波动

定义：一定的扰动的传播

机械振动在介质中的传播称为机械波，变化电场和变化磁场在空间的传播称为电磁波。

行波（travelling wave）：平面波在传输线上的一种传输状态，其幅度沿传播方向按指数规律变化，相应沿传输线按线性规律变化（把一根橡皮绳的一端固定在墙上，用手沿水平方向拉紧，手猛然向上抖动一次）

若以上抖动持续一次则为脉冲波。

脉冲波：一种间断的持续时间极短的突然发生的电信号。

都只是扰动的传播，介质本身并没有发生沿波的传播方向的迁移。

横波：扰动质元的运动方向和扰动的传播方向垂直（横波在外形上有波峰波谷）

纵波：扰动质元的运动方向和扰动的传播方向在一条直线上（纵波形成时介质的密度发生改变）

简谐运动：$y=A\cos(\omega t+\varphi) \Rightarrow y=A\cos\omega(t-\frac{x}{u})$

$u=\frac{dx}{dt}$ 波速：振动的相的传播速度，又称相速度。

相距 Δx 的两质点，$\Delta y=A\cos\omega((t-\frac{x}{u})-\frac{\omega\Delta x}{u})$

若 $\frac{\omega\Delta x}{u}=n2\pi \Rightarrow \frac{2\pi u}{\omega}=uT=\lambda$ ← 波长

波长：
- 一周期内任一给定的相所传播的距离
- 一周期内简谐扰动传播的距离。

同波面：若一个平面上的质点都沿同一方向做简谐运动，且平面上的质点的振动都是同相的，这些相同振动的点组成的平面称同波面或波面。

波动方程

$$y=A\cos\omega(t-\frac{x}{u}) \xrightarrow{\text{求导}t} \frac{\partial y}{\partial t}=-\omega A\sin\omega(t-\frac{x}{u}) \xrightarrow{\text{求导}t} -\omega^2A\cos\omega(t-\frac{x}{u})$$

$$\xrightarrow{\text{求导}x} \frac{\partial y}{\partial x}=\frac{\omega}{u}A\sin\omega(t-\frac{x}{u}) \xrightarrow{\text{求导}x} -\frac{\omega^2}{u^2}A\cos\omega(t-\frac{x}{u})$$

$$\Rightarrow \frac{\partial^2 y}{\partial x^2}=\frac{1}{u^2}\frac{\partial^2 y}{\partial t^2}$$

意义：任何物理量 y 不管是力学，电学或其他量，只要满足以上方程，则这一物理量就按波的形式传播

波的能量

$\Delta W = \Delta W_k + \Delta W_p = \rho\omega^2 A^2 \Delta V \sin^2\omega(t-\frac{x}{u})$ 体积为ΔV物体对应的能量.

$w = \frac{\Delta W}{\Delta V} = \rho\omega^2A^2\sin^2\omega(t-\frac{x}{u})$ 能量密度.

$\bar{w} = \frac{1}{2}\rho\omega^2A^2 = 2\pi^2\rho A^2\nu^2$ 一周期内的平均能量密度

$I = \bar{w}\cdot u$ 平均能流密度或波的强度. $I = \frac{1}{2}\rho\omega^2A^2u$

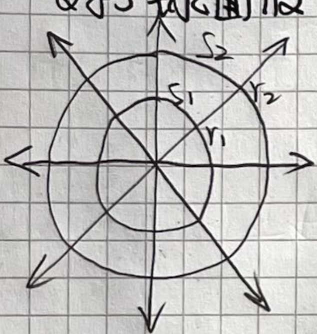
$P = I\cdot\Delta S = \bar{w}\Delta S u$ 能流：单位时间内通过该面积的能量.

对于两平行面.

$I_1S_1T = I_2S_2T \Rightarrow \frac{1}{2}\rho u\omega^2A_1^2S_1T = \frac{1}{2}\rho u\omega^2A_2^2S_2T_2 \Rightarrow A_1 = A_2\ (S_1=S_2)$

在均匀不吸收能量的介质中传播的平面波振幅保持不变.

对于球面波.



在介质不吸收能量的条件下，一个周期内通过这两个球面的能量应该相等. $S_1=4\pi r_1^2$ $S_2=4\pi r_2^2$

$A_1^2 4\pi r_1^2 = A_2^2 4\pi r_2^2 \Rightarrow A_1r_1 = A_2r_2$

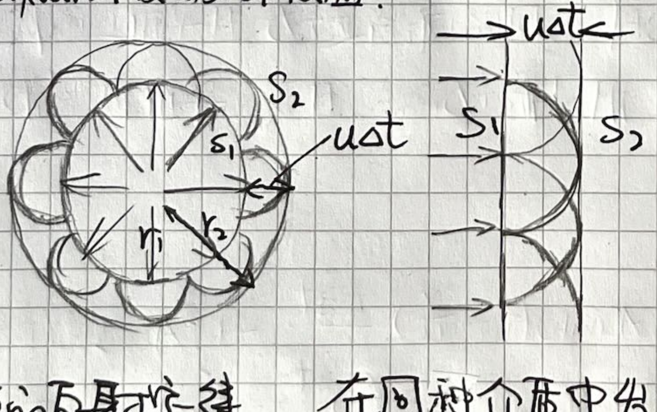
振幅与离波源的距离成反比

球面简谐波函数为: $y = \frac{A_1}{r}\cos\omega(t-\frac{r}{u})$

实际上 波在介质中的传播会被介质吸收一部分能量. 即使在平面波的情况下, 波的振幅也要延波的传播方向减小. 所吸收的能量通常转成介质内的内能.

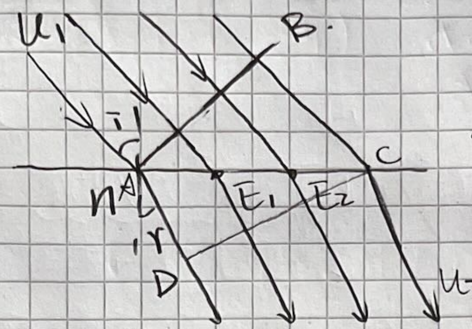
惠更斯原理

球形波面上的每一点都是一个次级球面波的子波源. 子波的波速与频率等于初级波的波速与频率. 此后每一时刻的子波波面的包络就是该时刻总的波动的波面.



波的反射定律, 在同种介质中发生反射, 入射角等于反射角.

折射定律: 如果波能进入到第二种介质, 则由于在两种介质中波速不同 在分界面上发生折射现象.



$BC = u_1 \Delta t = AC\sin i$

$AD = u_2 \Delta t = AC\sin r$

$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{u_1}{u_2} = n_{21}$

第二种介质对第一种介质的相对折射率

$\sin r = \frac{u_2}{u_1}\sin i$

若$u_2 > u_1$，当入射角i大于某一值时，等式右侧的值将大于1而使折射角r无解，这时没有折射线产生，入射波将全部反射回原来的介质。这种现象叫全反射，产生全反射的最小入射角称为临界角

波的叠加与驻波

波的叠加原理：n列波可以保持各自的特点(频率，波长，振幅，振动方向等)同时通过同一介质，因此在n列波相遇或叠加的区域内，任一点的位移为各个波在该点产生的位移的合成。(仅在波强度较小时)

驻波：在同一介质中两列频率，振动方向相同，振幅也相同的简谐波在同一直线上沿相反方向传播。

$y_1 = A\cos(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}x)$ $y_2 = A\cos(\omega t + \frac{2\pi}{\lambda}x)$

$y = y_1 + y_2 = A\cos(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}x) + A\cos(\omega t + \frac{2\pi}{\lambda}x)$

$y = \underbrace{2A\cos\frac{2\pi}{\lambda}x}_{\text{振幅}}\ \underbrace{\cos\omega t}_{\text{简谐运动}}$ ← 驻波表达式

对于上式中振幅最大的位置称为波腹，即$|\cos\frac{2\pi}{\lambda}x| = 1 \Rightarrow x = k\frac{\lambda}{2}$

振幅为0的位置称为波节，即$|\cos\frac{2\pi}{\lambda}x| = 0 \Rightarrow x = (2k+1)\frac{\lambda}{4}$

由以上两式可看出，相邻两波腹和相邻两波节之间距离为$\frac{\lambda}{2}$，方此得到测量波长方法。

多普勒效应 (Doppler effect)

如果波源或接收器或两者相对于介质移动，则发现接收到的频率和波源的振动频率不同，这种接收器接收到的频率依赖于波源或观察者运动的现象称为多普勒效应

例：火车由远及近再到离开，汽笛音调由低到高再到低

① 相对于介质波源不动，接收器以v_R运动。(假设向着波源移动)

$\nu_R = \frac{u + v_R}{\lambda} = \frac{u + v_R}{u/\nu} = \frac{u + v_R}{u}\nu$

② 相对于介质接收器不动，波源以V_s运动.（假设波源向接收器运动）

$$\lambda = \lambda_0 - V_s T_s = (u - V_s) T_s = \frac{u - V_s}{\nu_s}$$

$$\nu = \frac{u}{\lambda} = \frac{u}{u - V_s}\nu_s$$ 波的频率.

$$\nu_R = \frac{u}{u - V_s}\nu_s$$ 接收器由于静止接收到的频率）

③ 相对于介质，波源和接收器同时运动.

波源与接收器相向运动 $\nu_R = \frac{u+V_R}{u-V_R}\nu_s$

波源与接收器彼此离开 $\nu_R = \frac{u-V_R}{u+V_R}\nu_s$

光的干涉.

光波也服从叠加原理，也可以产生驻波。满足一定条件的两束光叠加时，在叠加区域的光强或明暗有一稳定的分布.

杨氏双缝干涉.

处于同一平面的两光源，它们发出的光波进行叠加。在叠加区域放一块白屏，在白屏上就能看到等距的明暗相间条纹. 通过此实验肯定的光的波动性

若将两光源改为一光源，且在该光源前放置开双缝的遮光板，双缝距离光源距离分别相同，则在远处白板上出现明暗程度不同的一系列条纹，其中光强最强，即合振幅最大的条纹称为相长干涉，从亮到暗按 $K=0,1,2\cdots$ 分级。其中$K=0$处的明条纹称为零级明纹，或中央明纹。暗纹处称为相消干涉，即叠加后合振幅最小，强度最小而形成暗纹.

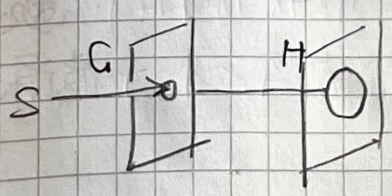
光强在屏上的分布.

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos\Delta\varphi$$ — 两分振动的相差.

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1I_2}\cos\Delta\varphi$$ ← 由于 $I \propto A^2$

光的衍射.

光的衍射是基于波的衍射基础上的，波的衍射指，波在其传播路径上如果遇到障碍物，它能绕过障碍物的边缘而进入几何阴影内传播的现象.



在一遮光屏G上开一小孔，H为一观察屏，则在H上观察到一个比G上开孔更大的光斑，并且周围有一些圆环.

若将G更换为开一条缝的遮光板，则在H上观察到明暗条纹.

光的衍射现象：光也能绕过障碍物的边缘传播，且衍射后能形成有明暗相间的衍射图样.（也就在一定程度上证明了光的粒子性）