10-4 惠更斯原理 波的衍射和干涉

10-4 惠更斯原理 波的衍射和干涉

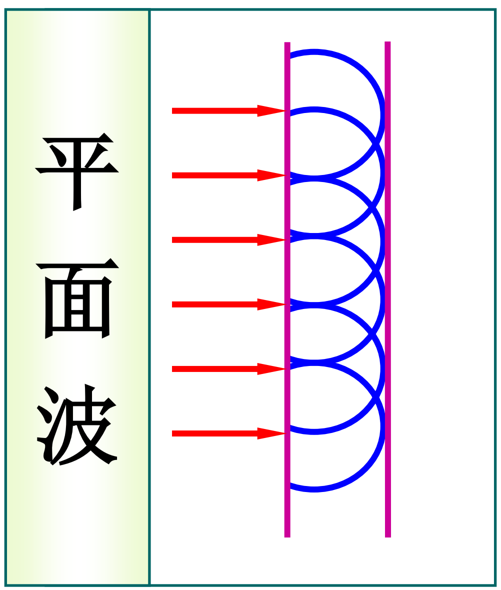
一 了解惠更斯原理和波的叠加原理.

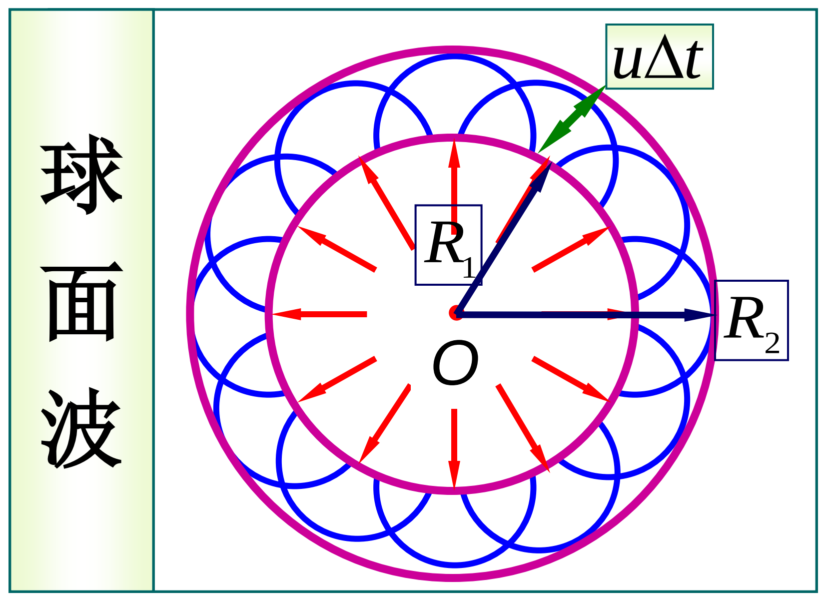
二 理解波的相干条件，能应用相位差和波程差分析、确定相干波叠加后振幅加强和减弱的条件.

10-4 惠更斯原理 波的衍射和干涉

一 惠更斯原理

介质中波动传播到的各点都可以看作是发射子波的波源，而在其后的任意时刻，这些子波的包络就是新的波前.

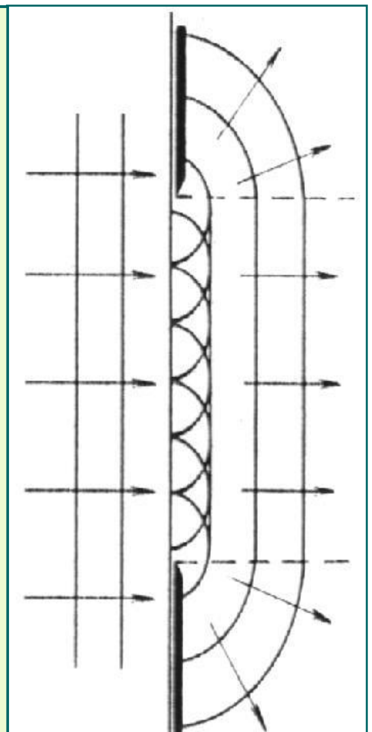




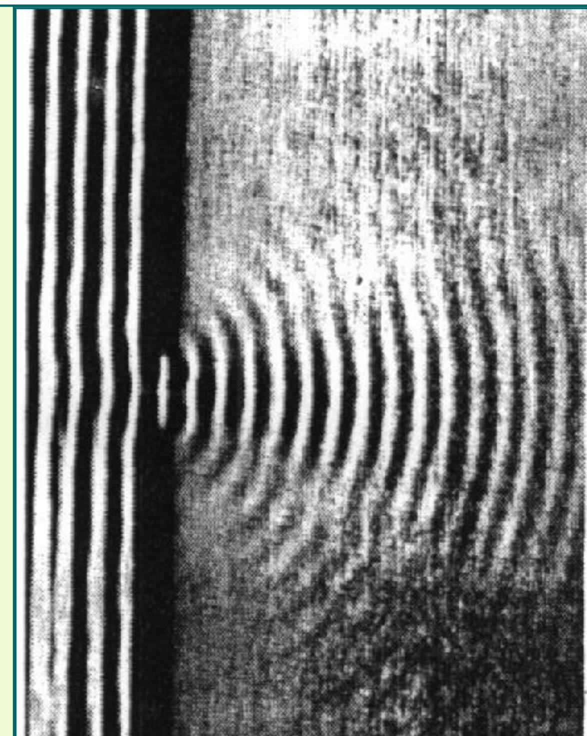
二 波的衍射

波在传播过程中遇到障碍物，能绕过障碍物的边缘，在障碍物的阴影区内继续传播.

波的衍射



水波的衍射

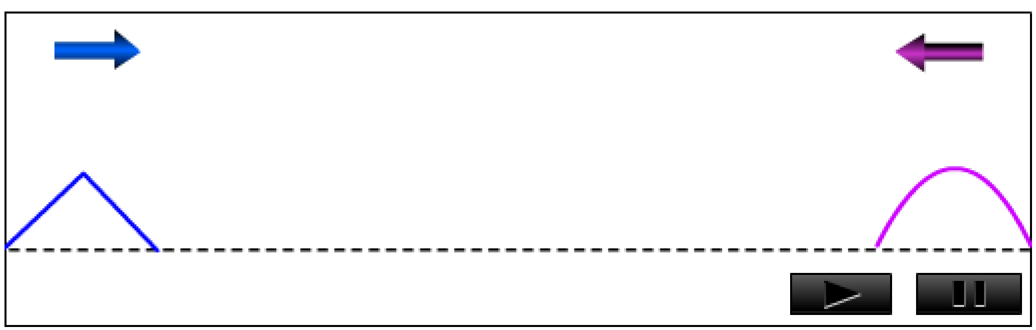


三 波的干涉

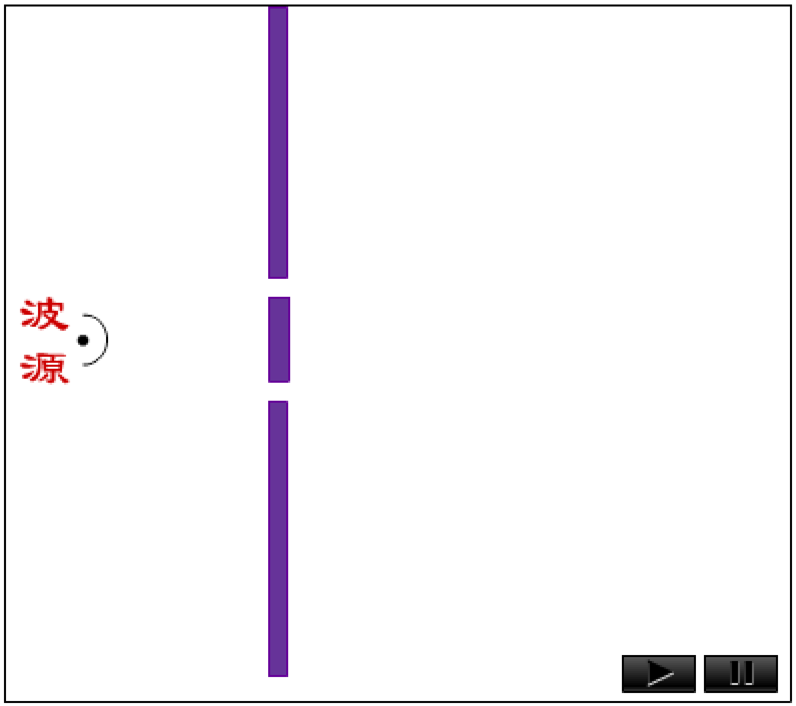
1 波的叠加原理

波传播的独立性：两列波在某区域相遇后再分开，传播情况与未相遇时相同，互不干扰.

波的叠加性：在相遇区，任一质点的振动为二波单独在该点引起的振动的合成.



2 波的干涉



频率相同、振动方向平行、相位相同或相位差恒定的两列波相遇时，使某些地方振动始终加强，而使另一些地方振动始终减弱的现象，称为**波的干涉现象.**

(1) 干涉条件

波频率相同，振动方向相同，位相差恒定满足干涉条件的波称相干波.

(2) 干涉现象

某些点振动始终加强，另一些点振动始终减弱或完全抵消.

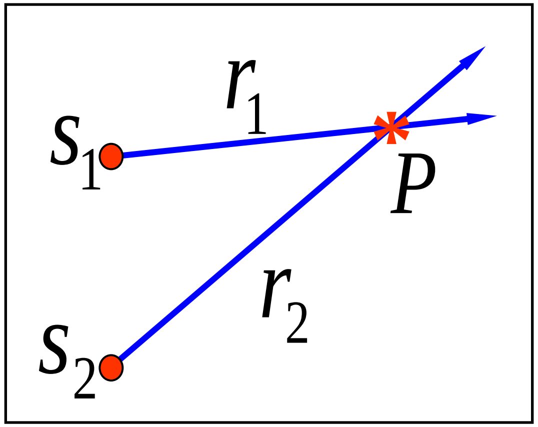
例 水波干涉 光波干涉

(3) 干涉现象的定量讨论

波源振动 $\begin{cases} y_1 = A_1\cos(\omega t + \varphi_1) \\ y_2 = A_2\cos(\omega t + \varphi_2) \end{cases}$

点 P 的两个分振动

$$\begin{cases} y_{1P} = A_1\cos(\omega t + \varphi_1 \boxed{-2\pi\dfrac{r_1}{\lambda}}) \\ y_{2P} = A_2\cos(\omega t + \varphi_2 \boxed{-2\pi\dfrac{r_2}{\lambda}}) \end{cases}$$



10-4 惠更斯原理 波的衍射和干涉

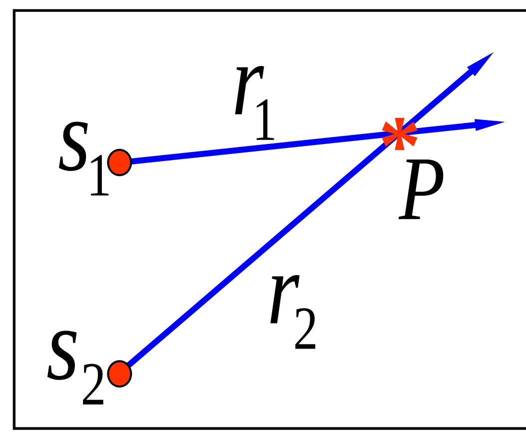
$$y_P = y_{1P} + y_{2P} = A\cos(\omega t + \varphi)$$

$$\tan\varphi = \frac{A_1\sin(\varphi_1 - \frac{2\pi r_1}{\lambda}) + A_2\sin(\varphi_2 - \frac{2\pi r_2}{\lambda})}{A_1\cos(\varphi_1 - \frac{2\pi r_1}{\lambda}) + A_2\cos(\varphi_2 - \frac{2\pi r_1}{\lambda})}$$

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos\Delta\varphi}$$

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

定值



10-4 惠更斯原理 波的衍射和干涉

讨 论

$$A=\sqrt{A_1^2+A_2^2+2A_1A_2\cos\Delta\varphi}$$

位相差$\Delta\varphi$决定了合振幅的大小.

干涉的位相差条件

当 $\Delta\varphi=2k\pi$时$(k=0,\pm1,\pm2,\pm3\ldots)$

合振幅最大 $A_{\max}=A_1+A_2$

当 $\Delta\varphi=(2k+1)\pi$

合振幅最小 $A_{\min}=|A_1-A_2|$

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

如果$\varphi_2=\varphi_1$即相干波源S1、S2同位相

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

$\delta=r_1-r_2$ 称为波程差（波走过的路程之差）

$$\Delta\varphi=\frac{2\pi}{\lambda}(r_1-r_2)=\frac{2\pi}{\lambda}\delta=\begin{cases}2k\pi & \text{加强}\\(2k+1)\pi & \text{减弱}\end{cases}$$

10-4 惠更斯原理 波的衍射和干涉

将合振幅加强、减弱的条件转化为干涉的波程差条件，则有

干涉的波程差条件

当 $\delta = r_1 - r_2 = k\lambda$ 时（半波长偶数倍）

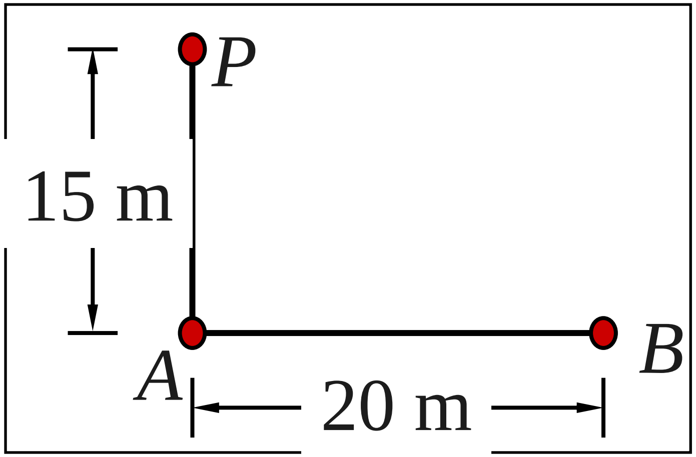
合振幅最大 $A_{max} = A_1 + A_2$

当 $\delta = r_1 - r_2 = (2k+1)\dfrac{\lambda}{2}$ 时（半波长奇数倍）

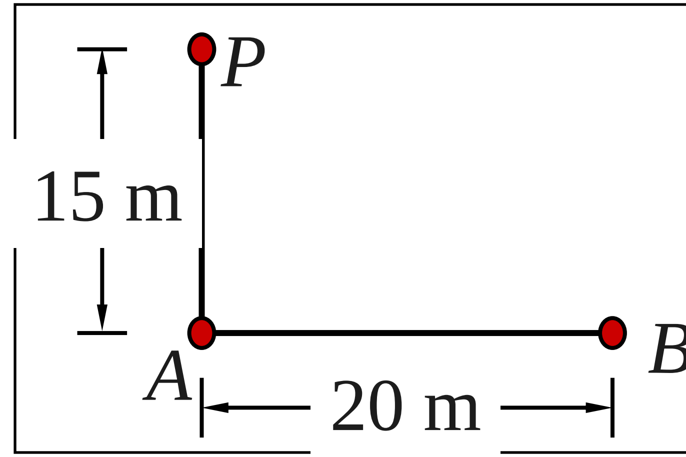
合振幅最小 $A_{min} = |A_1 - A_2|$

10-4 惠更斯原理 波的衍射和干涉

例 如图所示，A、B 两点为同一介质中两相干波源．其振幅皆为5 cm，频率皆为100 Hz，但当点 A 为波峰时，点B 恰为波谷．设波速为$10\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$，试写出由$A$、$B$发出的两列波传到点$P$ 时干涉的结果．



10-4 惠更斯原理 波的衍射和干涉



解 $$BP=\sqrt{15^2+20^2}=25$$

$$\lambda=\frac{u}{\nu}=\frac{10}{100}=0.10$$

设 A 的相位较 B 超前

$$\varphi_A-\varphi_B=\pi$$

$$\Delta\varphi=\varphi_B-\varphi_A-2\pi\frac{BP-AP}{\lambda}=-\pi-2\pi\frac{25-15}{0.1}=-201\pi$$

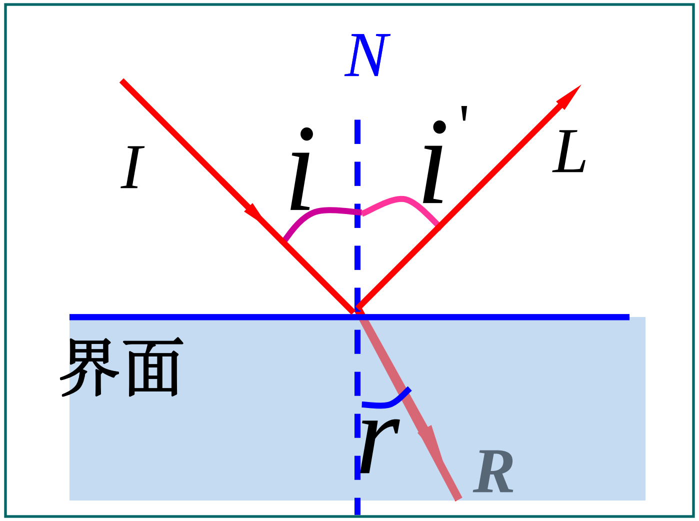
点P 合振幅 $A=\left|A_1-A_2\right|=0$

附 波的反射和折射

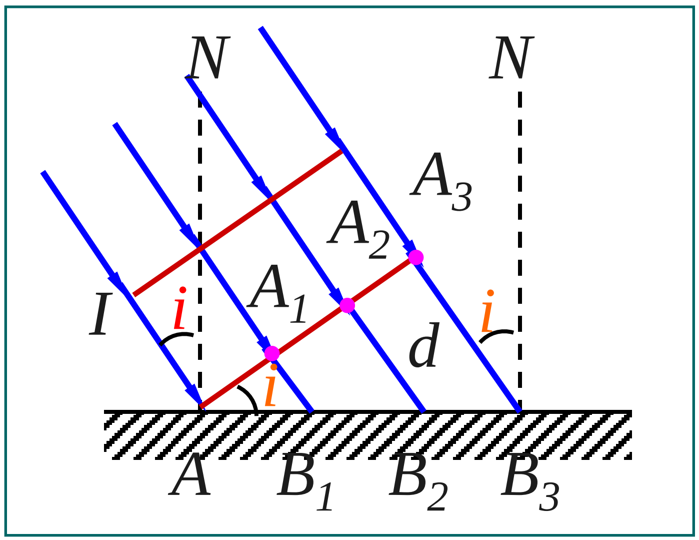
反射定律

（1）反射线、入射线和界面的法线在同一平面内；

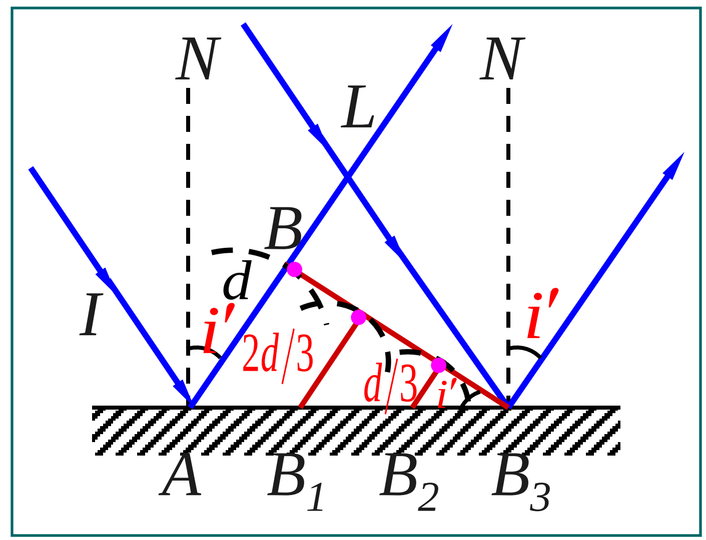
（2）$i = i'$



用惠更斯原理证明



时刻 t

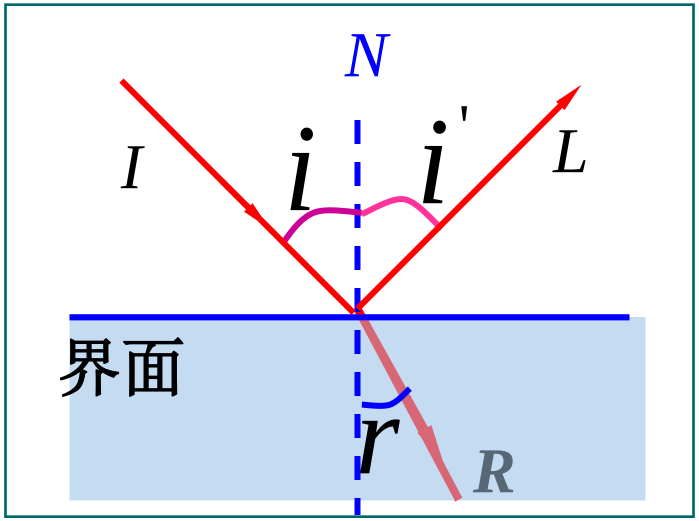


时刻 $t+\triangle t$

波的折射

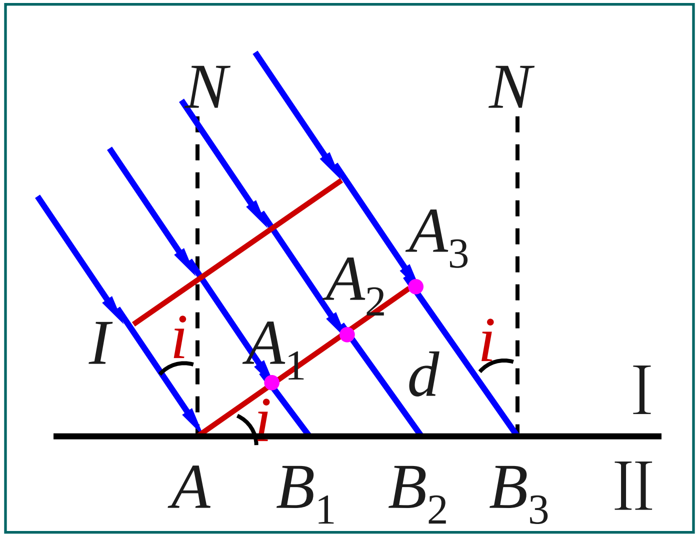
(1) 折射线、入射线和界面的法线在同一平面内；

(2) $$\frac{\sin i}{\sin r}=\frac{u_1}{u_2}$$

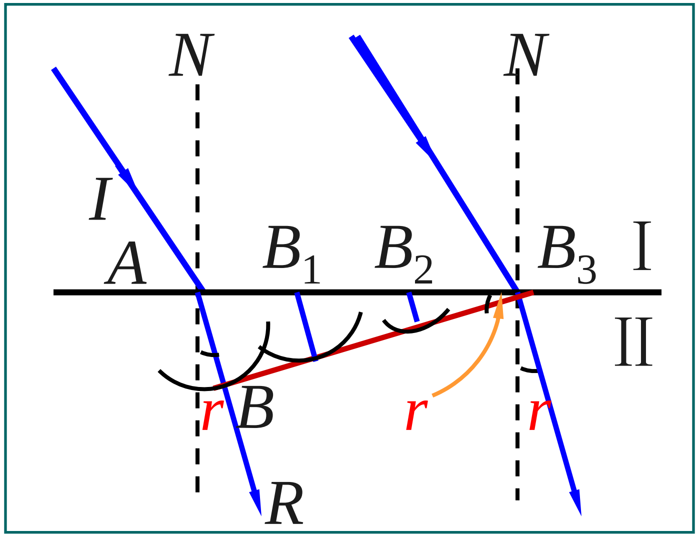


用惠更斯原理证明

10-4 惠更斯原理 波的衍射和干涉



时刻 t



时刻 $t+\triangle t$

$$A_3B_3 = u_1\Delta t \qquad AB = u_2\Delta t$$

$$\angle A_3AB_3 = i \qquad \angle BB_3A = r$$

所以
$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{A_3B_3}{AB} = \frac{u_1}{u_2}$$