

第20章 光的干涉与衍射

§ 20-1 光的相干性

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

加强: $I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}$

相干叠加

减弱: $I = I_1 + I_2 - 2\sqrt{I_1 I_2}$

相干条件:同频率,同振动方向,有恒定相位差。

非相干叠加:

(同频率,同振动方向)

$$E_1 = E_{10} \cos(\omega t + \varphi_1 - \frac{2\pi}{\lambda} r_1)$$

$$E_2 = E_{20} \cos(\omega t + \varphi_2 - \frac{2\pi}{\lambda} r_2)$$

$$\Rightarrow E = E_0 \cos(\omega t + \varphi)$$

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

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

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 - 2\pi \frac{r_2 - r_1}{\lambda}$$

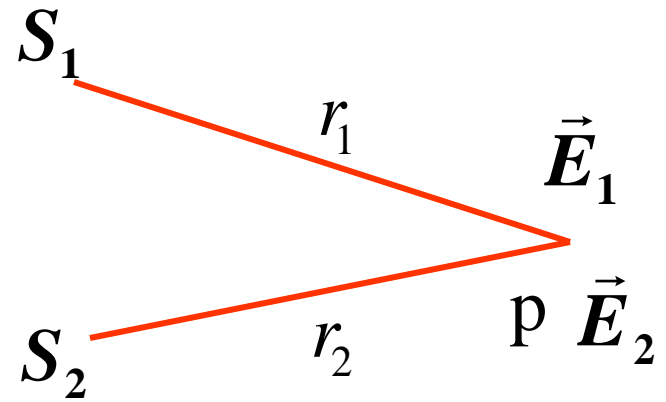
$\varphi_1 - \varphi_2$ 恒定: 相干叠加 $\varphi_1 - \varphi_2$ 不恒定: 非相干叠加

$$\bar{I} = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \frac{1}{\tau} \int_0^\tau \cos \Delta\varphi d\tau$$

=0

观察时间

$\tau \gg T$ (振动周期)

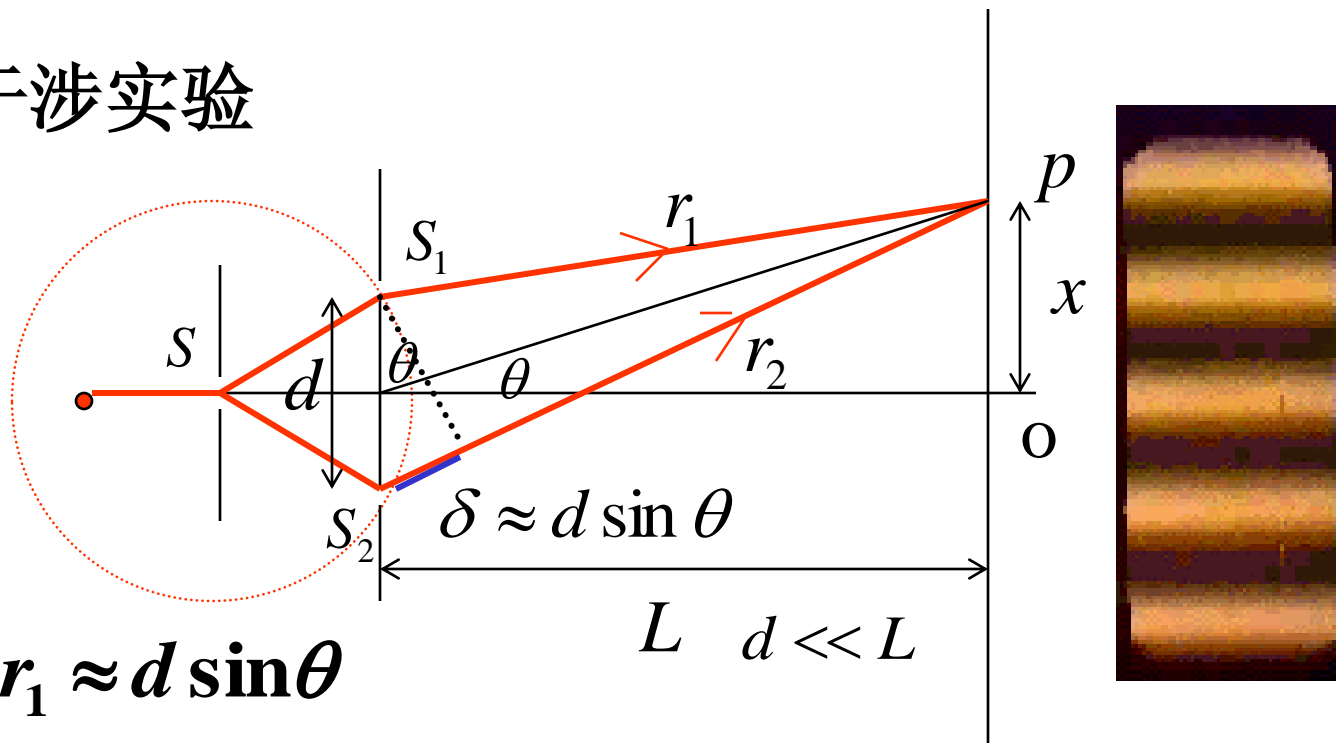


§ 20-2 双缝干涉 空间相干性

分割波阵面

分割振幅

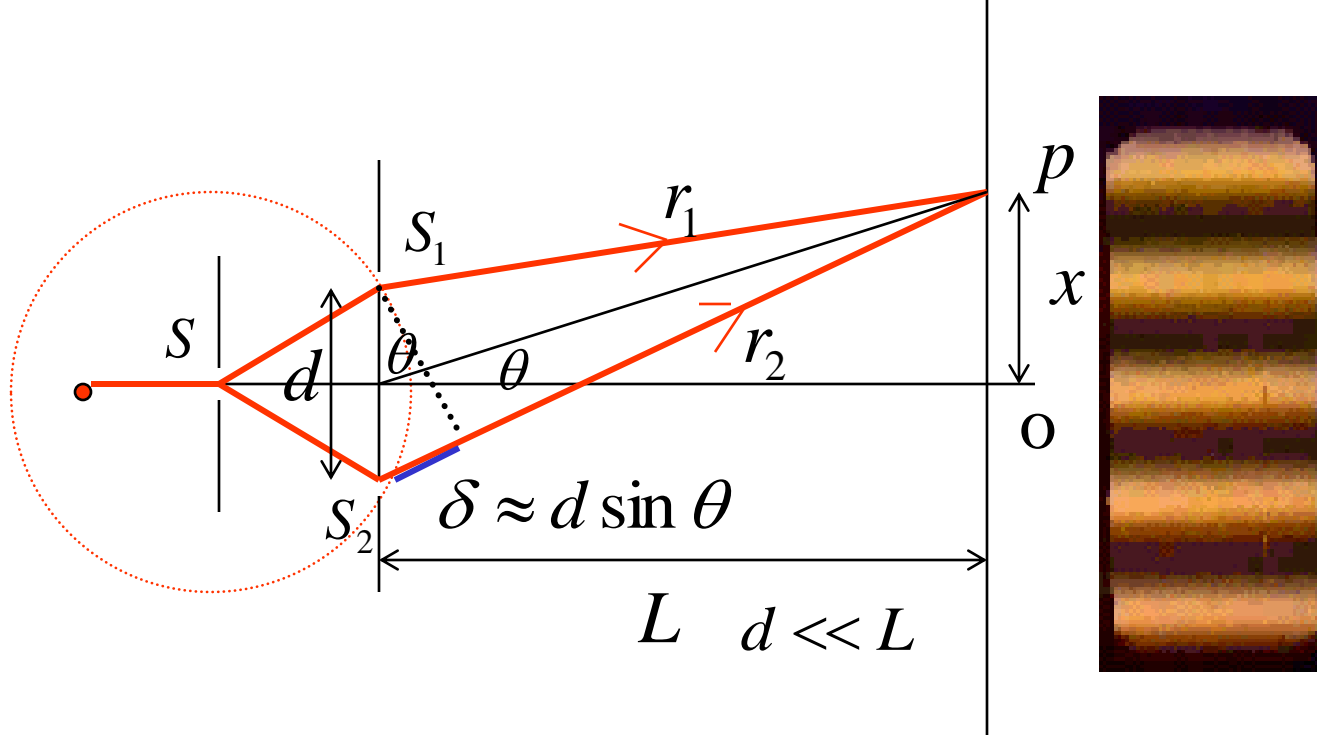
一、双缝干涉实验



$$\delta = r_2 - r_1 \approx d \sin \theta$$

如 $\delta = d \sin \theta = \pm k \lambda \quad k = 0, 1, 2, \dots$ P 点处是亮的

如 $\delta = d \sin \theta = \pm (2k - 1) \frac{\lambda}{2} \quad k = 1, 2, 3, \dots$ P 点处是暗的



$$x = L \tan \theta \approx L \sin \theta (\because x \ll L) \quad d \sin \theta = \pm k \lambda$$

明纹中心位置: $x_{\pm k} = \pm k \frac{L}{d} \lambda \quad k = 0, 1, 2, \dots$

暗纹中心位置: $x_{\pm(2k-1)} = \pm(2k-1) \frac{L}{d} \frac{\lambda}{2} \quad k = 1, 2, 3, \dots$

k : 明纹或暗纹级次

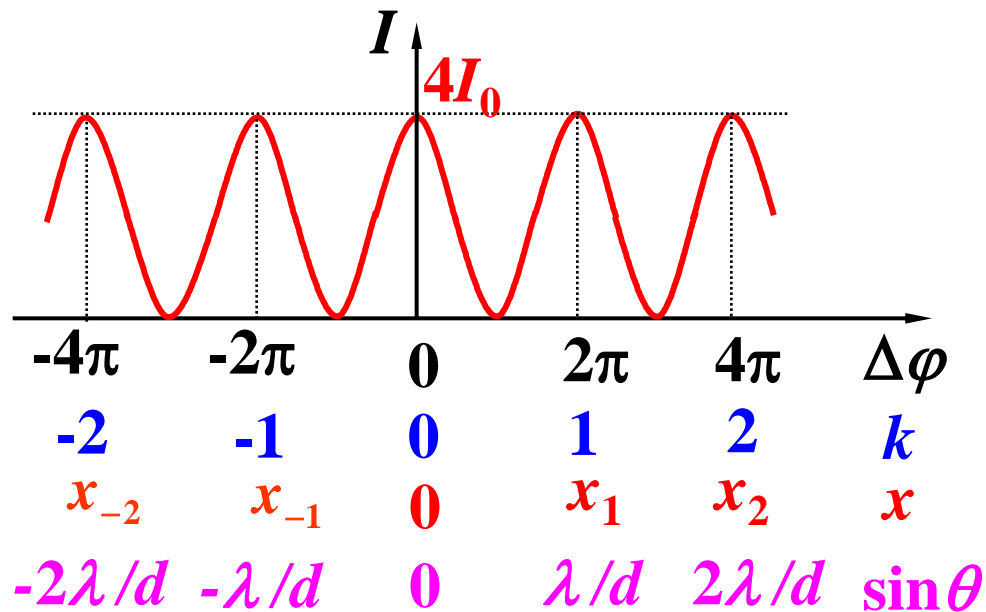
纹间距: $\Delta x = x_{k+1} - x_k = \frac{L}{d} \lambda \quad x_{\pm k} = \pm k \frac{L}{d} \lambda \quad k = 0, 1, 2, \dots$

$\Rightarrow \lambda \uparrow \rightarrow \Delta x \uparrow \quad d \uparrow \rightarrow \Delta x \downarrow$ (亮纹)

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos(\Delta\varphi) \quad \Delta\varphi = 2\pi \frac{\delta}{\lambda} \approx \frac{2\pi}{\lambda} d \sin \theta$$

如 $I_1 = I_2 = I_0 \Rightarrow I = 4I_0 \cos^2(\frac{\Delta\varphi}{2}) = 4I_0 \cos^2(\frac{\pi}{\lambda} d \sin \theta)$

光强曲线



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

$$I_{\max} = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}$$

$$I_{\min} = I_1 + I_2 - 2\sqrt{I_1 I_2}$$

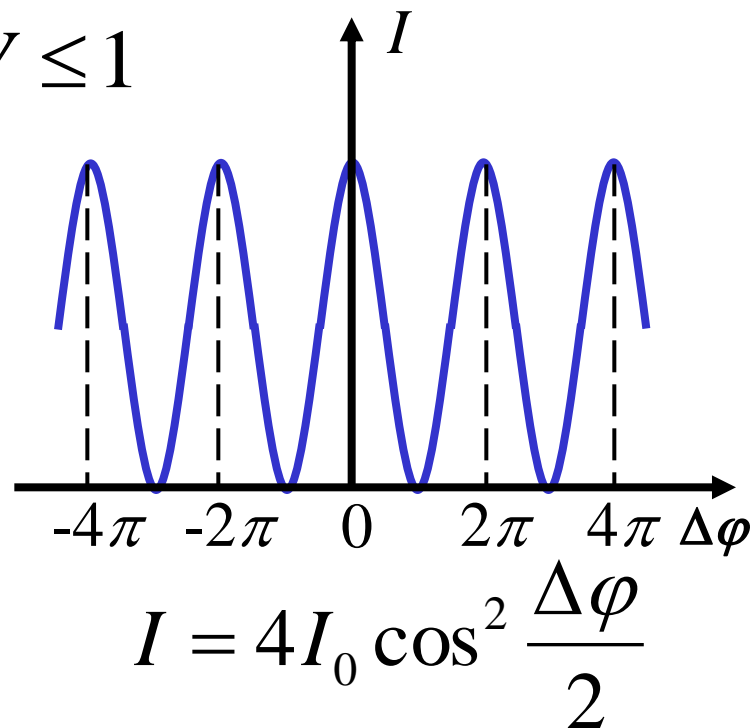
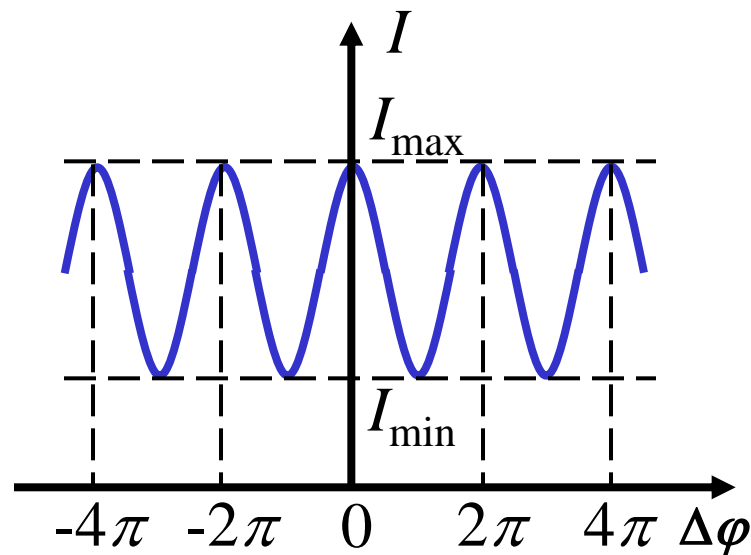
干涉条纹的可见度

$$V = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} = \frac{2\sqrt{I_1 I_2}}{I_1 + I_2} \quad 0 \leq V \leq 1$$

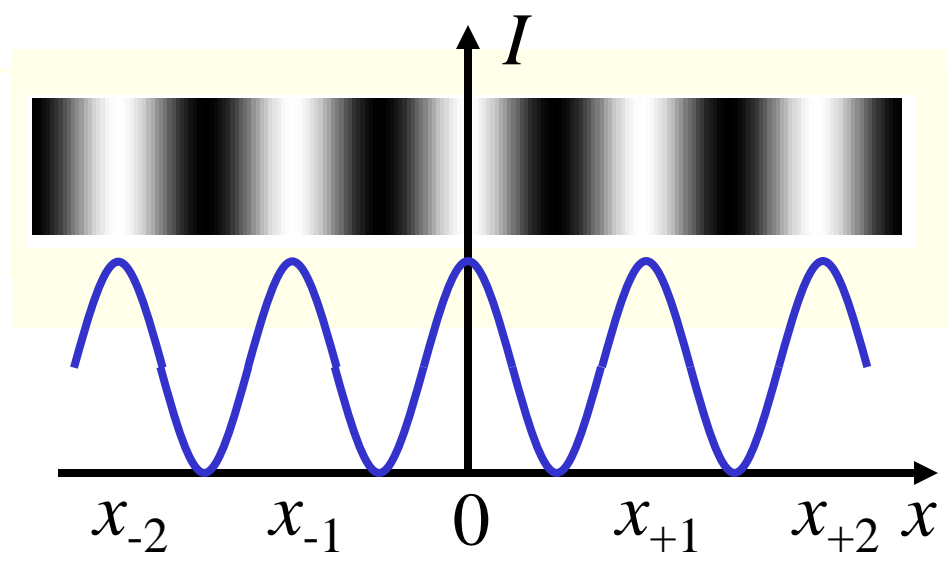
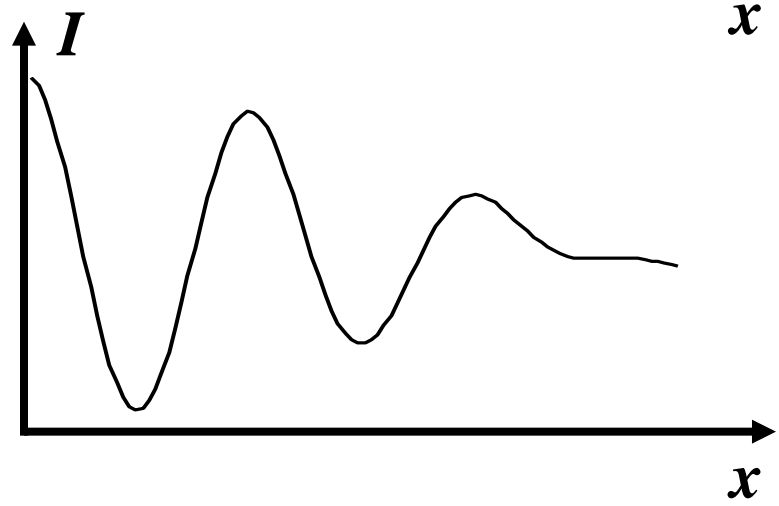
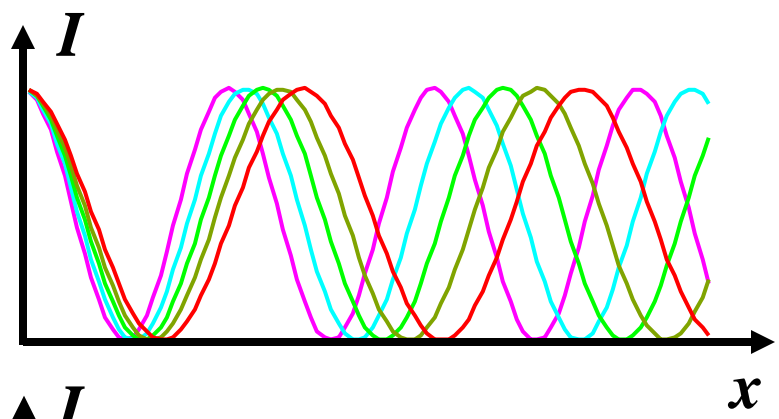
当 $I_1 = I_2 = I_0$ 时, $V = 1$

$I_1 \ll I_2$ 时, $V = 0$

➤补充相干条件：两束光的强度不能相差太大。



二、波长对条纹的影响



$$x_{\pm k} \propto \lambda \quad \Delta x \propto \lambda$$

不同波长非相干叠加，
强度相加



白光照射

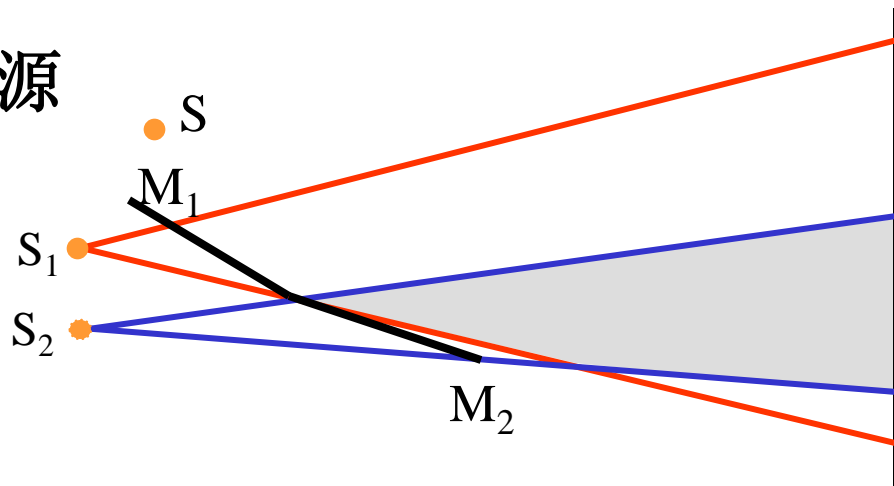
三、其它双缝型干涉装置

1. 菲涅耳双面镜

S: 实光源, S_1 、 S_2 : 虚光源

M_1 、 M_2 : 平面反射镜

两虚光源为相干光源,
阴影部分出现干涉

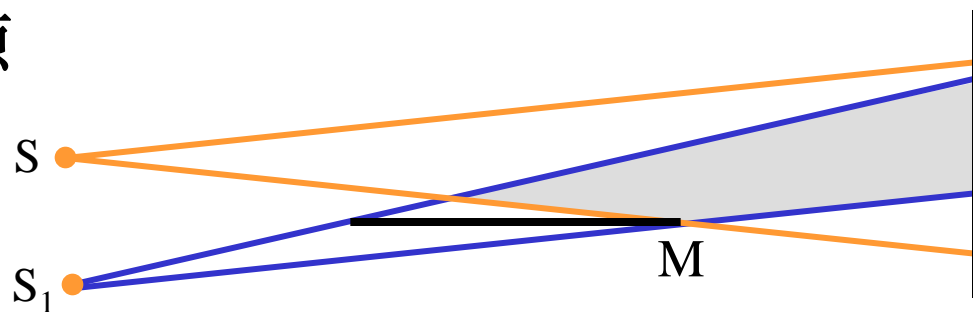


2. 洛埃镜

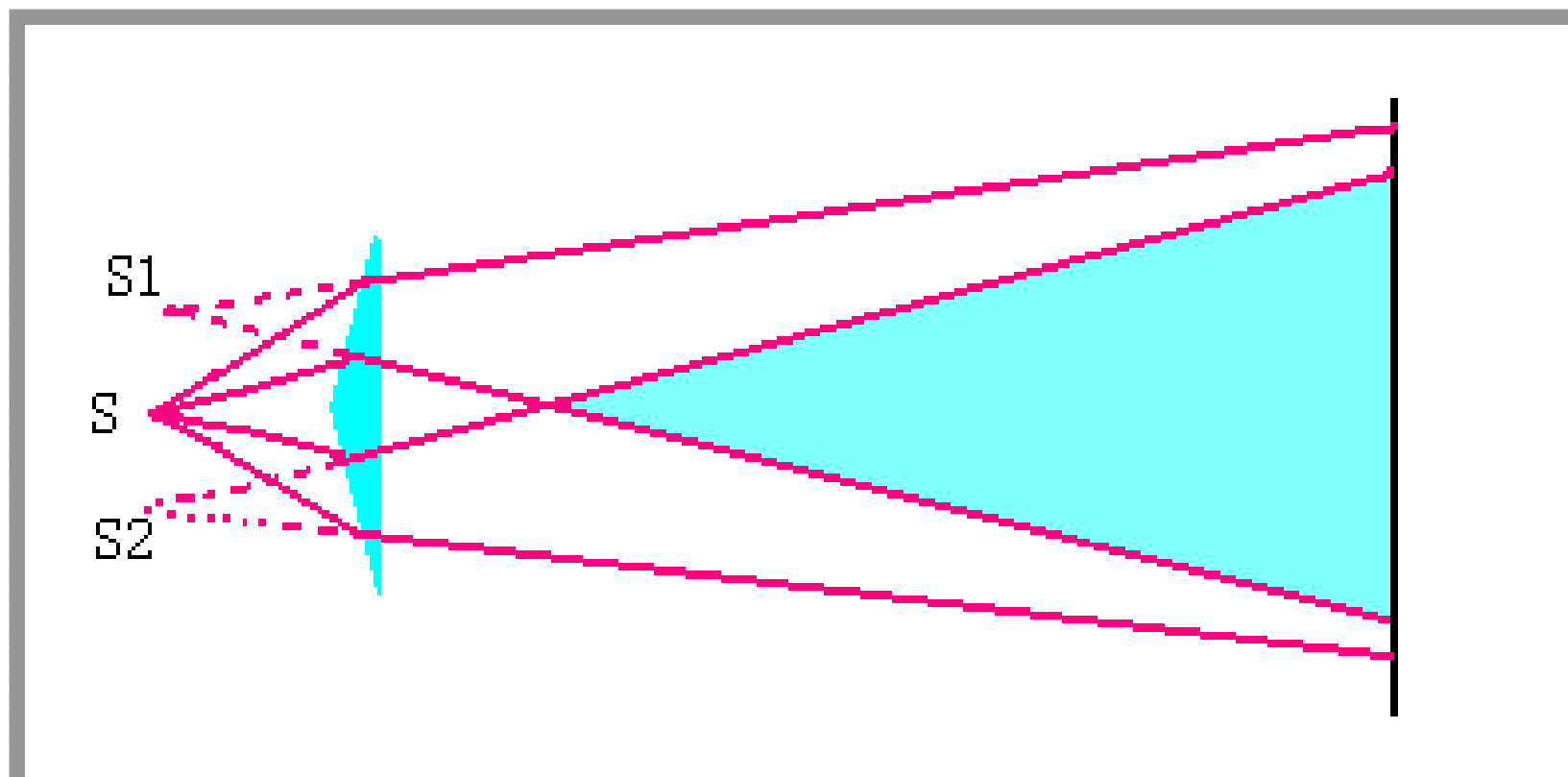
S: 实光源, S_1 : 虚光源

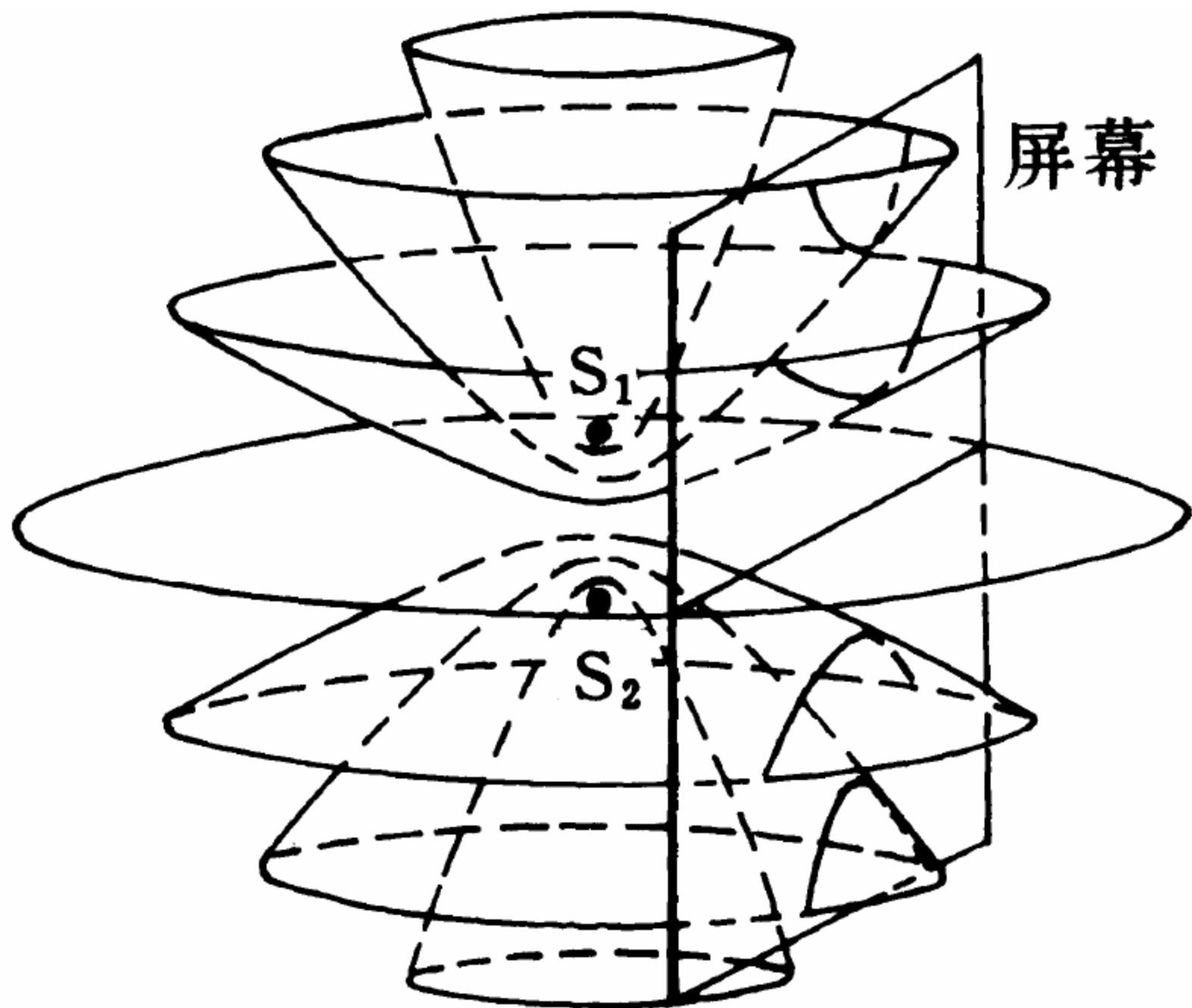
M: 平面反射镜

阴影部分出现干涉



3. 非涅耳双棱镜干涉实验





例：用薄云母片（ $n=1.58$ ）覆盖在杨氏双缝的其中一条缝上，这时屏上的零级明纹移到原来的第七级明纹处。如果入射光波长为 550nm ，问云母片的厚度为多少？

解：原七级明纹P点处：

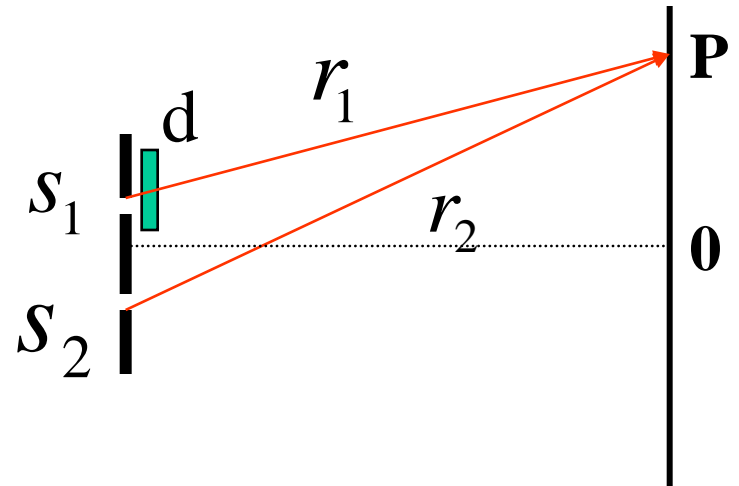
$$r_2 - r_1 = 7\lambda$$

插入云母后，P点为零级明纹：

$$r_2 - (r_1 - d + nd) = 0$$

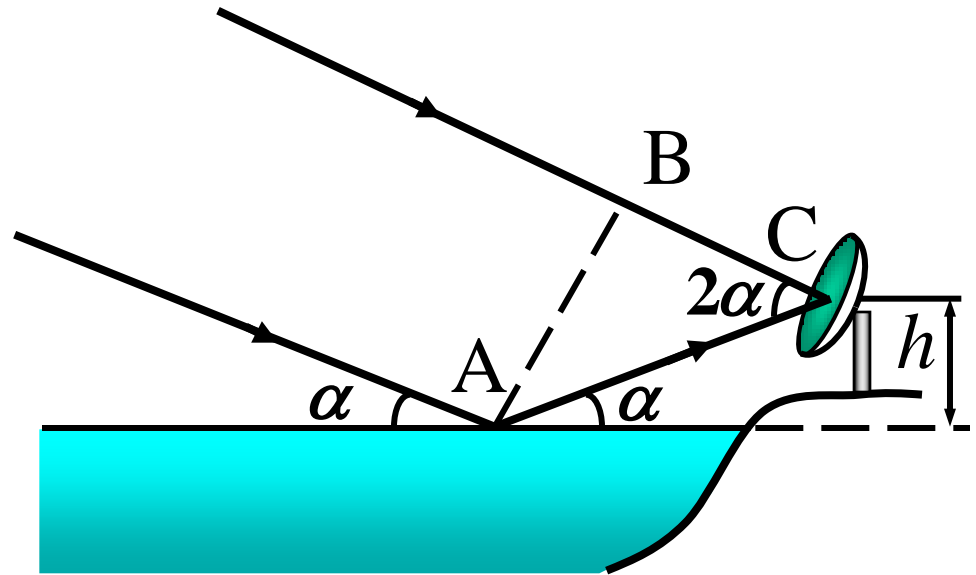
$$7\lambda = d(n - 1)$$

$$d = \frac{7\lambda}{n - 1} = \frac{7 \times 550 \times 10^{-9}}{1.58 - 1} = 6.6 \times 10^{-6} \text{ m}$$



例：一射电望远镜的天线设在湖岸上，距湖面高度为 h ，对岸地平线上方有一恒星正在升起，恒星发出波长为 λ 的电磁波。求：当天线测得第1级干涉极大时恒星所在的角位置。

解：由几何关系，并考虑到在水面反射时存在着半波损失



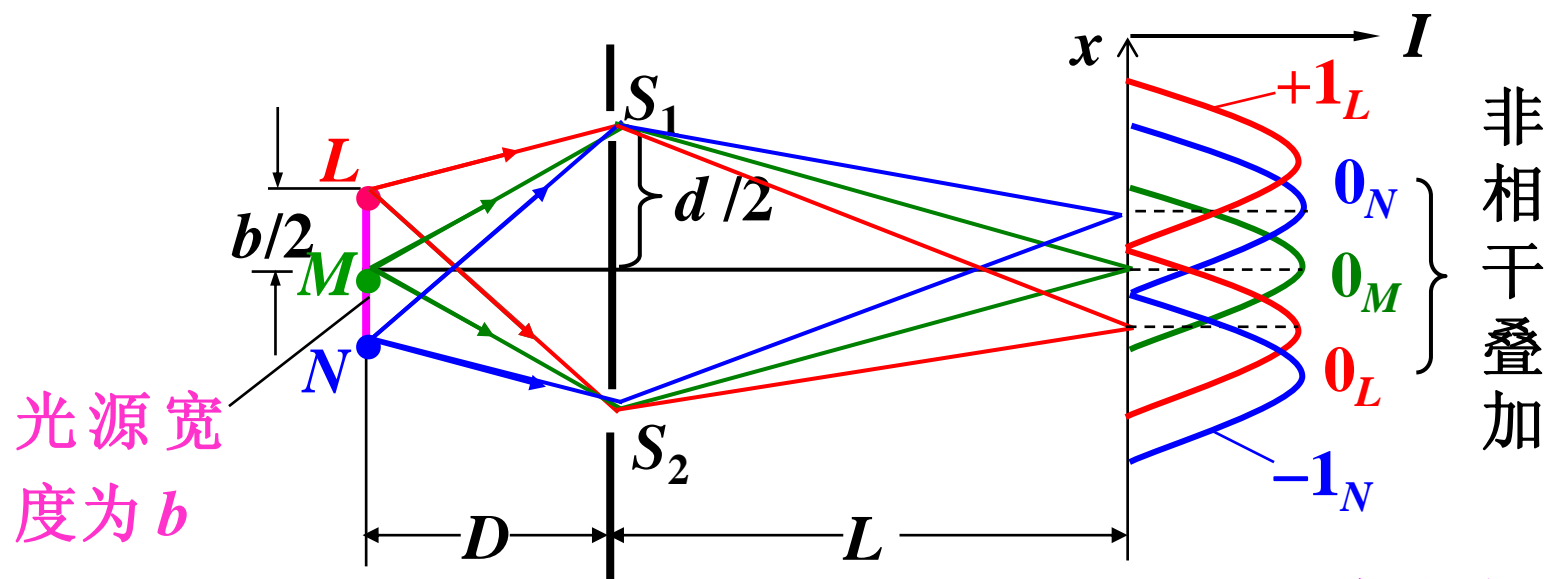
$$\delta = AC - BC \pm \frac{\lambda}{2}$$

$$AC - BC = \frac{h}{\sin \alpha} (1 - \cos 2\alpha) = 2h \sin \alpha$$

$$\delta = 2h \sin \alpha \pm \frac{\lambda}{2} = \begin{cases} \lambda \\ 0 \end{cases}$$

$$\alpha_1 = \arcsin \frac{\lambda}{4h} \quad \alpha_2 = \arcsin \frac{3\lambda}{4h}$$

四、光源宽度对干涉条纹的影响



光源宽度为 b

非相干叠加

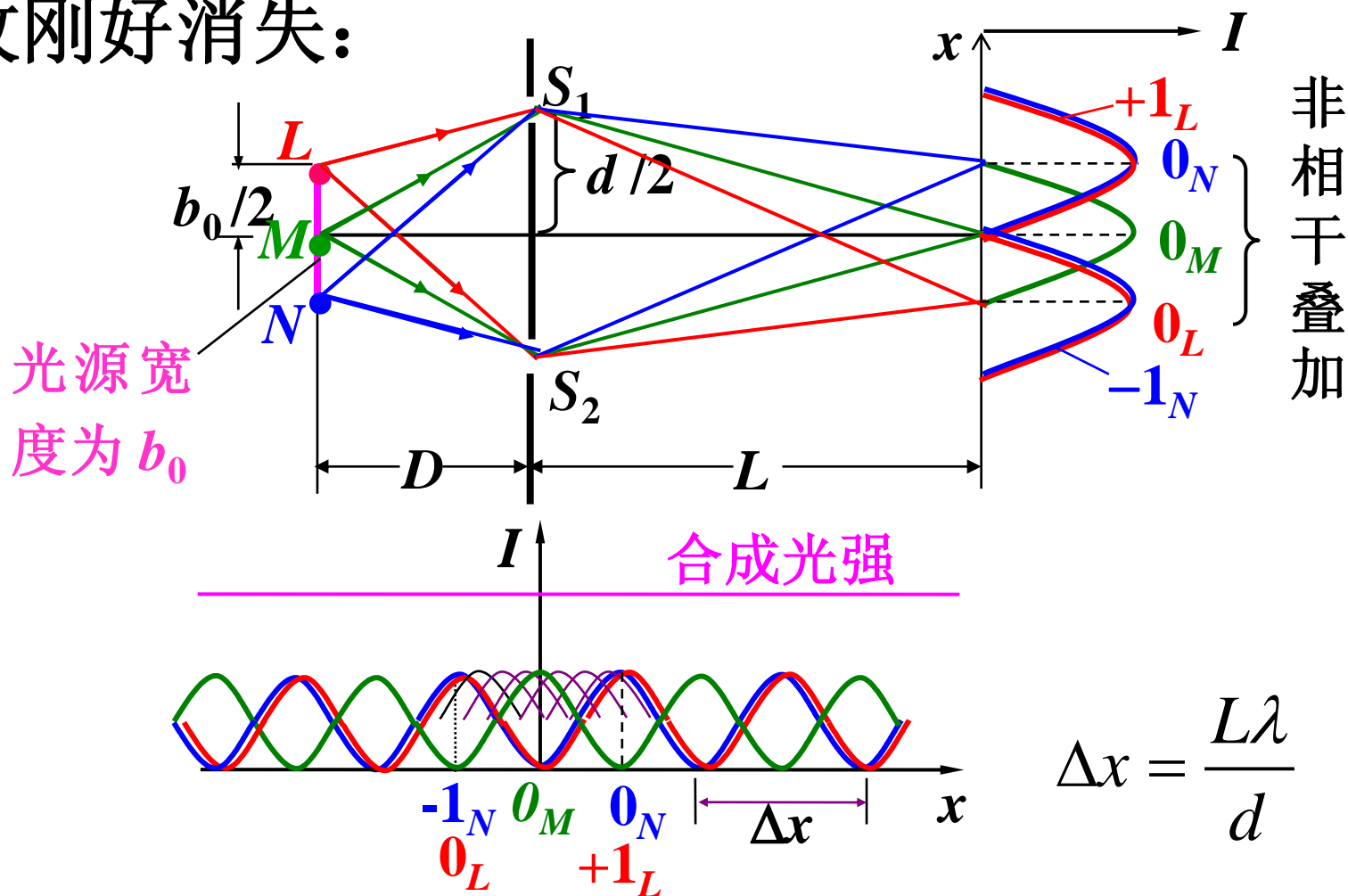
合成光强

合成光强

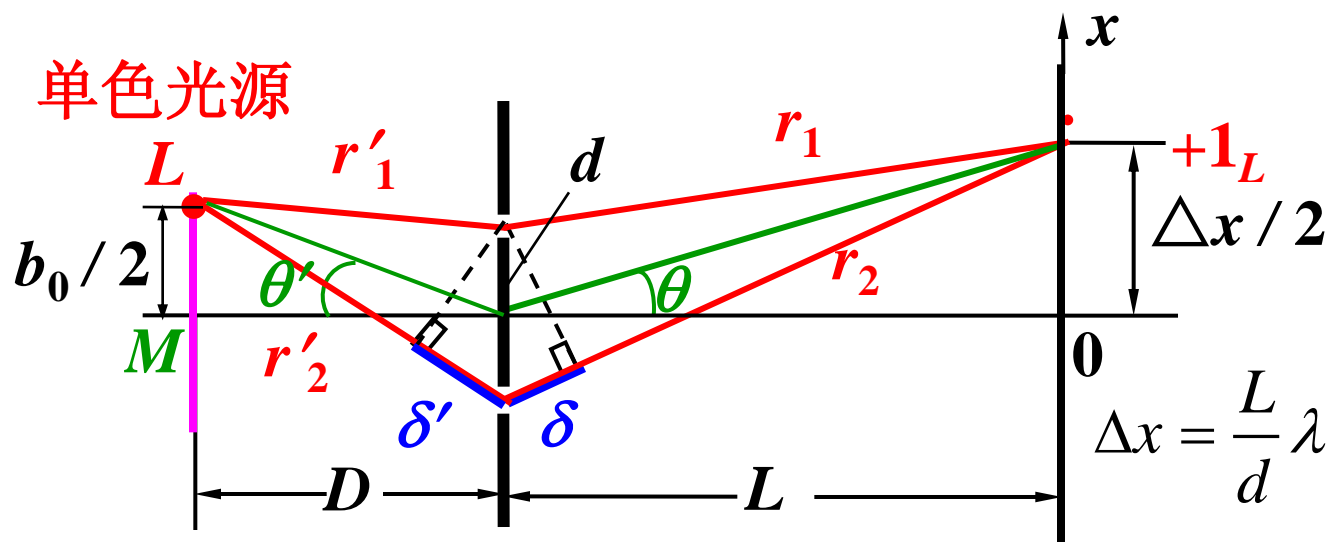
b 增大 \rightarrow



当光源宽度 b 增大到某个宽度 b_0 时，干涉条纹刚好消失：



b_0 称为光源的极限宽度,其计算如下:



此时 L 端
的一级明
纹中心在

$$x = \frac{\Delta x}{2} \text{ 处}$$

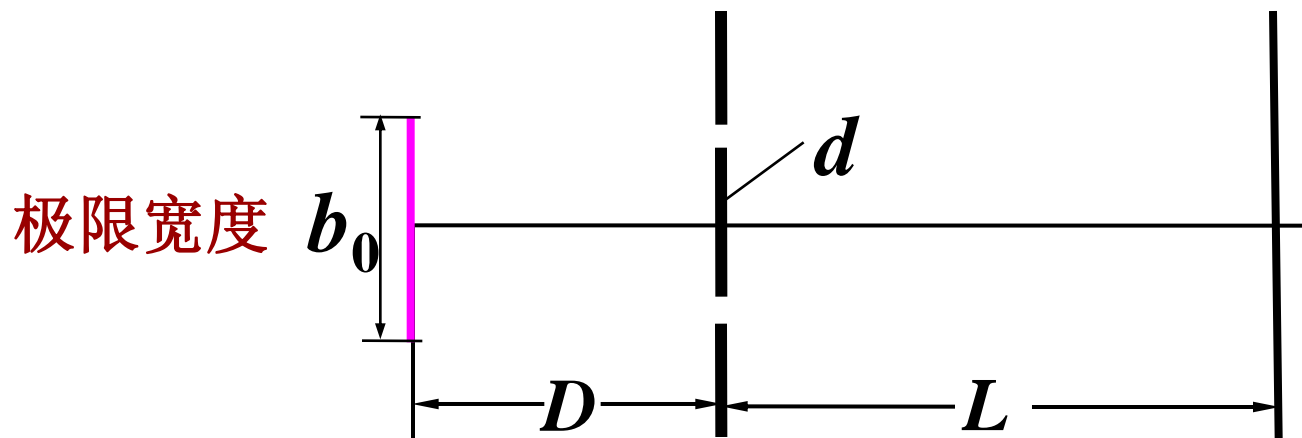
一级明纹: $(r_2 + r'_2) - (r_1 + r'_1) = \delta + \delta' = \lambda$

$$L \gg d : \quad \delta \approx d \cdot \sin \theta \approx d \cdot \frac{\Delta x / 2}{L} = \frac{\lambda}{2} \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{d \cdot b_0}{2D} = \frac{\lambda}{2} \end{array} \right.$$

$$D \gg b_0, d : \quad \delta' \approx d \cdot \sin \theta' \approx d \cdot \frac{b_0 / 2}{D}$$

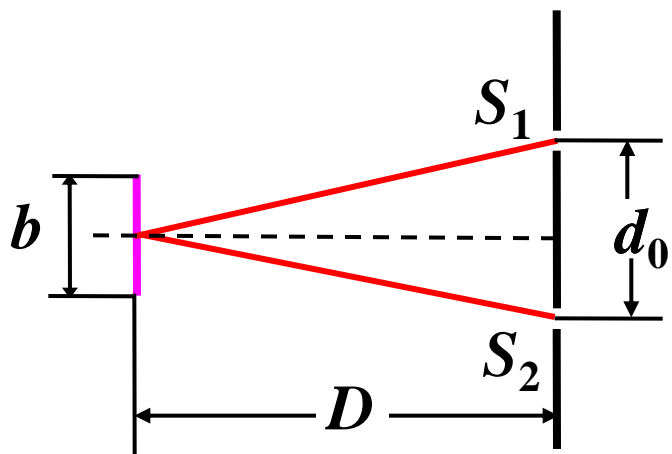
由 $\frac{d \cdot b_0}{2D} = \frac{\lambda}{2}$ ，得光源的极限宽度：

$$b_0 = \frac{D}{d} \lambda$$



当光源宽度 $b < b_0$ 时，才能观察到干涉条纹。

为观察到较清晰的干涉条纹通常取 $b \leq b_0/4$



令

$$d_0 = \frac{D}{b} \lambda \quad \text{—相干间隔}$$

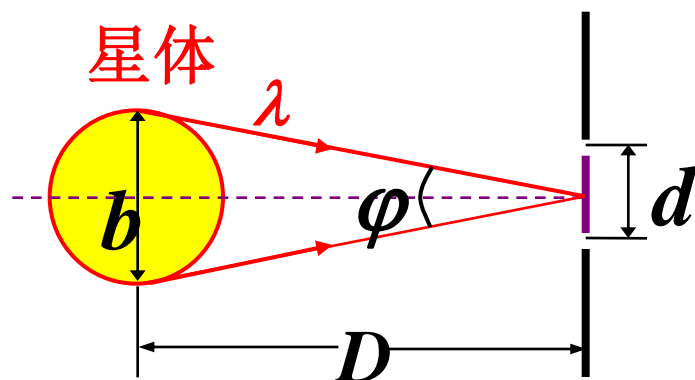
相干间隔 d_0 是光场中正对光源的平面上能够产生干涉的两个次波源间的最大距离。

D 一定时， d_0 越大，光场的空间相干性（**spatial coherence**）越好。

由 $b < b_0 = \frac{D}{d} \lambda$,
若 b 和 D 一定，
则要得到干涉条纹，
必须 $d < \frac{D}{b} \lambda$

相干间隔的应用举例

利用空间相干性可以测遥远星体的角直径 φ



$$\varphi = \frac{b}{D}$$

使 $d = d_0$ ，则条纹消失。

$$\text{由 } d_0 = \frac{D}{b} \lambda = \frac{\lambda}{\varphi}, \text{ 有 } \varphi = \frac{\lambda}{d_0}$$

迈克尔逊1920测量了恒星参宿四的角直径

§ 20-3 薄膜的等倾干涉

- ◆ 日常见到的薄膜干涉例子：
肥皂泡，
雨天地上的油膜，
昆虫翅膀上的彩色 -----。



- ◆ 薄膜干涉有两种条纹：

等倾条纹——同一条纹反映入射光的 同一倾角。

等厚条纹——同一条纹反映膜的 同一厚度。

§ 20-3 薄膜的等倾干涉

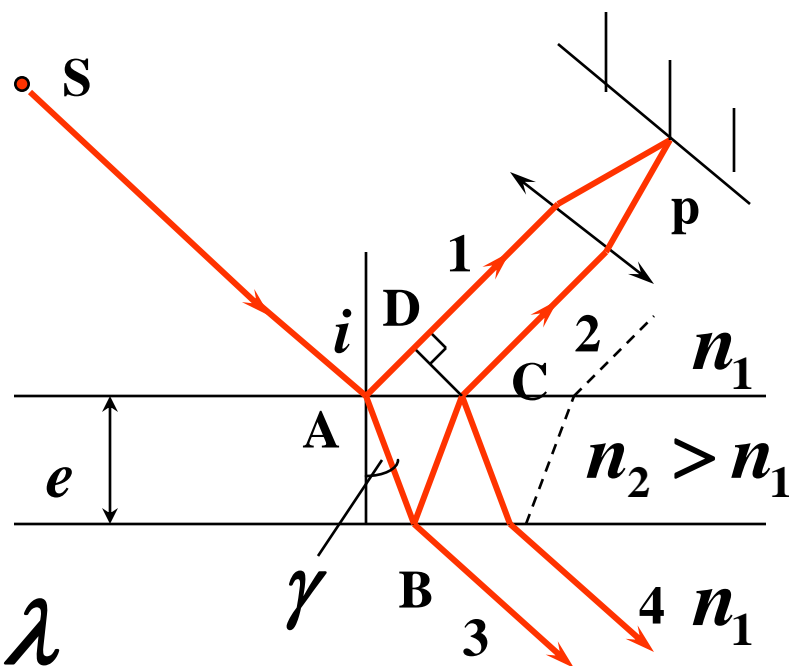
一、等倾干涉

分割振幅法

光程 ABC 和 AD 之差

$$\delta = n_2(AB + BC) - n_1AD + \frac{\lambda}{2}$$

$\frac{\lambda}{2}$: 半波损失



$$AB = BC = e / \cos \gamma$$

$$AD = AC \sin i = 2e \cdot \tan \gamma \sin i$$

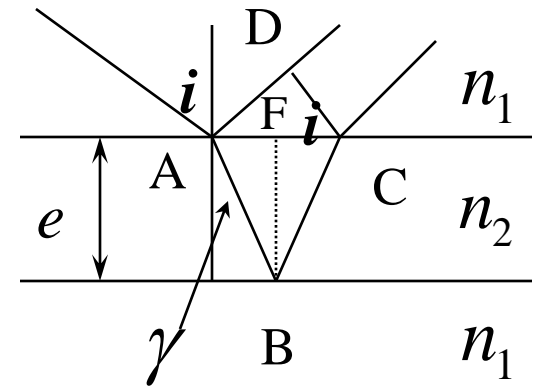
$$\therefore \delta = 2n_2 \frac{e}{\cos \gamma} - 2n_1 e \cdot \tan \gamma \sin i + \frac{\lambda}{2}$$

$$n_1 \sin i = n_2 \sin \gamma \quad \delta = n_2 (AB + BC) - n_1 AD + \frac{\lambda}{2}$$

$$\therefore \delta = \frac{2n_2 e}{\cos \gamma} (1 - \sin^2 \gamma) + \frac{\lambda}{2} = 2n_2 e \cos \gamma + \frac{\lambda}{2}$$

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

$$\sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 i}$$



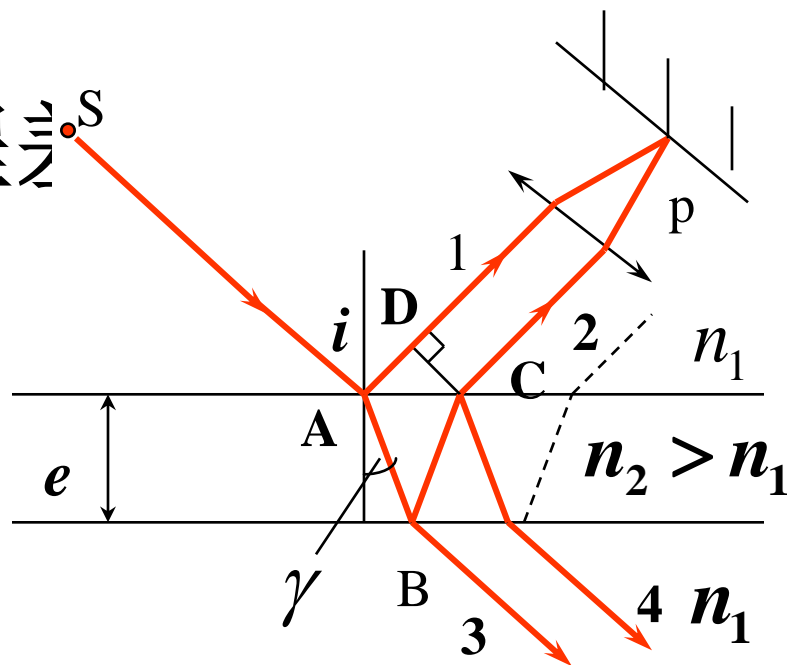
如 $\delta = K\lambda \rightarrow$ 明纹

$\delta = (2K + 1)\frac{\lambda}{2} \rightarrow$ 暗纹

凡倾角相同入射光对应同一条纹

3,4两束透射光之光程差

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



等倾干涉条纹的获得

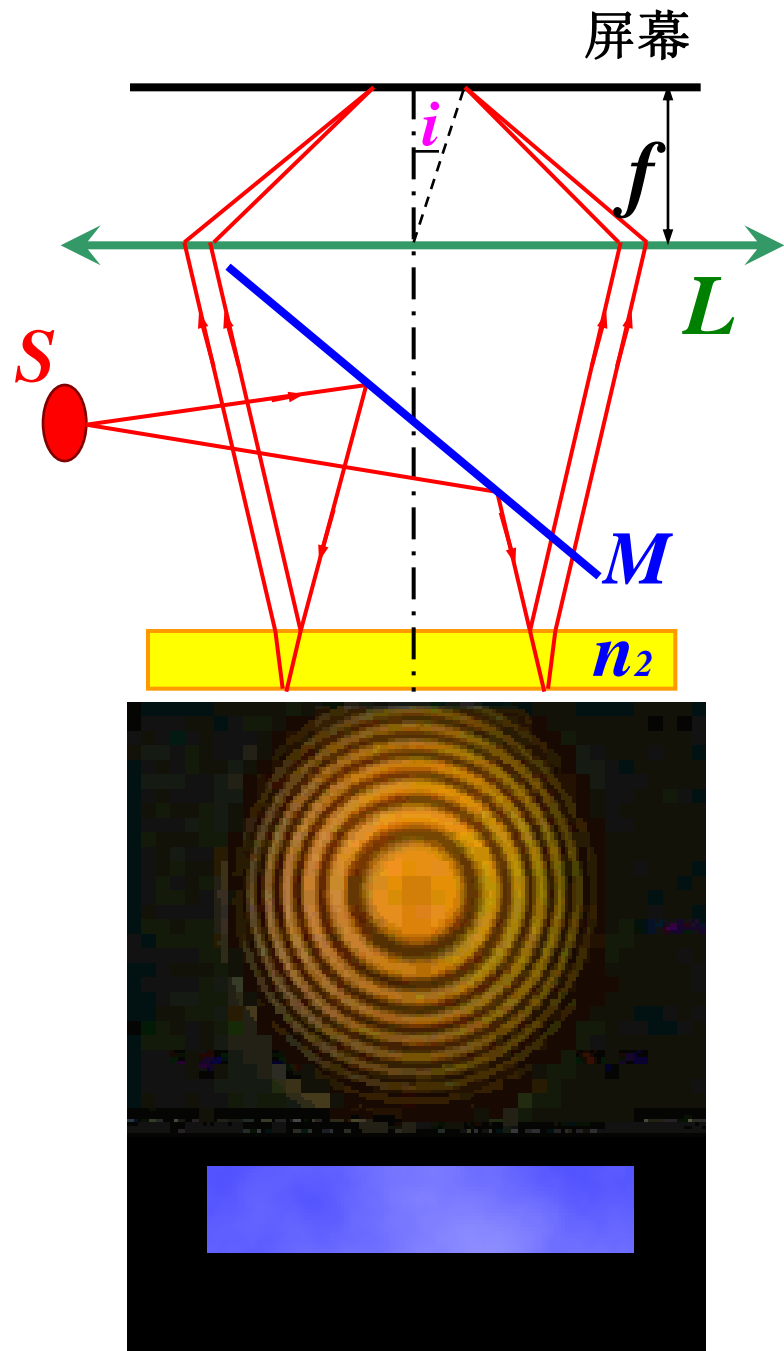
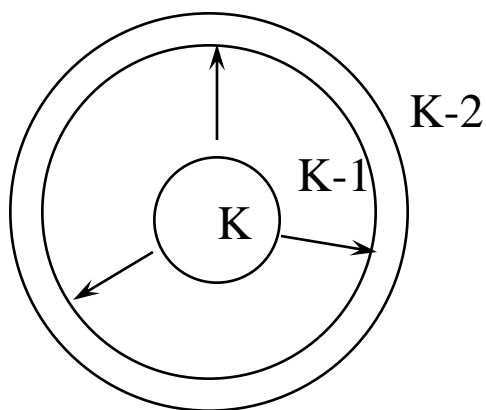
$$\delta = 2n_2e \cos \gamma + \frac{\lambda}{2} = K\lambda \rightarrow \text{明环}$$

$$\delta = 2n_2e \cos \gamma + \frac{\lambda}{2} = (2K + 1)\frac{\lambda}{2} \rightarrow \text{暗环}$$

讨论: 1. $\gamma \downarrow \rightarrow r \downarrow, K \uparrow$

$$K_{\max} = (2n_2e + \frac{\lambda}{2}) / \lambda$$

$e \uparrow \rightarrow K \uparrow$



$$\delta = 2n_2e \cos \gamma + \frac{\lambda}{2} = K\lambda \rightarrow \text{明环}$$

$$\delta = 2n_2e \cos \gamma + \frac{\lambda}{2} = (2K+1)\frac{\lambda}{2} \rightarrow \text{暗环}$$

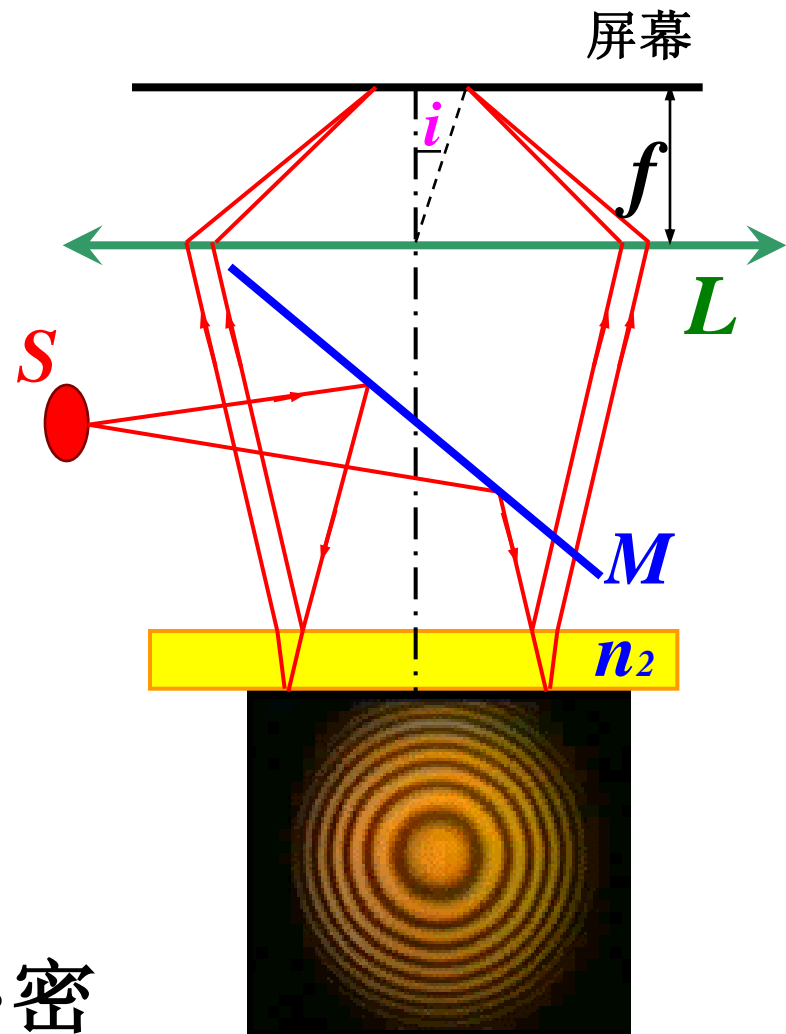
2. 求导 $-2n_2e \sin \gamma \Delta \gamma = \Delta K \lambda$

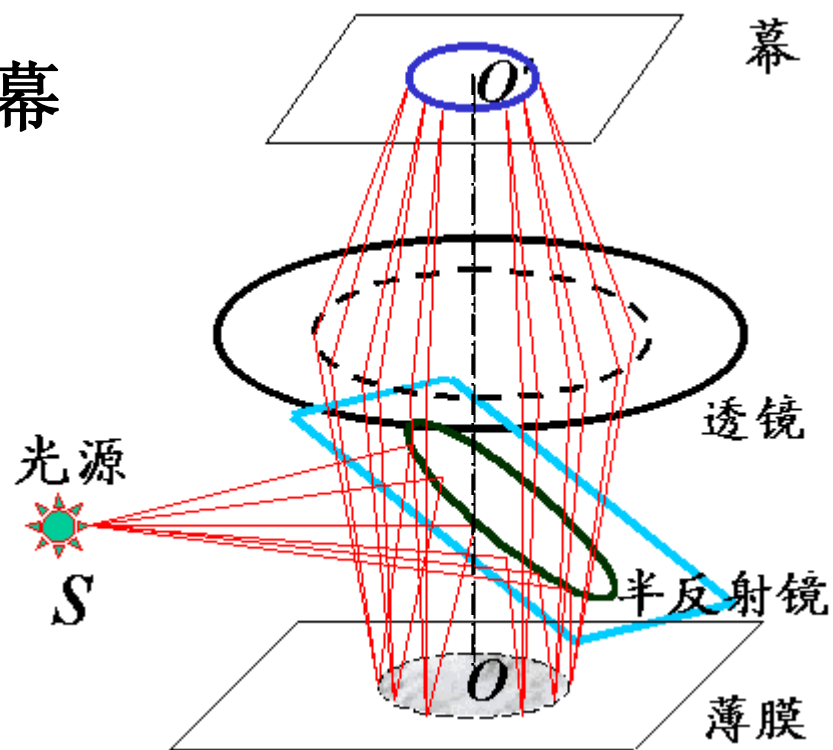
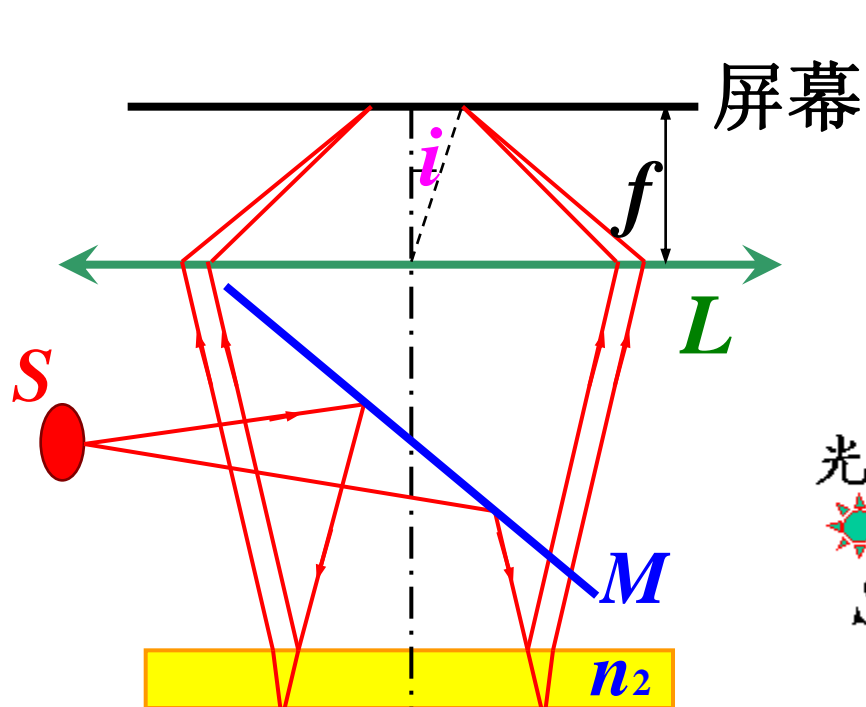
令 $\Delta K = 1$

$$-\Delta \gamma = \gamma_k - \gamma_{k+1} = \frac{\lambda}{2n_2e \sin \gamma}$$

内环: $r \downarrow, \gamma \downarrow, K \uparrow, \Delta \gamma \uparrow$
 外环: $r \uparrow, \gamma \uparrow, K \downarrow, \Delta \gamma \downarrow$ 内疏外密


$e \uparrow \rightarrow \Delta \gamma \downarrow$ 变密



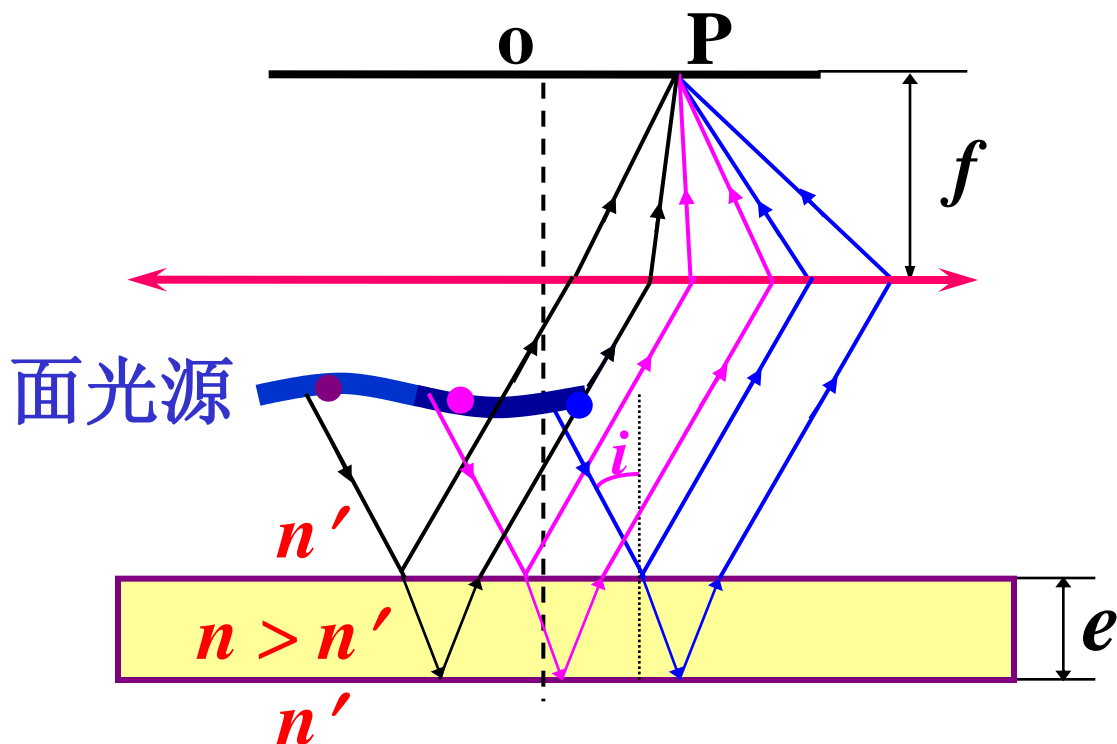


观察等倾条纹的实验装置和光路

****扩展光源的等倾干涉可使干涉条纹增亮****

由图看出，不管从光源哪点发的光，只要入射角 i 相同，都将汇聚在同一个半径为 R 的圆环上（非相干叠加）。 

用面光源照明
时，观察等倾干
涉条纹更有利。



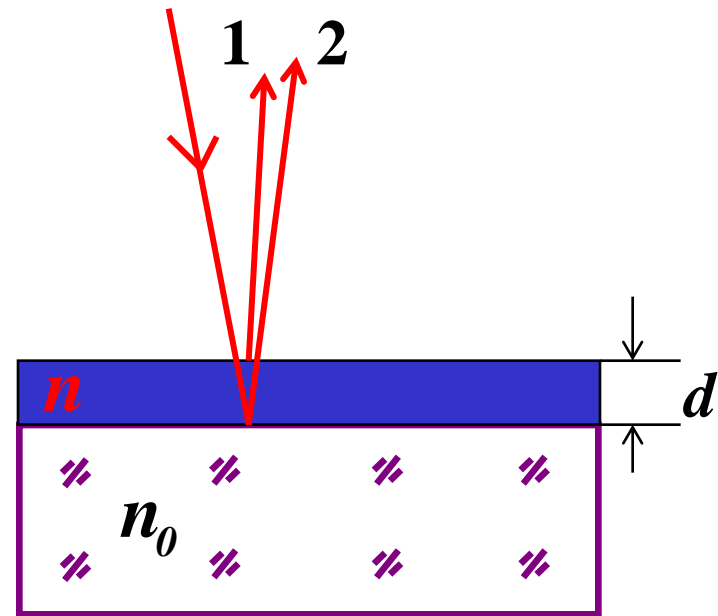
二、增透膜 高反射膜

增透膜-----

利用薄膜上、下表面反射光的光程差符合相消干涉条件来减少反射，从而使透射增强。

增反膜-----

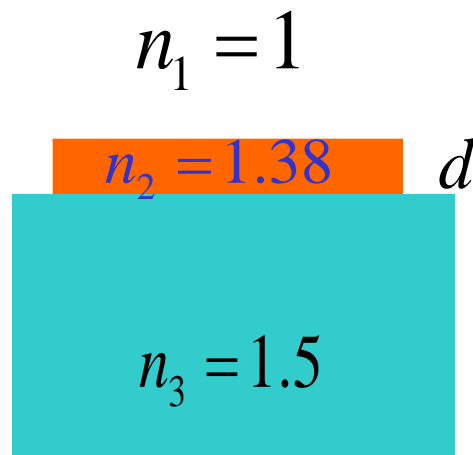
利用薄膜上、下表面反射光的光程差满足相长干涉，因此反射光因干涉而加强。



例 已知用波长 $\lambda = 550\text{nm}$ ，照相机镜头 $n_3=1.5$ ，其上涂一层 $n_2=1.38$ 的氟化镁增透膜，光线垂直入射。

问：若反射光相消干涉的条件中取 $k=1$ ，膜的厚度为多少？此增透膜在可见光范围内有没有增反？

解：因为 $n_1 < n_2 < n_3$ ，所以反射光经历两次半波损失。反射光相干相消的条件是：



$$2n_2d = (2k + 1)\lambda / 2$$

代入 k 和 n_2 求得： $d = \frac{3\lambda}{4n_2} = \frac{3 \times 550 \times 10^{-9}}{4 \times 1.38} = 2.982 \times 10^{-7} \text{ m}$

问：若反射光相消干涉的条件中取 $k=1$ ，膜的厚度为多少？此增透膜在可见光范围内有没有增反？

此膜对反射光相干相长的条件：

$$2n_2d = k\lambda$$

$$k = 1 \quad \lambda_1 = 825\text{nm}$$

$$k = 2 \quad \lambda_2 = 412.5\text{nm}$$

$$k = 3 \quad \lambda_3 = 275\text{nm}$$

可见光波长范围 **400~700nm**

波长**412.5nm**的可见光有增反。

$$n_1 = 1$$

$$n_2 = 1.38 \quad d$$

$$n_3 = 1.5$$

§ 20-4 薄膜的等厚干涉

一、劈尖干涉

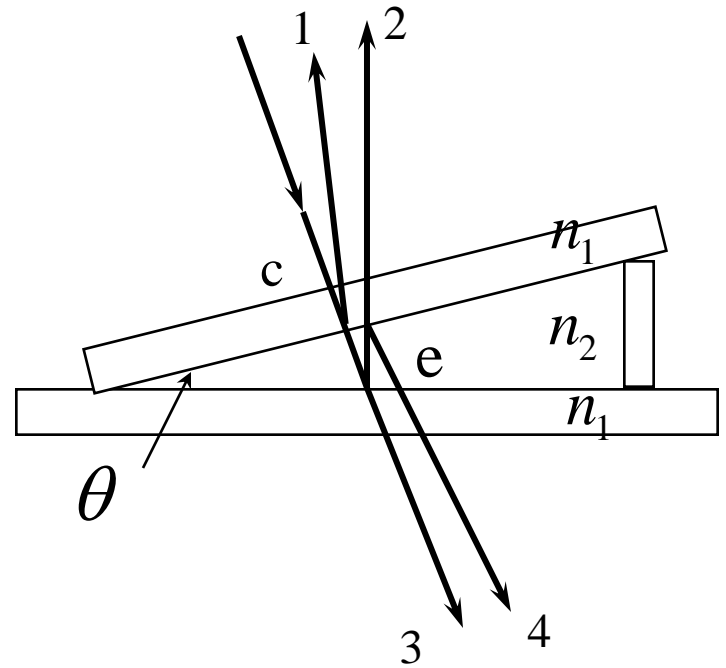
1,2两束相干光之光程差

$$\delta = 2n_2e + \frac{\lambda}{2}$$

如 $\delta = K\lambda \rightarrow$ 明纹

$$\delta = (2K + 1)\frac{\lambda}{2} \rightarrow \text{暗纹}$$

同一条纹上各点所对应薄膜厚度一样



特征:

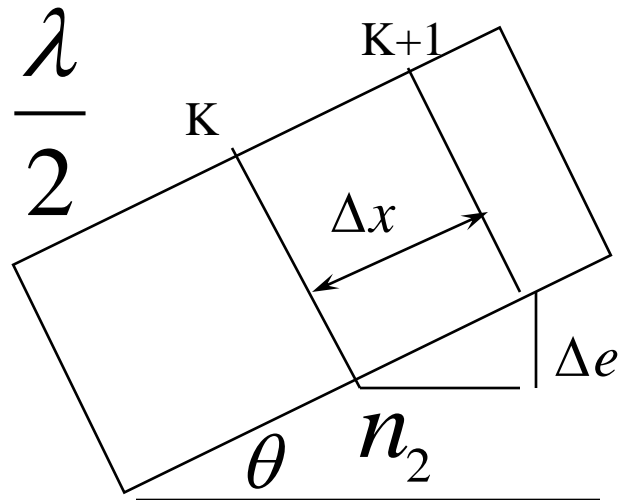
1. $e = 0 \rightarrow \delta = \frac{\lambda}{2} \rightarrow$ 暗纹

2. K 级明纹 $2n_2 e_k + \frac{\lambda}{2} = K\lambda$

$K + 1$ 级明纹 $2n_2 e_{k+1} + \frac{\lambda}{2} = (K + 1)\lambda$

$$2n_2(e_{k+1} - e_k) = \lambda \rightarrow \Delta e = e_{k+1} - e_k = \frac{\lambda}{2n_2}$$

$$\text{纹间距 } \Delta x = \frac{\Delta e}{\sin \theta} = \frac{\lambda}{2n_2 \sin \theta} \approx \frac{\lambda}{2n_2 \theta}$$

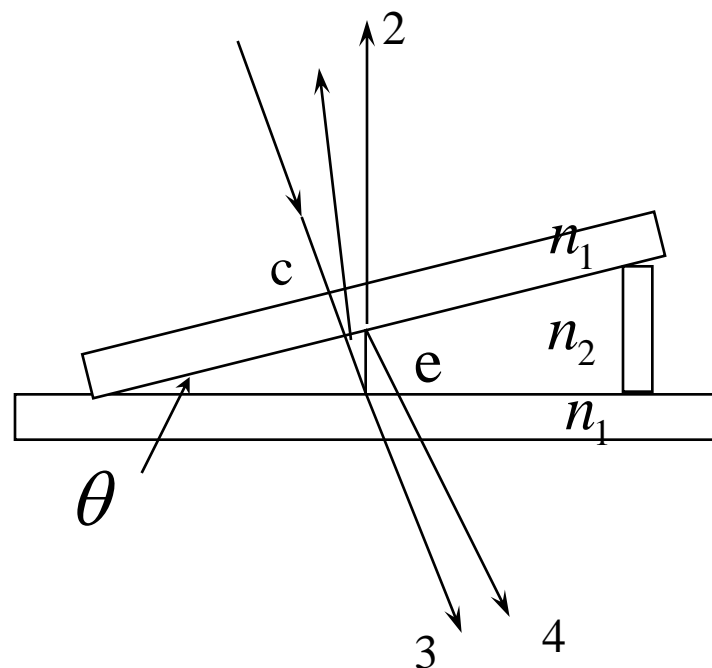
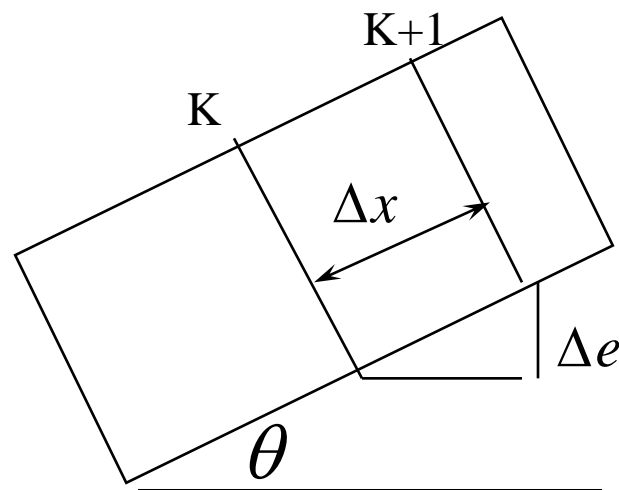


$$\text{纹间距 } \Delta x \approx \frac{\lambda}{2n_2\theta}$$

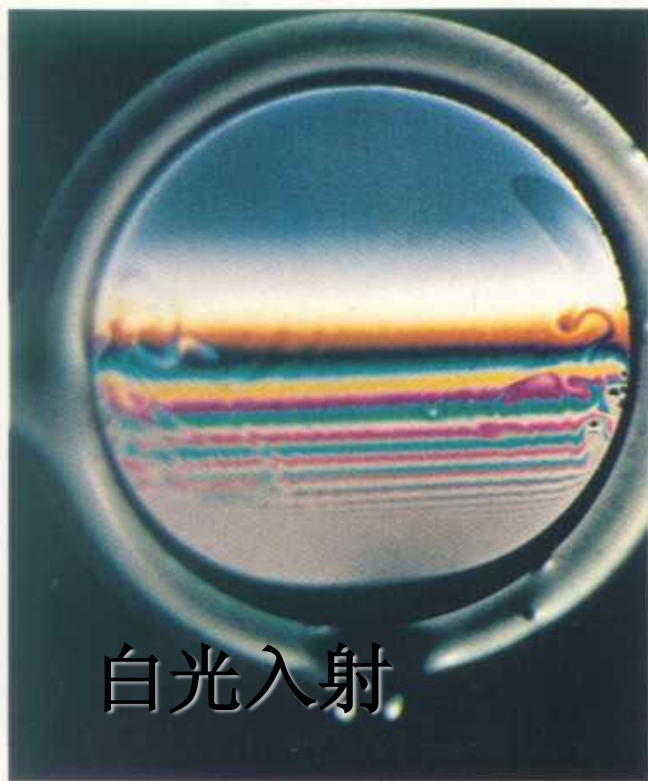
$$\theta \downarrow \rightarrow \Delta x \uparrow$$

$$\lambda \downarrow \rightarrow \Delta x \downarrow$$

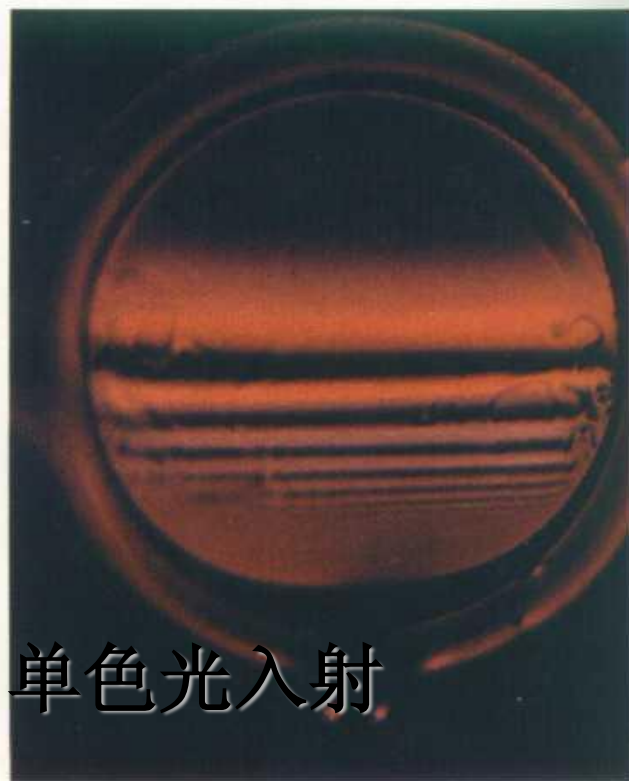
3,4两束相干光之
光程差 $\delta = 2n_2e$



肥皂膜的等厚干涉条纹

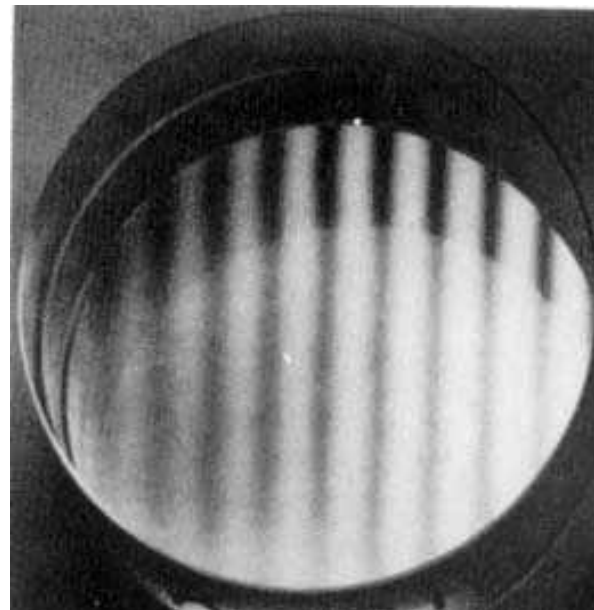
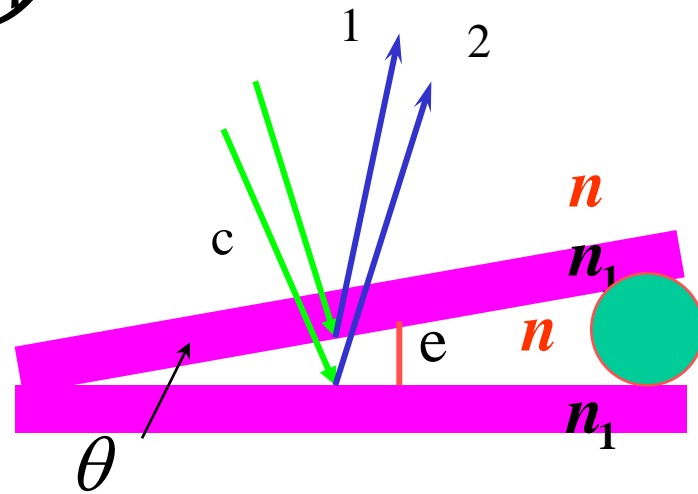
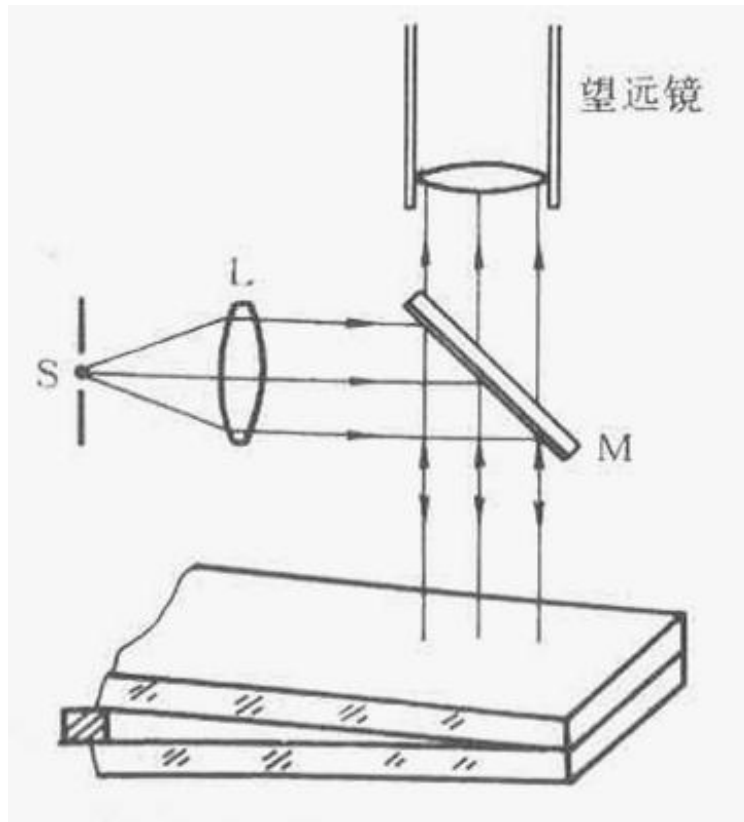


白光入射



单色光入射

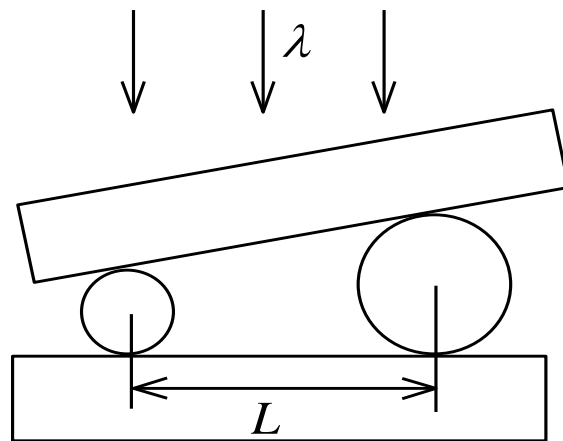
空气劈尖膜的等厚干涉



例：

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，形成空气劈形膜，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（ **B** ）

- (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.



二、牛顿环

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

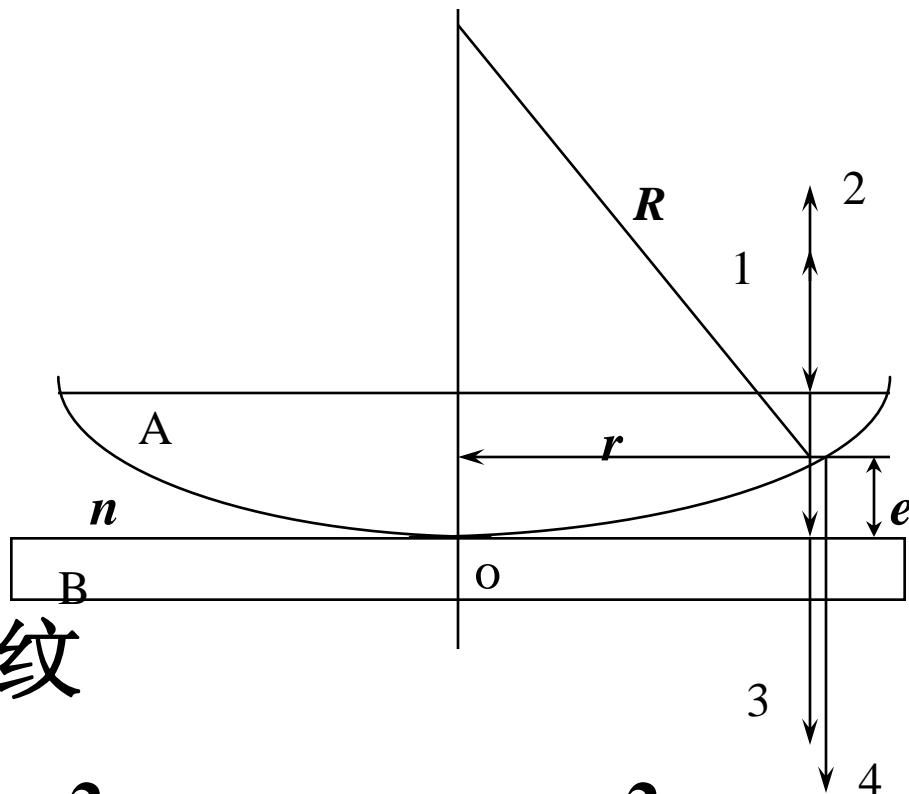
如 $\delta = K\lambda \rightarrow$ 明纹

$$\delta = (2K + 1)\frac{\lambda}{2} \rightarrow \text{暗纹}$$

$$r^2 = R^2 - (R - e)^2 = 2Re - e^2$$

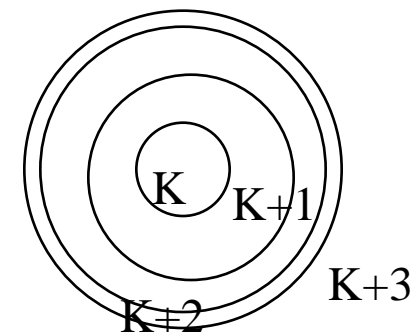
$$\because R \gg e \therefore r^2 = 2Re \rightarrow e = \frac{r^2}{2R}$$

$$\delta = 2n \frac{r^2}{2R} + \frac{\lambda}{2}$$



$$\text{明环半径 } r = \sqrt{R(2K-1)\frac{\lambda}{2n}} \quad K = 1, 2, 3 \dots$$

$$\text{暗环半径 } r = \sqrt{KR\frac{\lambda}{n}} \quad K = 0, 1, 2 \dots$$



讨论： 1. $K = 0$ $r = 0$ 暗点

$$2. K \uparrow \rightarrow r \uparrow$$

$$\text{暗纹间距 } r_{k+1} - r_k = \sqrt{R\lambda}(\sqrt{K+1} - \sqrt{K}) / \sqrt{n}$$

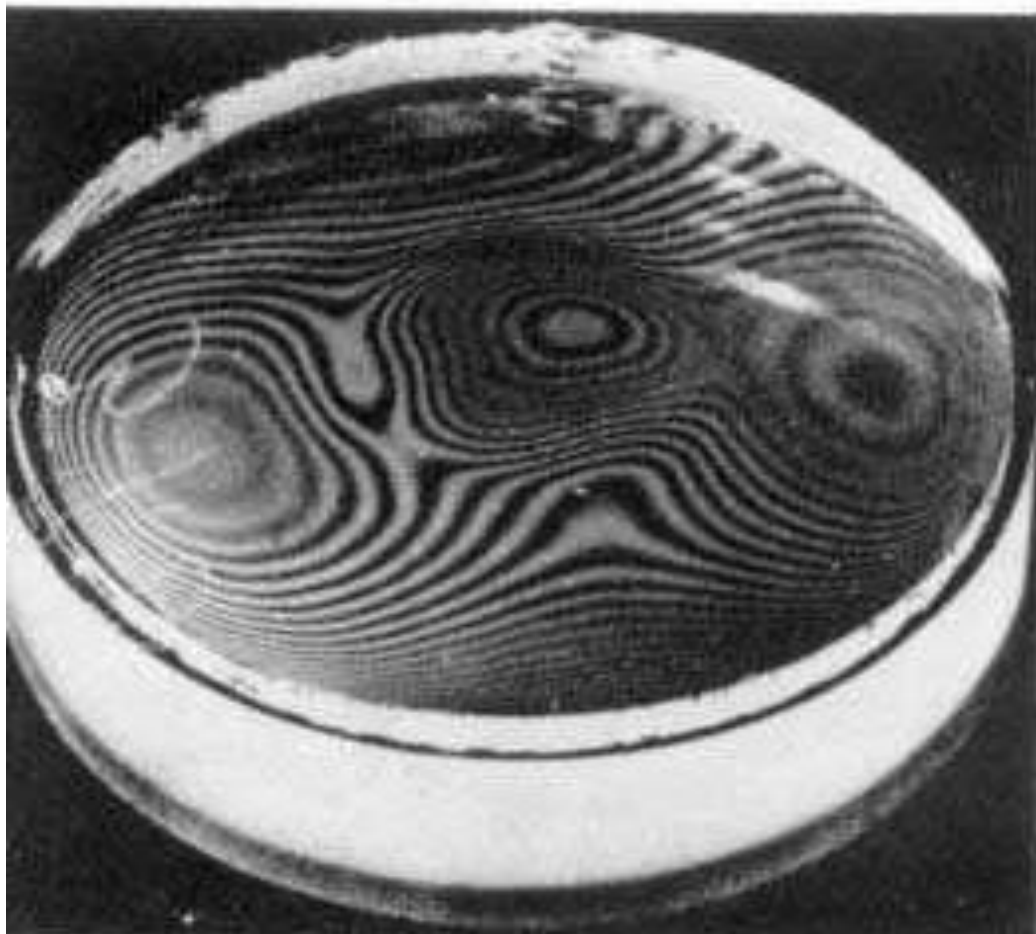
$$K \uparrow, r \uparrow \rightarrow (r_{k+1} - r_k) \downarrow \quad \text{内疏外密}$$

平凸透镜向上移，条纹怎样移动？

两玻璃间有水，条纹情况如何？

白光入射条纹情况如何？

例：不规则表面的等厚干涉



已知：标准平凸透镜 $R_1=102.3\text{ cm}$ ，入射光 $\lambda=5839\text{ \AA}$ ，
测得第4条暗环($k=4$)的半径 $r_4=2.25\text{ cm}$ ，
求：待测凹面镜的半径 R_2 ？

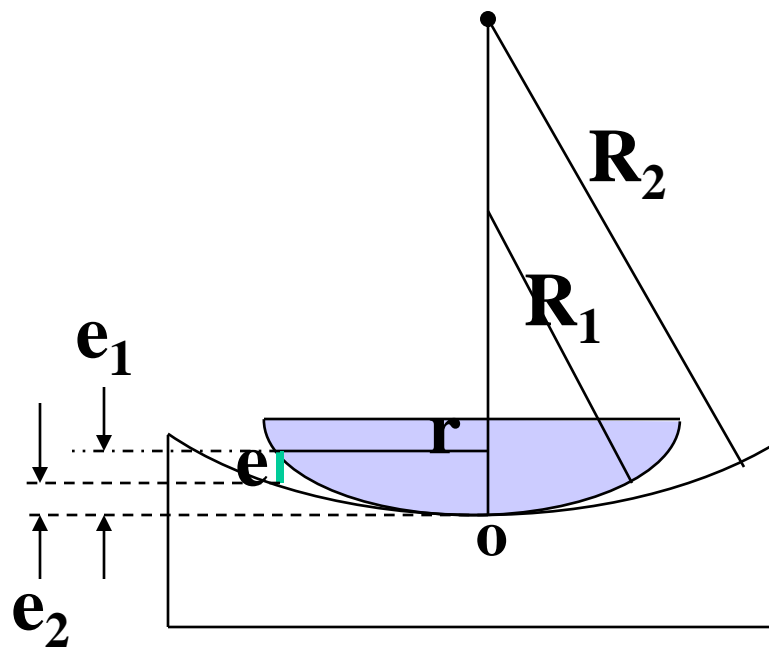
解：

$$e = e_1 - e_2 = \frac{r^2}{2R_1} - \frac{r^2}{2R_2}$$

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

$(k = 0, 1, 2, \dots)$

$$k = 4, \quad 2e = \frac{r_4^2}{R_1} - \frac{r_4^2}{R_2} = 4\lambda$$

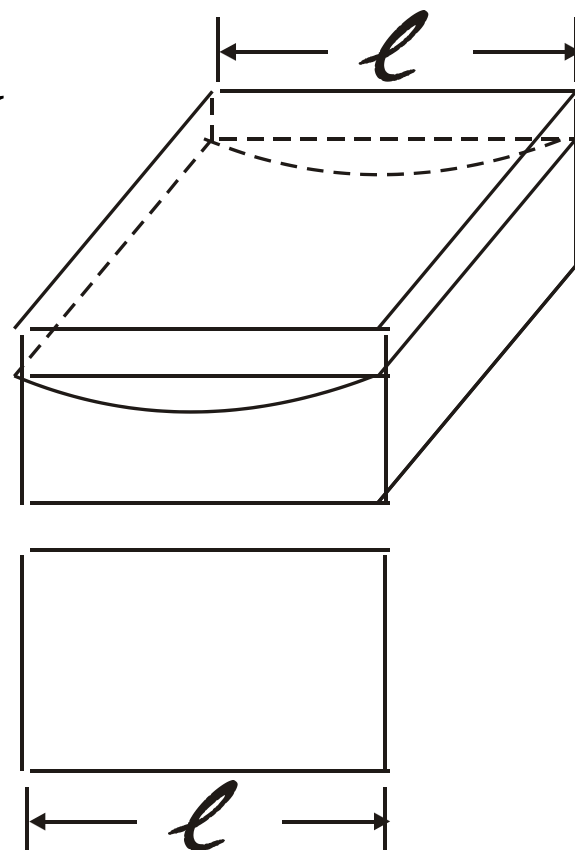


$$\therefore R_2 = 102.8\text{ (cm)}$$

例：如图所示将一平面玻璃片覆盖在凹柱面镜上面，以波长 **500nm** 的单色光垂直照射，从反射光中观测干涉现象，发现中央是暗条纹。若连续改变照射光的波长，直到 **600nm** 时

中央又是暗条纹。（在**500nm**到 **600nm** 之间的其他光不能使中央成为暗条纹）。

- (1) 求平面玻璃片的下表面与凹柱面镜中间的高度差；
- (2) 已知图中的宽度 $l = 3 \text{ mm}$, 求凹柱面的曲率半径。



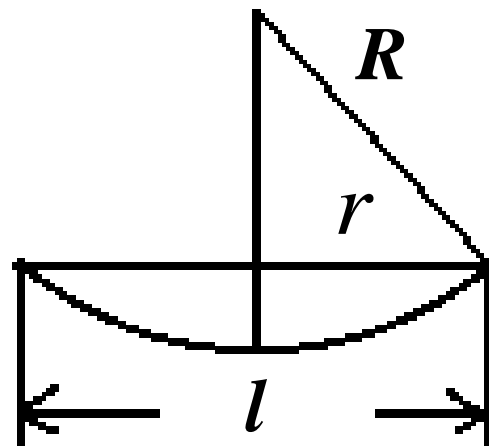
解： 1:
$$\begin{cases} 2e + \frac{\lambda_1}{2} = k\lambda_1 + \frac{\lambda_1}{2} \\ 2e + \frac{\lambda_2}{2} = (k-1)\lambda_2 + \frac{\lambda_2}{2} \end{cases} \quad \boxed{\lambda_1 < \lambda_2}$$

得: $k = \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} = \frac{600}{100} = 6$ 代到前面 $2e = k\lambda_1$

$$e = \frac{k\lambda_1}{2} = 3 \times 5 \times 10^{-7} = 1.5 \times 10^{-6} (\text{m})$$

2: $r^2 = R^2 - (R - e)^2 = 2Re$

$$R = \frac{r^2}{2e} = \frac{\left(\frac{l}{2}\right)^2}{2e} = \frac{(1.5 \times 10^{-3})^2}{2 \times 1.5 \times 10^{-6}} = 0.75 (\text{m})$$

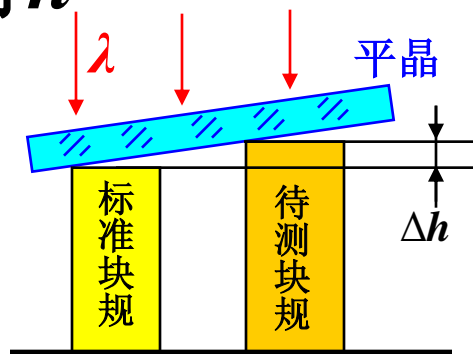
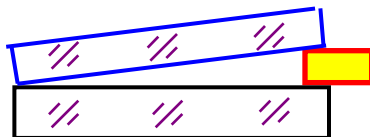
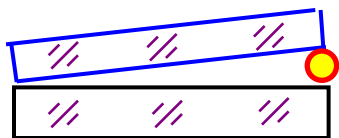


三、等厚条纹的应用

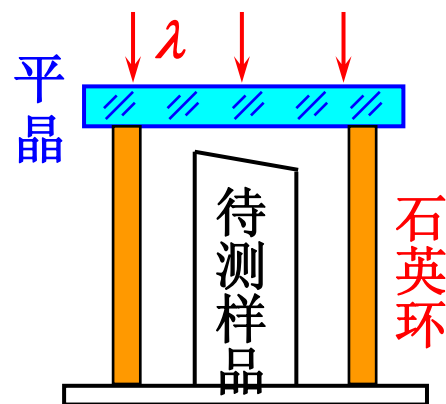
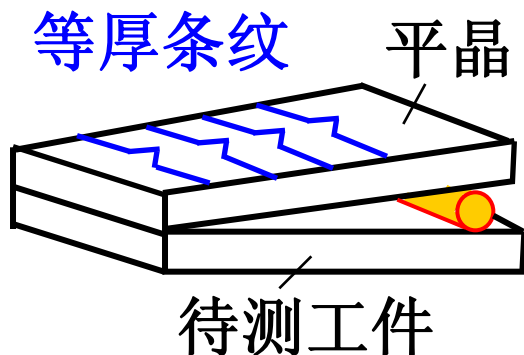
1. 劈尖的应用

$$\Delta x = \frac{\lambda}{2n\theta}$$

- 测波长：已知 θ 、 n ，测 Δx 可得 λ
- 测折射率：已知 θ 、 λ ，测 Δx 可得 n
- 测细小直径、厚度、微小变化



- 测表面不平度



干涉膨胀仪

2. 牛顿环的应用

$$r_{k+m}^2 - r_k^2 = mR\lambda \quad (\text{明环})$$

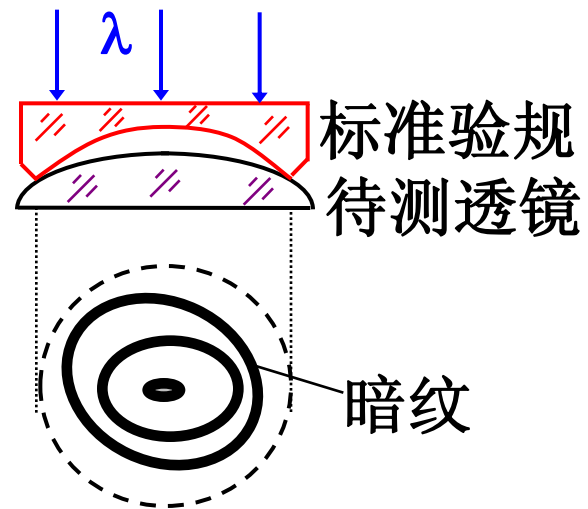
- 测透镜球面的半径 R :

已知 λ , 测 m 、 r_{k+m} 、 r_k , 可得 R 。

- 测波长 λ :

已知 R , 测出 m 、 r_{k+m} 、 r_k , 可得 λ 。

- 检验透镜球表面质量





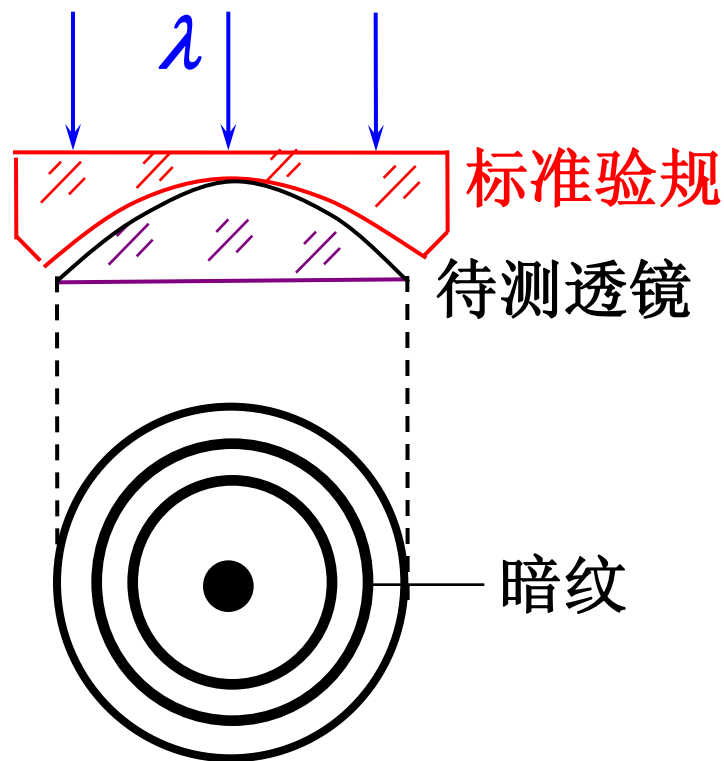
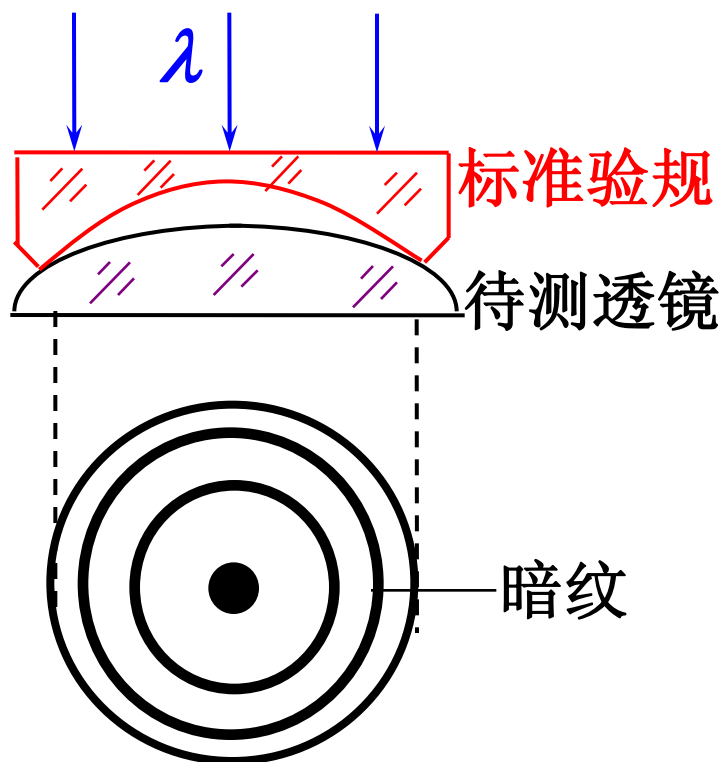
Wide Field Planetary Camera 1



Wide Field Planetary Camera 2

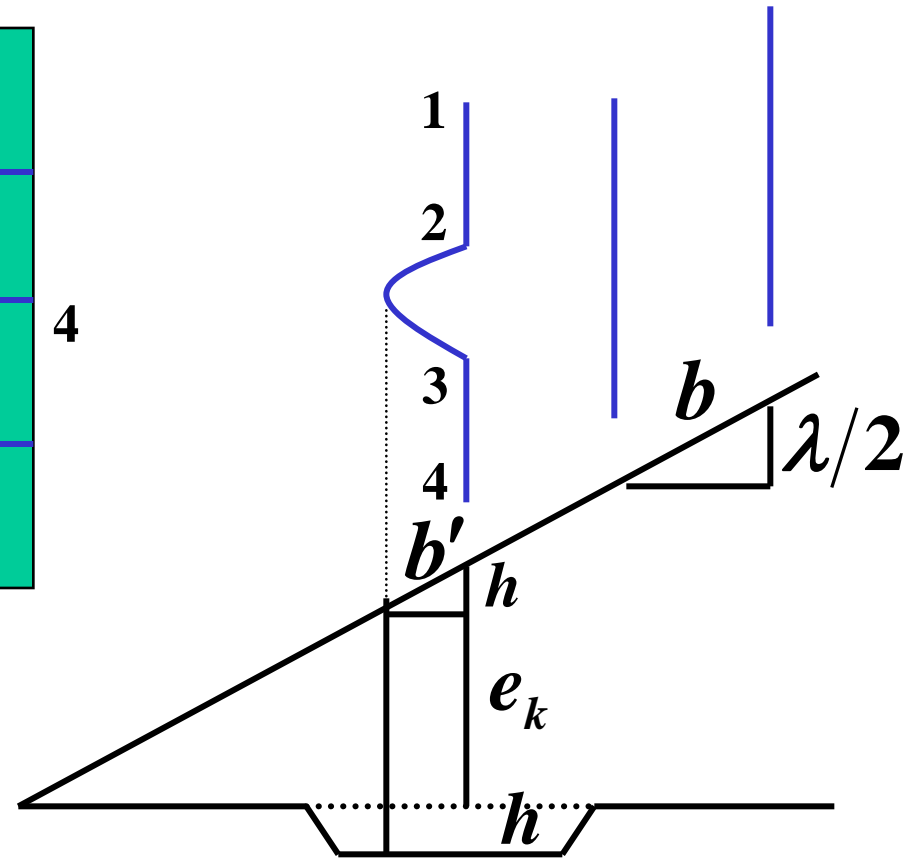
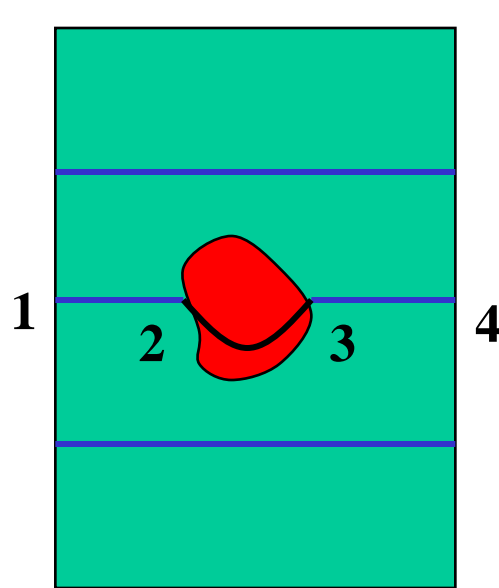
Hubble Images of M100 Before and After Mirror Repair

【思考】 如何区分如下两种情况？



例：利用空气劈尖的等厚干涉条纹测量工件表面的凹凸不平。用单色光垂直照射，干涉条纹如图所示，说明工件表面是凹的还是凸的，并求深度或高度。

解：



$$\frac{b'}{b} = \frac{h}{\lambda/2} \Rightarrow h = \frac{b'}{b} \frac{\lambda}{2}$$

§ 20-5 干涉仪 相干长度

一. 迈克尔逊干涉仪

迈克尔逊 (Albert Abraban Michelson, 1852-1931)

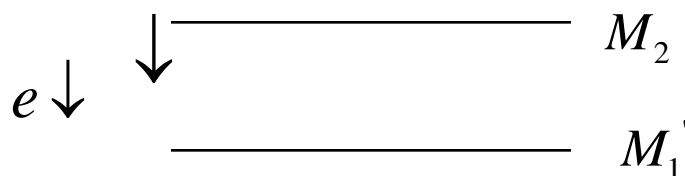


从事**光学**和**光谱学**方面的研究，他以毕生精力从事光速的精密测量。他发明了一种用以测定微小长度、折射率和光波波长的干涉仪（**迈克尔逊干涉仪**），在研究光谱方面起着重要的作用。1887年他与美国物理学家E. W. 莫雷合作，进行了著名的**迈克尔逊-莫雷实验**，这是一个最重大的否定性实验，它动摇了经典物理学的基础。

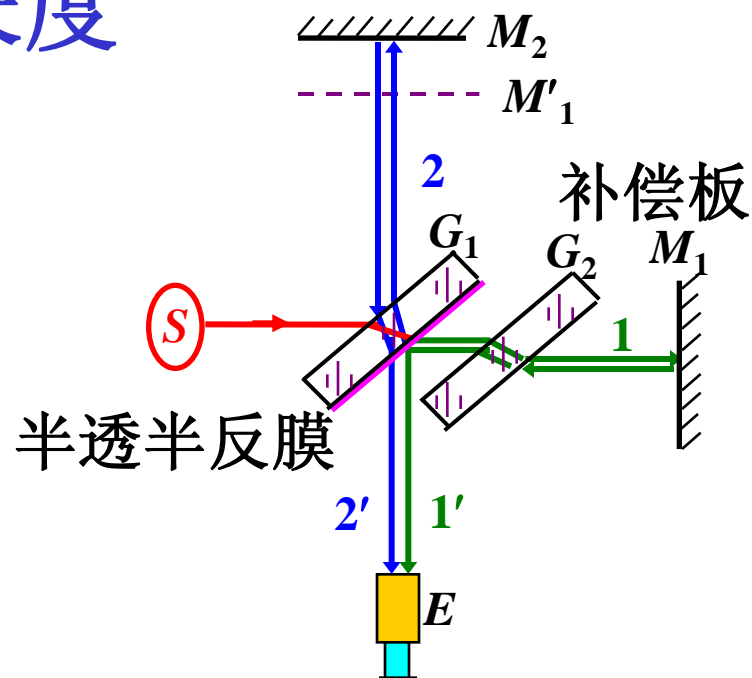
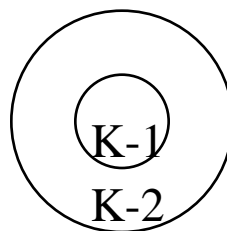
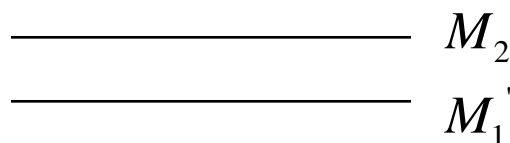
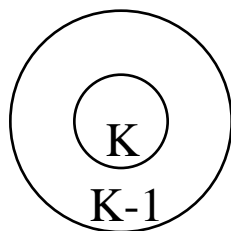
§ 20-5 干涉仪 相干长度

一. 迈克尔逊干涉仪

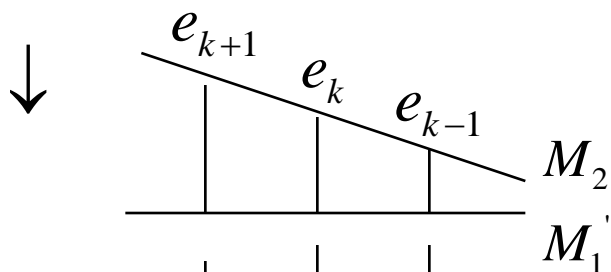
$$M_1 \perp M_2 \rightarrow M'_1 \parallel M_2$$



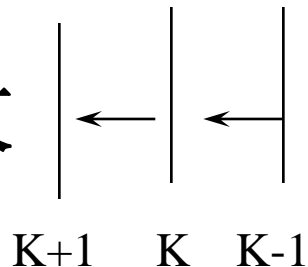
• 等倾条纹



$$M_1' \times M_2$$

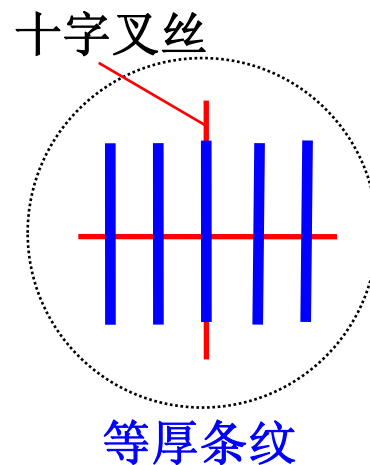
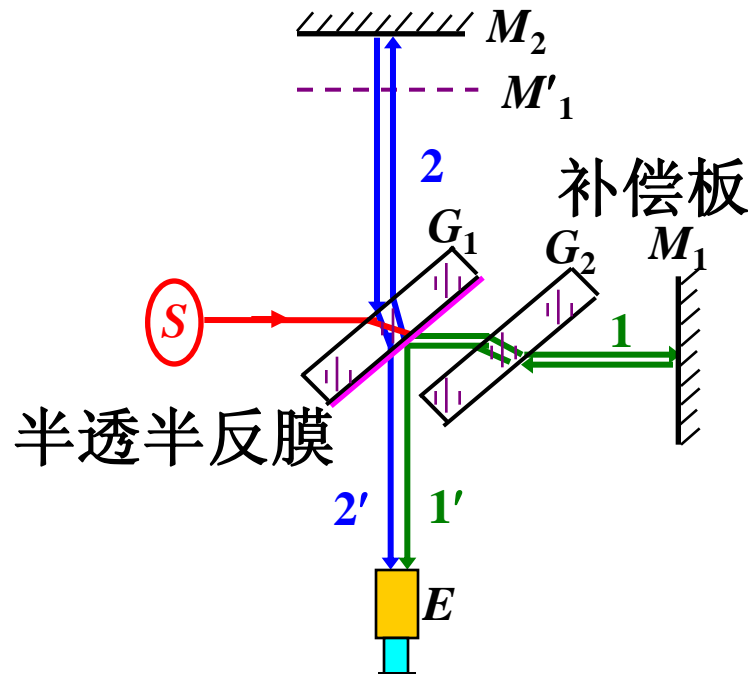


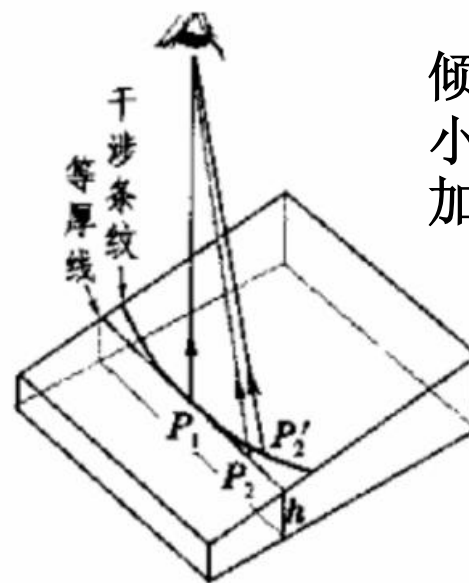
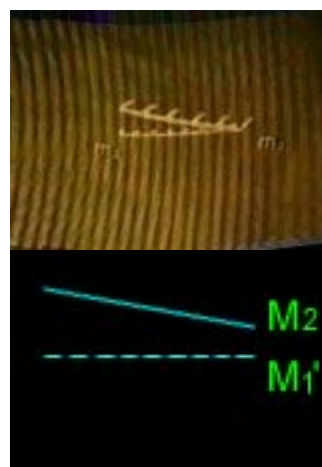
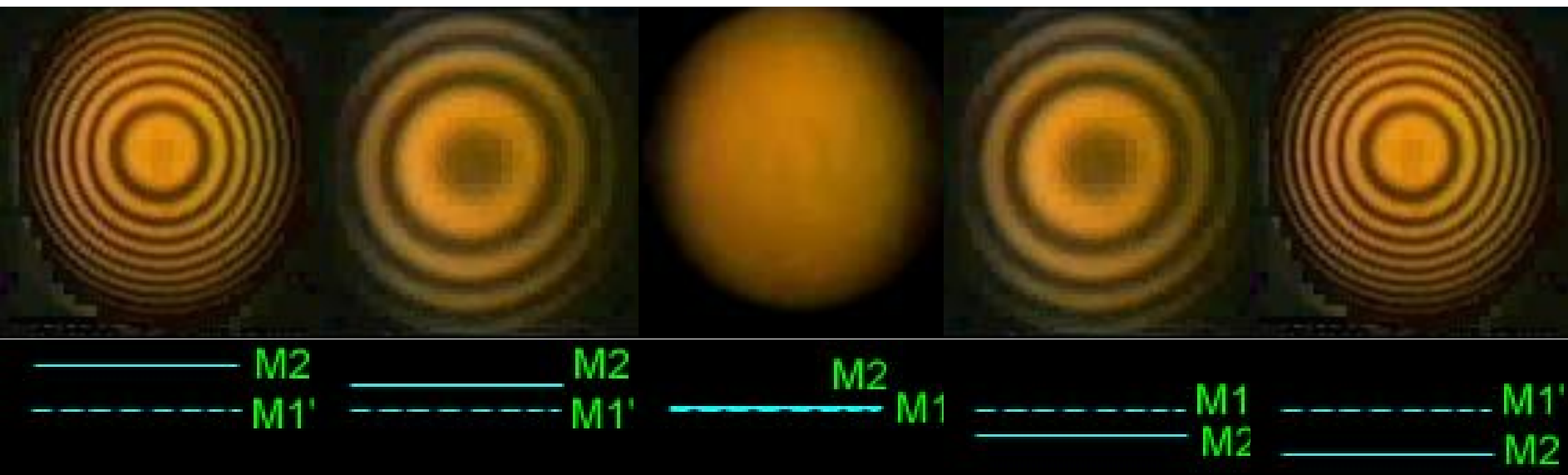
• 等厚条纹



应用: 条纹移动 N 个间隔, M_2 移动

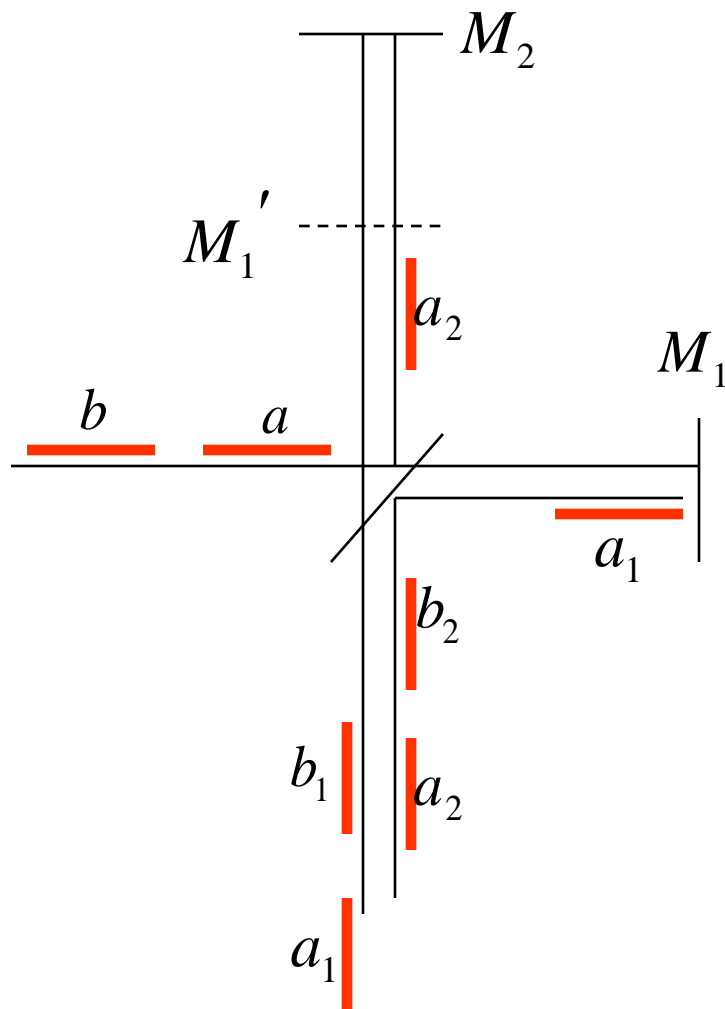
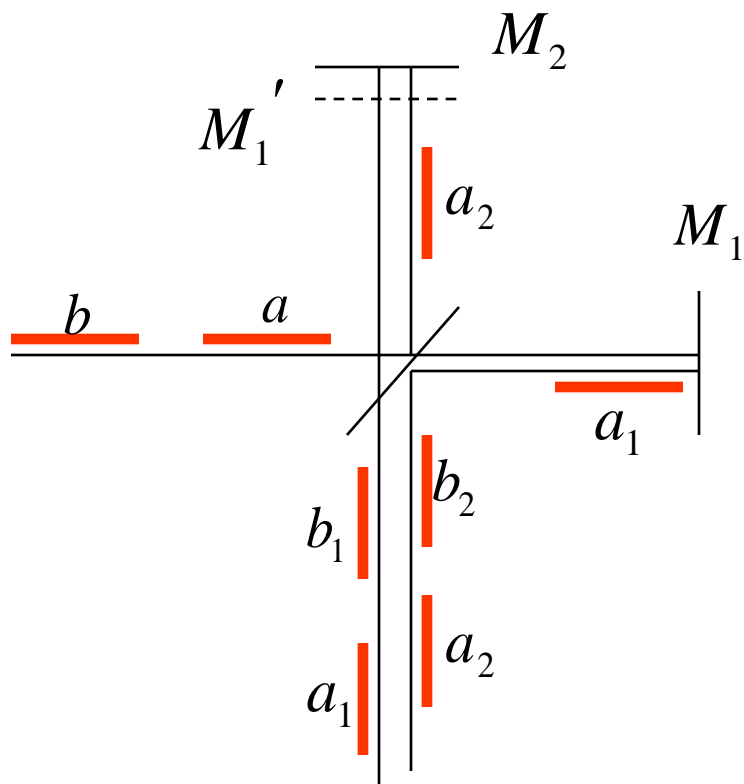
$$d = N \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda \rightarrow d, d \rightarrow \lambda$$





倾角增加光程减小
必须由厚度增加来补偿

二. 相干长度



$\delta > \Delta x$ 无干涉

$\delta_m = \Delta x$ 相干长度

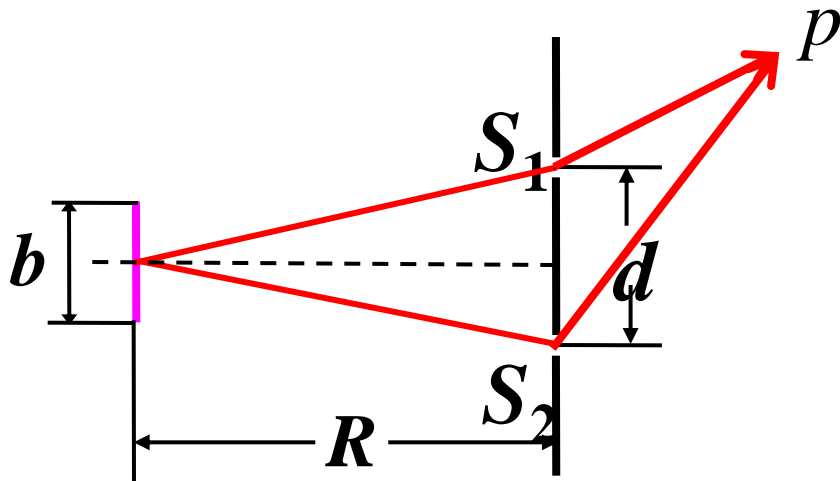
此类相干性称为时间相干性

$$\Delta x = \frac{\lambda^2}{\Delta \lambda}$$

$\Delta t = \delta_m / c$ 相干时间

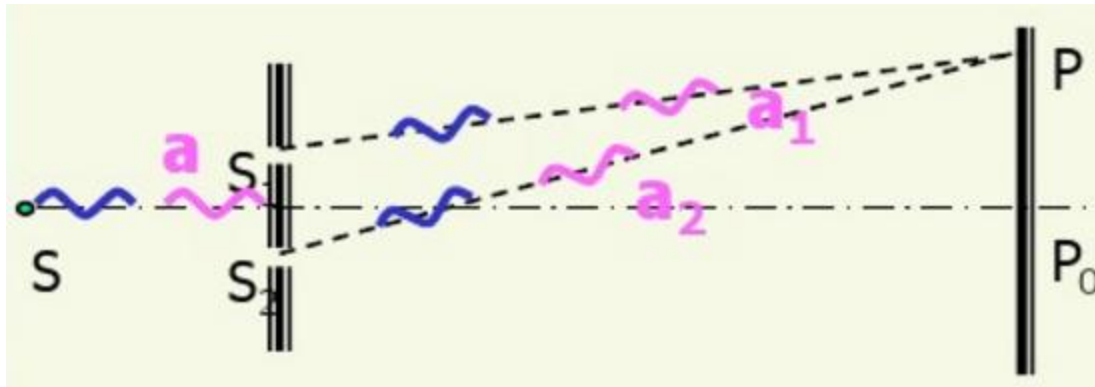
单色性愈好，时间相干性愈好。

空间相干性与时间相干性



空间相干性：研究垂直于光线的
横向两空间点上光的相干性。

好坏取决于光源尺寸



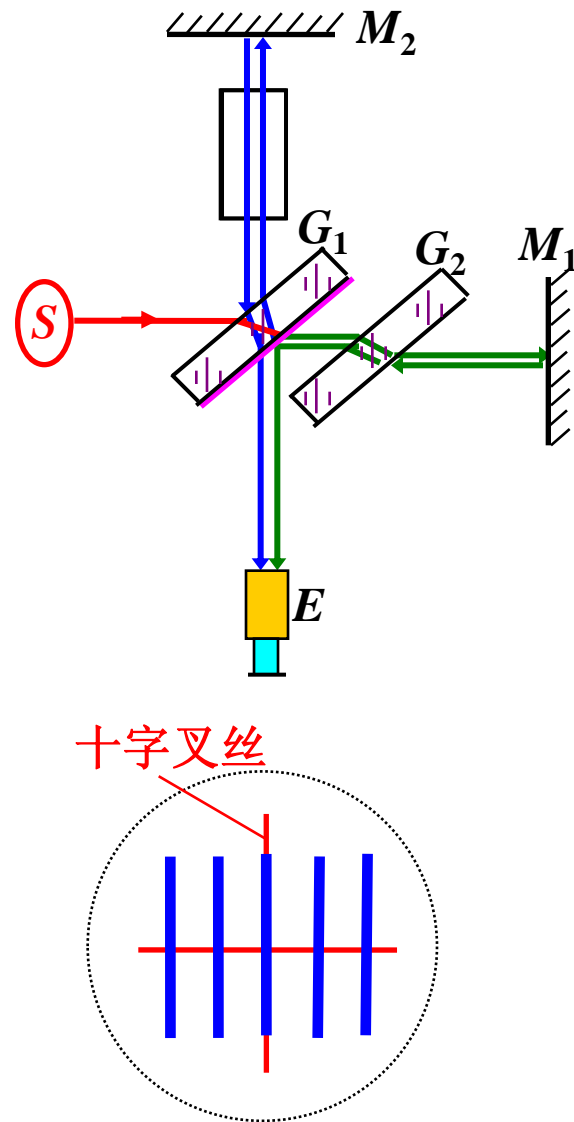
时间相干性：描述到达空间
定点处两光波的相干性。

优劣取决于光源的单色性

例 :迈克尔逊干涉仪一臂装有 $l=100\text{mm}$ 的玻璃管充有空气, $\lambda=585\text{nm}$, 抽空空气条纹移动 $N=100$, 求空气的 $n=?$

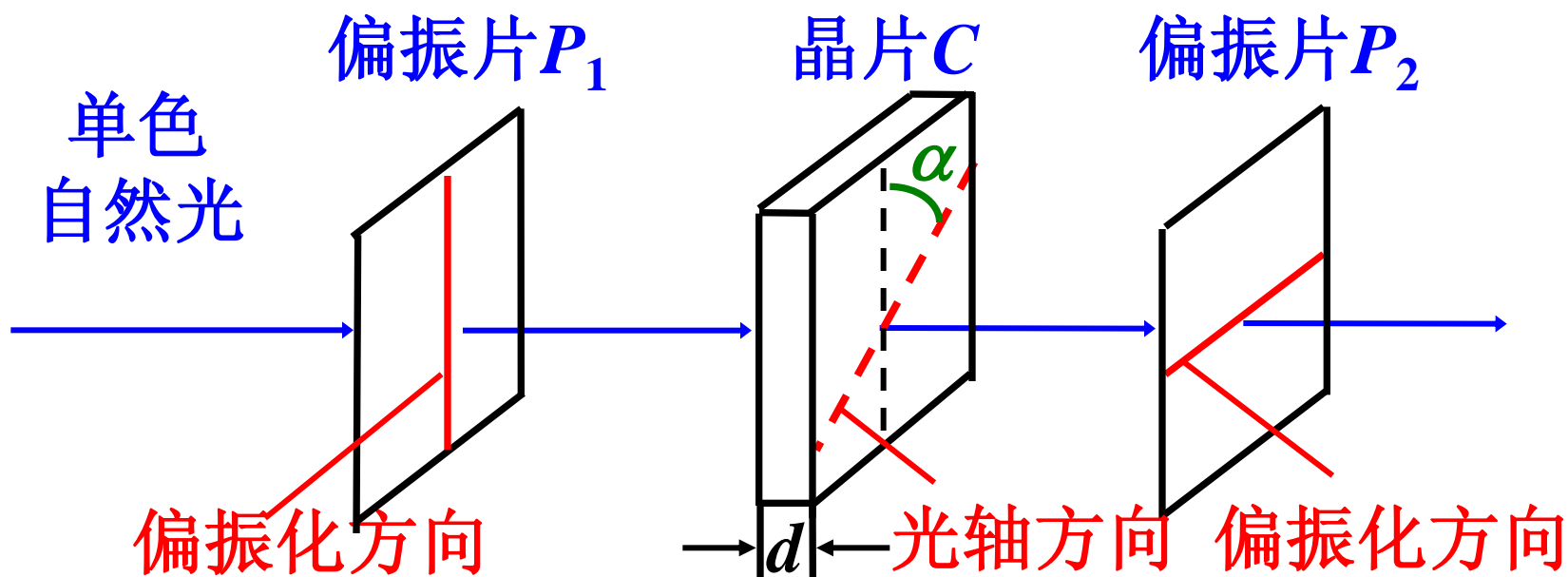
$$2(n-1)l = N\lambda$$

$$\Rightarrow n = 1 + \frac{N\lambda}{2l} = 1.000293$$



§ 20-6 偏振光的干涉

一. 偏振光干涉装置



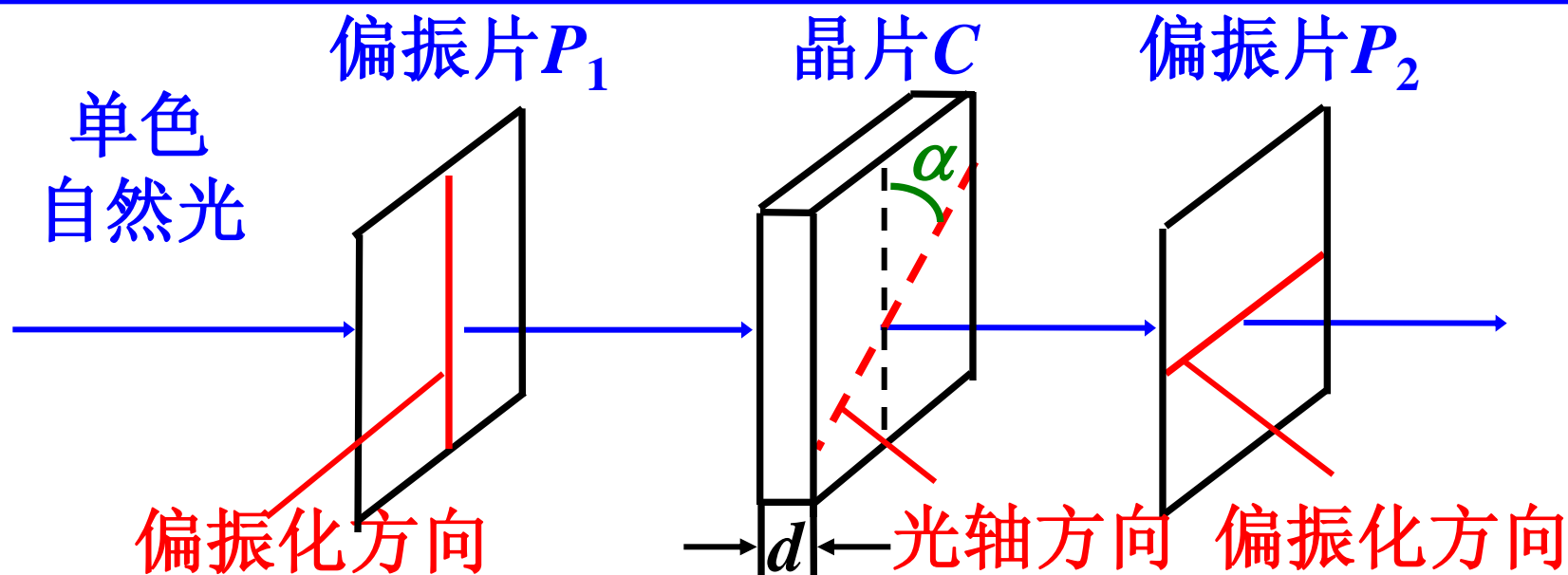
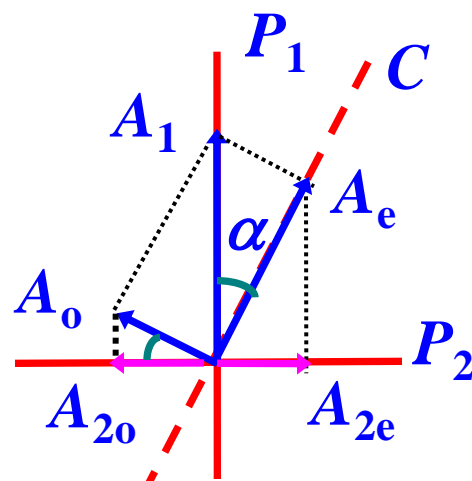
二. 偏振光干涉的分析

1. 振幅关系

光通过 P_1 后，再进入
晶片分解为o光和e光

$$A_o = A_1 \sin \alpha$$

$$A_e = A_1 \cos \alpha$$



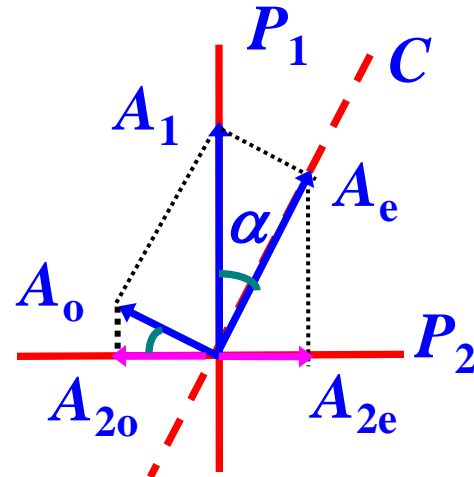
二. 偏振光干涉的分析

1. 振幅关系

光通过 P_1 后，再进入
晶片分解为o光和e光

$$A_o = A_1 \sin \alpha$$

$$A_e = A_1 \cos \alpha$$



在 P_2 后，两束光
光矢量振幅为：

$$A_{2o} = A_o \cos \alpha$$

$$= A_1 \sin \alpha \cdot \cos \alpha$$

$$A_{2e} = A_e \sin \alpha$$

$$= A_1 \cos \alpha \cdot \sin \alpha$$

$$= A_{2o}$$

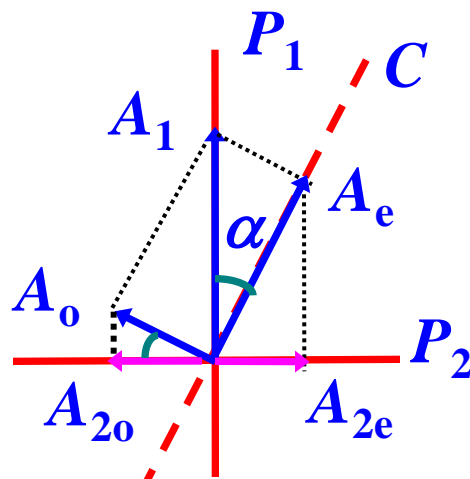
二. 偏振光干涉的分析

1. 振幅关系

光通过 P_1 后, 再进入
晶片分解为o光和e光

2. 相位关系

$$A_o = A_1 \sin \alpha$$
$$A_e = A_1 \cos \alpha$$



通过晶体C后 $|\Delta\varphi_c| = \frac{2\pi d}{\lambda} |n_e - n_o|$

通过 P_2 后, 两束光间有附加位相差 π

$$|\Delta\varphi| = |\Delta\varphi_c| + \pi$$

(若 P_1 、 P_2 夹角较小, 则 $= \frac{2\pi d}{\lambda} |n_e - n_o| + \pi$
无附加相差 π)

$$|\Delta\varphi| = 2k\pi \quad (k = 1, 2, \dots)$$

$$\rightarrow d = \frac{2k-1}{|n_e - n_o|} \cdot \frac{\lambda}{2}$$

——相长干涉

$$|\Delta\varphi| = (2k+1)\pi$$

$$\rightarrow d = \frac{k}{|n_e - n_o|} \lambda$$

——相消干涉

❖若单色光入射，且 d 不均匀，则屏上出现等厚干涉条纹

通过晶体C后

$$|\Delta\varphi_c| = \frac{2\pi d}{\lambda} |n_e - n_o|$$

通过 P_2 后，两束光间有附加位相差 π

$$|\Delta\varphi| = |\Delta\varphi_c| + \pi$$

(若 P_1 、 P_2 夹角较小，则 = $\frac{2\pi d}{\lambda} |n_e - n_o| + \pi$
无附加相差 π)

例:一强度为 I_0 的单色自然光垂直入射到两通光方向相互垂直的偏振片 P_1 和 P_2 , 在 P_1, P_2 之间有厚度为 d 波片, 光轴与 P_1 夹角 α . 求出射光的偏振态及光强。

解:

$$E^2 = \frac{1}{2} I_0$$

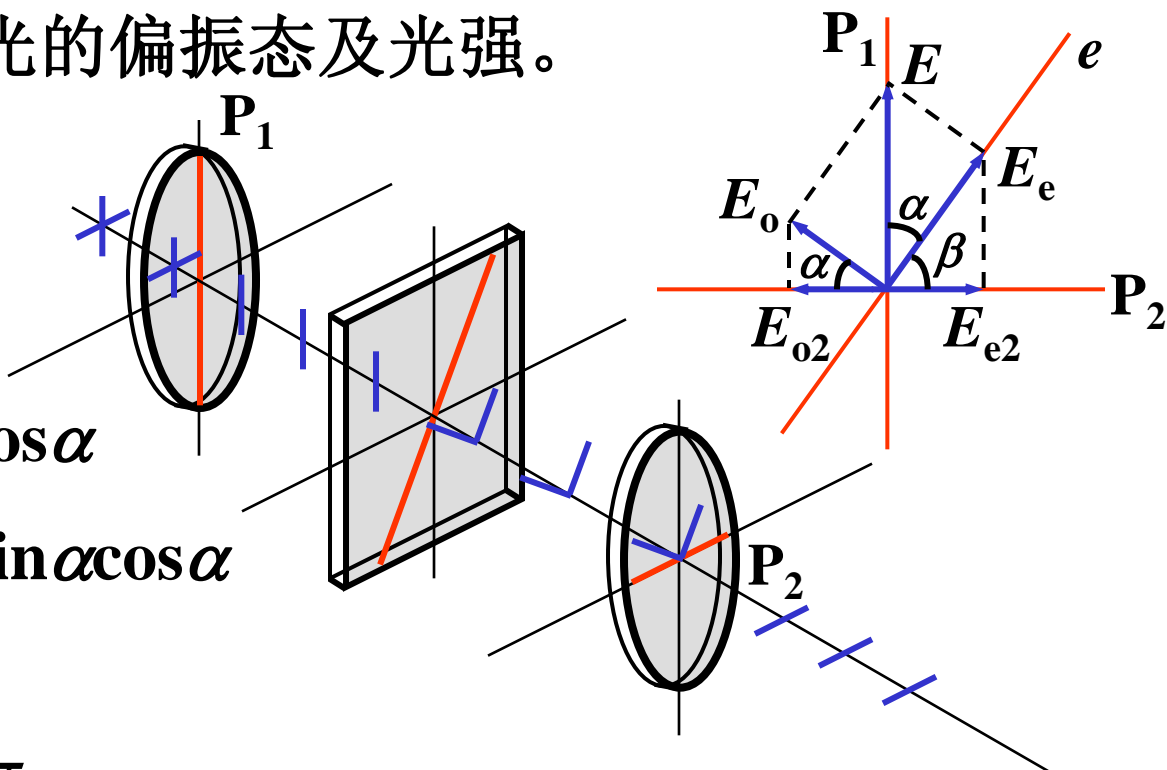
$$E_o = E \sin \alpha, \quad E_e = E \cos \alpha$$

$$E_{e2} = E \cos \alpha \cos \beta = E \sin \alpha \cos \alpha$$

$$E_{o2} = E \sin \alpha \cos \alpha$$

相位差:
$$\Delta \varphi = \frac{2\pi}{\lambda} d |n_o - n_e| + \pi?$$

$$I = E_{e2}^2 + E_{o2}^2 + 2E_{e2}E_{o2} \cos \Delta \varphi \quad \text{线偏振光}$$



三. 色偏振

$$P_1 \perp P_2$$

某一厚度处

• 白光入射 $|\Delta\varphi| = \frac{2\pi d}{\lambda} |n_e - n_o| + \pi$

$$\lambda_1 \quad \Delta\varphi_1 = (2k_1 + 1)\pi$$

相消干涉

$$\lambda_2 \quad \Delta\varphi_2 = 2k_2\pi$$

相长干涉

$$|\Delta\varphi| = \frac{2\pi d}{\lambda} |n_e - n_o|$$

$$P_1 // P_2$$

同一处

$$\lambda_1 \quad \Delta\varphi_1 = (2k_1 + 1)\pi - \pi = 2k_1\pi$$

$$\lambda_2 \quad \Delta\varphi_2 = 2k_2\pi - \pi$$

三. 色偏振

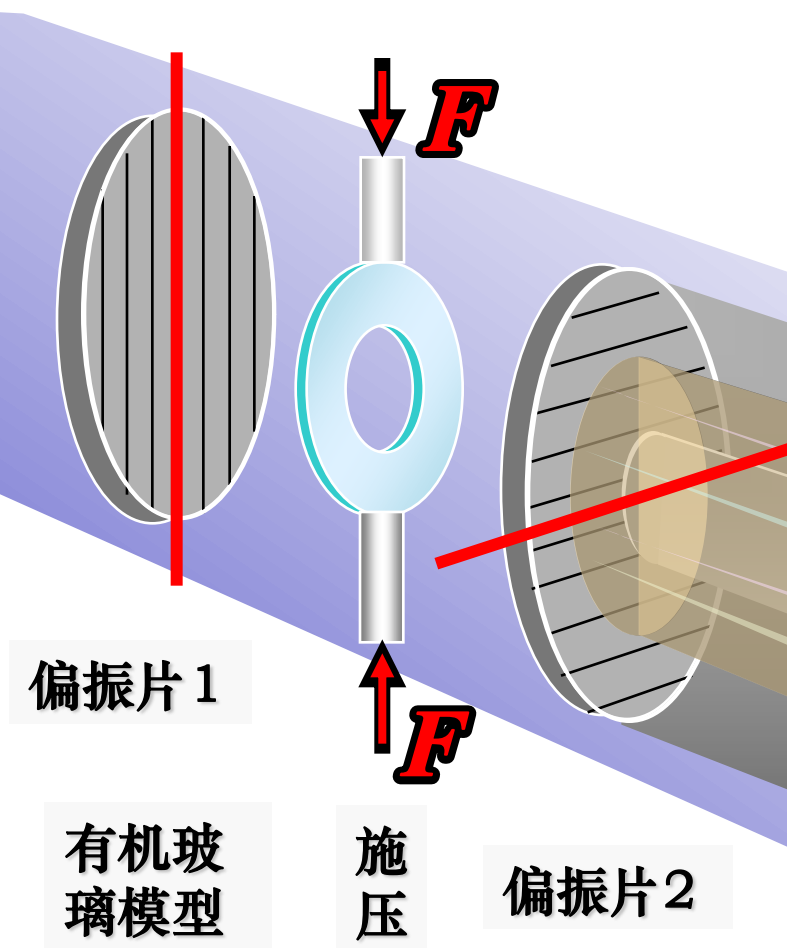
- 白光入射

- 若 d 不均匀，则屏上出现彩色条纹。

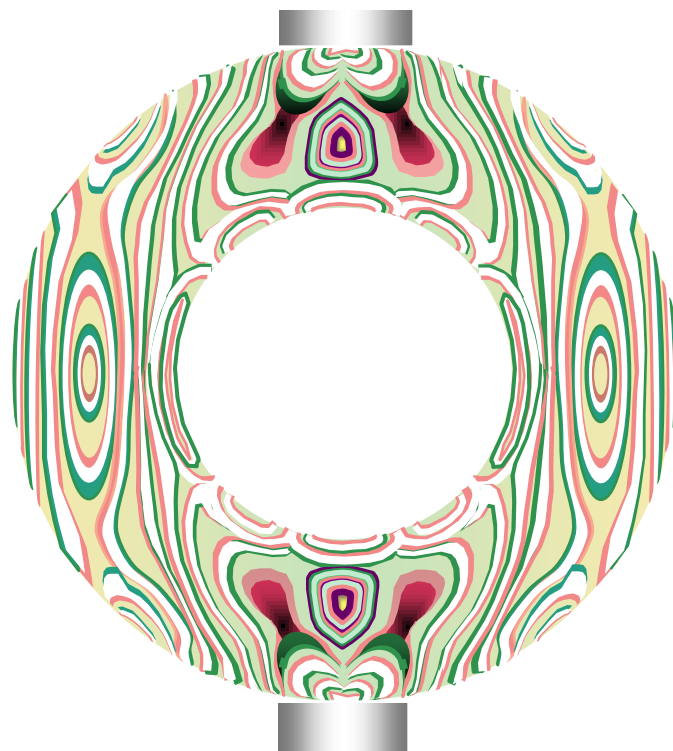
- ❖ 色偏振是检验材料有无双折射效应的灵敏方法

- ❖ 光测弹性(应力双折射)

应力双折射



应力双折射显示的偏振光干涉条纹



钓钩的光弹图象



模型的光弹图象

