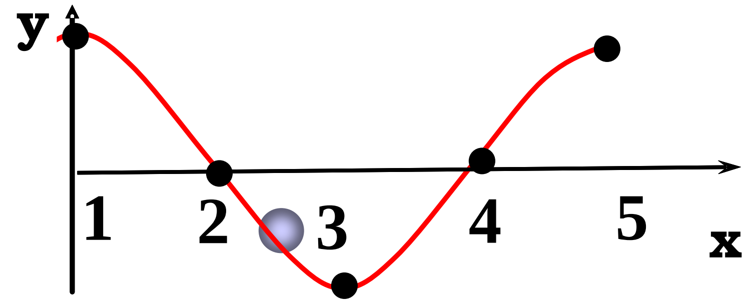
驻波方程： $y = 2A\cos\frac{\omega}{u}x\cos\omega t$

驻波方程：

$$y = 2A\cos\frac{\omega}{u}x\cos\omega t$$

(1)驻波不是行波；

(2)每个质点都在作简谐振动，且每个质点的振幅不相同；



波腹位置：

$$\left|\cos\frac{\omega}{u}x\right| = \left|\cos\frac{2\pi}{\lambda}x\right| = 1$$

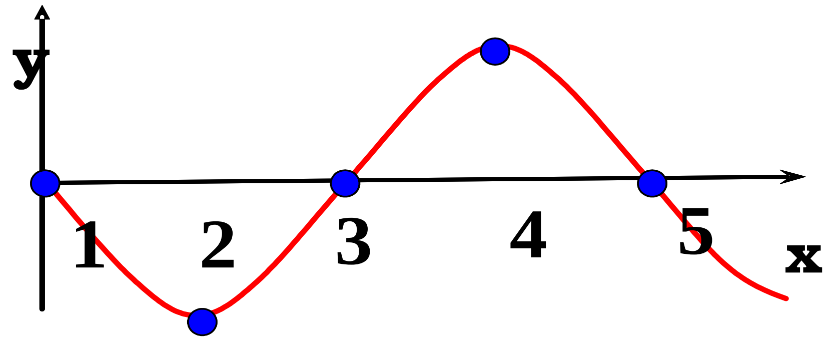
$$\frac{2\pi}{\lambda}x = k\pi \qquad x = k\frac{\lambda}{2}$$

波节位置：

$$\left|\cos\frac{\omega}{u}x\right| = \left|\cos\frac{2\pi}{\lambda}x\right| = 0$$

$$\frac{2\pi}{\lambda}x = (2k+1)\frac{\pi}{2} \qquad x = (2k+1)\frac{\lambda}{4}$$

三、驻波各质点振动的相位



(1)波节两边的质点，相位差相差π； 波腹两边的质点，相位相同。

(2) 相邻两波节之间的质点运动同向，故驻波的运动是一段一段的运动。

“驻”含义之二：

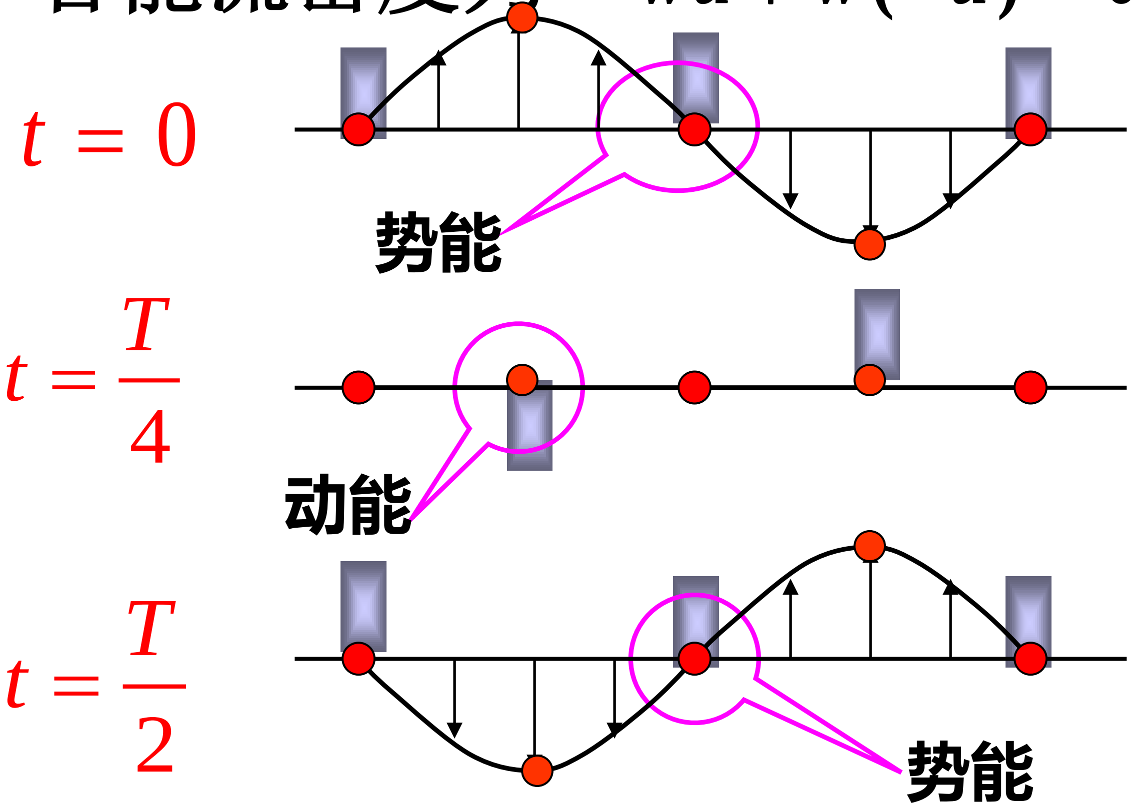
驻波不传播相位

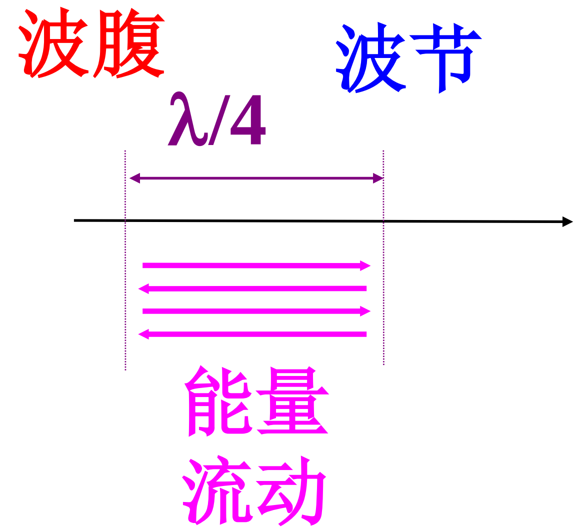
四、驻波的能量

“驻”含义之三：

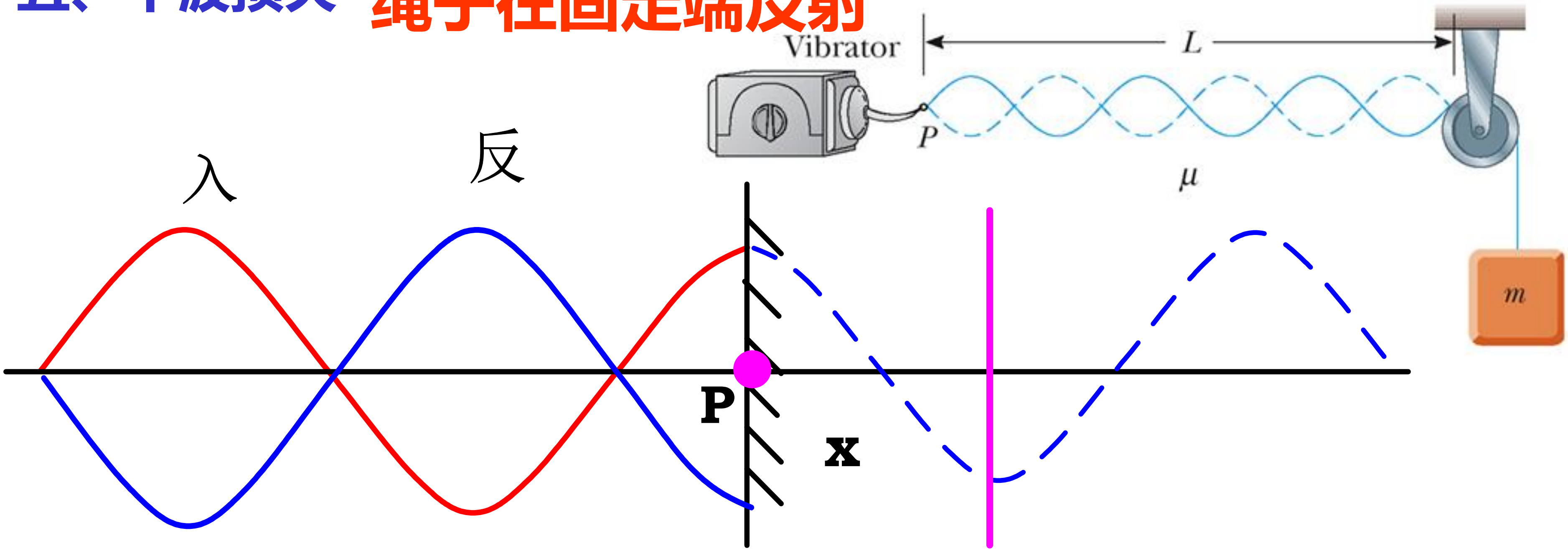
驻波不传播能量

- 合能流密度为 $\overline{w}\vec{u} + \overline{w}(-\vec{u}) = 0$





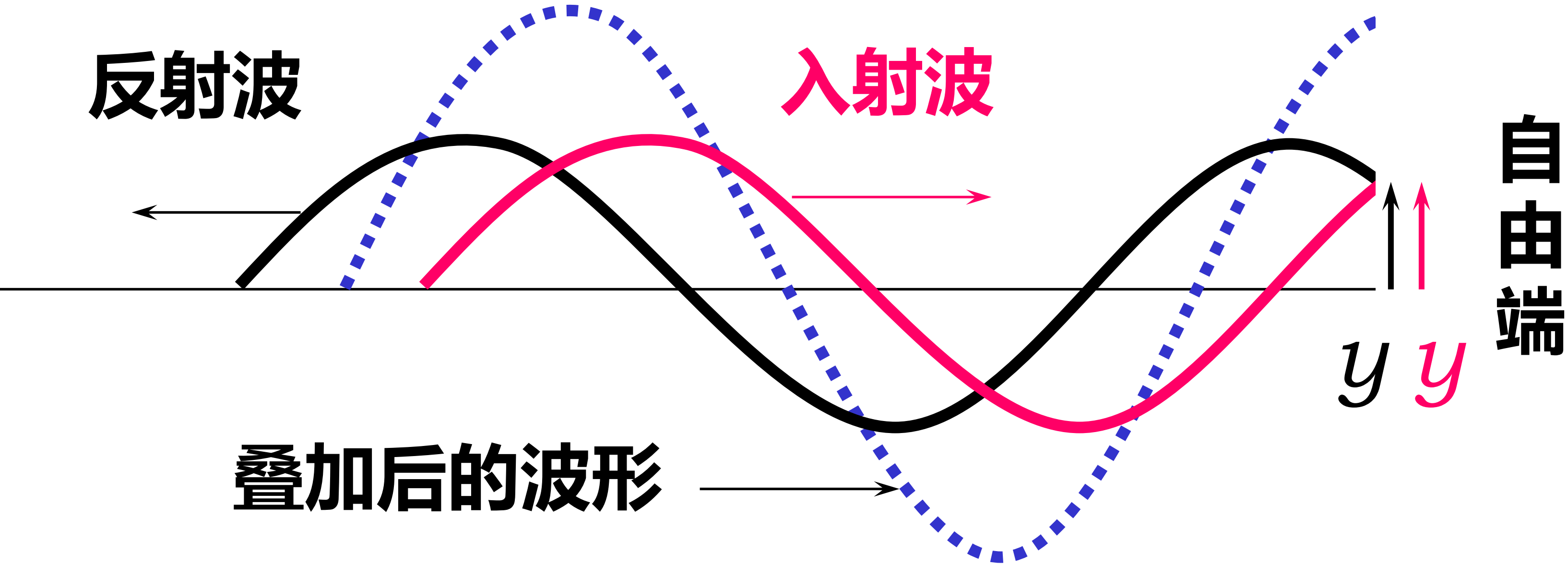
五、半波损失 绳子在固定端反射



反射波与入射波在P的相位差为π

称为π相位的突变，又称半波损失

绳子波在自由端反射



在反射端形成波腹在反射端入射波和反射波位相相同，无半波损失。

出现半波损失的情况

对于机械波

波密媒质：密度ρ与波速u的乘积ρu较大的媒质。

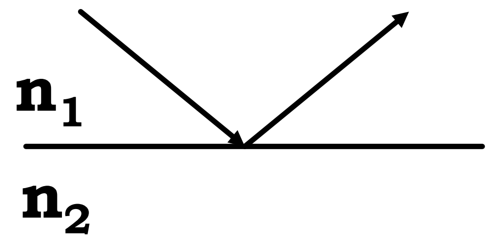
波疏媒质：密度ρ与波速u的乘积ρu较小的媒质。

若波由 波疏媒质=>波密媒质，则有半波损失

对于光学中的光波

光密媒质：折射率n较大的媒质。

光疏媒质：折射率n较小的媒质。

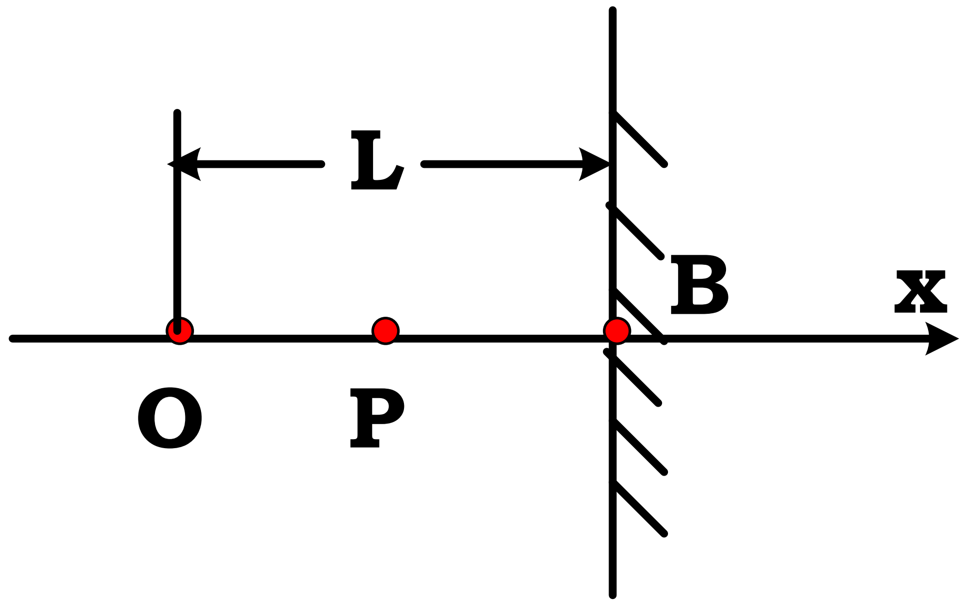


若波由 光疏媒质=>光密媒质，则有半波损失

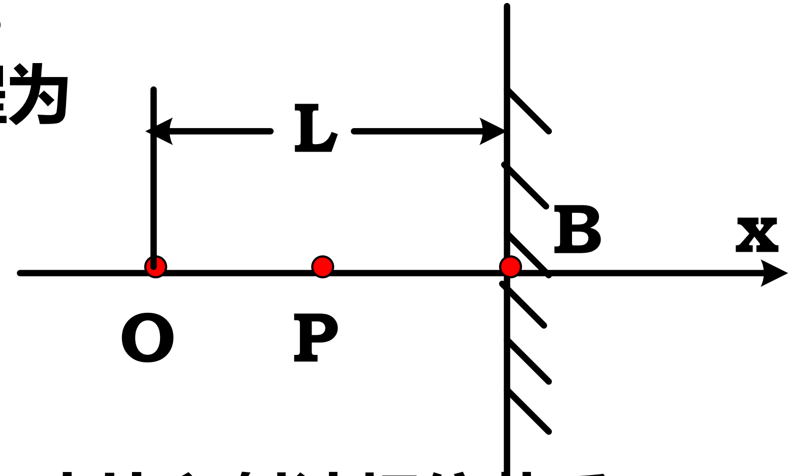
例题：平面简谐波在距一反射面B为L处的振动规律为

$$y = A\cos\omega t$$

，设波速为 u，反射时有半波损失，求入射波及反射波的表达式。



解：建立合适的坐标系，如图所示。



入射波向波传播，故它的波动方程为

$$y_{入} = A\cos\omega\left(t - \frac{x}{u}\right)$$

入射波在B点的振动方程为

$$y_{B入} = A\cos\omega\left(t - \frac{L}{u}\right)$$

在B点，有π相位突变，故反射波在B点比入射波相位落后π，因此反射波在B点的振动方程为：

$$y_{B反} = A\cos\left[\omega\left(t - \frac{L}{u}\right) + \pi\right]$$

对于反射波，任选P点，它比B点落后，故反射波方程为

$$y_{反} = A\cos\left[\omega\left(t - \frac{L-x}{u}\right) - \frac{\omega L}{u} + \pi\right]$$

$$= A\cos\left[\omega t + \frac{2\pi}{\lambda}x - \frac{4\pi L}{\lambda} + \pi\right]$$

六、驻波的本征波长和本征频率

在两端固定的细绳中，形成驻波的条件为

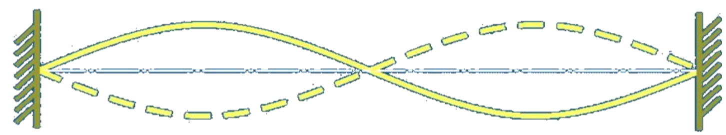
$$L = k\frac{\lambda_k}{2} \qquad k = 1, 2, 3, \cdots$$

基频

$$L = \lambda/2$$

波长 $\lambda_k = \dfrac{2L}{k}$

二次谐频

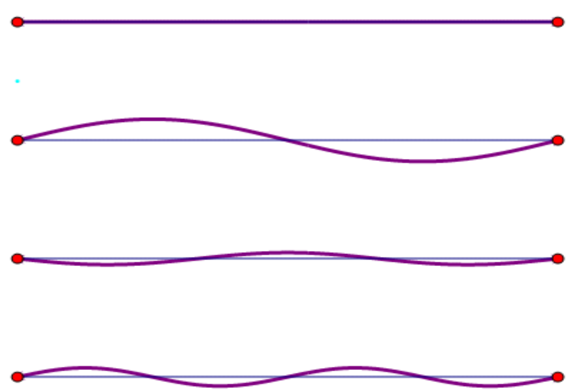


$$L = \lambda$$

波频 $\nu_k = k\dfrac{u}{2L}$

三次谐频

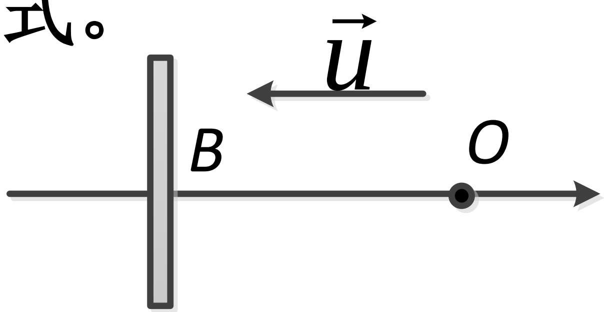
$$L = 3\lambda/2$$



例、如图，弹性媒质中有一沿**x**轴负向传播的平面波，其表达式为

$$y = 0.01\cos\left(4t + \pi x - \frac{\pi}{2}\right)$$

，若在**x=-5m**处**B**有一媒质分界面。且分界面处反射波相位突变，设反射波强度不变，**(1)**试写出反射波表达式**,(2)**若以**B**为坐标系原点，试写出反射波表达式。



本章小结

1. 一维简谐波的波函数

$$y(x,t) = A\cos(\omega t \pm kx + \phi_0)$$

$$= A\cos[2\pi(\nu t \pm \frac{x}{\lambda}) + \phi_0]$$

其中，*x* 前的±号由波的传播方向确定． 波沿 *x* 正方向传播，取负号；波沿 *x* 负方向传播，取正号．

平面简谐波能量特点

2. 惠更斯原理

行进中的波面上任意一点都 可看作是新的子波源；所有子波源各自向外发出许多子波；各个子波所形成的包络面，就是原波面在一定时间内所传播到的新波面．

3. 波的干涉

当 $\Delta\varphi = \pm 2k\pi \qquad k = 0,1,2,\cdots$ 干涉加强

$\Delta\varphi = \pm(2k+1)\pi \qquad k = 0,1,2,\cdots$ 干涉相消

4. 波的能量

能量密度, 能流，能流密度

5. 驻波

驻波表达式

驻波的 入射波和反射波波函数，注意：半波损失

驻波能量特点