光学

Chp1. 基础知识

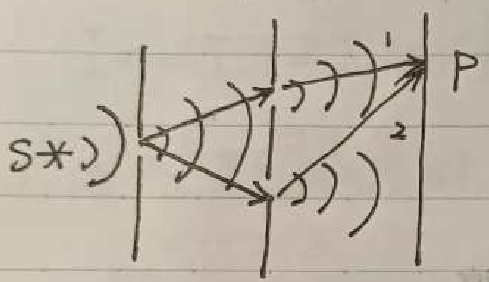
一、光的相干性

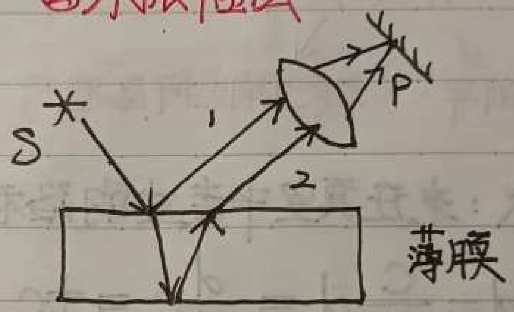
1. 两列光波相遇时发生干涉的必要条件：

①振动方向相同 ②振动频率相同 ③相位差恒定

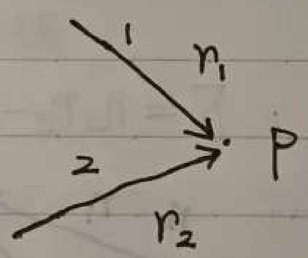
2. 由普通光源获得相干光的方法

①分波阵面法 ②分振幅法





3. 两列相干光相遇处的光强



$$E_1 = E_{10}\cos(\omega t - k_1 r_1 + \varphi_0)$$

$$E_2 = E_{20}\cos(\omega t - k_2 r_2 + \varphi_0)$$

$$E_0^2 = E_{10}^2 + E_{20}^2 + 2E_{10}E_{20}\cos\Delta\varphi$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \text{（波数）}$$

$$\Rightarrow \Delta\varphi = k_2 r_2 - k_1 r_1 = \frac{2\pi}{\lambda_2} r_2 - \frac{2\pi}{\lambda_1} r_1 = 2\pi\left(\frac{r_2}{\lambda_2} - \frac{r_1}{r_1}\right)$$

$$I \propto E^2$$

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}\,\overline{\cos\Delta\varphi}$$

完全相干光源：$\overline{\cos\Delta\varphi}=\cos\Delta\varphi$

↓

会形成稳定的明暗相间的光强分布图样

非相干光源：$\overline{\cos\Delta\varphi}=0$

$I=I_1+I_2$ （无明暗图样）

二. 光程差与相干光强

1. 光程：$n\times r$ （真空中 $n=1$）

折射率　光走过的几何路程

物理意义：光在真空中走过的路程

$$nr=\frac{c}{v}r=\frac{r}{v}c=tc=l_{真空}$$

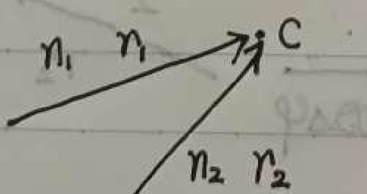
☆ $v=\frac{c}{n}$

$\lambda'=\frac{\lambda}{n}$

$\nu=\frac{c}{\lambda}$

频率

2. 光程差：$\delta=n_2r_2-n_1r_1$



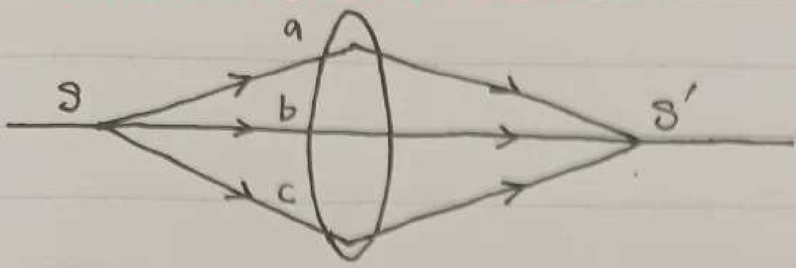
$$n\lambda=\frac{c}{v}\lambda=c\cdot\frac{\lambda}{v}=\frac{c}{\nu}=\lambda$$

$$I=I_1+I_2+2\sqrt{I_1I_2}\cos\Delta\varphi$$

$$\Delta\varphi=2\pi\left(\frac{r_2}{\lambda_2}-\frac{r_1}{\lambda_1}\right)=2\pi\left(\frac{n_2r_2}{n_2\lambda_2}-\frac{n_1r_1}{n_1\lambda_1}\right)=\frac{2\pi}{\lambda}\underbrace{(n_2r_2-n_1r_1)}_{\delta}$$

⇒ 相位差 $\boxed{\Delta\varphi=\frac{2\pi}{\lambda}\delta}$

☆使用透镜不产生附加光程差.



a.b.c三束光从S到S'的光程相同 ☆

3. 光程差与光强

$I_1 = I_2 = I_0$

$I = 2I_0 + 2I_0\cos\frac{2\pi}{\lambda}\delta = 2I_0(1+\cos\frac{2\pi}{\lambda}\delta)$

1° 当 $\frac{2\pi}{\lambda}\delta = 2k\pi$ 时, $\cos\frac{2\pi}{\lambda}\delta = 1$

即: $\boxed{\delta = 2k\cdot\frac{\lambda}{2}}$ $(k=0,\pm1,\pm2,\cdots)$ 时

$I_{max} = 4I_0$ —— 相干加强

2° 当 $\frac{2\pi}{\lambda}\delta = (2k+1)\pi$ 时, $\cos\frac{2\pi}{\lambda}\delta = -1$

即: $\boxed{\delta = (2k+1)\frac{\lambda}{2}}$ $(k=0,\pm1,\pm2,\cdots)$ 时

$I_{min} = 0$ —— 相干相消

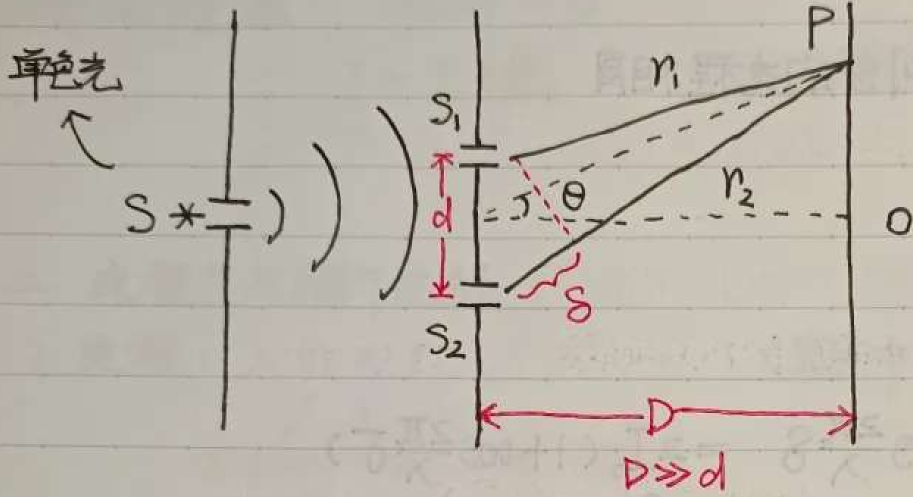
3° 当 $2k\cdot\frac{\lambda}{2} < \delta < (2k+1)\frac{\lambda}{2}$ 时

$0 < I < 4I_0$

Chp2. 干涉

§2.1 杨氏双缝干涉

一. 装置图及现象



相遇点两列光光程差是 $\frac{\lambda}{2}$ 的偶数倍时 —— 相干加强
(奇) 相干相消

光程差：$\delta = r_2 - r_1 \approx d\sin\theta \approx d\tan\theta = d\frac{x}{D}$

$$\boxed{\delta = d\frac{x}{D}}$$

☆☆☆

二.光程差与屏上条纹的位置

$$\delta = d\frac{x}{D} = \begin{cases} \pm k\lambda & ,\text{明} \\ \pm(2k+1)\frac{\lambda}{2} & ,\text{暗} \end{cases} \qquad k=0.1.2,\cdots,k_{max}$$

由约束条件 $|\delta| \leqslant d$ 约束确定

$$\Downarrow$$

$$x_{\pm k明} = \pm k\frac{D\lambda}{d}$$

$$x_{\pm k暗} = \pm(2k+1)\frac{D\lambda}{2d}$$

条纹间距：屏上相邻两明(暗)纹的间距 $\boxed{\Delta x = \frac{D}{d}\lambda}$

可见明条纹最大级数：$\boxed{k_{max} = \frac{d}{\lambda}\ (\text{取整})}$

注：同一种纹中：$x_m - x_n = (m-n)\Delta x$

但要注意暗纹有两条零级暗纹.

三.劳埃德镜—半波损失

1.劳埃德镜：表明了半波损失会在两种情况下发生.

2.半波损失：情形一：光疏介质 → 光密介质

情形二：掠入射（入射角 $i=90°$）或正入射（入射角 $i=0°$）

注：1° 半波损失指的是反射光，任何情况透射光都不发生半波损失

2° 掠入射与正入射无论是从光疏到光密还是光密到光疏，均有半波损失.

杨氏双缝干涉题型1：常规型

Step1：列出两束光的光程差（所有光程之差）

Step2：分析明暗条纹的位置坐标

Step3：涉及相位差可利用 $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}\delta$ 分析

Step4：复杂题目考虑找几何关系

Step5：实在没头绪就想办法向已知条件转化

例1：单色光照射到相距为0.2mm的双缝上，双缝与屏相距1m

(1) 从第1级明纹到同侧第四级明纹间的距离为7.5mm，求单色光波长

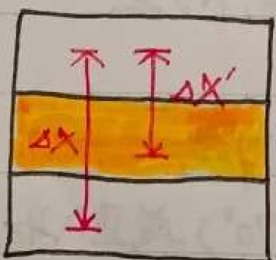
(2) 若入射光的波长为600nm，中央明纹中心最近的暗纹中心距离是多少？

解：(1) $x_k = \pm \frac{D}{d} k\lambda$ （明纹） $k=0,1,2,\cdots$

$$\Delta x_{1,4} = x_4 - x_1 = \frac{D}{d}(k_4 - k_3)\lambda = 3\frac{D}{d}\lambda$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{d\Delta x_{1.4}}{3D} = 500\,nm$$

(2)

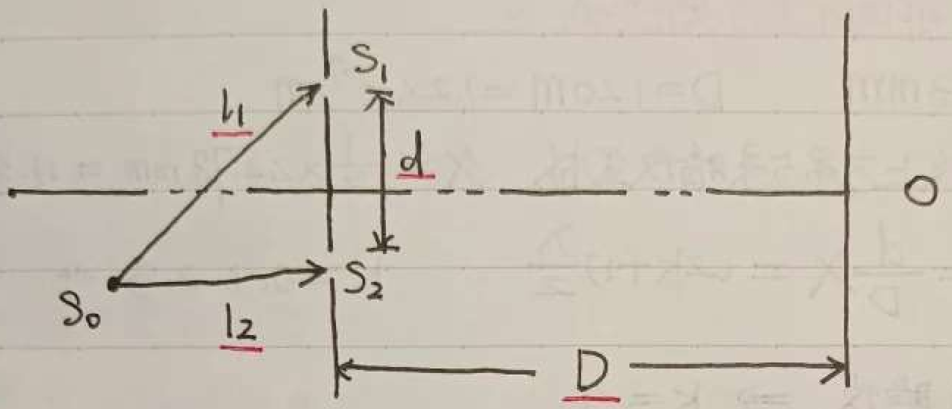


$$\Delta x' = \frac{\Delta x}{2} = \frac{D\lambda}{2d} = 1.5\,mm$$

例2：单色光源S_0到S_1和S_2距离分别为l_1和l_2，且$l_1-l_2=4\lambda$，λ为入射光波长。双缝间距离为d，双缝到屏距离为D，求：

(1) 零级明纹到屏幕中央O的距离

(2) 正四级、负四级明纹到中央O的距离



解：
$$\delta=(l_2+r_2)-(l_1+r_1)$$
$$=(r_2-r_1)-(l_1-l_2)$$

其中 $\boxed{r_2-r_1=\frac{d}{D}x}$ $l_1-l_2=4\lambda$

此几何关系在双缝中恒成立

$$\Rightarrow \delta=\frac{d}{D}x-4\lambda$$

$$\delta=\begin{cases}\pm k\lambda & \text{，明纹} \\ \pm(2k+1)\frac{\lambda}{2} & \text{，暗纹}\end{cases} \qquad k=0.1.2\cdots$$

(1) $\delta=\frac{d}{D}x-4\lambda=0 \quad \Rightarrow x_0=\frac{4\lambda D}{d}$

(2) $\delta=\frac{d}{D}x-4\lambda=4\lambda \quad \Rightarrow x_4=\frac{8\lambda D}{d}$

$\delta=\frac{d}{D}x-4\lambda=-4\lambda \quad \Rightarrow x_{-4}=0$

No.

Date

例3：双缝干涉中，两缝间距为0.3mm，用单色光垂直照射双缝，在离缝1.20m的屏上测得中央明纹一侧第5条暗纹与另一侧第5条暗纹间的距离为22.78mm．问所用光的波长为多少？

解：☆别忘了那两条零级暗纹哦～

$d=0.3mm \qquad D=1.20m=1.2\times10^{-9}nm$

中央明纹上方第5条暗纹坐标 $x=\frac{1}{2}\times22.78mm=11.39mm$

$\delta=\frac{d}{D}x=(2k+1)\frac{\lambda}{2} \qquad k=0,1,2,3,4,\cdots$

第5条暗纹 $\Rightarrow k=4$

$\Rightarrow \lambda=\frac{2}{2k+1}\cdot\frac{d}{D}\cdot x=632.8nm$

杨氏双缝干涉题型2：缝上插个玻璃片

step1. 求未覆盖时的δ

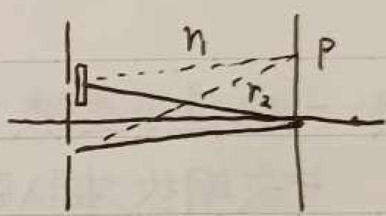
step2. 求覆盖后的δ

step3. 整理后联立求解

例1：波长$\lambda=500nm$的单色光射在相距$d=2\times10^{-4}m$的双缝上，屏到双缝的距离$D=2m$. 用一厚度$e=6\times10^{-6}m$，$n=1.5$的透明薄片覆盖上面的一条缝，求：

(1) 零级明纹到O点的距离，其所在位置相当于原来的第几级明纹

(2) 第三级明纹到O点的距离.



解：未覆盖时，$r_2-r_1=\frac{d}{D}x$

覆盖后，$\delta=r_2-[(r_1-e)+ne]=(r_2-r_1)-(n-1)e$

$$\Rightarrow\delta=\frac{d}{D}x-(n-1)e$$

(1) $\delta=k\lambda$ 明纹

$k=0$时，$\delta=0$ $\Rightarrow x=(n-1)e\frac{D}{d}=0.03m$

设$\delta=0$本来对应的明纹级次为k 有$r_2-r_1=k\lambda$

由于$\delta=(r_2-r_1)-(n-1)e=0$

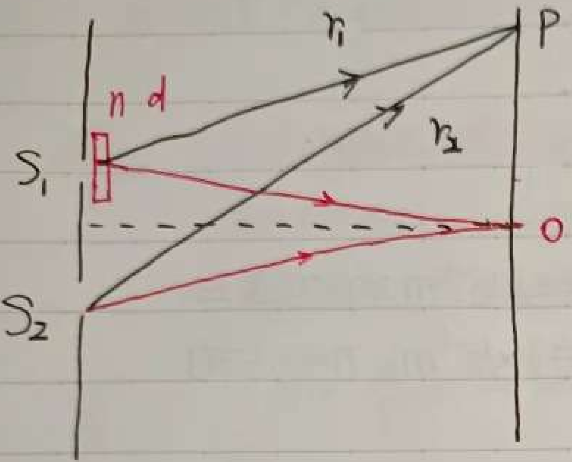
$$\Rightarrow k=\frac{(n-1)e}{\lambda}=6$$

$\Rightarrow$ 相当于原本的第六级明纹

(2) $\delta=3\lambda$ $\frac{d}{D}x-(n-1)e=3\lambda$

$$\Rightarrow x=\frac{D}{d}[3\lambda+(n-1)e]=0.045m.$$

例2：把$n=1.5$的玻片插入上缝，光屏原来是5级亮纹所在位置，现变为中央亮纹，已知$\lambda=6.0\times10^{-7}m$，求玻片厚度.



解：未覆盖 $r_2-r_1=5\lambda$

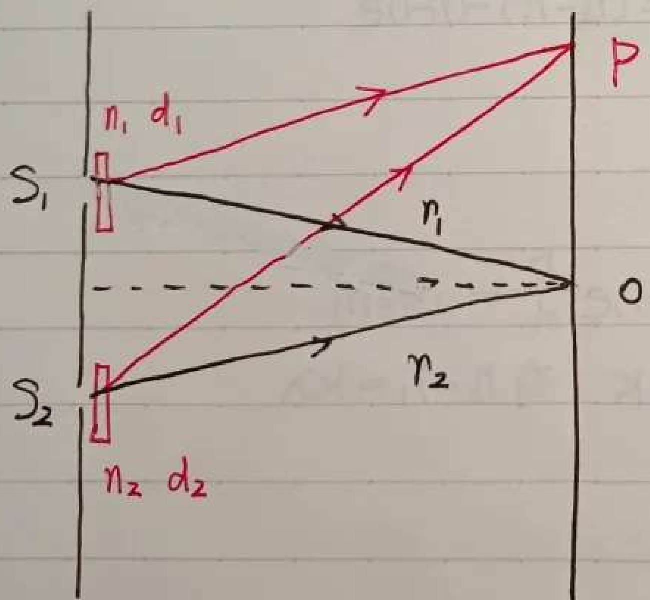
覆盖后 $r_2-(r_1-d+nd)=0$

整理：$r_2-r_1+(1-n)d=0$

$$\Rightarrow d=\frac{-5\lambda}{1-n}=6\times10^{-6}m$$

厚度均为d

例3：一双缝装置被n_1、n_2的玻片分别盖住，未插入时，屏上为中央明纹，插入后，变为第5级明纹，$\lambda=480nm$. 求d



解：未覆盖 $r_2-r_1=0$

覆盖后 $(r_2-d+n_2d)-(r_1-d+n_1d)=5\lambda$

整理：$r_2-r_1+(n_2-n_1)d=5\lambda$

$$\Rightarrow d=\frac{5\lambda}{n_2-n_1}=8\times10^{-6}m$$