

第十章 波动

横波（在固体中传播）

纵波（在固、液、气体中传播）

波长： λ

周期： T

频率： ν

波速： u

$$u = \frac{\lambda}{T}$$

$$u = \lambda\nu$$

波线、波面（同向波）、波前（波阵面）、球面波、平面波

平面简谐波：

（假设初相为零）

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

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

$$y = A\cos(\omega t - kx)$$

（左加右减）（区分振动方程和波动方程）

含初相位：

$$y = A \cos\left[\omega\left(t - \frac{x - x_0}{u}\right) + \phi\right]$$

相位差：

$$\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta x$$

(Δx 为波程差)

行波相速：

$$u = \lambda\nu = \frac{2\pi\nu}{\frac{2\pi}{\lambda}} = \frac{\omega}{k}$$

波动能量：

总能量：

$$dW = (\rho dV) A^2 \omega^2 \sin^2 \omega\left(t - \frac{x}{u}\right)$$

(当势能零点选在平衡位置，动能势能时时相等)

能量密度：

$$w = \frac{dW}{dV} = \rho A^2 \omega^2 \sin^2 \omega\left(t - \frac{x}{u}\right)$$

平均能量密度：

$$\bar{w} = \frac{1}{2} \rho A^2 \omega^2$$

在平衡位置处，动能和势能都达到最大值

(注意区分波动和简谐运动)

能流：

$$P = \omega u S$$

平均能流：(单位：瓦特 W)

$$\bar{P} = \bar{w}uS$$

能流密度（波的强度）：

$$I = \frac{\bar{P}}{S} = \bar{w}u = \frac{1}{2}\rho A^2\omega^2u$$

惠更斯原理

波的衍射

波的叠加原理：

1. 几列波相遇后，仍保持原特征不变，并按照原来的方向进行
2. 相遇区任一点的位移，为各列波单独存在时该点所引起的矢量和
(波的传播是独立进行的)

波的干涉：

相干波

相干波源

驻波：

定义：

驻波方程：

$$y = 2A\cos 2\pi \frac{x}{\lambda} \cos 2\pi \nu t$$

波节

波腹

多普勒效应：

1.波源不动，观察者相对介质速度 v_0

接近波源：

$$\nu' = \frac{u + v_0}{u} \nu$$

远离波源则反之（+变-）

2.观察者不动，波源相对介质速度 v_0 （ v_0 小于波速）

接近观察者：

$$\nu' = \frac{u}{u - v_s} \nu$$

远离观察者则反之（-变+）

3.两者同时运动

$$\nu' = \frac{u \pm v_0}{u \mp v_s} \nu$$

冲击波（激波）、声爆（声震）、船波、切连科夫辐射

平面电磁波

电磁波传播速度：

$$u = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\mu}}$$

电场强度：

$$E = E_0 \cos \omega \left(t - \frac{x}{u} \right) = E_0 \cos(\omega t - kx)$$

磁场强度：

$$H = H_0 \cos \omega \left(t - \frac{x}{u} \right) = H_0 \cos(\omega t - kx)$$

能量密度：

$$\boldsymbol{S} = \boldsymbol{E} \times \boldsymbol{H}$$

能量密度平均值：

$$\bar{S} = \frac{1}{2} E_0 H_0$$