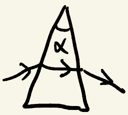
光学

第一章

$n_1\sin i_1 = n_2\sin i_2$. $n=\frac{c}{v}$

$i_c=\arcsin\frac{n_2}{n_1}$ 临界角



$n=\frac{\sin\frac{\alpha+\delta_{min}}{2}}{\sin\frac{\alpha}{2}}$ $\delta_{min}=(n-1)\alpha$ 最小偏向角

$[L]=nS$. 费马原理：空间两点间的实际光线路径是光程为平稳值的路径.

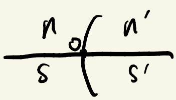
↑ 几何路径

即 $dL=0$

符号规则：以球面顶点O为基准，S在O左为实物. $s>0$. s'在O右为实像. $s'>0$

折射球面球心C在O右. $r>0$. 在主光轴向上. $y>0$

单球面傍轴



(r>0)

$\frac{n'}{s'}+\frac{n}{s}=\frac{n'-n}{r}$. 光焦度 $P=\frac{n'-n}{r}=\frac{n_{右}-n_{左}}{r}$

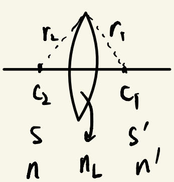
物方焦距 $f=\frac{n}{n'-n}r=\frac{n}{P}$. 像方焦距 $f'=\frac{n'}{n'-n}r=\frac{n'}{P}$

高斯公式：$\frac{f'}{s'}+\frac{f}{s}=1$. 牛顿公式：$x'x=f'f$. $x=s-f$, $x'=s'-f'$

横向放大率 $V=-\frac{ns'}{n's}$ $V<0$倒立 . $V>0$正立

角放大率 $\gamma=-\frac{s}{s'}$

薄透镜



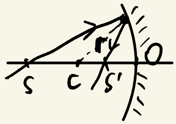
$\frac{n'}{s'}+\frac{n}{s}=\frac{n_L-n}{r_1}+\frac{n'-n_L}{r_2}$. $P_1=\frac{n_L-n}{r_1}$. $P_2=\frac{n'-n_L}{r_2}$. $P=P_1+P_2$

物方焦距 $f=\frac{n}{\frac{n_L-n}{r_1}+\frac{n'-n_L}{r_2}}$. 像方焦距 $f'=\frac{n'}{\frac{n_L-n}{r_1}+\frac{n'-n_L}{r_2}}$

$P=\frac{n}{f}=\frac{n'}{f'}$. $\frac{n'}{s'}+\frac{n}{s}=P$. 高斯公式 $\frac{f'}{s'}+\frac{f}{s}=1$

空气中高斯公式为 $\frac{1}{s'}+\frac{1}{s}=\frac{1}{f}$

球面反射 $\frac{1}{s'}+\frac{1}{s}=-\frac{2}{r}$. 物方.像方焦距 $f=f'=-\frac{r}{2}$



$\frac{1}{s'}+\frac{1}{s}=\frac{1}{f}$

显微镜 放大率 $M=M_{物}\times M_{目}$. $M_{物}=-\frac{L}{f_{物}}$. L:镜筒长度,即为物镜后焦点到所成实像距离

$M_{目}=\frac{D}{f_{目}}$. D:人眼的明视距离. $M=-\frac{LD}{f_{物}f_{目}}$

望远镜 视角放大率 $M=-\frac{f_{物}}{f_{目}}=-\frac{f'_{物}}{f'_{目}}$

开普勒型望远镜 $f_E=f'_E>0$. 凸透镜

伽利略型望远镜 $f_E=f'_E<0$. 凹透镜

第二章

$\psi=A\cos(\omega t-kz+\varphi_0)$. $k=\frac{2\pi}{\lambda}$ 空间角频率

偏振度 $P=\frac{I_{max}-I_{min}}{I_{max}+I_{min}}$. (反衬度)

偏振片:

线偏振光: $I=I_0\cos^2\alpha$ (马吕斯定律)

自然光: $I=\frac{1}{2}I_0$

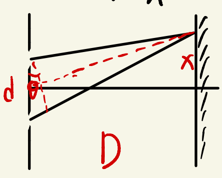
布儒斯特定律: 反射光与折射光垂直时,反射光为线偏振光. $i_0=\arctan\frac{n_2}{n_1}$

第三章

相干条件: (1)频率相同 (2)振动方向不垂直 (3)有稳定的初相位差

$I=I_1+I_2+2\sqrt{I_1I_2}\cos\Delta\varphi$. 当$I_1=I_2=I_0$时 $I=2I_0(1+\cos\Delta\varphi)=4I_0\cos^2\frac{\Delta\varphi}{2}$

$\Delta\varphi=\frac{2\pi}{\lambda}\Delta L$



$\Delta L=d\sin\theta$. $\sin\theta=\frac{x}{D}$. $\Rightarrow \Delta L=d\frac{x}{D}$. $\Delta\varphi=\frac{2\pi}{\lambda}\cdot d\frac{x}{D}$

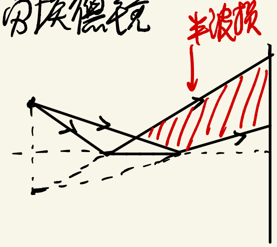
则 $I=4I_0\cos^2\frac{\pi dx}{\lambda D}$

干涉极大: $\frac{\pi dx}{\lambda D}=m\pi \Rightarrow x=m\frac{D}{d}\lambda$. 干涉极小: $\frac{\pi dx}{\lambda D}=(m+\frac{1}{2})\pi \Rightarrow x=(m+\frac{1}{2})\frac{D}{d}\lambda$

相邻两明纹间距 $\Delta x=\frac{D}{d}\lambda$

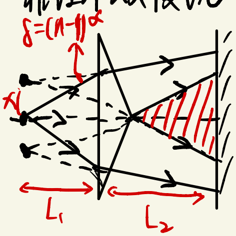
对不同波长光，能分辨最高级次：$(m+1)\frac{D}{d}\lambda = m\frac{D}{d}(\lambda+\Delta\lambda)$ $\Rightarrow$ $m=\frac{\lambda}{\Delta\lambda}$

劳埃德镜



$\Delta x=\frac{D}{d}\lambda$.　x=0处为干涉极小

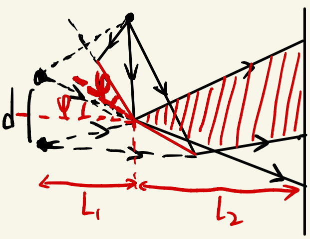
菲涅耳双棱镜



$x = L_1(n-1)\alpha$.　$D=L_1+L_2$

$$\Delta x=\frac{D}{d}\lambda=\frac{\lambda(L_1+L_2)}{2L_1(n-1)\alpha}$$

菲涅耳双面镜

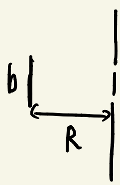


$d=L_1\cdot 2\varphi$.　$D=L_1+L_2$

$$\Delta x=\frac{D}{d}\lambda=\frac{\lambda(L_1+L_2)}{2L_1\varphi}$$

空间相干性

对比度 $\gamma=\left|\frac{\sin u}{u}\right|$.　$u=\frac{\pi b d}{\lambda R}=\frac{\pi b\beta}{\lambda}$.　b:光源宽度.　$\beta=\frac{d}{R}$



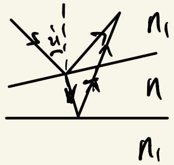
极限宽度为$u=\pi$时 ($\gamma=0$).　$b_c=\frac{\lambda R}{d}$

时间相干性：

谱线宽度为$\Delta\lambda$的光源，持续时间 $\tau=\frac{\lambda^2}{c\Delta\lambda}$.　波列长度 $L_c=c\tau=\frac{\lambda^2}{\Delta\lambda}$

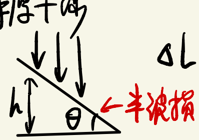
$\Delta L\le L_c$时可干涉

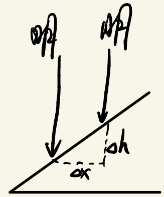
分振幅干涉



$\Delta L = 2h\sqrt{n^2 - n_1^2 \sin^2 i_1}$

等厚干涉





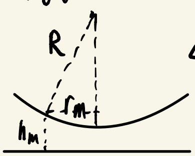
$\Delta L = 2h + \frac{\lambda}{2}$.　干涉极大: $2h + \frac{\lambda}{2} = m\lambda$.

干涉极小: $2h + \frac{\lambda}{2} = (m + \frac{1}{2})\lambda$

相邻明条纹对应厚度差: $\Delta h = \frac{\lambda}{2n}$.

相邻明条纹间距: $\Delta x = \frac{\lambda}{2n\sin\theta} \approx \frac{\lambda}{2n\theta}$

牛顿环



$\Delta L = 2h + \frac{\lambda}{2}$.　干涉极大: $2h + \frac{\lambda}{2} = m\lambda$.　干涉极小: $2h + \frac{\lambda}{2} = (m + \frac{1}{2})\lambda$

牛顿环中心点为暗点

$r_m^2 = R^2 - (R - h_m)^2 = 2Rh_m - h_m^2$.

当 $R \gg h_m$ 时. $r_m^2 \approx 2Rh_m$.　$h_m = \frac{r_m^2}{2R}$

于是干涉极大: $\frac{r_m^2}{2R} = \frac{1}{2}(m - \frac{1}{2})\lambda$.　于是 $r_m = \sqrt{\frac{(2m-1)R\lambda}{2}}$

干涉极小: $\frac{r_m^2}{2R} = \frac{1}{2}m\lambda$.　于是 $r_m = \sqrt{mR\lambda}$

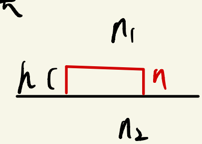
在第m个暗环处, 相邻暗条纹间距为 $\Delta r_m = \frac{dr_m}{dm} = \frac{R\lambda}{2r_m}$

曲面半径 $R = \frac{r_{m+N}^2 - r_m^2}{N\lambda}$

等倾干涉

$$\Delta r_N = r_{N+1} - r_N = \frac{fn\lambda}{2n_1^2 h i_1}$$

增透膜



$n_1 < n < n_2$ 时. 无半波损

$\Delta L = 2nh$

反射光束相消时. $\Delta L = (m + \frac{1}{2})\lambda$.　$h = (m + \frac{1}{2})\frac{\lambda}{2n}$

迈克尔孙干涉仪

每移动半个波长，则出现/消失一个条纹。

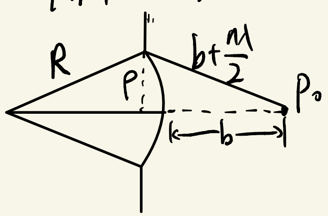
若移动 N 个，则移动距离 $D=N\frac{\lambda}{2}$

能够数 $1/a$ 个条纹变化时，则长精度为 $\lambda/2a$

第四章

菲涅耳衍射

半波带法 $A=A_1-A_2+A_3\cdots=\frac{1}{2}(A_1+(-1)^{n+1}A_n)$



$\rho=\sqrt{\frac{Rb}{R+b}n\lambda}$ ， $n=(\frac{1}{R}+\frac{1}{b})\frac{\rho^2}{\lambda}$

圆屏衍射

$A=(-1)^k\frac{A_{k+1}}{2}$

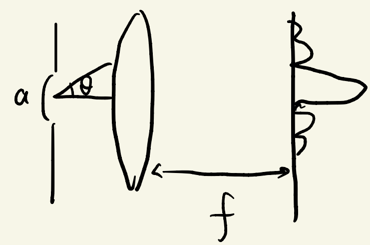
菲涅耳波带片

$\rho_n=\sqrt{\frac{Rb}{R+b}n\lambda}$ ， $\rho_n=\sqrt{n}\rho_1$ ， $n=(\frac{1}{R}+\frac{1}{b})\frac{\rho_n^2}{\lambda}$

令 $f=\frac{\rho_n^2}{n\lambda}=\frac{\rho_1^2}{\lambda}$ ， $\frac{1}{R}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$

单缝的夫琅禾费衍射

$I=I_0(\frac{\sin\alpha}{\alpha})^2$ ， $\alpha=\frac{\pi a\sin\theta}{\lambda}$



主极大： $\theta=0$ 时， $\alpha=0$

极小： $\alpha=\pm k\pi$ ，即 $\sin\theta=\pm k\frac{\lambda}{a}$

次级大： $\sin\theta=\pm1.43\frac{\lambda}{a}\cdots\cdots$

零级主极大亮斑宽度：

两侧极小位置： $\sin\theta=\pm\frac{\lambda}{a}$ ，傍轴 $\sin\theta\approx\theta$ ，于是半角宽 $\Delta\theta=\frac{\lambda}{a}$ ，角宽度 $2\Delta\theta=\frac{2\lambda}{a}$

线宽度 $\Delta x_0=f\cdot2\Delta\theta=2f\frac{\lambda}{a}$

次极大亮斑宽度： $\Delta x=\frac{1}{2}\Delta x_0$

圆孔的夫琅禾费衍射

$I = I_0\left(\frac{2J_1(u)}{u}\right)^2$. $u=\frac{2\pi}{\lambda}a\sin\theta$. a为圆孔半径

零级主极强为圆斑，光能约占84%，称为艾里斑.

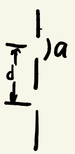
第一暗环位置. $u=1.22\pi$. $\Delta\theta = 0.61\frac{\lambda}{a} = 1.22\frac{\lambda}{D}$

艾里斑半径 $r = f\Delta\theta = 1.22\frac{\lambda f}{D}$

光学仪器的分辨本领：瑞利判据

最小分辨角：$\Delta\theta = 1.22\frac{\lambda}{D}$

双缝的夫琅禾费衍射



$I = 4I_0\left(\frac{\sin\alpha}{\alpha}\right)^2\cos^2\beta$. $\beta=\frac{\pi d\sin\theta}{\lambda}$. $\alpha=\frac{\pi a\sin\theta}{\lambda}$

单缝衍射　双缝干涉

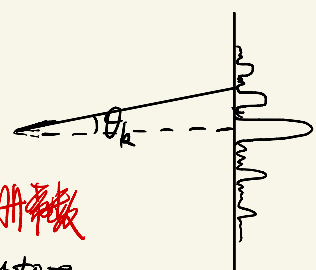
双缝衍射：单缝衍射对双缝干涉调制

双缝衍射极大（即双缝干涉极大）：$d\sin\theta=k\lambda$

双缝衍射极小（即双缝干涉极小）：$d\sin\theta=(k+\frac{1}{2})\lambda$

缺级（即单缝衍射极小 && 双缝衍射极大）：$\begin{cases} d\sin\theta=k\lambda \\ a\sin\theta=m\lambda \end{cases}$

光栅的夫琅禾费衍射：单缝衍射对缝间干涉调制



$I = I_0\left(\frac{\sin\alpha}{\alpha}\right)^2\left(\frac{\sin N\beta}{\sin\beta}\right)^2$. $\alpha=\frac{\pi a\sin\theta}{\lambda}$. $\beta=\frac{\pi d\sin\theta}{\lambda}$

单缝衍射　缝间干涉因子　光栅方程　d：光栅常数

主极大：$d\sin\theta=k\lambda$. 每两个主极大之间有N-1个零点，N-2个次极强

零点. $\sin N\beta=0$ 且 $\sin\beta\neq 0$. 即 $\beta=k\pi+\frac{m}{N}\pi$. N为栅线数

主极大的半角宽度$\Delta\theta_k$（k级）：$\sin\theta_k=k\frac{\lambda}{d}$（极大）到 $\sin(\theta_k+\Delta\theta_k)=(k+\frac{1}{N})\frac{\lambda}{d}$（此上第一零点，m=1）

于是 $\sin(\theta_k+\Delta\theta_k)-\sin\theta_k \approx (\sin\theta_k)'\Delta\theta_k = \cos\theta_k\cdot\Delta\theta_k = \frac{\lambda}{Nd}$. 于是半角宽 $\Delta\theta_k=\frac{\lambda}{Nd\cos\theta_k}$

中央主极大半角宽：$\cos\theta\approx1$，于是 $\Delta\theta_0=\frac{\lambda}{Nd}$

缺级：
- 干涉明纹：$d\sin\theta=\pm k\lambda$
- 衍射暗纹：$a\sin\theta=\pm k'\lambda$

光谱仪

光栅方程：$d\sin\theta=\pm k\lambda$

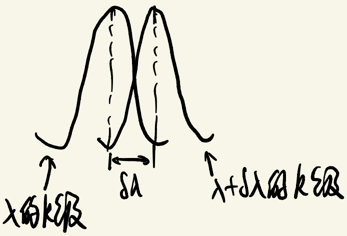
光栅的色散本领：角色散本领：$D_\theta\equiv\frac{\delta\theta}{\delta\lambda}=\frac{k}{d\cos\theta_k}$

线色散本领：$D_l\equiv\frac{\delta l}{\delta\lambda}=fD_\theta=\frac{kf}{d\cos\theta_k}$ f：像焦距

光栅的色分辨本领：$R\equiv\frac{\lambda}{\delta\lambda}$，能分辨的最小波长：$\delta\lambda=\frac{\lambda}{kN}$.

$R=kN$

N为槽线数.

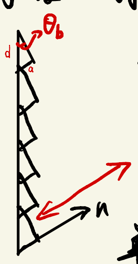


计算最高级数：

单波长算最高级数：利用 $\sin\theta_k=k\frac{\lambda}{d}\in[-1,1]$ 计算 k_{max}

多波长算最高级数：利用 $(k+1)\lambda_{小}=k\lambda_{大}$

闪耀光栅

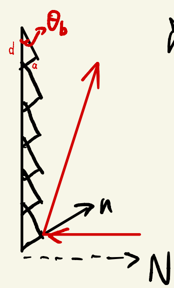


沿槽面法线n入射

$\Delta L=2d\sin\theta_b$

$2d\sin\theta_b=k\lambda$

单缝衍射0级主极大正好在λ波长的k级谱线上



沿光栅平面法线N入射

$\Delta L=d\sin2\theta_b$

$d\sin2\theta_b=k\lambda$

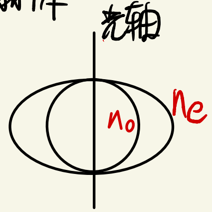
单缝衍射0级主极大正好在λ波长的k级谱线上

第五章

主平面：光线与光轴构成的平面

o光垂直主平面，e光在主平面内

正晶体：$n_o < n_e$　　　　负晶体：$n_o > n_e$



晶体相移器

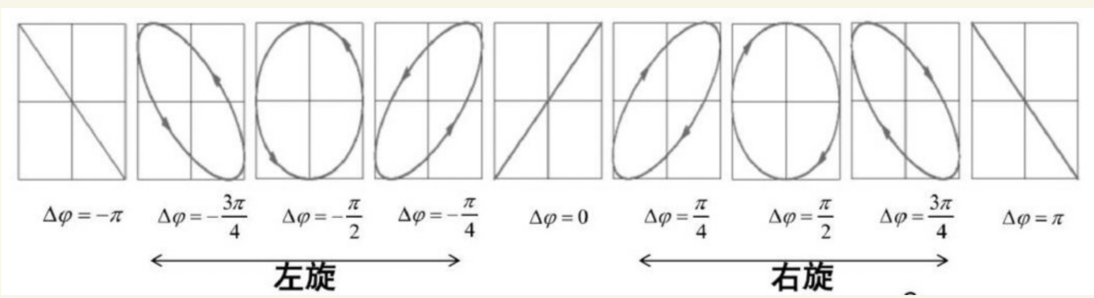
$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(n_e - n_o)d$.　$\Delta L = (n_e - n_o)d$

全波片：$\Delta\varphi = 2m\pi$.　$\Delta L = m\lambda$

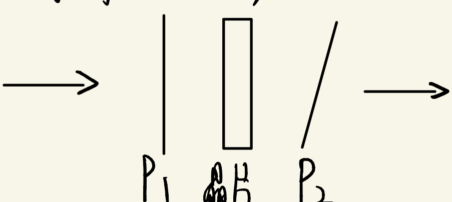
半波片：$\Delta\varphi = (2m+1)\pi$,　$\Delta L = (2m+1)\frac{\lambda}{2}$

1/4波片：$\Delta\varphi = (2m+1)\frac{\pi}{2}$.　$\Delta L = (2m+1)\frac{\lambda}{4}$

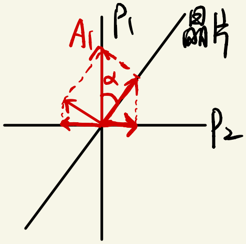
李萨如图形：



平行偏振光的干涉



$P_1 \perp P_2$ 时. $I_{2\perp} = A_1^2 \sin^2 2\alpha \sin^2\frac{\Delta}{2}$. $\Delta = \frac{2\pi}{\lambda}(n_e - n_o)d$



$\Delta = (2m+1)\pi$, $d = \frac{2m+1}{|n_e - n_o|} \cdot \frac{\lambda_0}{2}$ 干涉极大

$\Delta = 2m\pi$. $d = \frac{m\lambda_0}{|n_e - n_o|}$. 干涉极小

$P_1 \parallel P_2$ 时. $I_{2\parallel} = A_1^2 - A_1^2 \sin^2 2\alpha \sin^2\frac{\Delta}{2}$

$I_{2\perp} + I_{2\parallel} = A_1^2$

旋光效应

$\theta = \alpha d$ α: 旋光率. θ: 光矢量转过的角度. d: 样品的长度

$\theta = [\alpha] dc$. $[\alpha]$: 比旋光率. c: 浓度

第六章

线性吸收定律:

朗伯定律: $-dI = \alpha I dx$. 积分得 $I = I_0 e^{-\alpha z}$. α: 吸收系数. z: 通过长度

透射光

比尔定律: $\alpha = kc$. k: 常数. c: 浓度

朗伯-比尔定律: 吸光度 $A = \varepsilon l c$. $A = \lg\frac{I_0}{I_t} = \lg\frac{1}{T}$

色散

柯西色散公式: $n = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4}$

散射

散射粒子半径 a 与入射光波长 λ 之比 $a/\lambda < 0.1$. 瑞利散射. $I \propto \lambda^{-4}$

$a/\lambda = 0.1 \sim 10$. 米氏散射

$I = I_0 e^{-(\alpha_s + \alpha_a) l}$. α_s 为散射系数, α_a 为吸收系数

第七章

单色辐射本领

基尔霍夫辐射定律：$\dfrac{r_1(\lambda,T)}{\alpha_1(\lambda,T)} = \dfrac{r_2(\lambda,T)}{\alpha_2(\lambda,T)} = \cdots = f(\lambda,T)$

单色吸收本领

斯特藩-玻耳兹曼定律：$R = \sigma T^4$. $\sigma = 2.67\times10^{-8}\ W\cdot m^{-2}k^{-4}$

维恩位移定律：$T\lambda_m = b$. $b = 0.288\ cm\cdot K$

单色辐射本领 $r(\lambda,T)$ 的极大值对应波长

瑞利-金斯定律：$r_0(\lambda,T)d\lambda = \dfrac{2\pi c}{\lambda^4}KTd\lambda$

普朗克公式：$r_0(\nu,T) = \dfrac{2\pi h\nu^3/c^3}{\exp(h\nu/(KT)-1)}$

光电效应：

$eV_0 = mV_m^2/2$. V_0：反向截止电压 . V_m：最大速度

$mV_m^2/2 = eK(\nu-\nu_0)$ ν_0：截止频率

爱因斯坦公式：$mV_m^2/2 = h\nu - A$. A：脱出功