内容总结

一、光的干涉

1.光的干涉：满足相干条件的两束光在空间相遇时，形成光强的非均匀的稳定分布。

相干条件： ①振动方向相同　②频率相同　③相位差恒定

2.获得相干光的方法

- 分波阵面法
  - 杨氏双缝
  - 菲涅耳双面(棱)镜
  - 洛埃镜
- 分振幅法(薄膜干涉)
  - 等厚干涉
    - 劈尖干涉
    - 牛顿环
  - 等倾干涉
- 分振动面法（偏振光的干涉）

内 容 总 结

波动光学

光的干涉

光程差与相位差

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

$$\delta = n_2 r_2 - n_1 r_1$$

干涉条纹明暗条件

$$\delta = \begin{cases} \pm k\lambda & \text{明} \\ \pm(2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & \text{暗} \end{cases}$$

光的衍射

最大光程差

$$\delta = a\sin\varphi$$

衍射条纹明暗条件

$$\delta = \begin{cases} \pm k\lambda & \text{暗} \\ \pm(2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & \text{明} \end{cases}$$

光的偏振

马吕斯定律

$$I_2 = I_1 \cos^2\theta$$

布儒斯特定律

$$tg i_0 = \frac{n_2}{n_1} = n_{21}$$

$$i_0 + r_0 = \pi/2$$

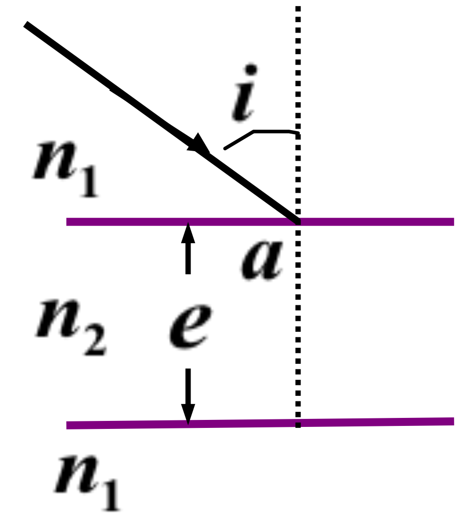
双折射现象

o光、e光

光的干涉（相干光源）

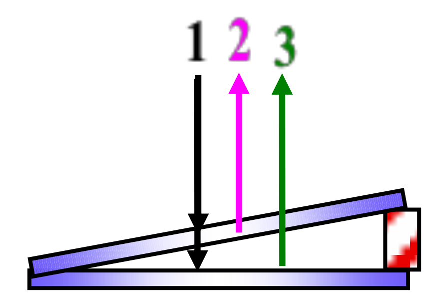
- 分波振面法
  - 杨氏双缝干涉
  - 菲涅耳双镜
  - 洛埃德镜

$$\delta = n(r_2 - r_1) = \frac{nd}{D}x$$

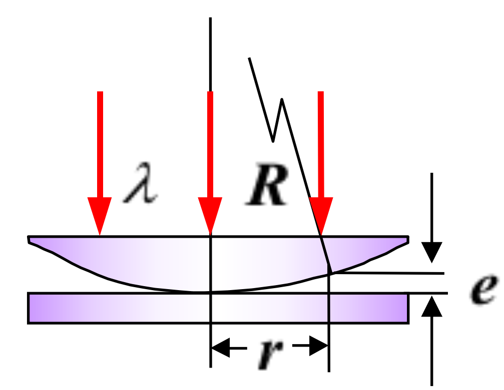


$$\delta = \begin{cases} k\lambda & 明 \\ (2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & 暗 \end{cases}$$

- 分振幅法 → 薄膜干涉
  - 等倾干涉
  - 等厚干涉



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



在光垂直入射的情况下 $\delta = 2en_2 + \dfrac{\lambda}{2}$

光的衍射

单缝衍射： $\delta = a\sin\varphi$

半波带法

圆孔衍射： $\delta = D\sin\varphi$

爱里斑的半角宽度： $\varphi = 1.22\dfrac{\lambda}{D}$

光栅衍射：光栅衍射条纹是单缝衍射和多光束干涉的综合效果。

光栅方程 $(a+b)\sin\varphi = \pm k\lambda \quad (k = 0,1,2...)$

缺级现象 $k = \dfrac{a+b}{a}k'$

最高级次满足： $k_{\max} < \dfrac{a+b}{\lambda}$

重　要　公　式			
类别	明纹	暗纹	条纹宽度
杨氏双缝	$x=\pm\frac{D}{nd}k\lambda$ $k=0,1,2,\ldots$	$x=\pm\frac{D}{nd}(2k+1)\frac{\lambda}{2}$ $k=0,1,2,\ldots$	$\Delta x=\frac{D\lambda}{nd}$
劈尖干涉	$e=\frac{2k-1}{4n}\lambda$ $k=1,2,\ldots$	$e=\frac{k}{2n}\lambda$ $k=0,1,2,\ldots$	$\Delta e=\frac{\lambda}{2n}$ $\Delta l=\frac{\lambda}{2n\theta}$
牛顿环	$r_k=\sqrt{\frac{(2k-1)R\lambda}{2n}}$	$r_k=\sqrt{\frac{kR\lambda}{n}}$	
单缝衍射	$x=\pm(2k+1)\frac{f}{2a}\lambda$ $k=1,2,\ldots$	$x=\pm k\frac{f\lambda}{a}$ $k=1,2,\ldots$	$l_0=\frac{2f\lambda}{a}$ $l_0=2l$

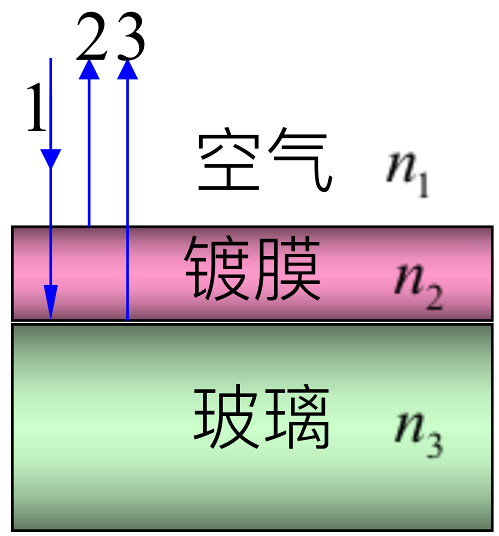
其他公式：

1、增透膜与增反膜

$$\delta=\begin{cases}(2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & \text{干涉减弱} \\ k\lambda & \text{干涉加强}\end{cases}$$

增透

增反



例：设镀膜厚度为e，且$n_1<n_2<n_3$

$$\delta=2n_2e=(2k+1)\frac{\lambda}{2}$$ 增透

2、迈克尔逊干涉仪

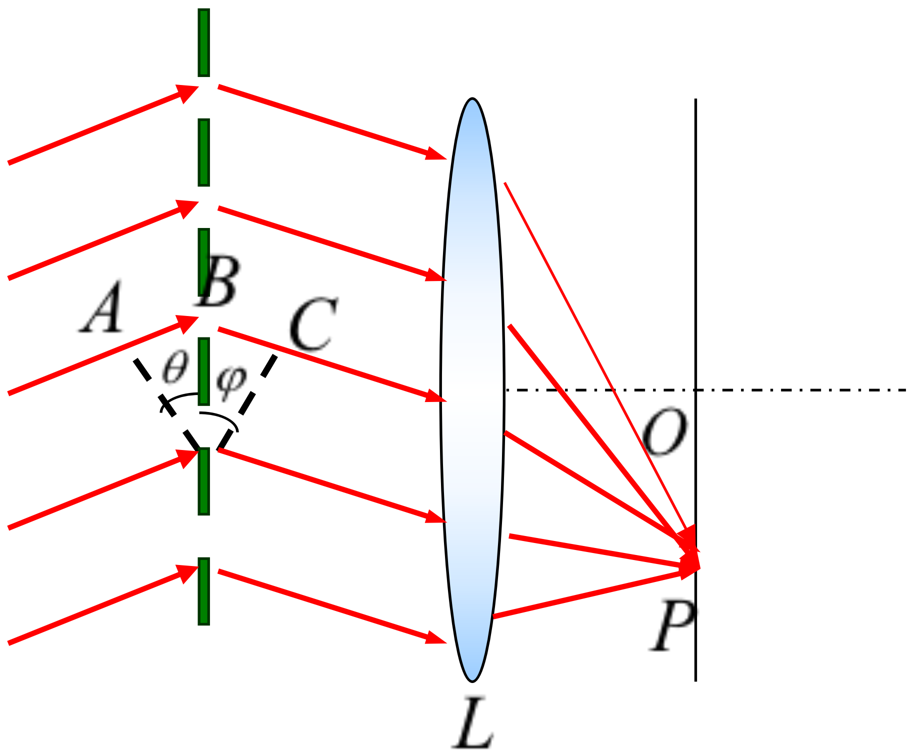
$$\Delta d=\frac{N\lambda}{2}\Rightarrow\lambda=\frac{2\Delta d}{N}$$

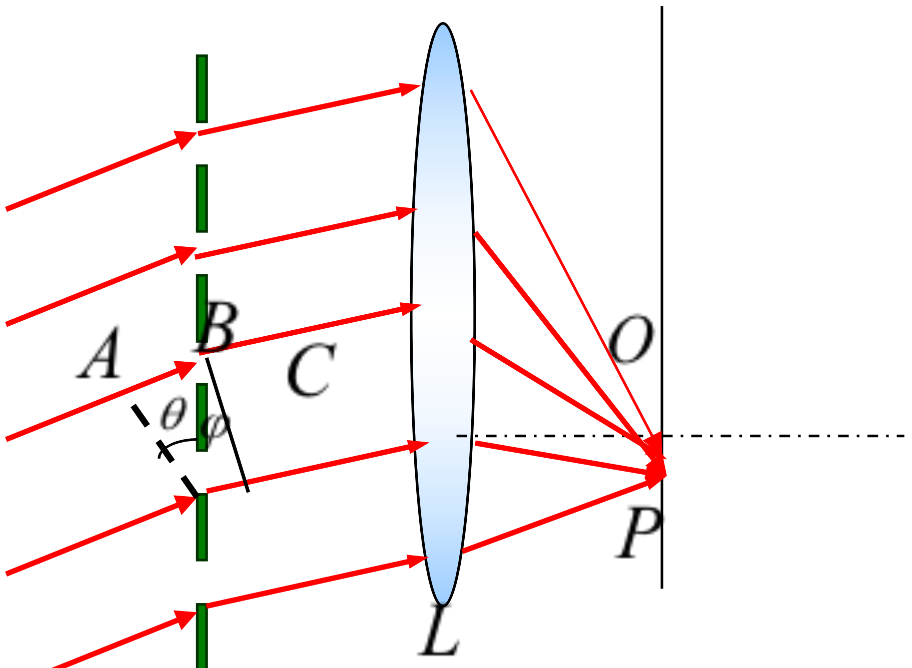
$$\delta'-\delta=2(n-1)t=N\lambda$$

3、光学仪器最小分辨角 $\theta_{\min}=1.22\dfrac{\lambda}{D}$

其他公式：

4、斜入射时，光栅方程：





$$(a+b)(\sin\theta \pm \sin\varphi) = \pm k\lambda \quad k = 0,1,2,\cdots$$

5、X射线的衍射： $$2d\sin\varphi = k\lambda \quad k = 1,2,3,\cdots$$

三、光的偏振

1.自然光与偏振光

自然光、线偏振光、椭圆（圆）偏振光、部分偏振光

2. 获得线偏振光的方法：二向色性起偏；反射折射起偏；晶体双折射起偏

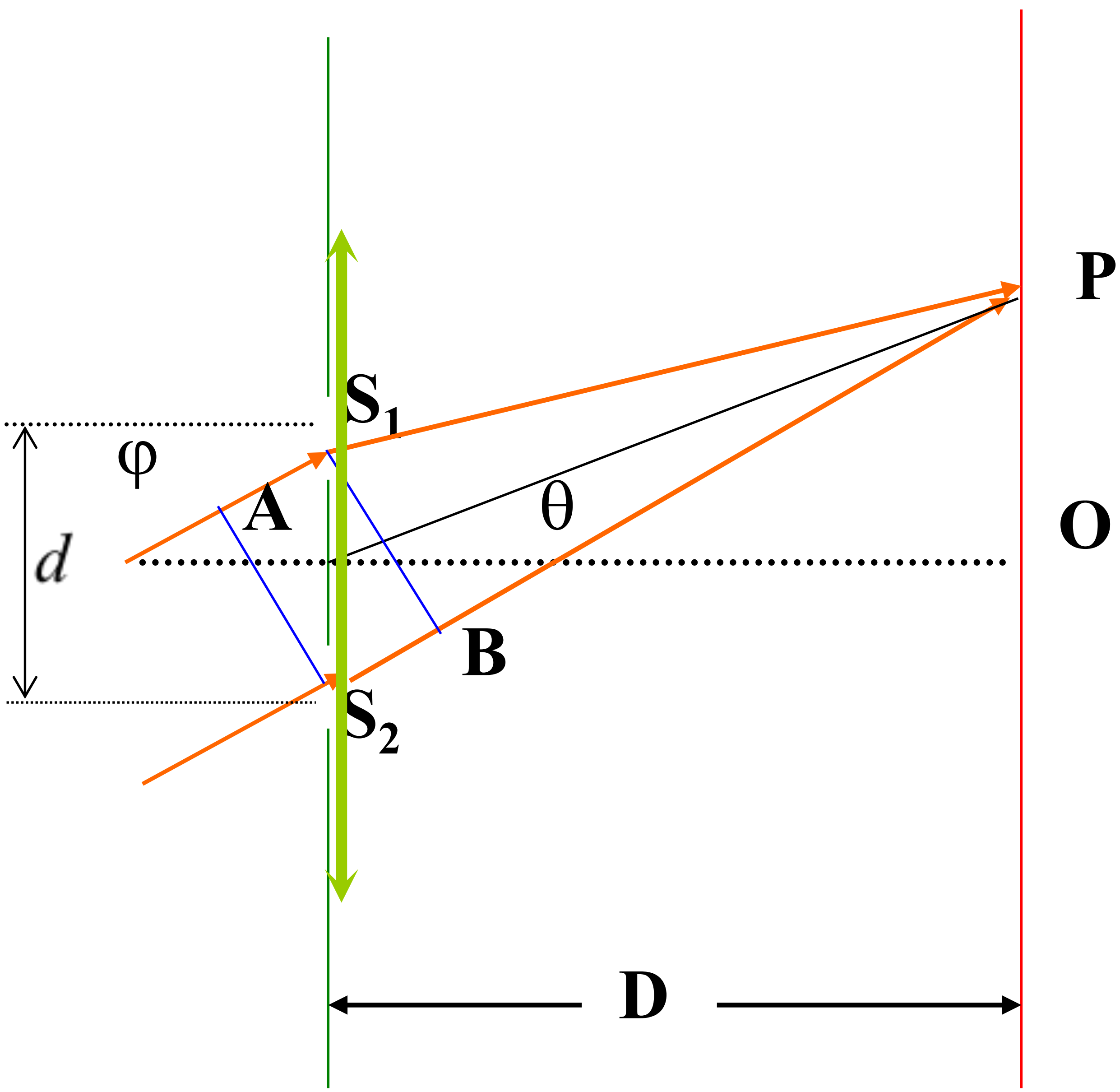
3.马吕斯定律： $I = I_0 \cos^2 \theta$

4. 布儒斯特定律： $\tan i_0 = \dfrac{n_2}{n_1}$ $\qquad i_0 + \gamma = \dfrac{\pi}{2}$

5.双折射现象、*o* 光和 *e* 光，1/4波片、1/2波片

线偏光垂直入射波片时（也垂直于波片的光轴），o光和e光通过波片后的光程差为： $\delta = (n_o - n_e)d$

1、波长为 λ的平面单色光以φ角斜入射到双缝，已知d，D（>>d)试求：(1) 各级明纹的位置；(2)条纹的间距；(3)若使零级明纹移至屏幕O点处，则应在哪个缝处放置一厚度为多少的折射率n的透明介质薄片。



解：(1) P点处的光程差为：

$$\delta = d(\sin\theta - \sin\varphi)$$

k级明纹条件：

$$d(\sin\theta - \sin\varphi) = k\lambda \ , k = 0,1,2,\ldots$$

$$\sin\theta = \frac{k\lambda}{d} - \sin\varphi$$

$$x_k = D\tan\theta \approx D\sin\theta$$

$$= D(\frac{k\lambda}{d} + \sin\varphi)$$

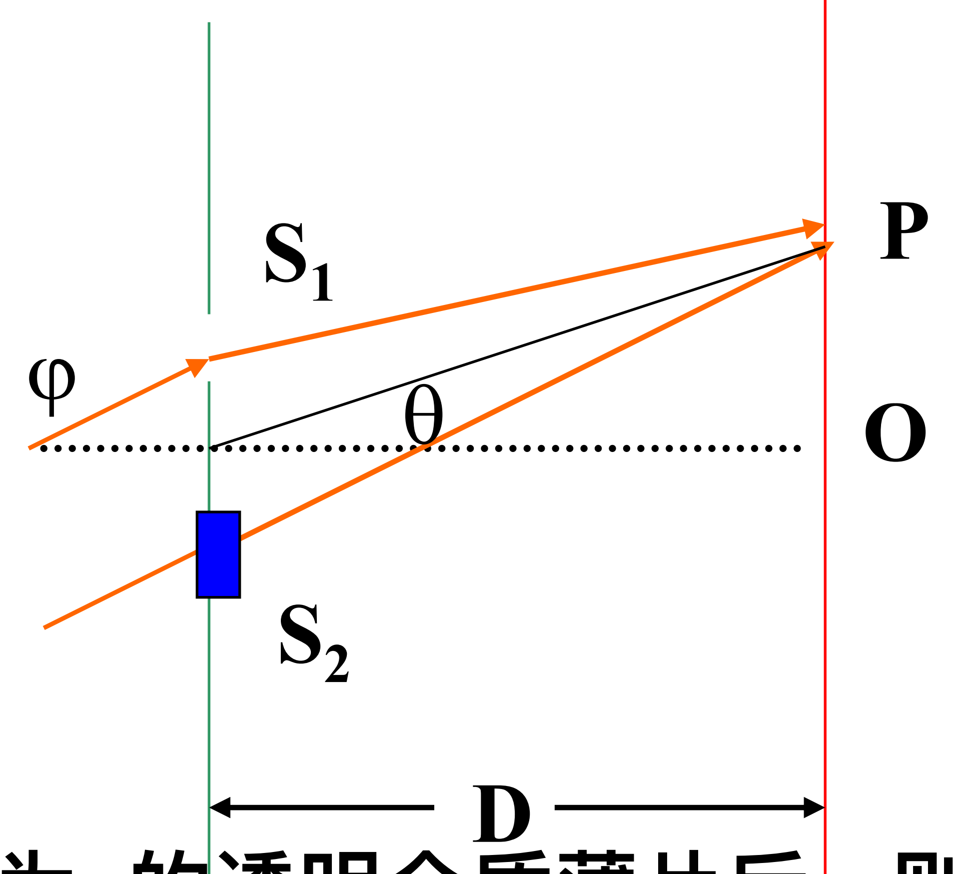
零级条纹向上偏移

(2)明纹之间的距离为：

$$\Delta x = x_{k+1} - x_k$$

$$= D[\frac{(k+1)\lambda}{d} + \sin\varphi] - D(\frac{k\lambda}{d} + \sin\varphi)$$

$$= \frac{D\lambda}{d}$$



（3）设在缝S_2处放了厚度为t，折射率为n的透明介质薄片后，则在P点处两光线的光程差为；

$$\delta = d\sin\theta + (n-1)t - d\sin\varphi$$

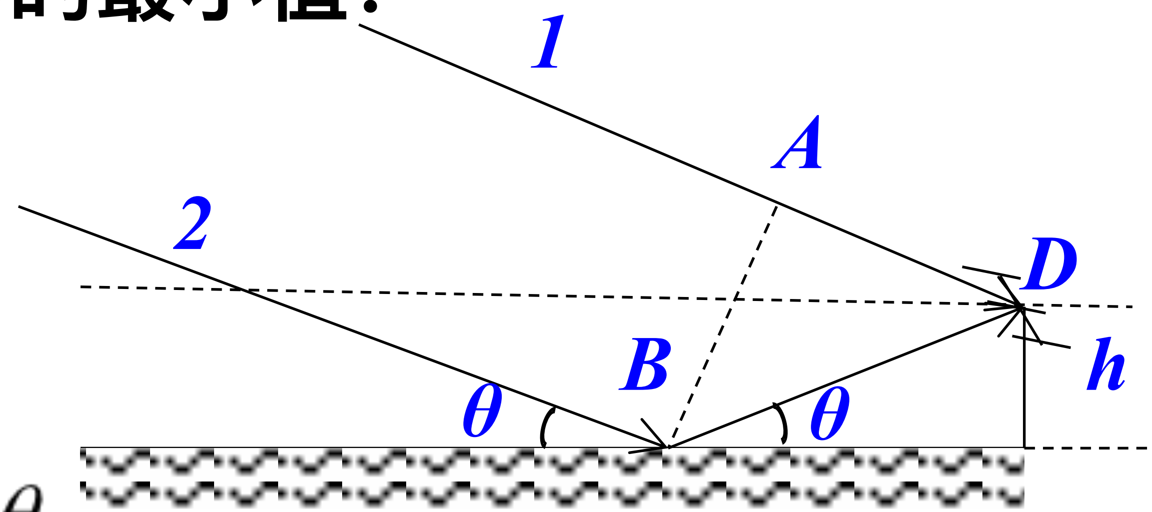
若使零级条纹回到屏幕中心的O点，则有$\sin\theta=0$,时$\delta=0$,故有

$$(\text{n-1})t - d\sin\varphi = 0$$

因而折射率为n的透明介质薄片的厚度为

$$t = \frac{d\sin\varphi}{n-1}$$

2、如图，无线电波一部分直接射向天线，另一部分经海面反射到天线，无线电频率为6.0×10^7Hz，天线高出水平面25m，求：相消干涉时无线电波掠射角θ的最小值?



解：

光线2与1到达天线D的光程差为：

$$\overline{BD}-\overline{AD}=\frac{h}{\sin\theta}-\frac{h\cos2\theta}{\sin\theta}=2h\sin\theta$$

考虑半波损失后光线2与1到达天线D的光程差为：$2h\sin\theta+\frac{\lambda}{2}$

干涉相消条件：$2h\sin\theta+\frac{\lambda}{2}=(2k-1)\frac{\lambda}{2}$ 或 $2h\sin\theta=k'\lambda$

$k'=1,2,\ldots\ldots$

$$\Rightarrow 2h\sin\theta=\lambda\Rightarrow\theta=\arcsin\frac{\lambda}{2h}$$

$$=\arcsin\frac{c}{2hf}=\arcsin0.1\approx5.7^{\circ}$$

3、牛顿环：入射光波长为589nm，第20个暗环直径为0.687cm，当透镜竖直向上移动d=5×10^{-4}cm，求：此时第20个暗纹直径为多少?

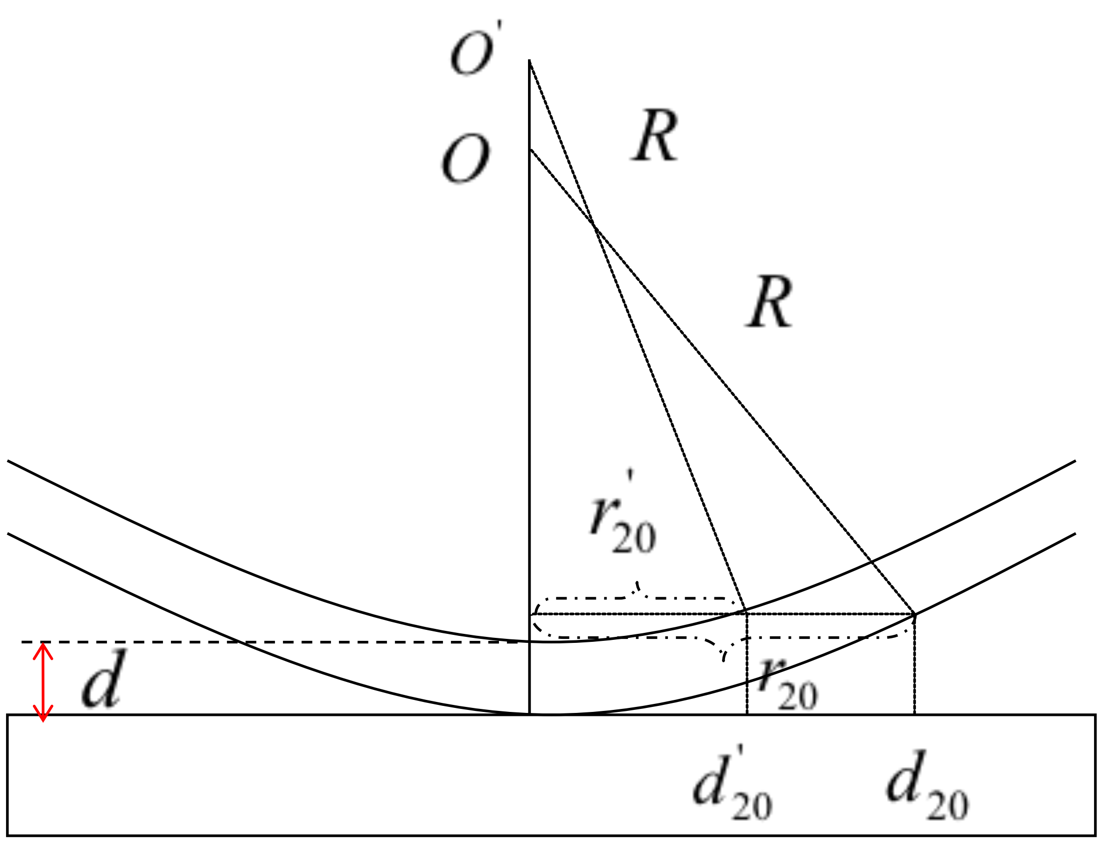
解：

$$\left.\begin{aligned} 2r_{20} &= 0.687\text{cm} \\ r_{20} &= \sqrt{20R\lambda} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \quad R = 1.0\text{m}$$

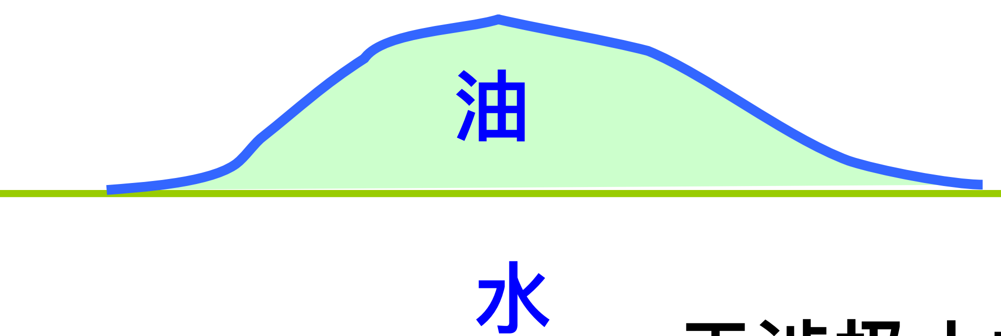
$$\left.\begin{aligned} R^2 &= r_{20}'^2 + (R + d - d_{20}')^2 \\ 2d_{20}' &= 20\lambda \end{aligned}\right\} \Rightarrow$$

$$r_{20}' = \sqrt{2R(10\lambda - d)}$$

$$\therefore D_{20}' = 2r_{20}' = 2.67\text{mm}$$



4、一油滴(n=1.20)浮在水(n=1.33)面上,用白光垂直照射，如图所示。试求：（1）油滴外围最薄的区域对应于亮区还是暗区？（2）从油滴边缘数起第3个蓝色（波长为480nm）区域的油层约有多厚？（3）为什么随着油层变厚而彩色逐渐消失。



解：（1）因为在两个分界面上反射光都有半波损失，因此干涉极大的条件为

$$2ne = k\lambda, \quad k = 0,1,2,\ldots$$

干涉极小的条件为：$2ne = (2k+1)\frac{\lambda}{2}, \quad k = 1,2,\ldots$

➢最薄处 $e = 0$，因此对应的区域为亮区。

（2）蓝色的波长为480nm的第3个亮区对应的油层厚度为

$$e = k\frac{\lambda}{2n} = 3\times\frac{480\times10^{-9}}{2\times1.20} = 600\times10^{-9}\ \mathrm{m}$$

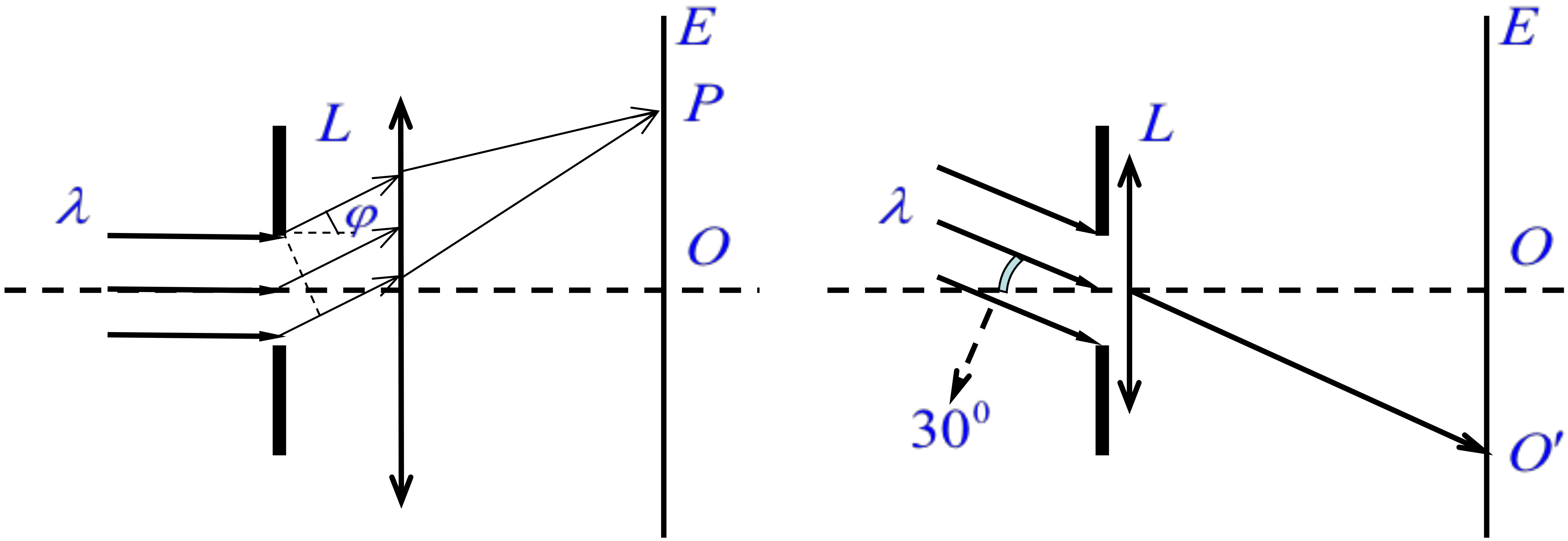
（3）因为油膜厚到一定程度后，其上下表面反射光的光程差接近或大于光的相干长度，因而干涉条纹消失，彩色消失。

5、波长 $\lambda = 6000$ Å 的平行光垂直入射到单缝上。单缝宽度 $a = 2\times10^{-2}$ mm，缝后透镜焦距 $f = 0.3$ m，求

(1) 第一级明纹离中央明纹中心的距离

(2) 中央明纹的线宽度和半角宽度

(3) 若平行单色光以 $i = 30^0$ 的入射角斜入射于单缝上，如图所示，求中央明纹及第三级明纹的坐标位置



解：(1) 单缝衍射明纹的光程差条件公式为

$$a\sin\varphi = \pm(2k+1)\frac{\lambda}{2} \quad k = 1,2,3,\ldots\ldots$$

在衍射角较小的条件下， $\sin\varphi \approx \tan\varphi = \dfrac{x_k}{f}$

所以第k级明纹的坐标位置可表示为

$$x_k = \pm(2k+1)\frac{f\lambda}{2a}$$

当$k=1$时，就是第一级明纹的坐标位置

$$x_1 = \pm 3\times\frac{0.3\times 6000\times 10^{-10}}{2\times 2\times 10^{-5}}\,\mathrm{m}$$

$$= \pm 1.35\times 10^{-2}\,\mathrm{m}$$

第一级明纹距中央明纹的距离 $|x| = 1.35\times 10^{-2}\,\mathrm{m}$

(2) 中央明纹的线宽度和半角宽度?

(2) 中央明纹线宽度是其它各线明纹线宽度的2倍，即

$$\Delta x_0 = 2\frac{f}{a}\lambda$$

$$= 1.8\times 10^{-2}\ \mathrm{m}$$

中央 明纹的半角宽度即第+1级或-1级暗纹对透镜光心的张角：

$$a\sin\varphi = \lambda$$

$$\Rightarrow \varphi \approx \frac{\lambda}{a} = \frac{6000\times 10^{-10}}{2\times 10^{-5}}\mathrm{rad} = 0.03\,\mathrm{rad}$$

(3) 由几何光学知识可知，斜入射时，中央明纹中心位置为副光轴(30^{o}入射时)与屏的交点 O'。由此，O' 的坐标位置在 O 下方，数值为

$$x_{o'} = f\tan 30^{0} = 0.3\times 0.5777 = 0.173\ \mathrm{m}$$

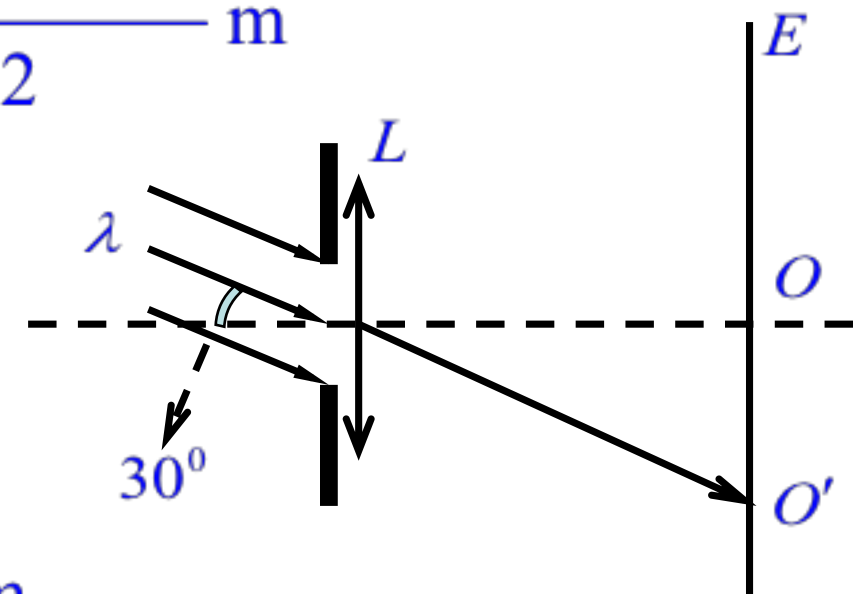
斜入射时，中央明纹以及各条纹都沿同一方向移动相同的距离，故第三级明纹中心位置是在正入射情况下的坐标位置向下移动**0.173 m**。

正入射时，第三明纹中心坐标位置为

$$x_3 = \pm(2k+1)\frac{\lambda}{2}\frac{f}{a}$$

$$= \pm\frac{0.3}{2\times 10^{-5}}\times(2\times 3+1)\times\frac{6000\times 10^{-10}}{2}\ \mathrm{m}$$

$$= \pm 0.0315\ \mathrm{m}$$



斜入射时，第三级明纹的坐标为

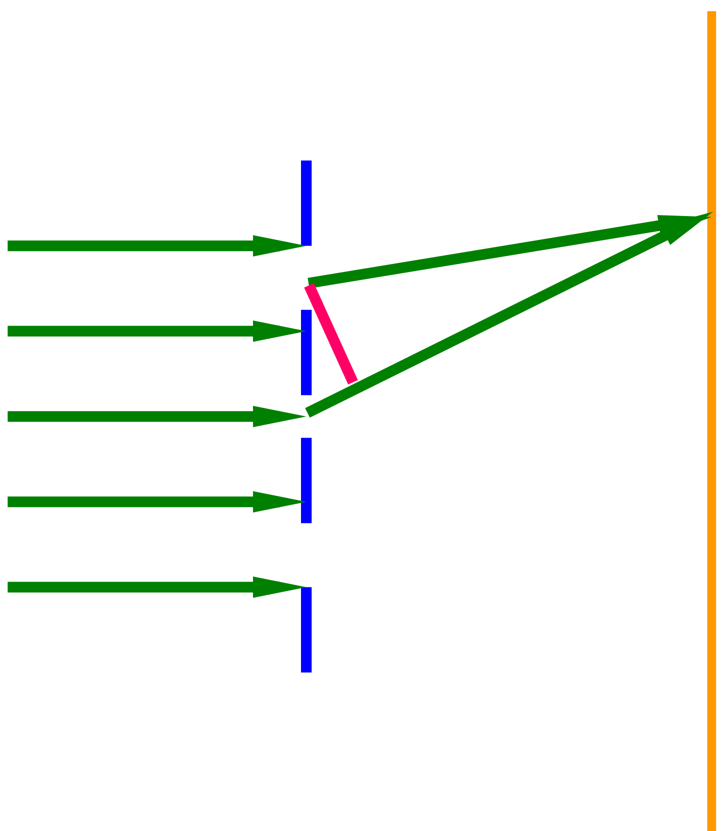
$$x_3{}' = (0.0315 - 0.173)\ \mathrm{m} = \text{-}0.1415\ \mathrm{m}$$

$$x_3{}'' = (-0.0315 - 0.173)\ \mathrm{m} = \text{-}0.2045\ \mathrm{m}$$

6、利用波长为λ=0.59μm的平行光照射光栅，已知光栅500条/mm，狭缝宽度 a= 1$\times$10^{-3}mm。

试求: (1) 平行光垂直入射时，最多能观察到第几级光谱线？实际观察到几条光谱线？(2) 平行光与光栅法线呈夹角φ=30^{0}时入射，如图所示，最多能观察到第几级谱线？

解： （1）光栅常数： $d = a + b = \dfrac{1\times10^{-3}}{500} = 2\times10^{-6}\ \text{m}$



光栅方程： $(a+b)\sin\theta = k\lambda$

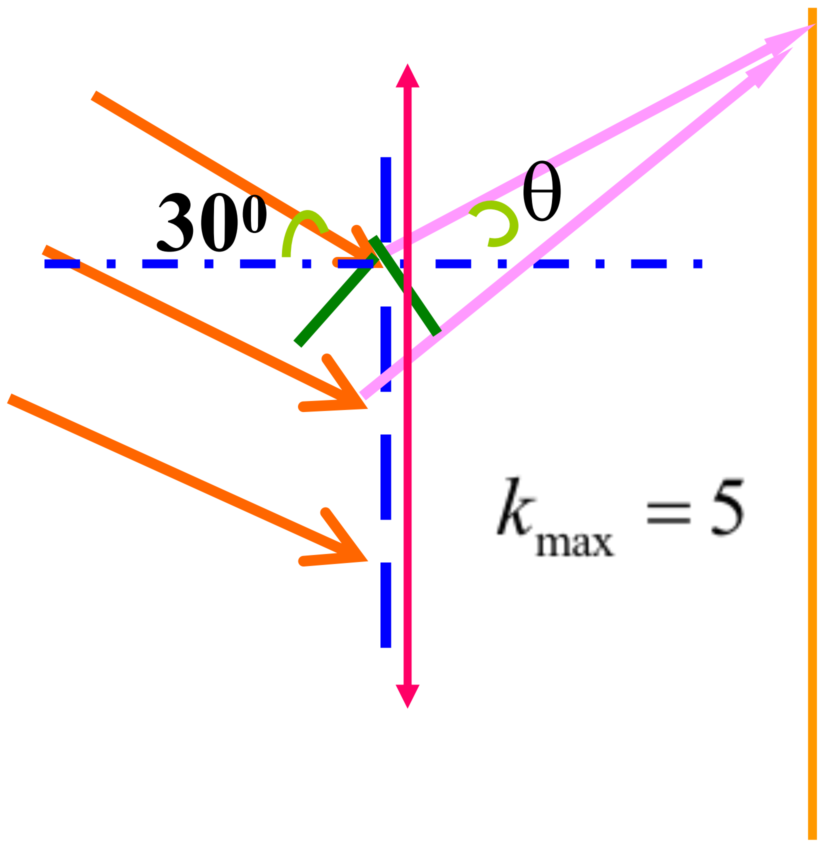
$$\therefore k_{\max} = [\frac{a+b}{\lambda}] = 3.4 \approx 3$$

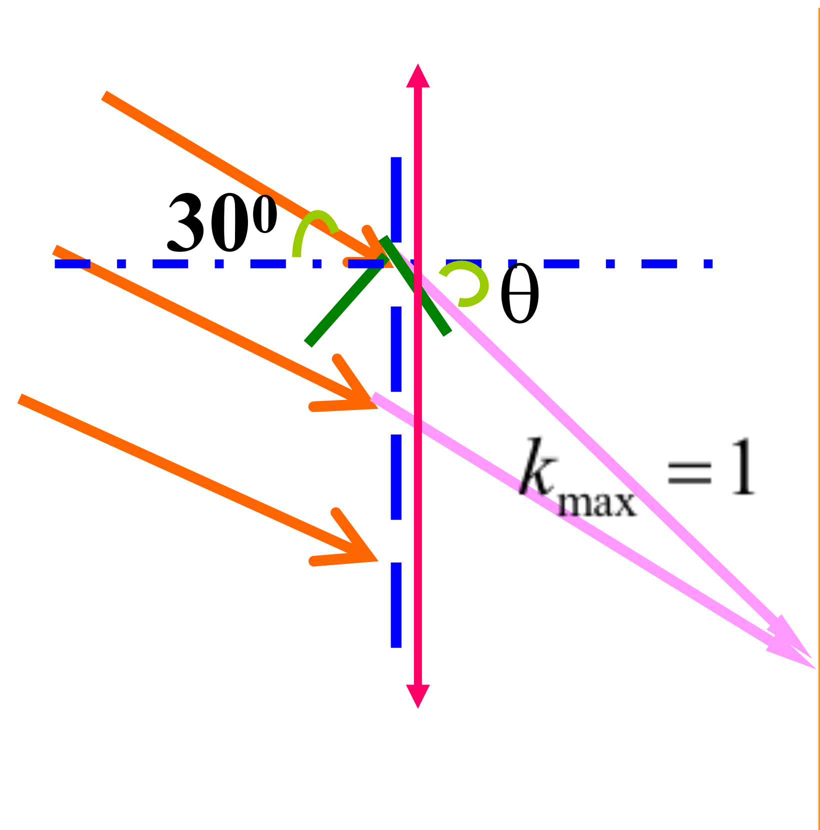
$$\because \begin{cases} a+b = 2\times10^{-6}\,\mathbf{m} \\ a = 1\times10^{-6}\,\mathbf{m} \end{cases} \Rightarrow \frac{a+b}{a} = 2$$

衍射条纹中，k=±2的主极大缺级，故实际上屏上能观察到的主极大条纹为k=0,±1,±3,共5条。

（2）当平行光斜入射时： $(a+b)(\sin\theta+\sin\varphi)=k\lambda$

$$\therefore k_{max}=[\frac{(a+b)(\pm 1+\sin 30^0)}{\lambda}]=[\frac{2\times10^{-6}\times(\pm1+\frac{1}{2})}{0.59\times10^{-6}}]\approx 3.4\times(\pm1+\frac{1}{2})$$





所以当以 $\phi=30^0$入射时，最大能观察到的次级为即可能到的光谱线最高级次为 5。屏上能观察到的主极大条纹为k=5，3，1，0,-1 共5条（此时，0级明条纹不在对称中心轴位置）。

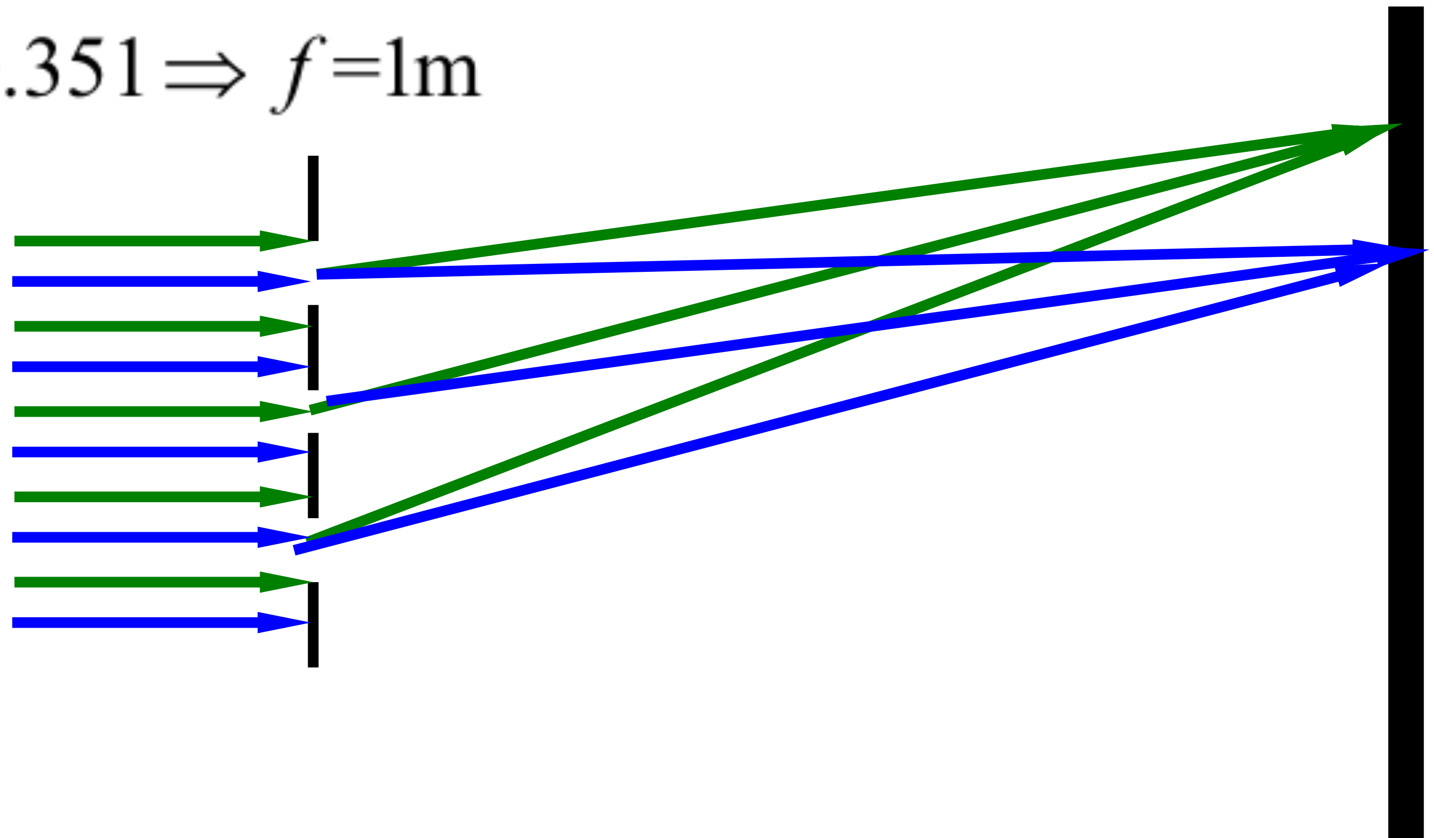
7、波长范围在450~650 nm之间复色平行光垂直照射在每厘米有5000条刻痕的光栅上，屏幕放在透镜的焦平面处，屏幕上的第二级光谱各色光在屏上所占范围的宽度为35.1 cm，求透镜焦距?

解：光栅常数：$d=\dfrac{1\times10^{-2}}{5000}=2\times10^{-6}\ \mathrm{m}$

$$d\sin\theta_1=\mathrm{K}\lambda_1=2\lambda_1 \quad \Rightarrow \theta_1=26.74^{\circ}$$

$$d\sin\theta_2=\mathrm{K}\lambda_2=2\lambda_2 \quad \Rightarrow \theta_2=40.54^{\circ}$$

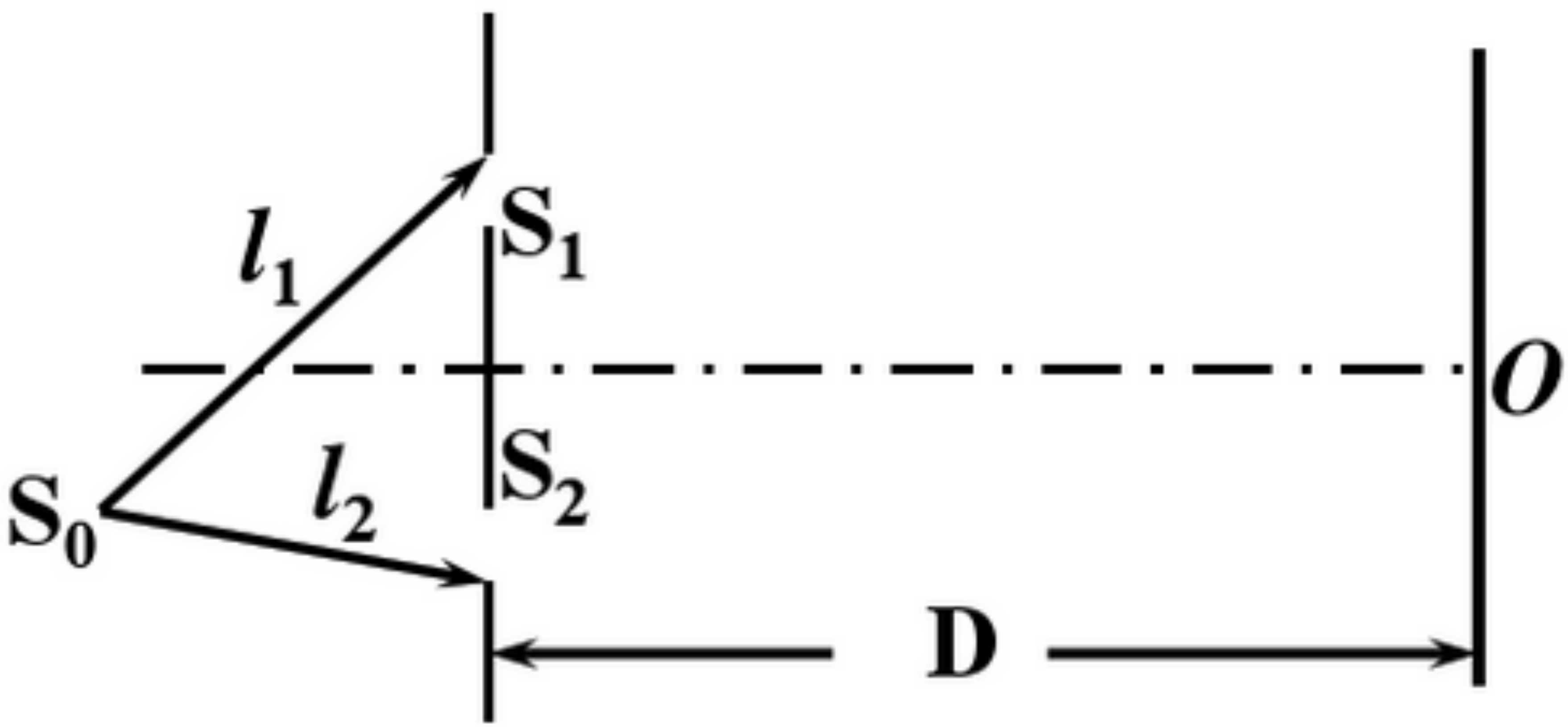
$$f\left(\mathrm{tg}\,\theta_2-\mathrm{tg}\,\theta_1\right)=\Delta\mathrm{L}=0.351 \Rightarrow f=1\mathrm{m}$$

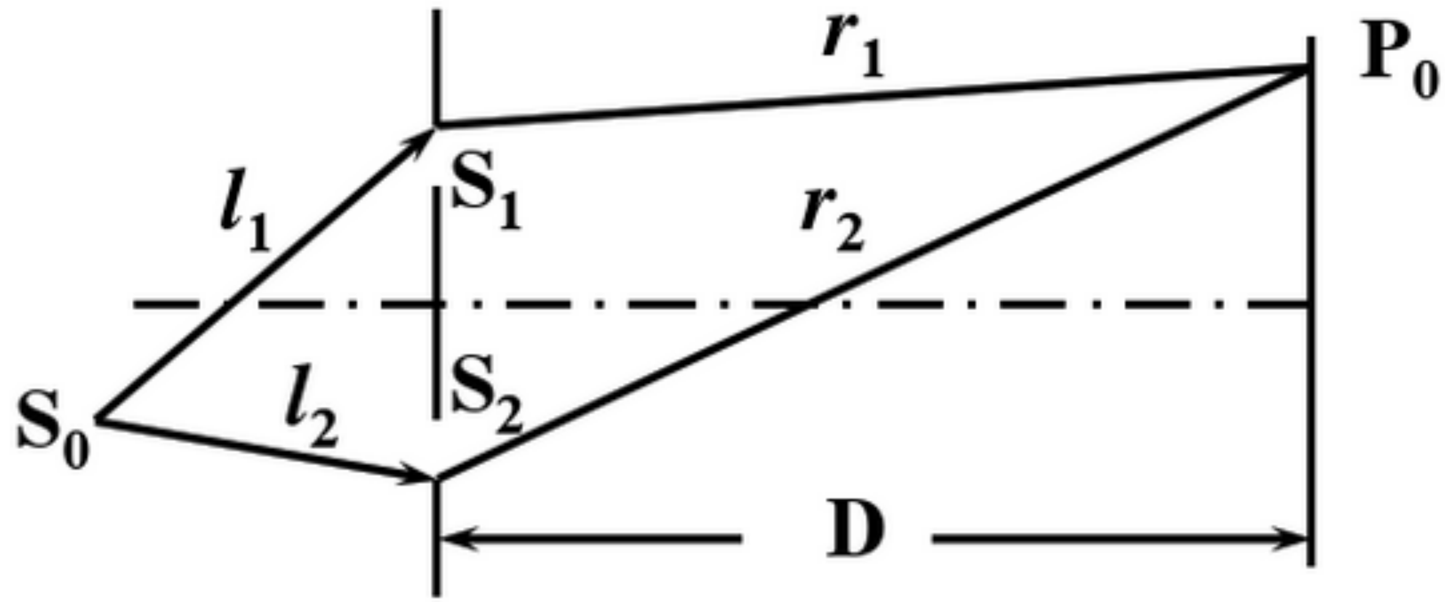


1. 在双缝干涉实验中,单色光源S_0到双缝S_1和S_2的距离分别为l_1和l_2,并且l_1-l_2=3λ,λ为入射光的波长,双缝之间的距离为d,双缝到屏幕的距离为D,如图.求:

(1) 零级明条纹到屏幕中央O点的距离.

(2) 相邻明条纹间的距离.





解：(1)如图，设P_0为零极明纹中心

则，$r_2-r_1=d\,P_0O/\mathrm{D}$ (由几何关系)

因（l_2+r_2）-（l_1+r_1）=0　　所以 $r_2-r_1=l_1-l_2=3\lambda$

$P_0O=D(r_2-r_1)/d=3D\lambda/d$

(2) 在屏上距*O*点为 *x* 处的光程差

$$\delta = (r_2 + l_2) - (r_1 + l_1) = dx / D - 3\lambda$$

明纹条件 $\delta = \pm k\lambda$ $k = 1.2\cdots\cdots$

$$x_k = (\pm k\lambda + 3\lambda) D / d$$

可见 *k*=0为（1）的结果

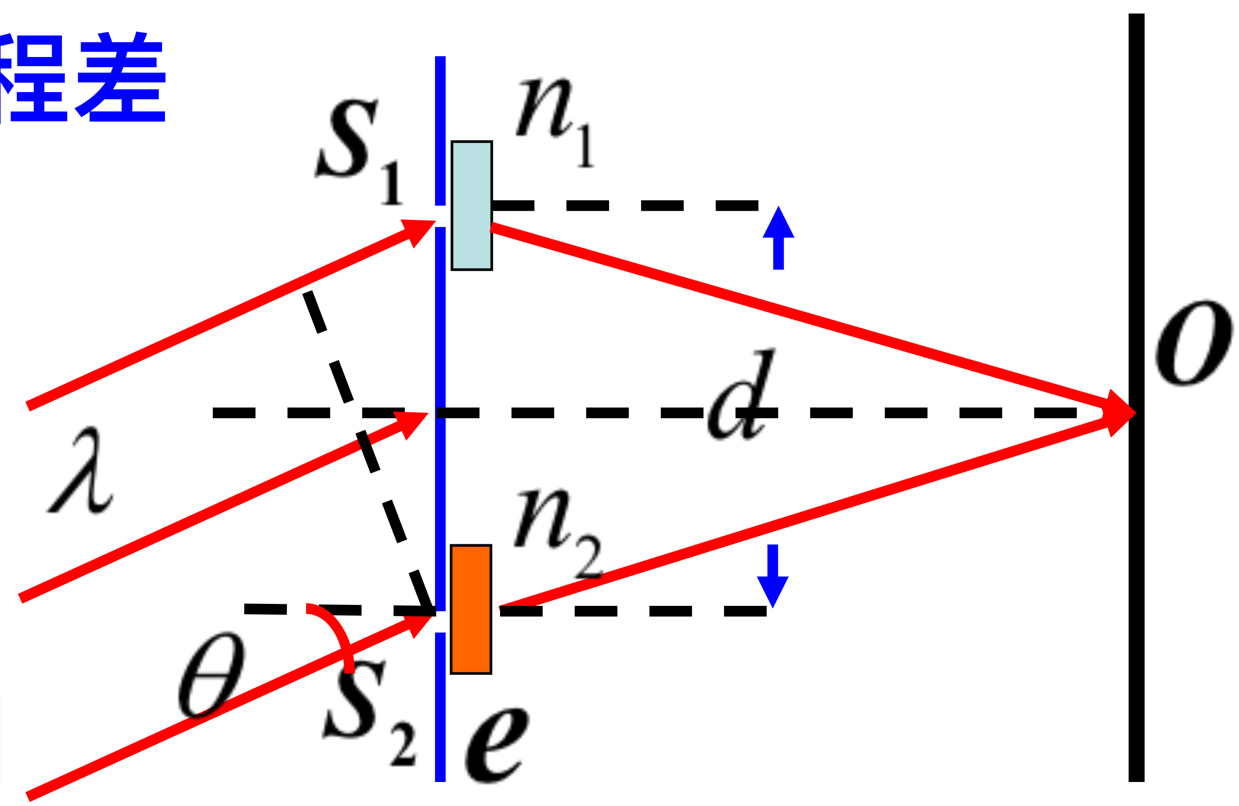
相邻明纹的间距：

$$\Delta x = x_{k+1} - x_k = D\lambda / d$$

一、填空题

1. 如图所示，双缝干涉实验中用两个厚度均为 e，折射率为 n_1 和 n_2 的透明介质膜覆盖（n_1 > n$_2$），波长 λ 的平行光斜入射到双缝上，入射角为 θ，双缝间距为 d，在屏幕中央 O 处 $\overline{S_1O} = \overline{S_2O}$ $\Delta\varphi = ?$

解：加介质片后 O 点的光程差



$$\delta = d\sin\theta + (n_1 - n_2)e$$

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

$$= \frac{2\pi}{\lambda}[d\sin\theta + (n_1 - n_2)e]$$

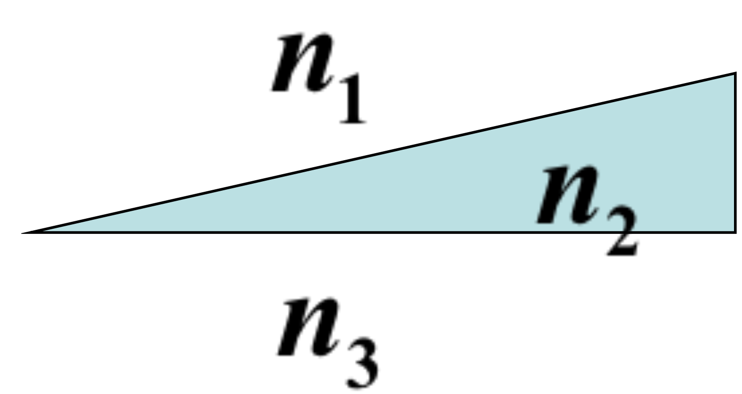
若 $n_1 < n_2$ 则也可写成： $\delta = d\sin\theta - (n_2 - n_1)e$

2. 在双缝干涉实验中，所用光的波长$\lambda = 5.461\times10^{-4}\,mm$ 双缝与屏的距离为 D = 300 mm 双缝间距 d = 0.134 mm，则中央明纹两侧的两个第三级明纹之间的距离为 $6D\lambda/(nd)$。

$$x_k = \frac{D}{nd}k\lambda \qquad x_3 - x_{-3} = \frac{D}{nd}6\lambda$$

3. 用波长为 λ 的单色光垂直照射折射率为 n_2 的劈尖膜（如图）图中各部分的折射率的关系是 $n_1<n_2<n_3$。观察反射光的干涉条纹，从劈尖顶向右数第 5 条暗条纹中心所对应的厚度 $e =$ $9\lambda/(4n_2)$。

$$\delta = 2n_2e = \begin{cases} k\lambda & \text{亮} \\ (2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & \text{暗} \end{cases}$$



$$k = 4 \quad 2n_2e = \frac{9}{2}\lambda \quad \Rightarrow e = \frac{9}{4n_2}\lambda$$

4. 光强均为 I_0 的两束相干光发生干涉时在相遇的区域可能出现的最大光强是 ___$4\,I_0$___。

$$I = A^2 = (2A_0)^2 = 4A_0^2 = 4I_0$$

5. 迈克耳逊干涉仪的可动反射镜 M 移动了 0.620mm 的过程，观察到条纹移动了 2300 条，则所用光的波长为___5391___埃。

$$2300\lambda = 2\times0.62\times10^{-3} \qquad \lambda = \frac{2\times0.62\times10^{-3}}{2300} = 5.391\times10^{-7}(m)$$

6. 在迈克尔逊干涉仪的可动反射镜平移一微小距离的过程中，观察到干涉条纹恰好移动 1848 条，所用单色光的波长为 5416 埃，由此可知反射镜平移的距离等于___0.50043___mm。

$$\delta = N\lambda \qquad \Delta d = \frac{1}{2}\delta = \frac{N\lambda}{2}$$

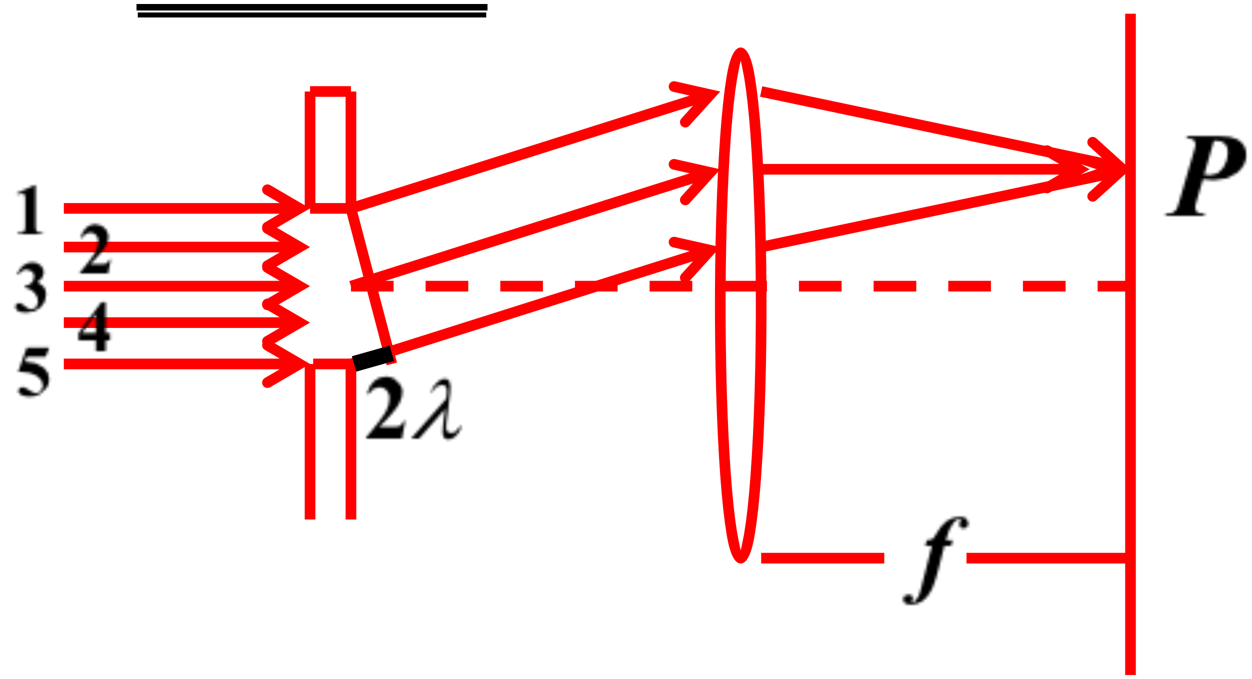
7. 在单缝的夫琅和费衍射示意图中所画的各条正入射光线间距相等，那么光线 1 和 3 在屏上 P 点相遇时的相位差为___2π___，P点应为___暗___点。

$$2\lambda = 4\times\frac{\lambda}{2}$$

P点为暗点

$$\delta_{13} = \lambda$$

$$\Delta\varphi_{13} = \frac{2\pi}{\lambda}\delta = 2\pi$$



8. 波长为 λ 的单色光垂直投射于缝宽为 a，总缝数为 N，光栅常数为 d 的光栅上，光栅方程为__________。

$$d\sin\theta = \pm k\lambda \qquad k = 0,\ 1,\ 2,\cdots$$

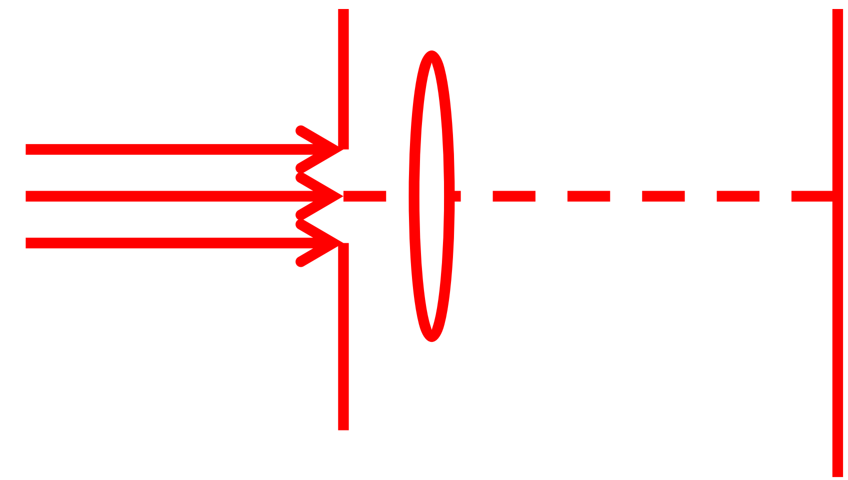
10. 在光学各向异性的晶体内部有一确定的方向，沿这一方向寻常光 *o* 光和非常光 *e* 光的__速度__等，这一方向称为晶体的光轴，只有一个光轴方向的晶体称为__单轴__晶体。

11. 一自然光通过两个偏振片，若两片的偏振化方向间夹角由 A 转到 B，则转前和转后透射光强之比为__$\cos^2 A/\cos^2 B$__。

$$\frac{I_0}{2}\cos^2 A \Big/ \frac{I_0}{2}\cos^2 B = \frac{\cos^2 A}{\cos^2 B}$$

二、选择题

1. 如图所示的单缝的夫琅和费衍射实验中，把单缝垂直透镜光轴稍微向上平移时，屏上的衍射图样将



A. 向上平移动。　B. 向下平移动。

C. 不动。　D. 条纹间距变大。

2. 单缝的夫琅和费衍射实验中，若减小缝宽，其他条件不变则中央明纹

A. 宽度变小。　B. 宽度变大 。

C. 宽度不变，且中心强度不变。

D. 宽度不变，但中心强度变小。

中央明纹宽度 $\Delta x_1 = 2\dfrac{f\lambda}{a}$

3. 真空中波长为 λ 的单色光，在折射率为 n 的均匀透明介质中，从 A 沿某一路径传播到 B 点，路径的长度为 l。A，B 两点的光振动相位差记为 $\Delta\varphi$。则：

A. $l=3\lambda/2,\quad \Delta\varphi=3\pi$

B. $l=3\lambda/2n,\quad \Delta\varphi=3n\pi$

C. $l=3\lambda/2n,\quad \Delta\varphi=3\pi$

D. $l=3n\lambda/2,\quad \Delta\varphi=3n\pi$

1. 若 $l=\dfrac{3\lambda}{2}$，则

$$\delta=nl=\frac{3n\lambda}{2},$$

$$\Delta\varphi=\frac{2\pi}{\lambda}\delta=3n\pi$$

2. 若 $l=\dfrac{3\lambda}{2n}$，则 $\delta=nl=\dfrac{3\lambda}{2}$，$\Delta\varphi=\dfrac{2\pi}{\lambda}\delta=\dfrac{2\pi}{\lambda}\times\dfrac{3\lambda}{2}=3\pi$

3. 若 $l=\dfrac{3n\lambda}{2}$，则 $\delta=nl=\dfrac{3n^2\lambda}{2}$，$\Delta\varphi=\dfrac{2\pi}{\lambda}\delta=\dfrac{2\pi}{\lambda}\times\dfrac{3n^2\lambda}{2}=3n^2\pi$

4. 如图所示平行单色光垂直照射到薄膜上，经上下表面反射的两束光发生干涉，若薄膜厚度为 e，并且 $n_1 < n_2 > n_3$，λ_1 为入射光在折射率为 n_1 的媒质的波长，则两束光在相遇点的相位差为______。

A. $2\pi n_2 e/(n_1\lambda_1)$

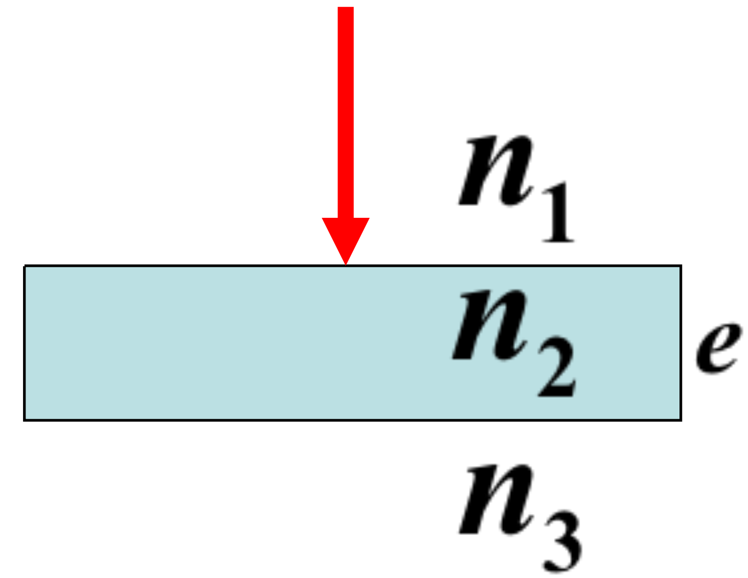
B. $4\pi n_1 e/(n_2\lambda_1)+\pi$

C. $4\pi n_2 e/(n_1\lambda_1)+\pi$

D. $4\pi n_2 e/(n_1\lambda_1)$

$$\Delta\varphi=\frac{2\pi}{\lambda}\left(2n_2 e+\frac{\lambda}{2}\right)$$

$$=\frac{4\pi n_2 e}{n_1\lambda_1}+\pi$$



5. 一束光是自然光和线偏振光的混和，让它垂直通过一偏振片。若以此入射光束为轴旋转偏振片，测得透射光强最大值是最小值的 5 倍，那么入射光中自然光与线偏振光的比值是____.

A. 1/2　B. 1/5　C. 1/3　D. 2/3

$$\left(\frac{I_0}{2}+I'\right)/\frac{I_0}{2}=5 \qquad \frac{I_0}{I'}=\frac{1}{2}$$

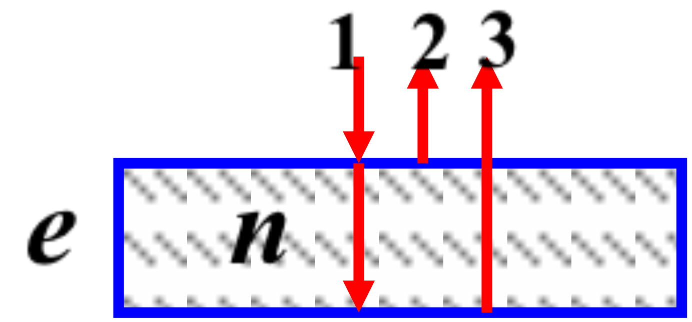
6. 一束波长为 λ 的单色光由空气入射到折射率为 n 的透明介质上，要使反射光得到干涉加强，则膜的最小厚度为:

(A) $\lambda/4$　　(B) $\lambda/(4n)$

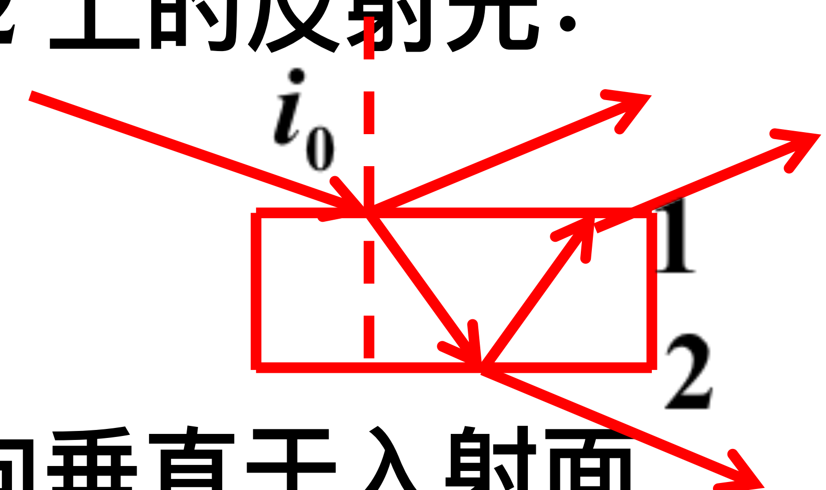
(C) $\lambda/2$　　(D) $\lambda/(2n)$

$$2ne-\frac{\lambda}{2}=k\lambda$$

$$k=0,\ e=\frac{\lambda}{4n}$$



7. 一束自然光自空气射向一块平板玻璃（如图），设以布儒斯特角 i_0 入射，则在界面 2 上的反射光:



A. 是自然光 。

B. 是部分偏振光。

C. 是完全偏振光且光矢量的振动方向垂直于入射面。

D. 是完全偏振光且光矢量的振动方向平行于入射面。

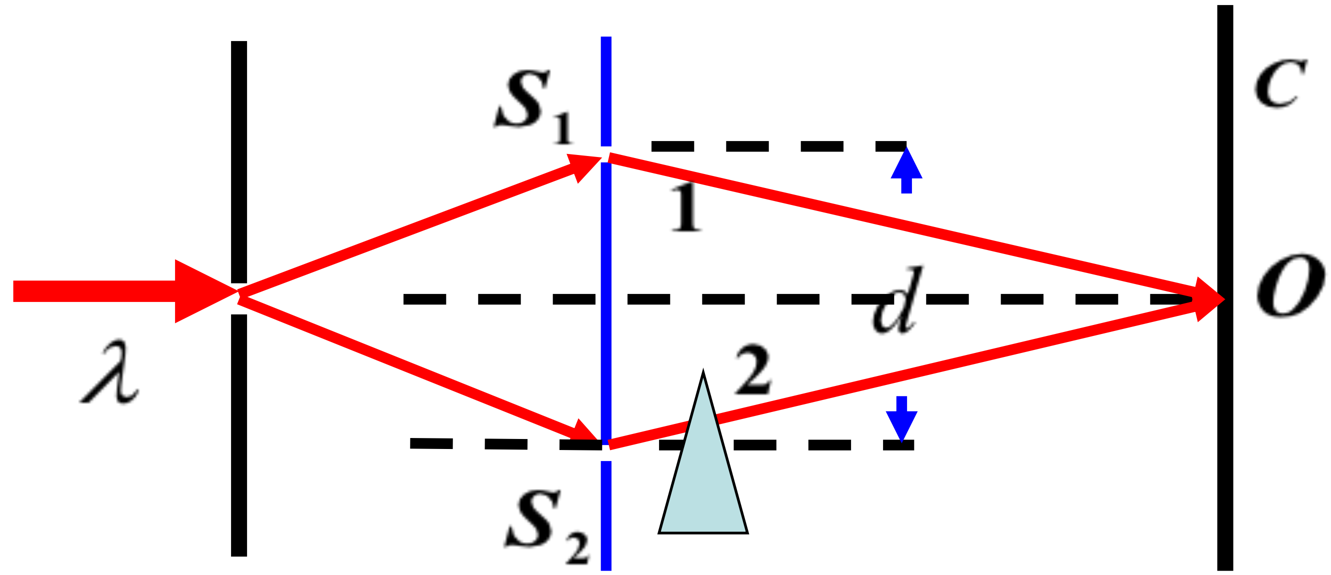
8. 如图所示，用波长为 λ 的单色光照射双缝干射实验装置，若将一折射率为 n 劈尖角为 A 的透明劈尖插入光线 2 中，则当劈尖缓慢地向上移动时（只遮住 S_2），屏上的干涉条纹：

A. 间隔变大，向下移动

B. 间隔变小，向上移动

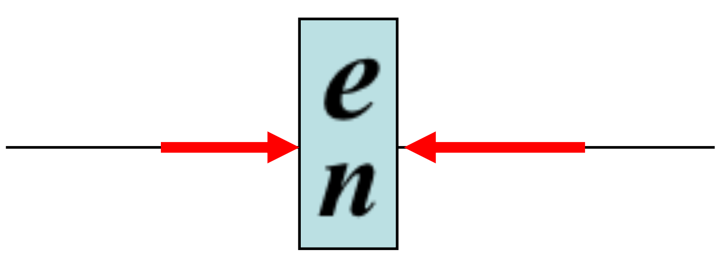
C. 间隔不变，向下移动

D. 间隔不变，向上移动



9. 在迈克尔逊干涉仪的一支光路中，放入一片折射率为 n 的透明介质薄膜后，测出两束光的光程差的改变量为一个波长λ，则薄膜厚度为：

$A.\ \lambda/2$ $B.\ \lambda/2n$ $C.\ \lambda/n$ $D.\ \lambda/[2(n-1)]$



$$\delta = 2ne - 2e = 2(n-1)e = \lambda$$

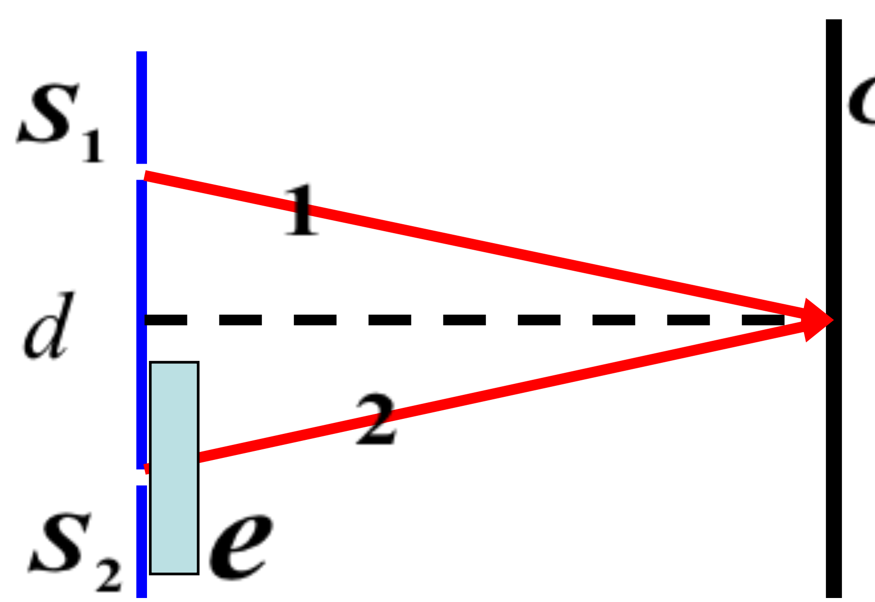
三、计算题

1. 在双缝干涉实验中，波长 $\lambda = 5500\text{A}^\circ$ 的单色平行光垂直照射到缝间距为 $a = 2\times10^{-4}$ m 的双缝上，屏到双缝的距离 $D = 2$m。求：(1) 中央明纹两侧两条 10 级明纹中心的距离；(2) 以厚度为 $e = 6.6\times10^{-5}$ m，折射率为 $n = 1.58$ 的玻璃片覆盖后，零级明纹将移到原来的第几级的位置。

解：(1) 双缝干涉的明纹条件 $x_k = \dfrac{D}{nd}k\lambda$

故：$$x_{10} - x_{-10} = \frac{2}{2\times10^{-4}}\times20\times5500\times10^{-10} = 0.11m$$

(2) 覆盖玻璃后零级条纹应满足：



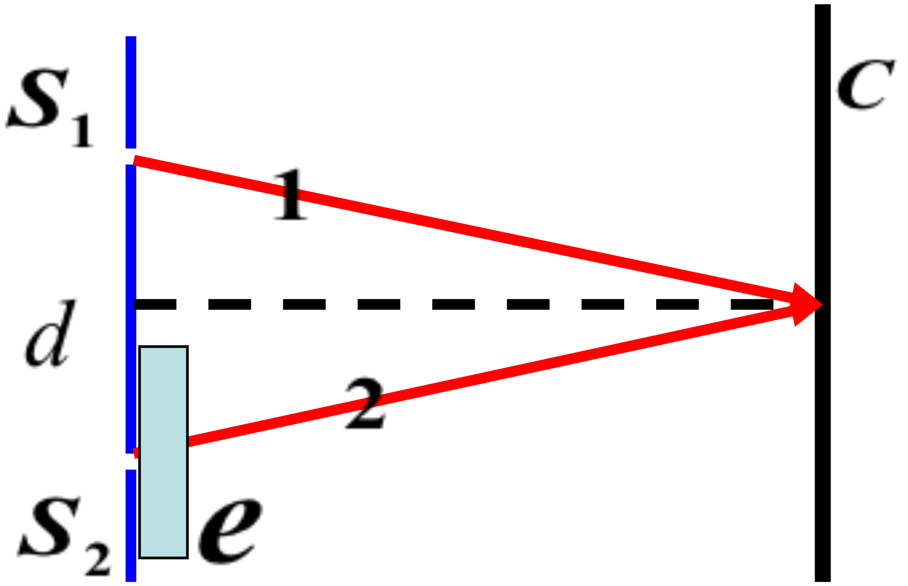
$$[(n-1)e + r_2] - r_1 = 0$$

不盖玻璃时此处为 k 级满足：

$$\delta = r_1 - r_2 = k\lambda$$

所以，$(n-1)e = k\lambda$

$$k = 6.96 \simeq 7$$



2. 在双缝干涉实验中，$D >> d$，对于钠黄光λ=5893 埃，产生的干涉条纹相邻两明纹的角距离（相邻两明纹对双缝中心处的张角）为 0.20 度。(1) 对什么波长光，此装置所得相邻两明纹角距离比钠光大10%。(2) 假如浸入水中（$n = 1.33$），相邻两明纹角距离为多大?

解：(1) $$\Delta x = \frac{D}{nd}\lambda$$

角距离：$$\Delta\theta = \frac{\Delta x}{D} = \frac{\lambda}{nd} \qquad \frac{\Delta\theta_2}{\Delta\theta_1} = \frac{\lambda_2 / nd}{\lambda_1 / nd} = \frac{0.22}{0.2}$$。

$$\lambda_2 = 1.1\lambda_1 = 6482.3\ A$$

(2) 假如浸入水中，则有：

$$\Delta\theta = \frac{\lambda}{nd} = \frac{\Delta\theta_1}{n} = \frac{0.2^\circ}{1.33} = 0.15^\circ$$

3. 折射率为 1.60 的两块标准玻璃板之间形成一个劈尖(θ很小)，$\lambda = 600\ nm$（$1nm = 10^{-9}$ m），产生等厚干涉条纹，在劈尖内充满 n=1.40 的液体时相邻明纹间距比劈尖内是空气时的间距小 $\Delta l = 0.5mm$，求 $\theta = ?$

解：由题意知：

$$l = \frac{\Delta e}{\sin\theta} \approx \frac{\Delta e}{\theta} = \frac{\lambda}{2n\theta}$$

因而： $$\Delta l = l_0 - l = \frac{\lambda}{2\theta} - \frac{\lambda}{2n\theta} = \frac{\lambda}{2\theta}(1 - \frac{1}{n})$$

$$\therefore \quad \theta = \frac{\lambda}{2\Delta l}(1 - \frac{1}{n}) = \frac{600\times10^{-9}}{2\times0.5\times10^{-3}}(1 - \frac{1}{1.40})rad$$

$$= 1.71\times10^{-4}\,rad$$

4. 波长范围在 450 — 650nm 之间的复色平行光垂直照射在每厘米有 5000 条刻线的光栅上，屏幕放在透镜的焦平面处，屏上第二级光谱各色光在屏上所占范围宽度为 35.1cm，求透镜焦距 f。

解：光栅常数为： $$d=\frac{1cm}{5000}=2\times10^{-6}m$$

第二级谱线中： $$d\sin\varphi=2\lambda$$

$$x_{内}=\frac{2\lambda_{内}}{d}f \qquad x_{外}=\frac{2\lambda_{外}}{d}f$$

$$\Delta x=x_{外}-x_{内}=\frac{2f}{d}(\lambda_{外}-\lambda_{内})$$

故： $$f=\frac{d\Delta x}{2(\lambda_{外}-\lambda_{内})}=1.755m$$

5. 用白光照射每毫米 50 条刻痕的光栅，在距光栅 2m 的屏幕上观察到各色光谱，设可见光的上限波长 $\lambda_R = 7800A^\circ$，下限波长 $\lambda_V = 4000A^\circ$，试计算屏幕上第一级光谱的宽度。

解：由光栅方程：
$$d\sin\theta = \lambda$$

可得：
$$\sin\theta_1 = \frac{\lambda_1}{d} \qquad \sin\theta_2 = \frac{\lambda_2}{d}$$

$$\theta_2 - \theta_1 \approx \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{d}$$

$$\Delta x = tg(\theta_2 - \theta_1)l = \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{d} l = 3.8(cm)$$

6. 用波长为 $\lambda = 600\ nm$（$1nm = 10^{-9}$ m）的光垂直照射由两块平行玻璃板构成的空气劈尖薄膜，劈尖角度 $\theta = 2\times10^{-4}$ rad，改变劈尖角，相邻两明纹间距缩小了 $\triangle l = 1.0\ mm$，求劈尖角的改变量。

解：改变之前 $$\theta = \frac{\lambda}{2l} = 2\times10^{-4}$$

改变后：$$\theta' = \frac{\lambda}{2(l - 1.0\times10^{-3})}$$

由上两式，得：$$l = \frac{\lambda}{4\times10^{-4}} = 1.5\times10^{-3}$$

$$\theta' = \frac{600\times10^{-9}}{2\times0.5\times10^{-3}} = 6\times10^{-4}\ rad$$

$$\therefore \quad \Delta\theta = \theta' - \theta = 4\times10^{-4}\ rad$$

7. 波长 $\lambda = 6000\text{A}°$的单色光垂直照射到一光栅上，测得第二级主极大的衍射角为 30°，且第三级缺级。

(1) 光栅常数 $(a+b)$ 等于多少?

(2) 透光缝可能的最小宽度等于多少?

解： (1) 由光栅方程，得：$(a+b) = \dfrac{k\lambda}{\sin\theta} = 2.4\times 10^{-4}cm$

(2)第三级缺级： $(a+b)\sin\theta' = 3\lambda$

由于第三级缺级，对应于最小可能的 a，θ' 应是单缝衍射的第一级暗纹，故：

$$a\sin\theta' = \lambda$$

两式比较： $a = \dfrac{a+b}{3} = 0.8\times 10^{-4}cm$

8. 以氦放电管发出的光垂直照射到某光栅上，测得波长 λ_1 =0.668 μm 的谱线的衍射角为 $\varphi = 20°$，如果在同样 φ 角处出现波长 $\lambda_2 = 0.447$ μm 的更高级次的谱线，那么光栅常数最小是多少?

解：由光栅方程： $d\sin 20^\circ = k_1\lambda_1 \quad d\sin 20^\circ = k_2\lambda_2$

$$k_1\lambda_1 = k_2\lambda_2 \quad k_2/k_1 = \lambda_1/\lambda_2 = 0.668/0.447$$

将： k_2/k_1 约为整数比：

$$k_2/k_1 = 3/2 = 6/4 = 12/8$$

取最小的值： $k_1 = 2, \quad k_2 = 3$

对应的光栅常数：

$$(a+b) = k_1\lambda_1/\sin\theta = 3.92\mu m$$

9. 以氦放电管发出的光垂直照射在某光栅上，在衍射角 $\Phi = 41°$的方向上看到 $\lambda_1 = 6562$A°和 $\lambda_2 = 4101$A°的光谱线相重合，求光栅常数最小是多少?

解：由光栅方程： $d\sin\Phi = k_1\lambda_1 \qquad d\sin\Phi = k_2\lambda_1$

故： $$k_1\lambda_1 = k_2\lambda_2$$

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{4101}{6562} \cong \frac{5}{8}$$

取： $$k_1 = 5, \qquad k_2 = 8$$

故： $(a+b)\sin\Phi = k_1\lambda_1$。

$$a+b = \frac{k_1\lambda_1}{\sin\Phi} = \frac{5\times 6562\,A}{\sin 41^\circ} = 5.0\times 10^{-6} = 5\mu m$$

10. 光栅每厘米刻 200 条，透光缝宽 0.02mm，透镜焦距 f=1.0m，求屏上单缝衍射宽度和衍射主极大个数。

解：（1）单缝衍射第一级极小满足：

$$a\sin\theta = \lambda$$

$$\theta \approx \sin\theta = \frac{\lambda}{a}$$

中央明纹宽度：

$$\Delta x = 2ftg\theta = 2f\theta = 2f\frac{\lambda}{a} = 2\times 1.0\times\frac{6\times 10^{-7}}{2\times 10^{-5}} = 6\times 10^{-2}(m)$$

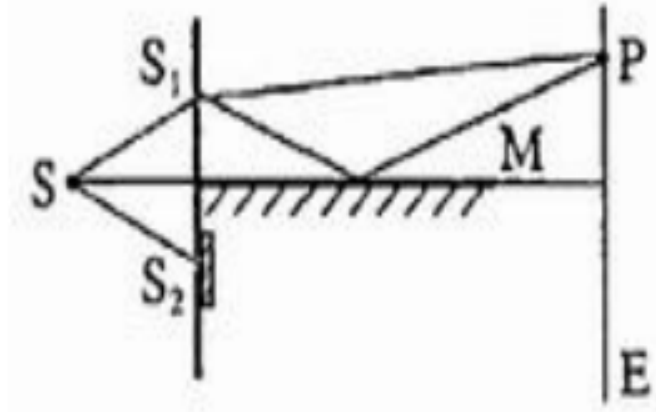
（2）该范围内主极大的最大级数为 k，则

$$(a+b)\sin\theta = k\lambda$$

$$(a+b)\frac{\lambda}{a} = k\lambda \qquad k = \frac{a+b}{a} = \frac{1\times 10^{-2}}{200\times 2\times 10^{-2}} = 2.5$$

在该范围内能看到的主极大个数为 5 个。

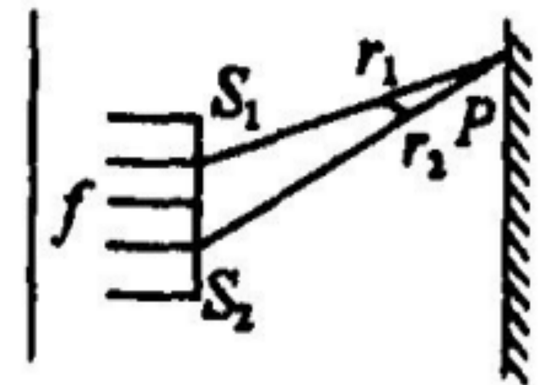
在空气中做光的双缝实验，屏幕 E 上的 P 点处是明条纹。若将缝 S_2 盖住，并在 S_1S_2 连线的垂直平分面上放一面反射镜 M，其它条件不变（如图），则此时：（B）



（A）P 处仍为明条纹　　（B）P 处为暗条纹

（C）P 处于明、暗条纹之间　　（D）屏幕 E 上的 P 无干涉条纹

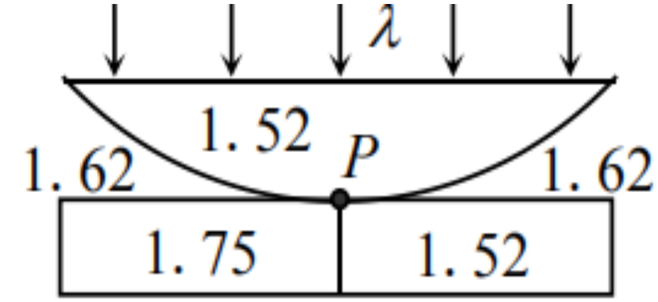
如图所示，用频率为 f 的单色光照射双缝，在屏上 P 点处出现第 3 条暗纹，设光速为 c，则 P 点到双缝 s_1 和 s_2 的距离之差 $r_2 - r_1$ 应为（D）



(A) $2c/f$　　(B) $3c/f$

(C) $3c/2f$　　(D) $5c/2f$

在图所示三种透明材料构成的牛顿环装置中，用单色光垂直照射，在反射光中看到干涉条纹，则在接触点 P 处形成的圆斑为：（D）



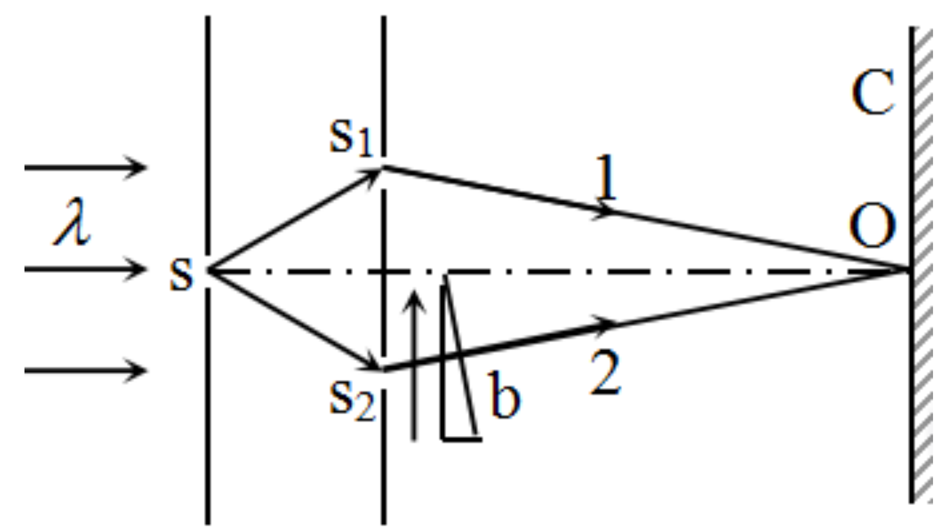
(A) 全明 (B) 全暗

(C) 右半部明,左半部暗 (D) 右半部暗,左半部明

如图所示，用波长为λ的单色光照射双缝干涉实验装置，若将一折射率为n、劈尖角为α 的透明劈尖 b 插入光线 2 中，则当劈尖 b 缓慢地向上移动时(只遮住 s_2)，屏 C 上的干涉条纹：

(A) 间隔不变，向下移动 (B) 间隔变小，向上移动

(C) 间隔变大，向下移动 (D) 间隔不变，向上移动



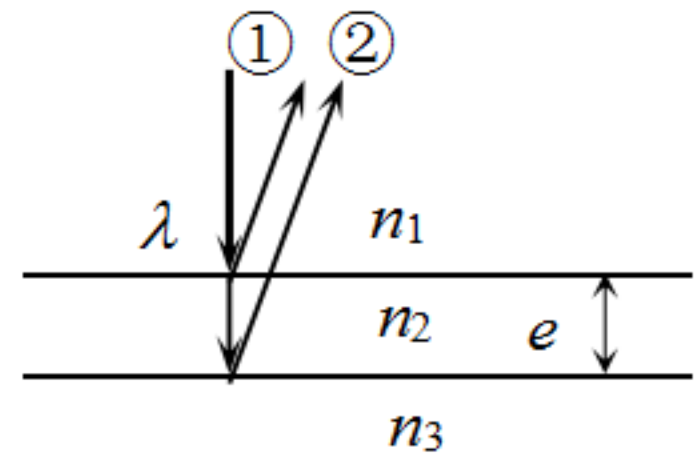
波长为λ的单色光垂直入射到厚度为e的平行膜上，如图若反射光消失，则当$n_1 < n_2 < n_3$时,应满足条件(1)； 当$n_1 < n_2 > n_3$时应满足条件(2)。条件(1)，条件(2)分别是：

(A) (1)$2ne = k\lambda$, (2) $2ne = k\lambda$

(B) (1)$2ne = k\lambda + \lambda/2$, (2) $2ne = k\lambda + \lambda/2$

(C) (1)$2ne = k\lambda - \lambda/2$, (2) $2ne = k\lambda$

(D) (1)$2ne = k\lambda$, (2) $2ne = k\lambda - \lambda/2$



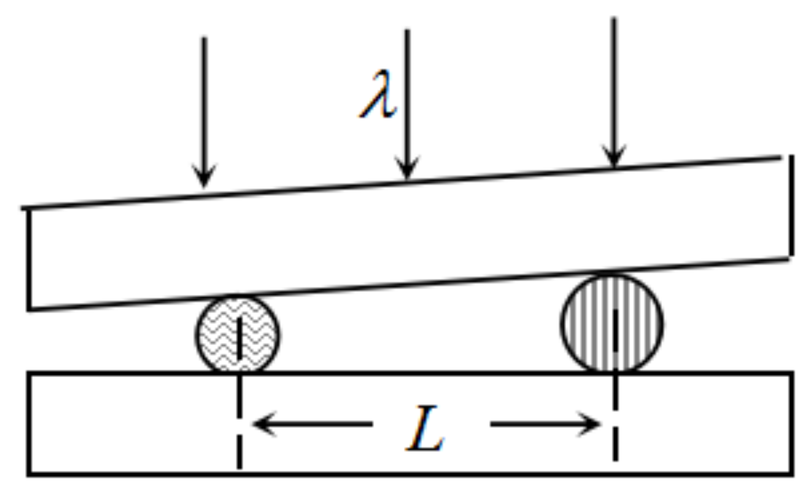
如图所示，两个直径有微小差别的彼此平行的滚柱之间的距离为L，夹在两块平晶的中间，形成空气劈尖，当单色光垂直入射时，产生等厚干涉条纹，如果滚柱之间的距离L变小，则在L范围内干涉条纹的

(A) 数目减少，间距变大

(B) 数目不变，间距变小

(C) 数目增加，间距变小

(D) 数目减少，间距不变



如图所示，波长为λ的平行单色光垂直入射在折射率为n_2的薄膜上，经上下两个表面反射的两束光发生干涉。若薄膜厚度为e，而且$n_1>n_2>n_3$，则两束反射光在相遇点的位相差为：

（A）$4\pi n_2 e/\lambda$　　（B）$2\pi n_2 e/\lambda$

（C）$\pi + 4\pi n_2 e/\lambda$　　（D）$-\pi + 4\pi n_2 e/\lambda$