

# 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

等倾干涉

劈尖干涉

牛顿环

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

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

### 光的衍射

最大光程差

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

衍射条纹  
明暗条件

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

### 光的偏振

马吕斯定律

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

布儒斯特定律

$$\operatorname{tgi}_0 = \frac{n_2}{n_1} = n_{21}$$
$$i_0 + r_0 = \pi / 2$$

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

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

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

分振幅法 → 薄膜干涉

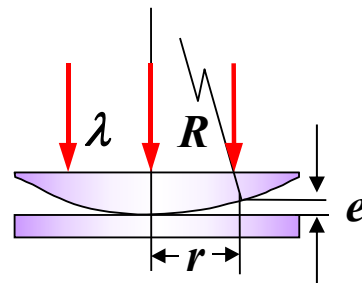
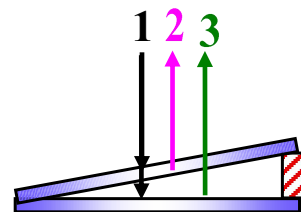
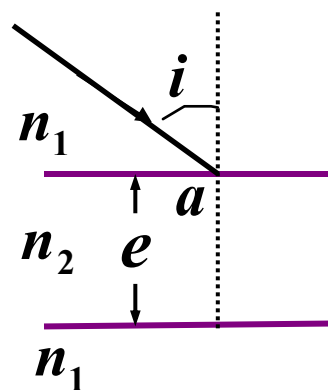
等倾干涉

等厚干涉

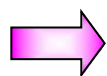
$$\delta = 2e\sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 i} + \frac{\lambda}{2}$$

在光垂直入射的情况下

$$\delta = 2en_2 + \frac{\lambda}{2}$$



# 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:  $\varphi = 1.22 \frac{\lambda}{D}$

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

缺级现象  $k = \frac{a + b}{a} k'$

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

# 重 要 公 式

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

其他公式:

## 1、增透膜与增反膜

$$\delta = \begin{cases} (2k+1)\frac{\lambda}{2} & \text{干涉减弱} \\ k\lambda & \text{干涉加强} \end{cases} \quad \begin{matrix} \text{增透} \\ \text{增反} \end{matrix}$$

例：设镀膜厚度为 $e$ ，且 $n_1 < n_2 < n_3$

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

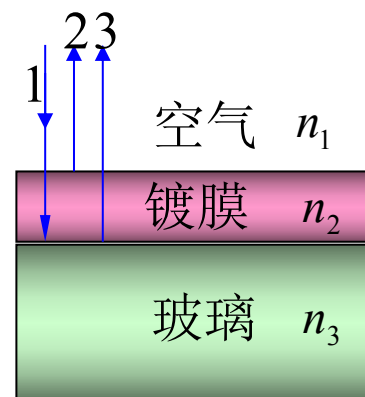
## 2、迈克尔逊干涉仪

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

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

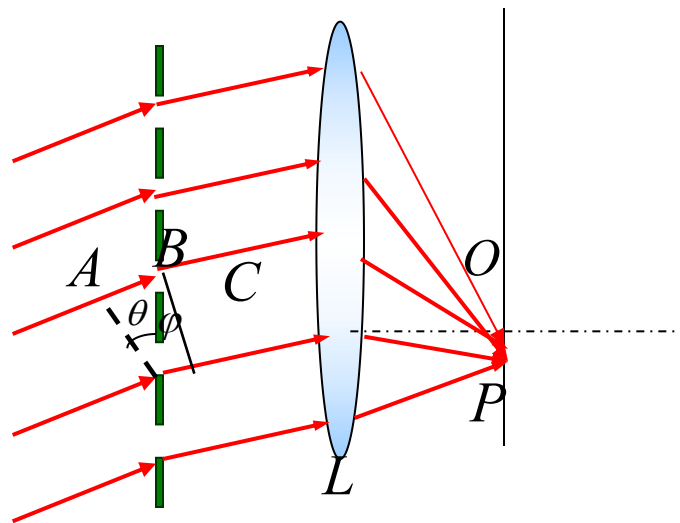
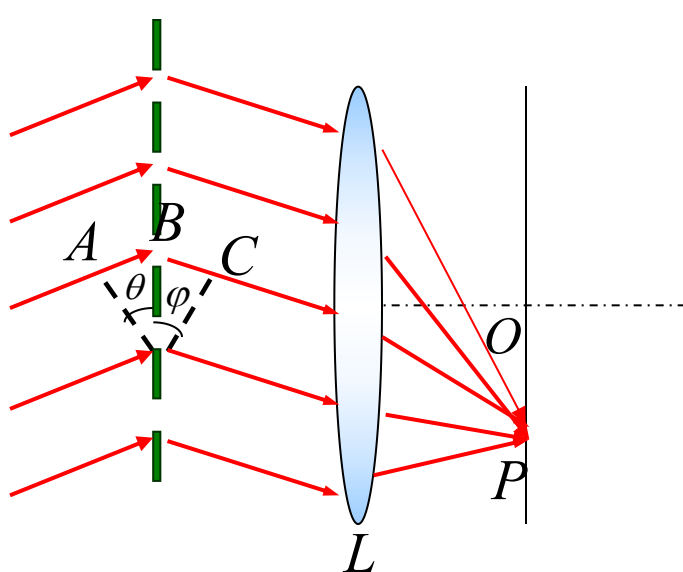
## 3、光学仪器最小分辨角

$$\theta_{\min} = 1.22 \frac{\lambda}{D}$$



其他公式：

4、斜入射时，光栅方程：



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

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

# 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：
$$I = I_0 \cos^2 \theta$$

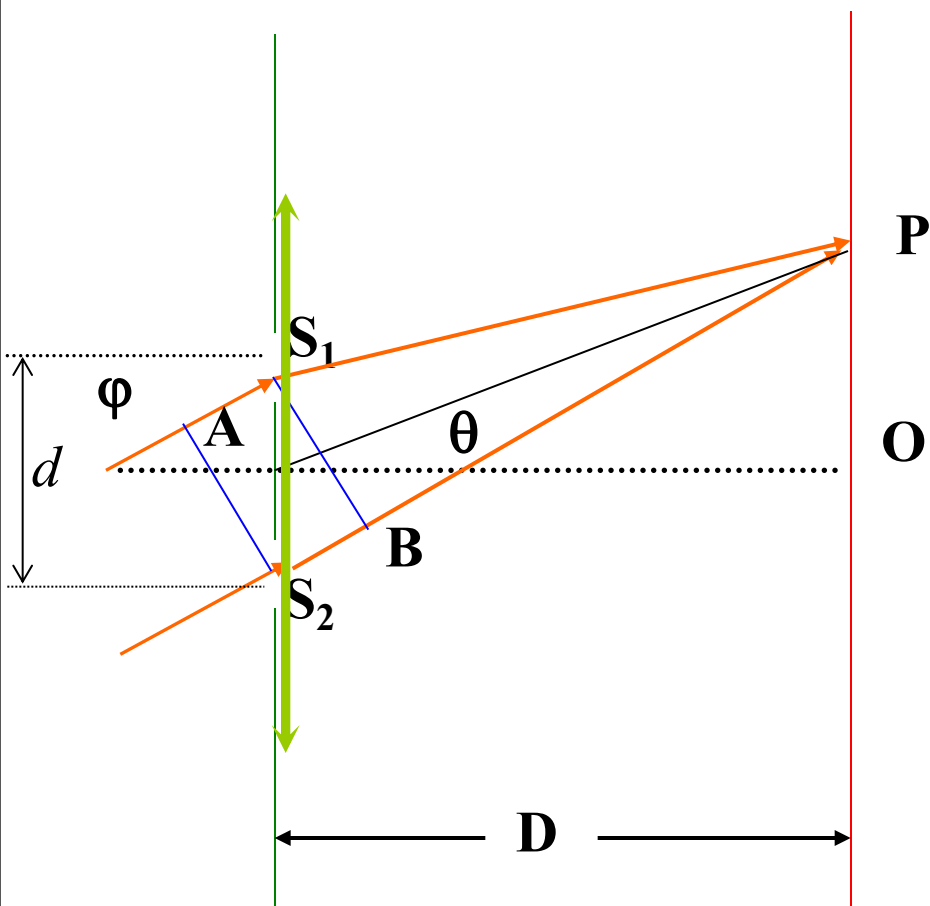
4. 布儒斯特定律：
$$\tan i_0 = \frac{n_2}{n_1} \quad i_0 + \gamma = \frac{\pi}{2}$$

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：
$$\delta = (n_o - n_e)d$$

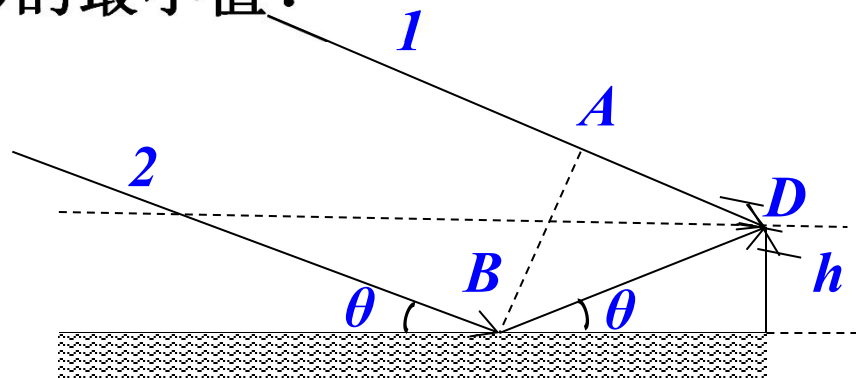


1、波长为  $\lambda$  的平面单色光以  $\varphi$  角斜入射到双缝，已知  $d$ ,  $D$  ( $\gg d$ )  
试求：(1) 各级明纹的位置；(2) 条纹的间距；(3) 若使零级明纹移至屏幕  $O$  点处，则应在哪个缝处放置一厚度为多少的折射率  $n$  的透明介质薄片。



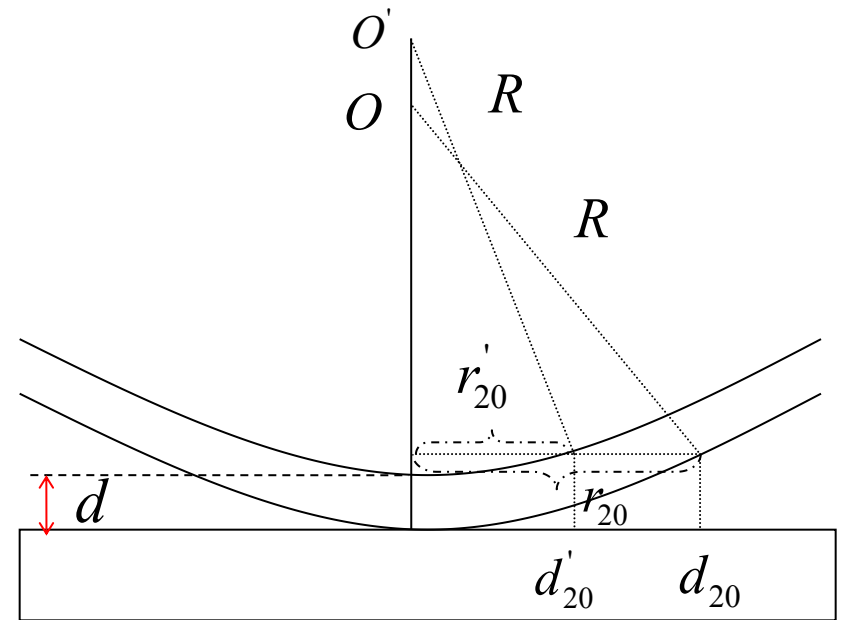
2、如图，无线电波一部分直接射向天线，另一部分经海面反射到天线，无线电频率为 $6.0 \times 10^7 \text{Hz}$ ，天线高出水平面 $25\text{m}$ ，求：相消干涉时无线电波掠射角 $\theta$ 的最小值？

解：

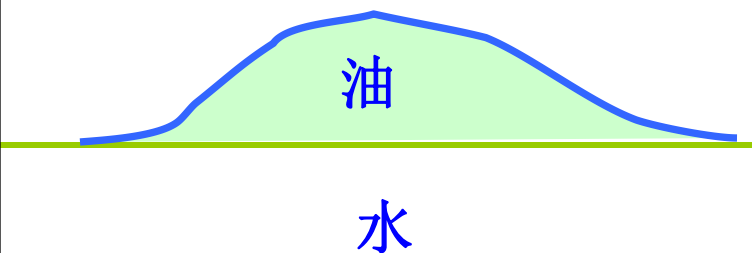


3、牛顿环：入射光波长为 $589\text{nm}$ ，第20个暗环直径为 $0.687\text{cm}$ ，当透镜竖直向上移动 $d=5\times 10^{-4}\text{cm}$ ，求：此时第20个暗纹直径为多少？

解：



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 $480\text{nm}$ ）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。

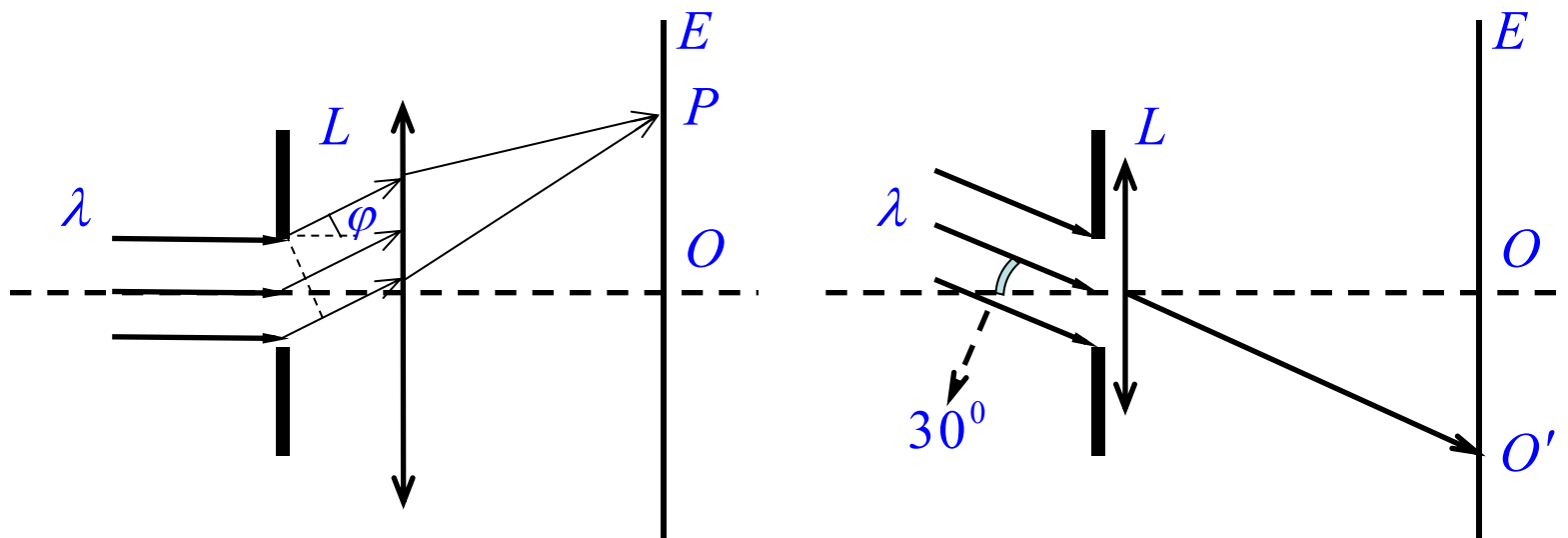


5、波长  $\lambda = 6000 \text{ \AA}$  的平行光垂直入射到单缝上。单缝宽度  $a = 2 \times 10^{-2} \text{ mm}$ ，缝后透镜焦距  $f = 0.3 \text{ m}$ ，求

(1) 第一级明纹离中央明纹中心的距离

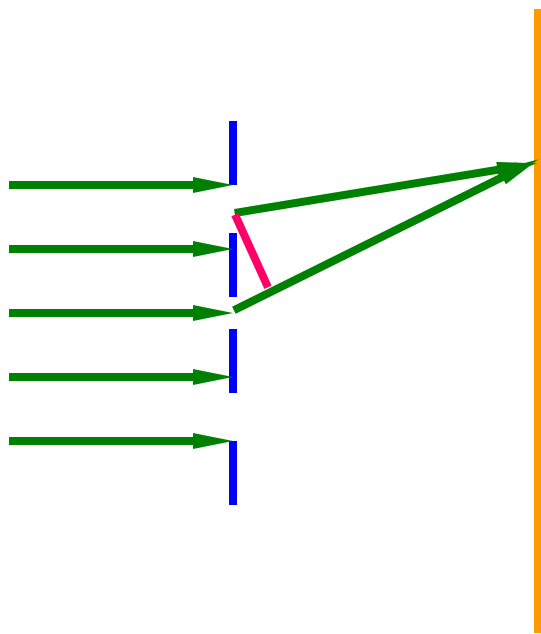
(2) 中央明纹的线宽度和半角宽度

(3) 若平行单色光以  $i = 30^\circ$  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

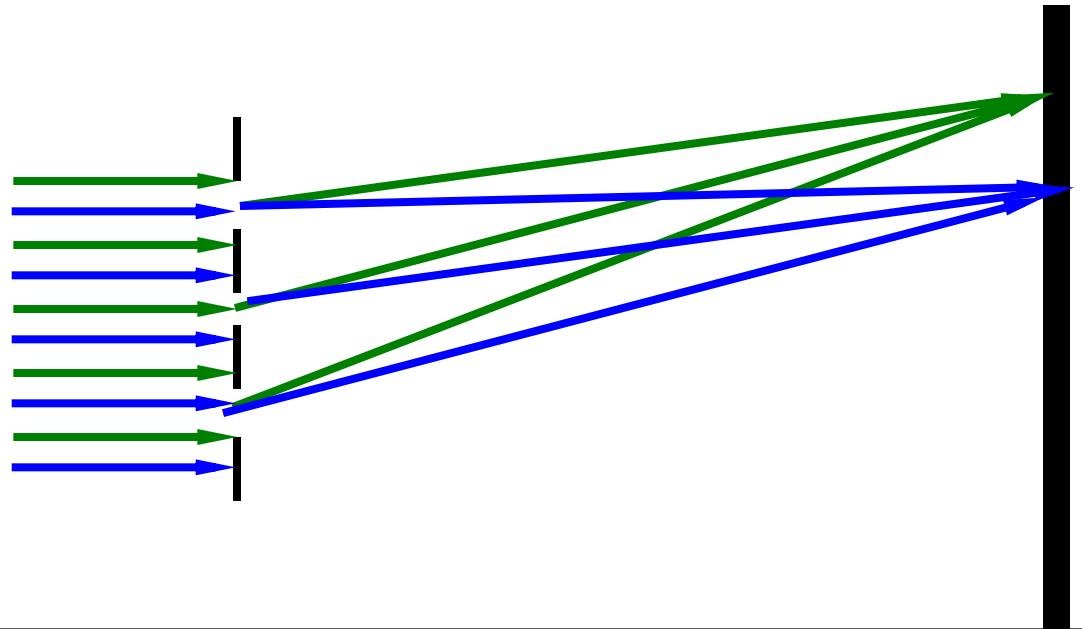


6、利用波长为 $\lambda=0.59\mu\text{m}$ 的平行光照射光栅，已知光栅500条/mm，狭缝宽度  $a=1\times 10^{-3}\text{mm}$ 。

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 $\varphi=30^\circ$ 时入射，如图所示，最多能观察到第几级谱线？

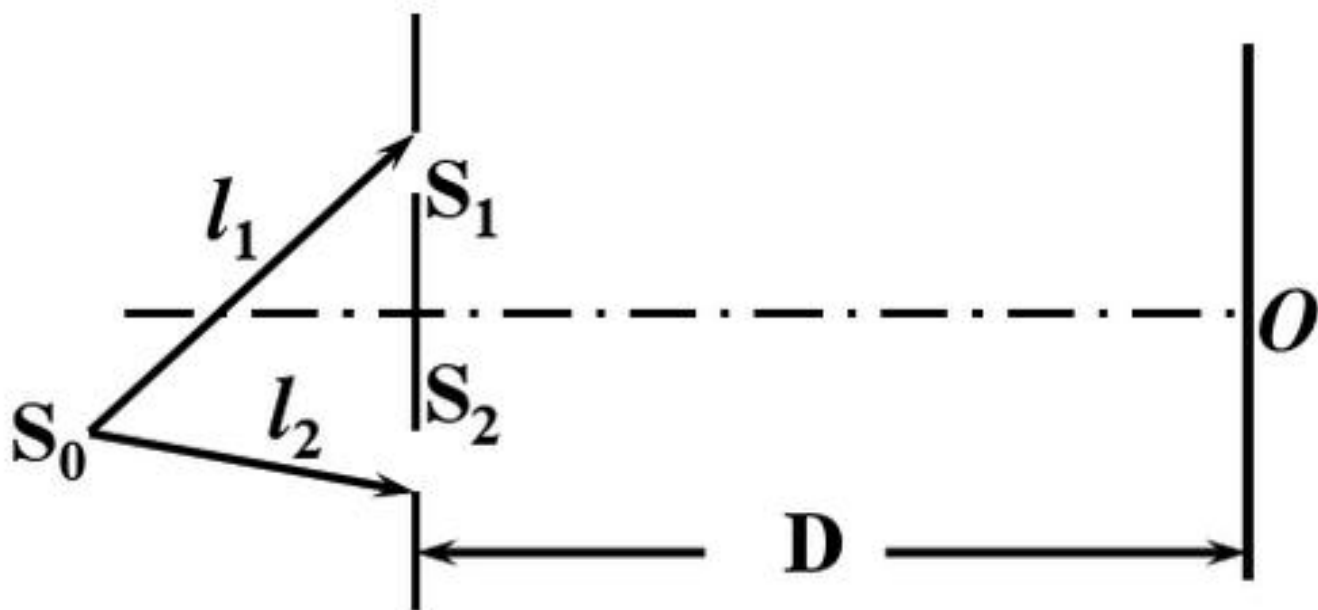


7、**波长**范围在450~650 nm之间复色平行光垂直照射在每厘米有5000条刻痕的光栅上，屏幕放在透镜的焦平面处，屏幕上的第二级光谱各色光在屏上所占范围的宽度为35.1 cm，求透镜焦距？



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 $l_1-l_2=3\lambda$ , $\lambda$ 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:

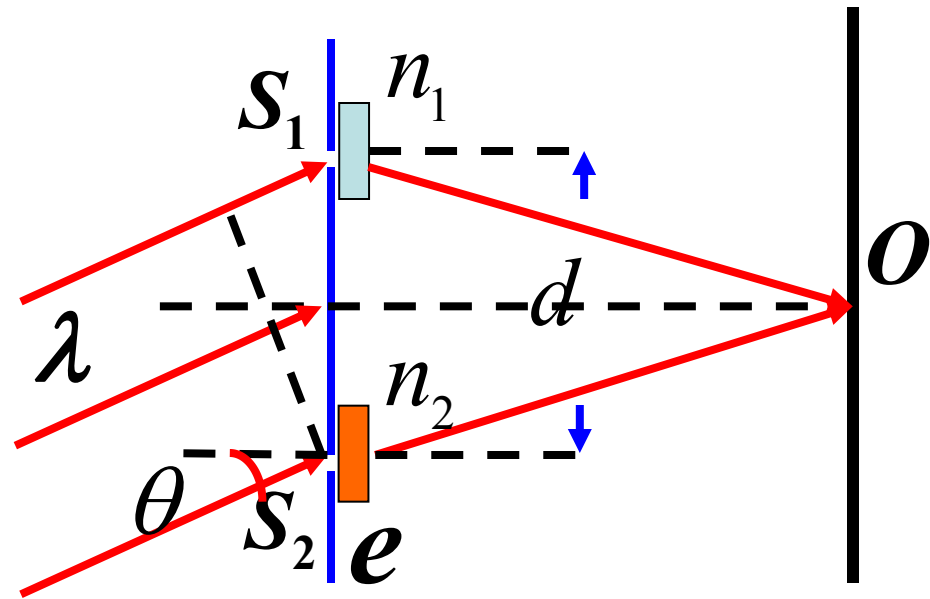
- (1) 零级明条纹到屏幕中央 $O$ 点的距离.
- (2) 相邻明条纹间的距离.





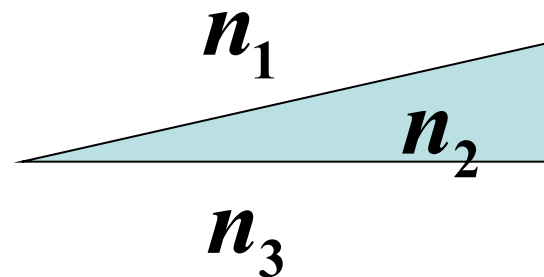
## 一、填空题

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  $\lambda$  的平行光斜入射到双缝上，入射角为  $\theta$ ，双缝间距为  $d$ ，在屏幕中央  $O$  处  $\overline{S_1O} = \overline{S_2O}$   $\Delta\varphi = ?$



2. 在双缝干涉实验中，所用光的波长 $\lambda = 5.461 \times 10^{-4} \text{ mm}$  双缝与屏的距离为  $D = 300 \text{ mm}$  双缝间距  $d = 0.134 \text{ mm}$ ，则中央明纹两侧的两个第三级明纹之间的距离为\_\_\_\_\_。

3. 用波长为  $\lambda$  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  $e =$ \_\_\_\_\_。

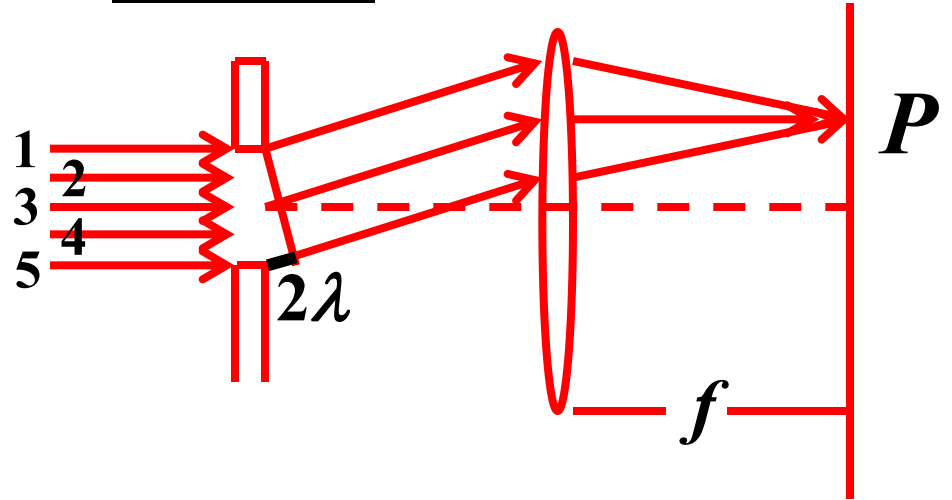


4. 光强均为  $I_0$  的两束相干光发生干涉时在相遇的区域可能出现的最大光强是\_\_\_\_\_。

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

6. 在迈克耳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\_\_\_\_\_mm。

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\_\_\_\_\_，P 点应为\_\_\_\_\_点。



8. 波长为  $\lambda$  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\_\_\_\_\_。

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\_\_\_\_\_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\_\_\_\_\_晶体。

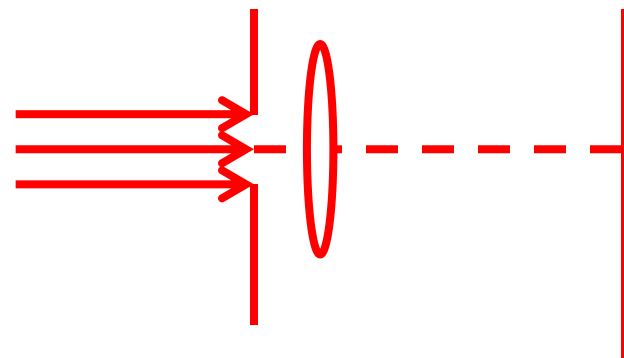
11. 一自然光通过两个偏振片，若两片的偏振化方向间夹角由  $A$  转到  $B$ ，则转前和转后透射光强之比为\_\_\_\_\_。

## 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。      B. 向下平移。

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  $\Delta x_1 = 2 \frac{f\lambda}{a}$

3. 真空中波长为  $\lambda$  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.  $l = 3\lambda / 2, \quad \Delta\varphi = 3\pi$

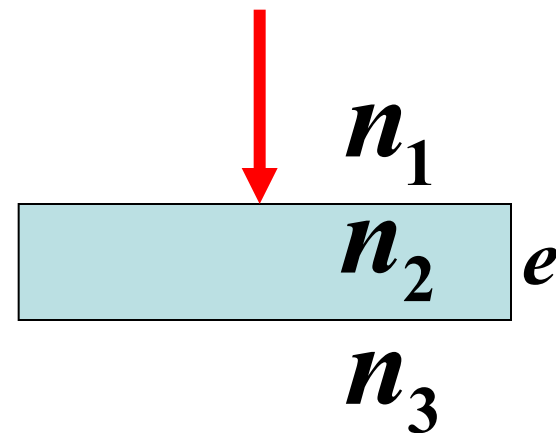
B.  $l = 3\lambda / 2n, \quad \Delta\varphi = 3n\pi$

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

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

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  $n_1 < n_2 > n_3$ ， $\lambda_1$  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.  $4\pi n_2 e / (n_1 \lambda_1)$



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\_\_\_\_\_。

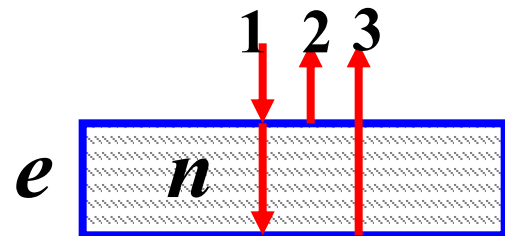
- A. 1/2    B. 1/5    C. 1/3    D. 2/3



6. 一束波长为  $\lambda$  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)  $\lambda / (2n)$



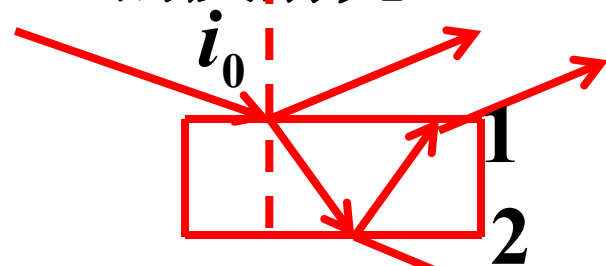
7. 一束自然光自空气射向一块平板玻璃（如图），设以布儒斯特角  $i_0$  入射，则在界面 2 上的反射光：

A. 是自然光。

B. 是部分偏振光。

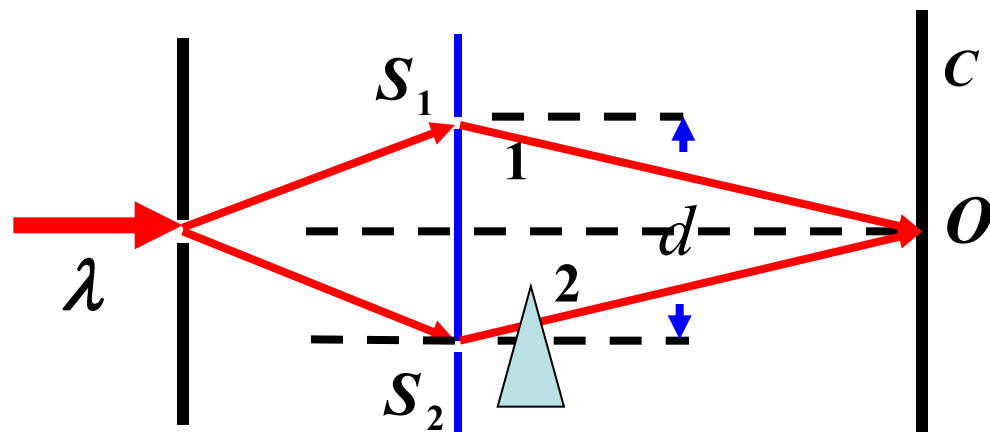
C. 是完全偏振光且光矢量的振动方向垂直于入射面。

D. 是完全偏振光且光矢量的振动方向平行于入射面。



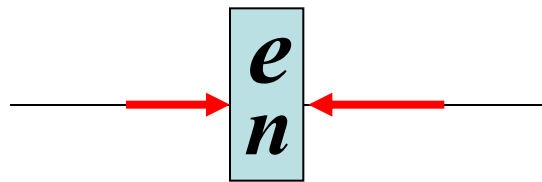
8. 如图所示，用波长为  $\lambda$  的单色光照射双缝干涉实验装置，若将一折射率为  $n$  劈尖角为  $A$  的透明劈尖插入光线 2 中，则当劈尖缓慢地向上移动时（只遮住  $S_2$ ），屏上的干涉条纹：

- 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



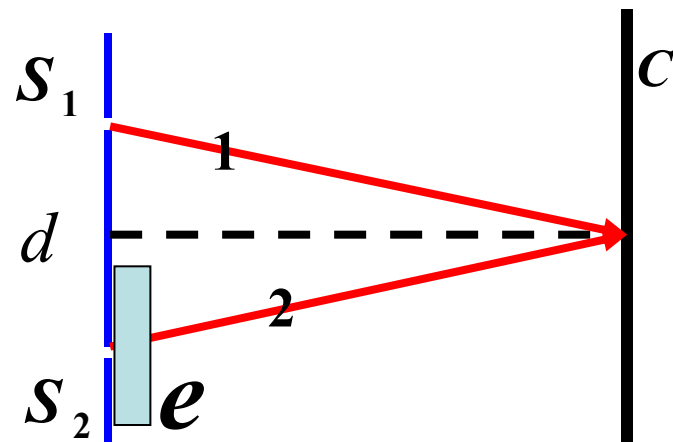
9. 在迈克尔逊干涉仪的一支光路中，放入一片折射率为  $n$  的透明介质薄膜后，测出两束光的光程差的改变量为一个波长  $\lambda$ ，则薄膜厚度为：

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



### 三、计算题

1. 在双缝干涉实验中，波长  $\lambda = 5500\text{\AA}$  的单色平行光垂直照射到缝间距为  $a = 2 \times 10^{-4} \text{ m}$  的双缝上，屏到双缝的距离  $D = 2\text{ m}$ 。求：(1) 中央明纹两侧两条 10 级明纹中心的距离； (2) 以厚度为  $e = 6.6 \times 10^{-5} \text{ m}$ ，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。



2. 在双缝干涉实验中,  $D \gg d$ , 对于钠黄光  $\lambda=5893$  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?

3. 折射率为 1.60 的两块标准玻璃板之间形成一个劈尖( $\theta$  很小),  $\lambda = 600 \text{ nm}$  ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ), 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  $\Delta l = 0.5 \text{ mm}$ , 求  $\theta = ?$

4. 波长范围在  $450 - 650\text{nm}$  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  $35.1\text{cm}$ ，求透镜焦距  $f$ 。

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  $\lambda_R = 7800\text{\AA}$ ，下限波长  $\lambda_V = 4000\text{\AA}$ ，试计算屏幕上第一级光谱的宽度。

6. 用波长为  $\lambda = 600 \text{ nm}$  ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ) 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  $\theta = 2 \times 10^{-4} \text{ rad}$ ，改变劈尖角，相邻两明纹间距缩小了  $\Delta l = 1.0 \text{ mm}$ ，求劈尖角的改变量。



7. 波长  $\lambda = 6000\text{\AA}$  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  $30^\circ$ ，且第三级缺级。

(1) 光栅常数  $(a+b)$  等于多少？

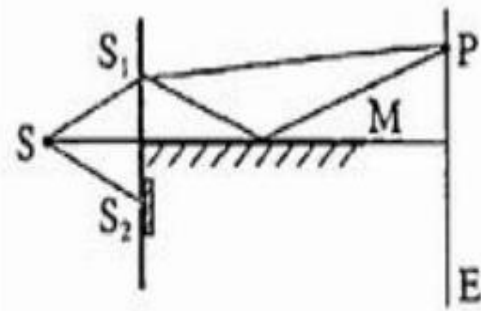
(2) 透光缝可能的最小宽度等于多少？

8. 以氦放电管发出的光垂直照射到某光栅上，测得波长  $\lambda_1 = 0.668 \mu\text{m}$  的谱线的衍射角为  $\varphi = 20^\circ$ ，如果在同样  $\varphi$  角处出现波长  $\lambda_2 = 0.447 \mu\text{m}$  的更高级次的谱线，那么光栅常数最小是多少？

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

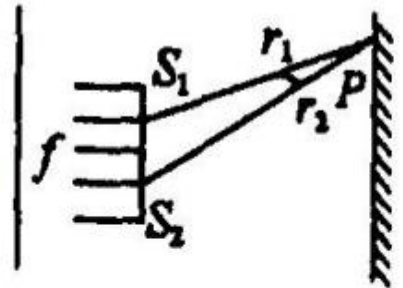
10. 光栅每厘米刻 200 条，透光缝宽 0.02mm，透镜焦距  $f=1.0\text{m}$ ，求屏上单缝衍射宽度和衍射主极大个数。

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<sub>2</sub>盖住，并在S<sub>1</sub>S<sub>2</sub>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)  $5c/2f$

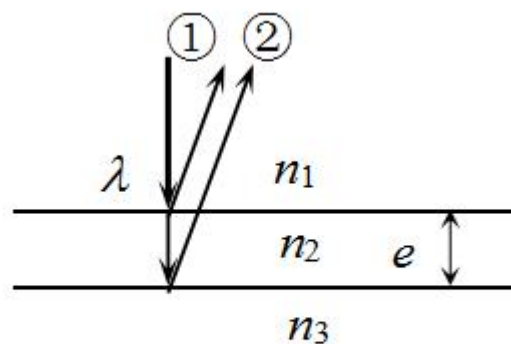
The diagram shows a beam of total length 3.14 m supported at two points. The left support is 1.62 m from the left end, and the right support is 1.52 m from the right end. A parabolic load is applied over the entire length of the beam, with a peak intensity of  $\lambda$  at the center. The beam is divided into three segments by the supports: a left segment of length 1.62 m, a middle segment of length 1.52 m, and a right segment of length 1.62 m. The supports are labeled with their respective distances from the ends: 1.62 and 1.52. The beam is labeled with its total length 3.14 and the load intensity  $\lambda$ . The point of maximum deflection is labeled  $P$ .

- 如图所示，用波长为 $\lambda$ 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 $\alpha$ 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：

-

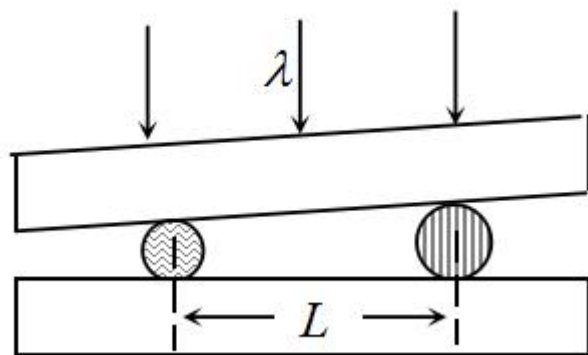
波长为 $\lambda$ 的单色光垂直入射到厚度为 $e$ 的平行膜上, 如图若反射光消失, 则当 $n_1 < n_2 < n_3$ 时, 应满足条件(1); 当 $n_1 < n_2 > n_3$ 时应满足条件(2)。条件(1), 条件(2)分别是:

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

