$-F=ma$

$-kx=m\frac{d^2x}{dt^2}$ 令 $\frac{k}{m}=\omega^2$ $-\frac{k}{m}x=\frac{d^2x}{dt^2}$

动力学方程 得 $x=A\cos(\omega t+\varphi)$ $\begin{cases} v=\frac{dx}{dt} \\ a=\frac{dv}{dt}\end{cases}$

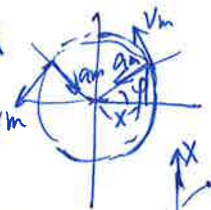
简谐运动 运动方程

$T=\frac{2\pi}{\omega}$，$\nu=\frac{1}{T}$

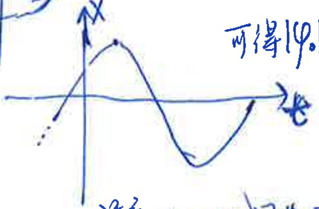
1. 描述方法

解析法 $x=A\cos(\omega t+\varphi)$

旋转矢量法 图解法



振动图线法



可得 $|\varphi|, T, A$

注意 1. 时间靠后的点超前 t个图像移动，可反映矢量图的逆时针转动 2. 分析方法与运传充分

2. 简谐运动系统能量

$E_p=\frac{1}{2}kx^2$ $E_k=\frac{1}{2}mv^2$ $E_总=\frac{1}{2}kA^2$ $(\frac{k}{m}=\omega^2)$

3. 运动合成

同振动方向、同频率简谐运动 → 用矢量法直接合成 →ω 角速度相等，合振动任意时刻相对静止！

振动方向垂直，同频率… → 画图解 $\Delta\varphi=\begin{cases}k\pi & 直线 \\ (2k+1)\frac{\pi}{2} & 椭圆 或圆\end{cases}$

波函数

波. $y=A\cos[\omega(t-\frac{x}{u})+\varphi]$

*波传播的实质是相位的传播，介质中各质点并不随波前进

超前 落后

1. 确定波函数

1. 找 A
2. 确定 ω（y-x图 $\omega'=\frac{\omega}{u}$）
3. 定 u（右正、左负）（右减左加）
4. 定 $\varphi_{初}$ {远u找 相位变化方向 判断正负；由y和传方向知值决定 $y|=A\cos\varphi$}

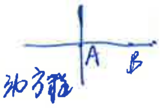
2. 求 B点 某点的原点的波函数

法一：先求该点振动方程，再得波动方程

法二：~~直接把 $x=x_0$ 代入 A点 波动方程~~（~~x_0为B相对A位置，有正负~~）

适合求 $(t-t')$ 和原点方程

得到某点 x_0 波动方程，把 $x=x_0$ 代入B即可得A点（原点）振动方程 已确定原点，故也可确定 x_0



3. 波的能量 → 动能和势能同时增减

能量密度 $w=\frac{dE}{dV}=\frac{2dE_k}{dV}=\frac{\rho dVA^2\omega^2\sin[\;]}{dV}$

单位体积的波动能量

$\bar{w}=\frac{1}{T}\int_0^T w=\frac{1}{2}\rho A^2\omega^2$

能流密度 — 能流 $P=\frac{W u dS\,T}{dt}=\frac{1}{T}\int_0^T=\frac{1}{2}\rho A^2\omega^2 u=\bar{w}u$

能流密度 $I=\frac{P}{S}=\bar{w}u$

单位时间、单位面积的平均能量（波强）

*电磁波 $w=\frac{1}{2}(\varepsilon E^2+\mu H^2)=\varepsilon E^2$

$I=S=\frac{1}{2}u(\varepsilon E^2+\mu H^2)$ 折叙 $=EH$ $\bar{I}=\bar{S}=\frac{1}{2}E_0H_0$

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

4. 波的叠加原理干涉

波的叠加 → 波的干涉 {1. 频率相同 2. 振动方向相同 3. 相位差不变

能相干的波称相干波

相同时刻

$\Delta\varphi=[\omega t-\frac{2\pi}{\lambda}r_2+\varphi_2-(\omega t-\frac{2\pi}{\lambda}r_1+\varphi_1)]$

$=\varphi_2-\varphi_1-\frac{2\pi}{\lambda}(r_2-r_1)$ $\begin{cases}0+2k\pi, & 干涉加强 \quad k=0,\pm1,\pm2 \\ \pi+2k\pi & 干涉减弱\end{cases}$

*当波由同一波源发出 $\varphi_2-\varphi_1=0$

$\Delta\varphi=r_1-r_2=\begin{cases}k\lambda, & 干涉加强 \\ (2k+1)\frac{\lambda}{2}, & 干涉减弱\end{cases}$ $(k=0,\pm1,\pm2)$

5. 驻波 振幅相同 相干波 波形向相反方向传播 为了运算令 $\varphi=0$

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

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

振动的相位并没有传播出去。

$y=y_1+y_2=2A\cos\frac{2\pi}{T}t\cos\frac{2\pi}{\lambda}x$

$2A\cos\frac{2\pi}{\lambda}x=0$ 波节

$|2A\cos\frac{2\pi}{\lambda}x|=2A$ 波腹

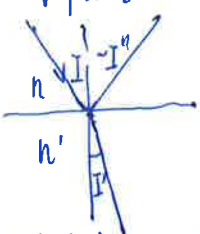
*特点 {相位：两波节间波的运动方向相同；能量：无位移上能量的传递

波节两侧波振动相位相差π

6. 半波损失 → 入射波在反射时发生π的相位突变

由波疏到波密 由波密到波疏

几何光学



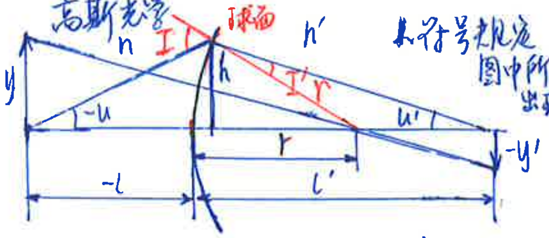
1. 反射即 $n'=n$，是折射的特殊情况
2. 光路可逆
3. 全反射临界角（由n大到n小）

↗ 折射 $\sin I$↑，则 I↑

折射定律

$$n'\sin I' = n\sin I$$

高斯光学



符号规定
图中所示均为绝对值，出现 $-l$，$-u$，则说明 l，u 是负数

假设1：光线的角度正弦值用弧度值取代
假设2：$l'u' = lu = h$

$$\frac{i}{-u} \approx \frac{\sin i}{-\sin u} = \frac{\sin I}{\sin(U)} = \frac{r-l}{r} \Rightarrow i = \frac{(l-r)}{r}u$$

$$\frac{i'}{u'} = \frac{\sin i'}{\sin u'} = \frac{\sin I'}{\sin U'} = \frac{l'-r}{r} \Rightarrow i' = \frac{(l'-r)}{r}u'$$

消 u，u'

$$\beta = \frac{y'}{y} = \frac{l'-r}{l-r} = \frac{\frac{n}{l}}{\frac{n'}{l'}}$$

$$\frac{n'}{l'} - \frac{n}{l} = \frac{n'-n}{r}$$

$$\beta = \frac{y'}{y} = \frac{l'-r}{l-r}$$

3. 物像位置关系

$\beta > 0$，l 和 l' 同号，物像在折射球面同一侧
y 和 y' 同号，成虚像

$\beta < 0$，l 和 l' 异号，物、像在折射球面异侧
y 和 y' 异号，成实像

$|\beta|$ 横向放大率 > 1，成放大像
< 1，成缩小像

$$\alpha = \frac{n'}{n}\beta^2$$

轴向放大率（垂直镜方向）

4. 球面镜反射
取 $n = -n'$

凹面镜 $r<0$
凸面镜 $r>0$

$$\beta = \frac{l'-r}{l-r} = -\frac{l'}{l}$$

$$\frac{1}{l'} + \frac{1}{l} = \frac{2}{r}$$

$$\beta = \frac{y'}{y} = -\frac{l'}{l},\quad \alpha = -\beta^2$$

5. 薄透镜成像

$$\frac{f'}{l'} + \frac{f}{l} = 1 \xrightarrow[\text{透镜放空气中}]{n_1 = n_2 = 1} \xrightarrow{-f' = f} \frac{1}{l'} - \frac{1}{l} = \frac{1}{f'}$$

△ 从左往右定正负时，f' 正负不会变号

f' 像方焦距（$l_1 \to \infty$，对应像点位置）

- $f' > 0$，凸透镜（从左往右时）
- $f' < 0$，凹透镜，

$$\beta = \beta_1 \cdot \beta_2 = \frac{l'}{l} \quad (\text{即 } n = n') \quad \alpha = \beta^2$$

6. 多次成像

1. $l_2 = l - d$ 两透镜之间距离
2. 一、十定义永远从左往右
3. 折射系统中 $l' < 0$ 则为成虚像（光线不会向后）
4. 最后一次成像正负确定像的虚实正反
5. 放大倍数相乘得最终放大倍数

光的干涉

1. 基本概念

$$\Delta\varphi=(\omega_1-\omega_2)t+(\varphi_1-\varphi_2)-2\pi\left(\frac{r_1}{\lambda_1}-\frac{r_2}{\lambda_2}\right)$$

⇓ 1. 三个相干条件 {频率相同、振动方向相同、相位差不变}

2. 光

$$\Delta\varphi=\varphi_1-\varphi_2-2\pi\left(\frac{n_1r_1}{\lambda}-\frac{n_2r_2}{\lambda}\right)$$

光走的路程：光程 $L=n\cdot r$ ①

ω相等，由 $c=\lambda\nu$，λ自然相等

⇓ 同一光源 $\varphi_1=\varphi_2$

$$\Delta\varphi=\frac{2\pi}{\lambda}(n_2r_2-n_1r_1)=\frac{2\pi}{\lambda}\delta=\begin{cases}0+2k\pi & (k=0,\pm1,\pm2)\\ \pi+2k\pi\end{cases}$$ ②

$$\Rightarrow\ \delta=\begin{cases}k\lambda & \text{明纹、增强}\\ (2k+1)\frac{\lambda}{2} & \text{暗纹、减弱}\end{cases}\quad(k=0,\pm1,\pm2\cdots)$$

2. 获得相干光方法

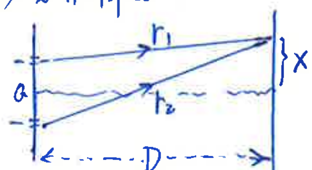
① 基本原理：把由光源上同一点发出的光设法分成两部分，使它们经过不同路径传播，在空间中相遇叠加起来

（即基本原则：同出一点，一分为二，各行其路，合二为一）

⇓ {两相干光振幅相差不太大；两相干光光程差相差不太大}

② 基本方法

〈1〉分波阵面



$D\gg a$

注意：
1. 在某一孔处插入透明介质（$n>1$），介质相当于在其相同路程中增加光程，故向插入方移动中央明纹
2. 考查插入介质后实验关系时只需在进阶公式中把 r_2-r_1 替换成初始公式即可
3. x可取正负，条纹以 x=0 对称分布

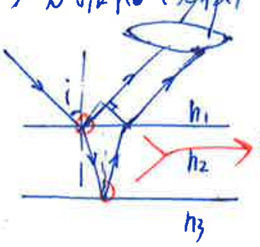
初始公式：$\delta=r_2-r_1=\frac{ax}{D}$

进阶公式（本质）：$\delta=L_2-L_1=\frac{ax}{D}$（光程）

$$\delta=\frac{ax}{D}=\begin{cases}k\lambda\ (k=0,\pm1,\pm2\cdots) & \text{明纹、增强}\\ (2k+1)\frac{\lambda}{2}\ (k=0,\pm1,\pm2\cdots) & \text{暗纹、减弱}\end{cases}$$

在 0 处的明纹称为中央明纹

〈2〉分振幅（光强）



$$\delta=2e\sqrt{n_2^2-n_1^2\sin^2 i}\left(+\frac{\lambda}{2}\right)$$

半波损失（光密到光疏）

- $n_1<n_2<n_3$，两波均损失，δ不加
- $n_1<n_2>n_3$，其一波损失，δ加 $\frac{\lambda}{2}$

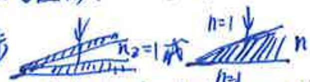
等倾干涉（n、h 相同、i 入射，经膜上下表面反射相干光束有相同光程差）

⇓ 取 i=0 时，默认 n_1, n_2, n_1

$$\delta=2n_2e+\frac{\lambda}{2}=\begin{cases}k\lambda & \text{明纹}\ (k=1,2\cdots)\\ (2k+1)\frac{\lambda}{2} & \text{暗纹}\ (k=0,1,2\cdots)\end{cases}$$

{增透膜 → 反射减弱；增反膜 → 反射加强} →（能量守恒）

等厚干涉



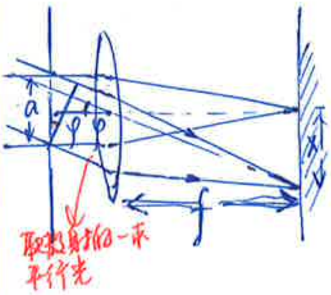
（入射角 i 保持不变，光程差仅与膜厚度有关）

$$\delta=2e+\frac{\lambda}{2}=\begin{cases}k\lambda & \text{明纹}\ (k=1,2\cdots3)\\ (2k+1)\frac{\lambda}{2} & \text{暗纹}\ (k=0,1,2\cdots)\end{cases}$$

e' 决定 k'，θ 越大，条纹越密

1. $\Delta e=\frac{\Delta l}{\sin\theta}$ → 特定type条纹间距
2. 算出 k 对应 l 均为条纹中央
3. 等倾干涉和等厚干涉中，只取 $\delta\geq0$!!
   ⇒ 故暗纹可从 0 开始，但明纹只从 1 开始
4. 区分第 m 条暗条纹和第 k 级暗条纹
   $m=k+1$ △注意 0 级暗纹！
5. $\sin\theta$ 通常 $\approx\theta$

光的衍射－单缝衍射



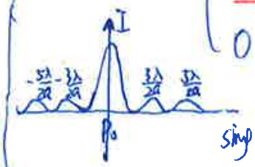
取衍射的一束平行光

1. 基础知识
   1. 光经过狭缝会发生散射一样的现象
   2. 在特定φ下，一束平行光会全部聚焦在平面上
   3. 取一束平行光，其最大光程差 $\delta_{max}=a\sin\varphi$
   且 $2\alpha=\frac{2\pi}{\lambda}\delta_{max}=\frac{2\pi}{\lambda}a\sin\varphi$（相位差）
   至于为什么有个 2，我不知道

2. 分半波带法

$$\delta=a\sin\varphi=\begin{cases}2k\cdot\frac{\lambda}{2} & \text{偶数个半波带 暗纹}\\ (2k+1)\frac{\lambda}{2} & \text{奇数个半波带 亮纹}\\ 0 & \text{中央明纹}\end{cases}\quad(k=1,2,3\cdots)$$

k 不能从 0 开始，是因为 1 级明纹 δ 要大于 1 级暗纹 δ

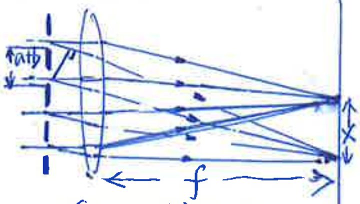


$\tan\varphi$

3. 条纹宽度 $x=\varphi\cdot f$

3

光的衍射 — 光栅衍射



1、光栅衍射与单缝明显不同，单缝中中央明纹宽度很大，其它各级明纹宽度较小，且强度随级数递减；
光栅中随狭缝增多，明纹宽度增加而条纹变细，之间形成大片暗区

2、光栅衍射是单缝衍射和多缝干涉的结果

1、$\delta=(a+b)\sin\varphi$

各缝平行光间

$2\beta=\frac{2\pi}{\lambda}\delta=\frac{2\pi}{\lambda}(a+b)\sin\varphi$

各缝间平行光依次落后一个常数 2β 相位

$\frac{2\pi}{\lambda}(a+b)\sin\varphi=2k\pi$ →→→→→

$N\frac{2\pi}{\lambda}(a+b)\sin\varphi=2k'\pi$

$\Rightarrow \begin{cases}(a+b)\sin\varphi=k\lambda \quad (k=0,\pm1,\pm2,\cdots) & \text{主极大} \\ (a+b)\sin\varphi=\frac{k'}{N}\lambda \quad (k'=1,2,3\cdots, \text{且 } k'\neq kN) & \text{极小（暗纹）}\end{cases}$

2、屏幕上出现主极大最高级次

令 $\varphi=90^\circ$　$k_{max}<\frac{(a+b)\sin\varphi}{\lambda}$（不相等）

3、缺级

当 φ 同时满足 $\left.\begin{aligned}a\sin\varphi&=k'\lambda\\(a+b)\sin\varphi&=k\lambda\end{aligned}\right\}$ 光强相互叠加仍为零

$\Rightarrow k=\frac{a+b}{a}k'$，主极大缺级

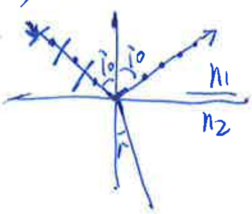
4、计算明条纹位置

$x=f\cdot\tan\varphi$（不可随意近似）

5、光谱宽度、角宽度、和重叠波长范围
某一级

$\Rightarrow$ 用 $(a+b)\sin\varphi=k\lambda$ 求解即可

3、布儒斯特角 → 反射光是光振动垂直于入射面的线偏振光



且折射光线垂直反射光线

$i_0+r=\frac{\pi}{2}$

$n_1\sin i_0=n_2\sin r=n_2\cos i_0$

$\Rightarrow \tan i_0=\frac{n_2}{n_1}$

光的偏振

1、根据偏振态性质
- 自然光 → 各振动方向上强度一致
- 线偏振光 → 各振动方向上强度不一
- 部分偏振光（平面偏振光）
- 椭圆偏振光（圆偏振光）

2、