第十一章 波动光学

第一部分:干涉

§11.0 电磁波(10-7节)

§11.1 相干光

§11.2 光波的干涉 光程 杨氏双缝干涉

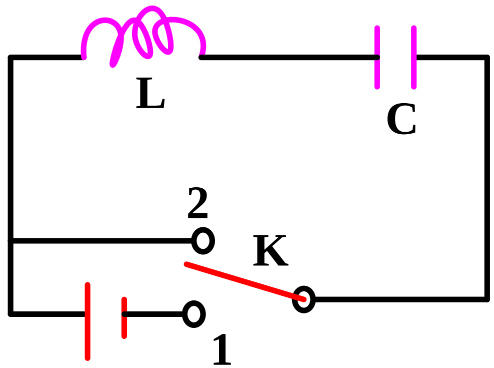
§11.3 薄膜干涉

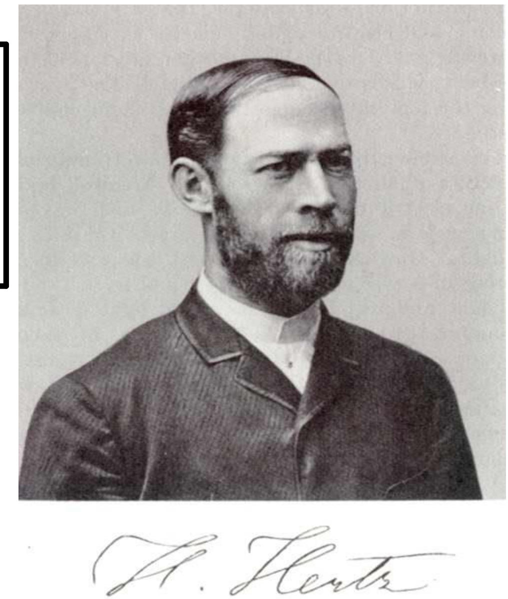
§11.4 迈克耳逊干涉仪

§11.0 电磁波

一、电磁波的产生

接通K1，则 $\varepsilon - L\dfrac{di}{dt} = \dfrac{q}{c}$





断开K1，接通K2，则

$$-L\frac{di}{dt} = \frac{q}{c} \qquad -L\frac{d^2q}{dt^2} = \frac{q}{c}$$

$$\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{q}{Lc} = 0$$

电路中的电荷作简谐振动，其固有角频率 $\omega = \sqrt{\dfrac{1}{LC}}$

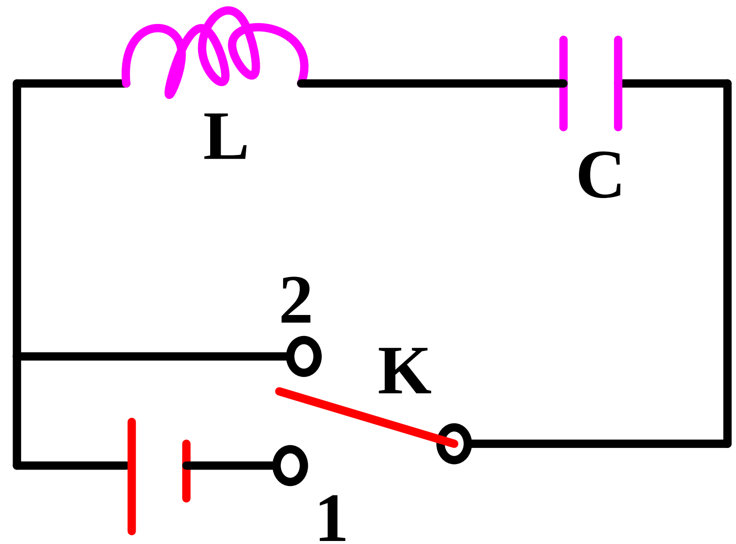
$$\omega = \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

减少匝数，使L减小

高频信号

$$C = \frac{\varepsilon_0 S}{d}$$

减少正对面积、增大两板距离



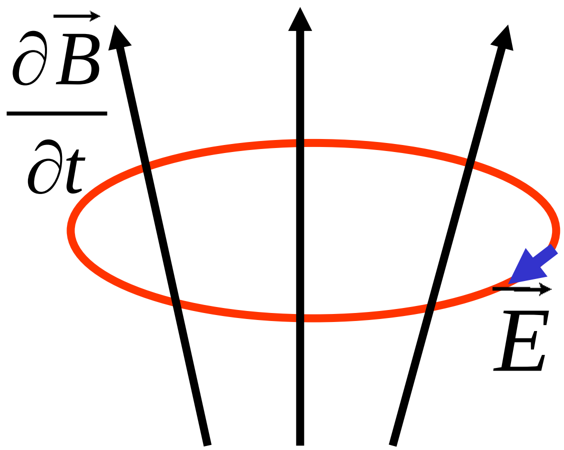
振荡回路完全张开，变成直线形式，称为偶极天线

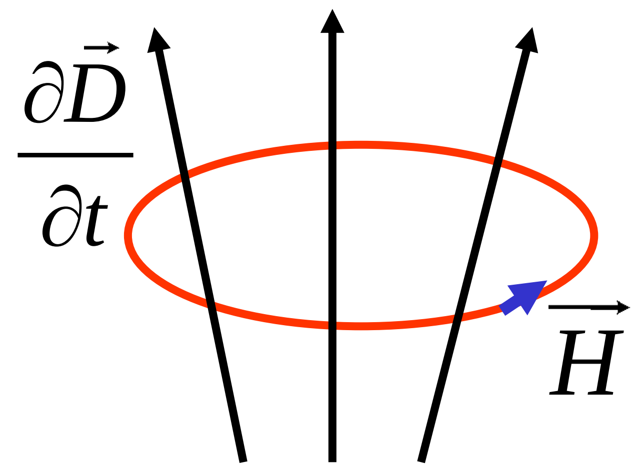
它产生的就是电磁波

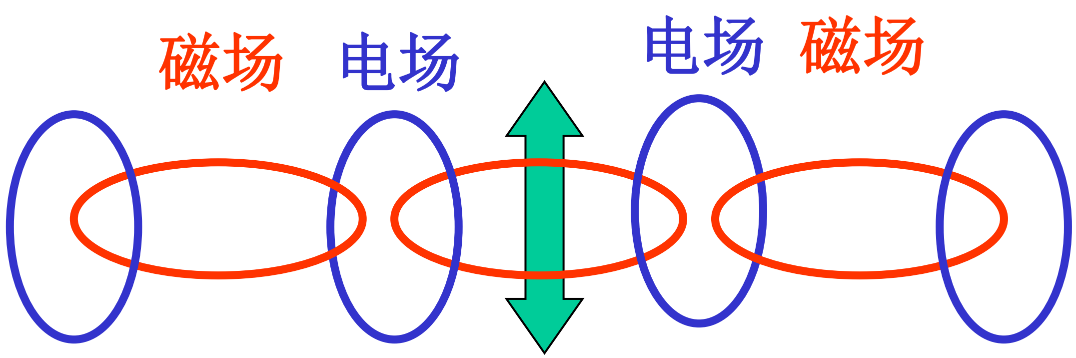
二、电磁波的传播

$$\oint_L \vec{E}\cdot d\vec{l} = -\int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}\cdot d\vec{S}$$

$$\oint_L \vec{H}\cdot d\vec{l} = \int_S \left(\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}\right)\cdot d\vec{S}$$

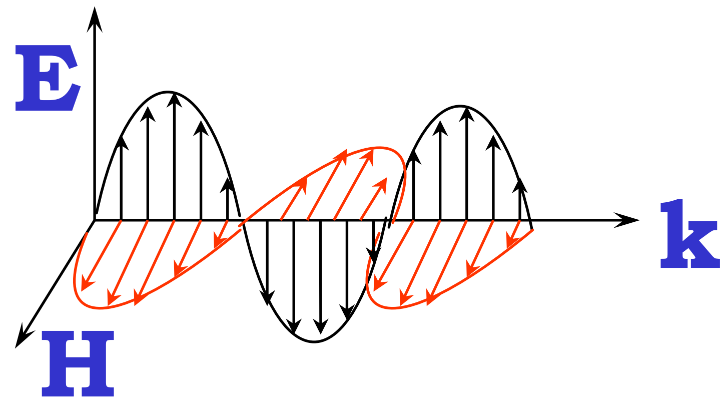






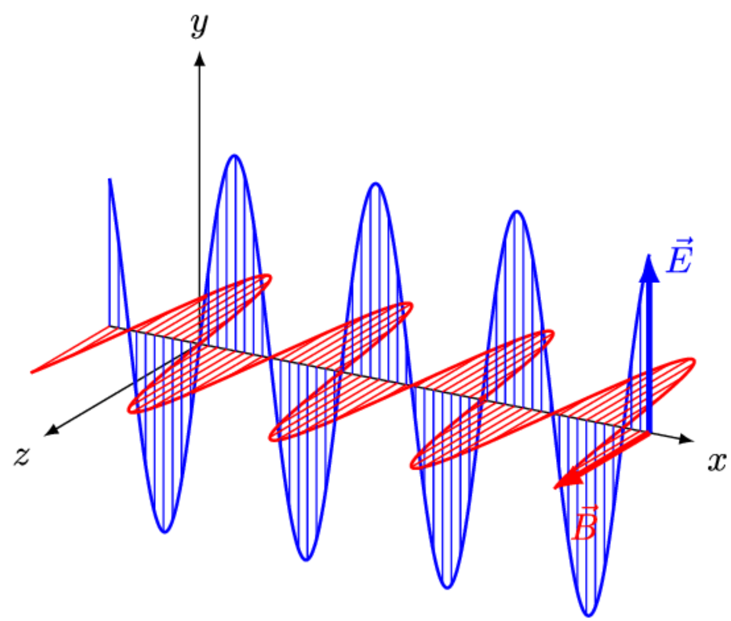
偶极天线

三、平面简谐电磁波的性质



(1)电磁波是横波 $\vec{E} \perp \vec{k} \quad \vec{H} \perp \vec{k}$

(2)电矢量与磁矢量垂直 $\vec{E} \perp \vec{H}$



(3)电矢量与磁矢量同频率、同相位

$$\vec{E} = \vec{E}_0 \cos\omega(t - \frac{z}{u})$$

$$\vec{H} = \vec{H}_0 \cos\omega(t - \frac{z}{u})$$

(4)E和H的振幅成比例 $\sqrt{\varepsilon_0 \varepsilon_r} E_0 = \sqrt{\mu_0 \mu_r} H_0$

(5)电磁波的传播速度

$$u=\sqrt{\frac{1}{\varepsilon_0\varepsilon_r\mu_0\mu_r}}$$

在真空中

$$c=\sqrt{\frac{1}{\varepsilon_0\mu_0}}=\sqrt{\frac{1}{8.8542\times10^{-12}\times4\pi\times10^{-7}}}\mathrm{m\cdot s^{-1}}=2.9979\times10^{8}\mathrm{m\cdot s^{-1}}$$

介质折射率

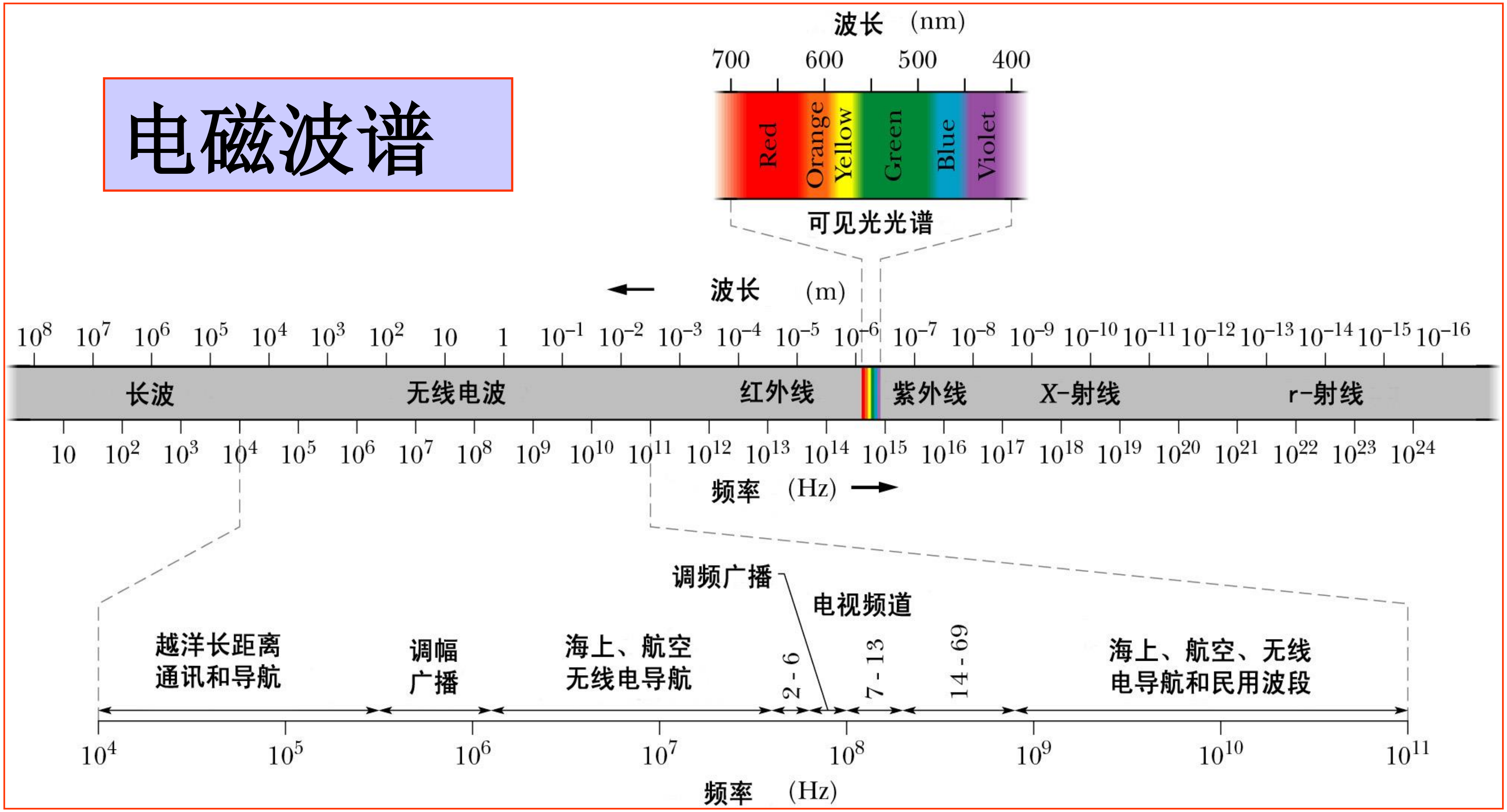
$$n=\frac{c}{u}=\sqrt{\varepsilon_\mathrm{r}\mu_\mathrm{r}}$$

(6)电磁波能量密度

$$w=\frac{1}{2}\varepsilon E^2+\frac{1}{2}\mu H^2$$

四、光也是电磁波

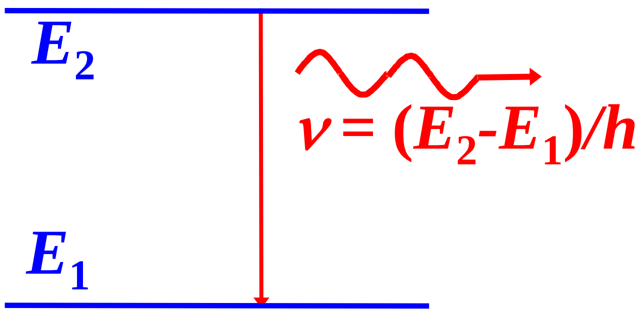
可见光的波长范围：400 nm～ 760 nm



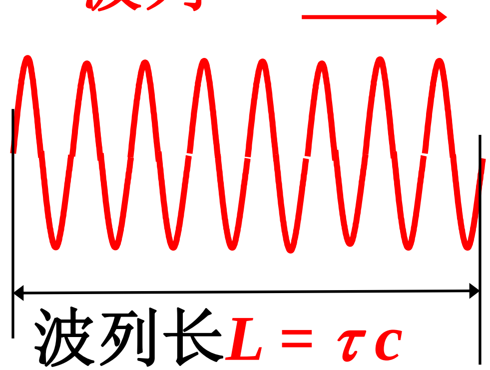
§11.1 光源的发光机制 相干光

一、普通光源

能级跃迁辐射



波列

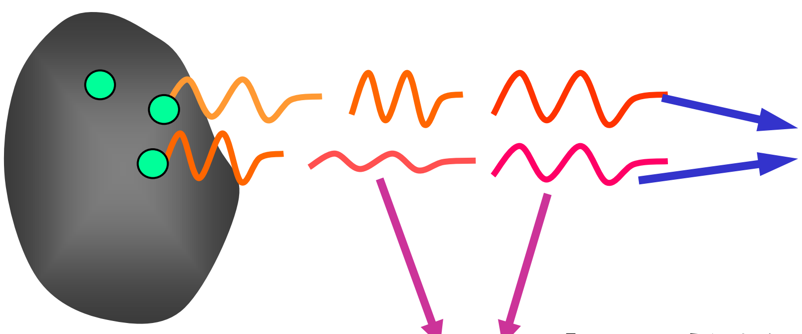


原子中一次量子跃迁的持续发光时间的数量级为10^{-8}s

普通光源发光的特点之一：

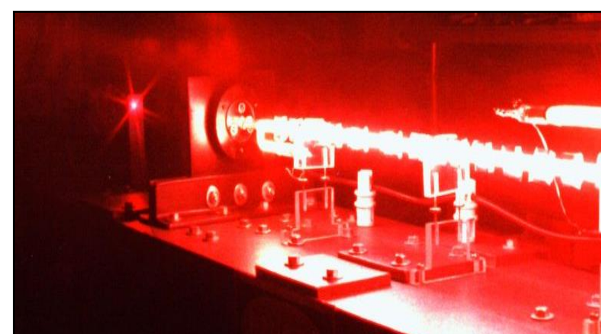
间歇性：各原子发光是断断续续的，平均发光时间τ 约为10^{-8}秒，所发出的是一段长为 $L = c\tau$ 的光波列。

随机性：每次发光是随机的，所发出各波列的振动方向和振动初相位都不相同。



不同原子发的光波列随机

同一原子先后发的光波列随机

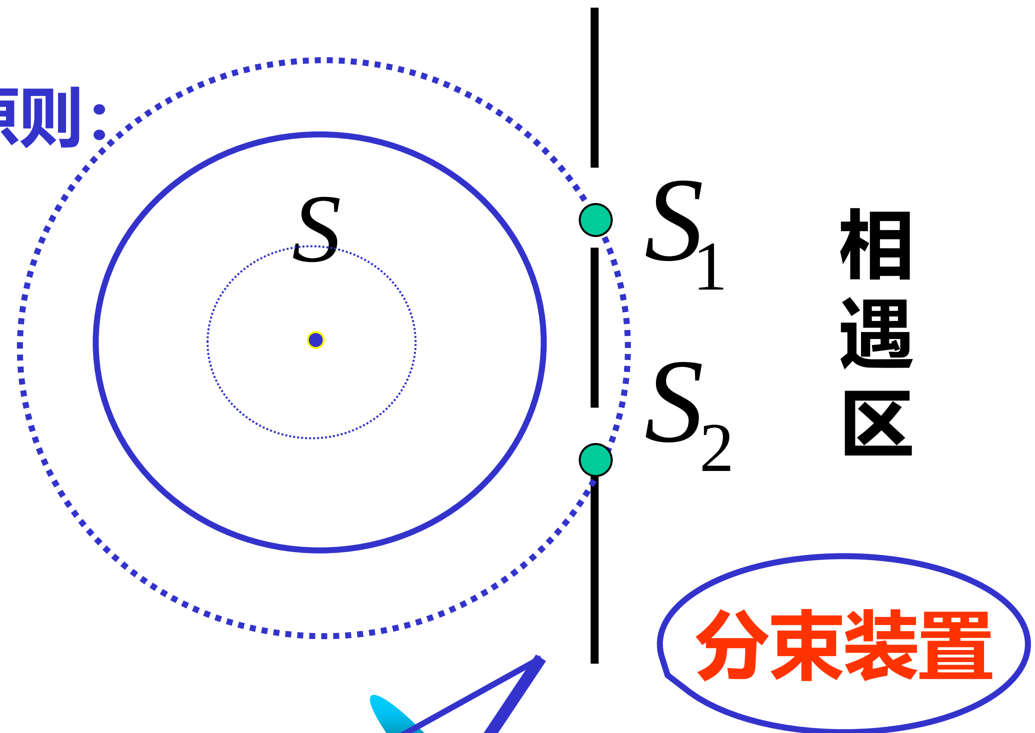


二、获得相干光的方法

从普通光源中获得相干光的原则：

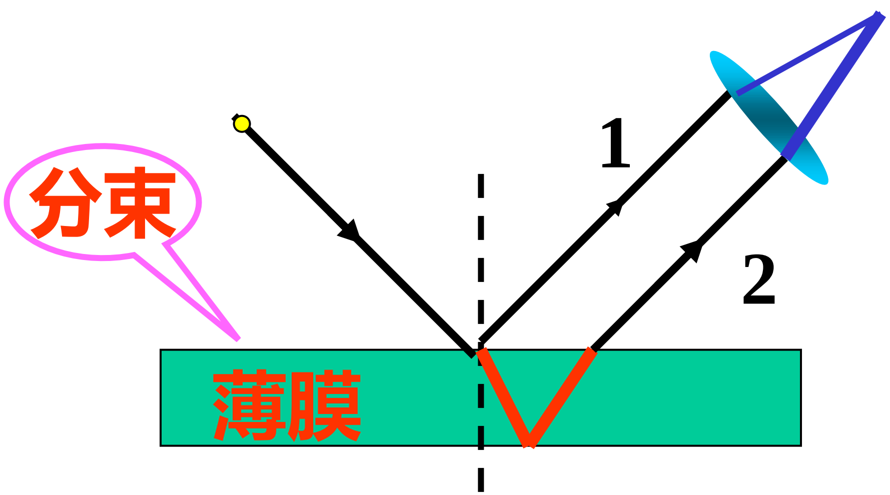
从一个原子一次发光中获得

先分光 然后再相遇



分波振面法：如双缝杨氏干涉

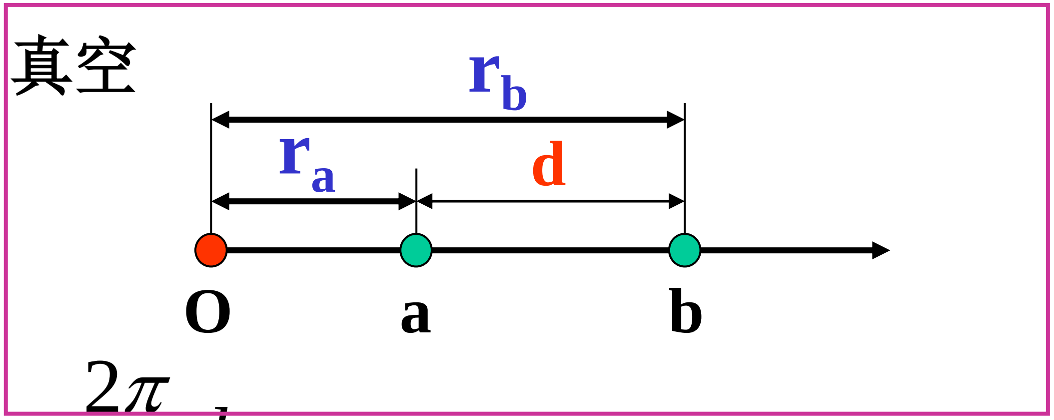
分振幅法：薄膜干涉



三、光程、光程差

(1)在真空中

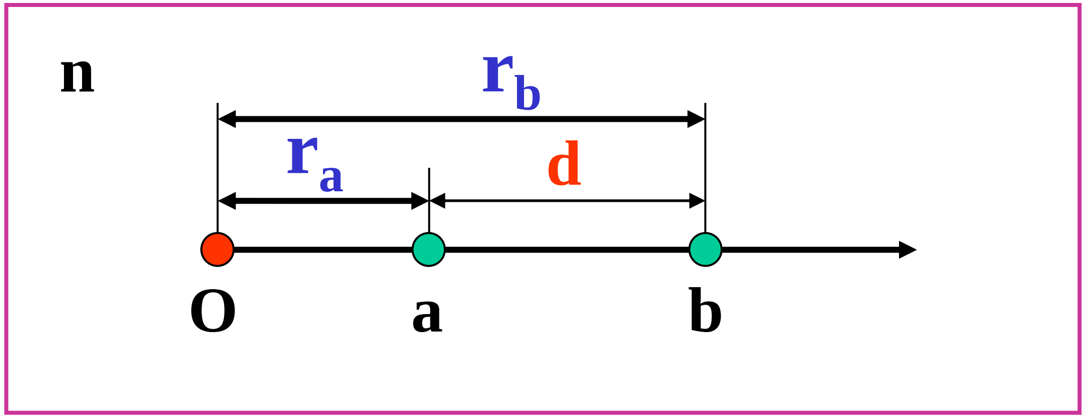
a、b两点间的相位差



$$\Delta\varphi=\varphi_b-\varphi_a=\frac{2\pi}{\lambda}\left(r_b-r_a\right)=\frac{2\pi}{\lambda}d$$

(2)折射率n的介质中

a、b两点间的相位差



$$\Delta\varphi=\varphi_b-\varphi_a=\frac{2\pi}{\lambda_n}\left(r_b-r_a\right)=\frac{2\pi}{\lambda_n}d$$

$$\lambda_n = \frac{u}{\nu} = \frac{c/n}{\nu} = \frac{1}{n}\frac{c}{\nu} = \frac{1}{n}\lambda$$

光在n中 $$\boxed{\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda_n}(r_b - r_a) = \frac{2\pi}{\lambda} n(r_b - r_a) = \frac{2\pi}{\lambda} nd}$$

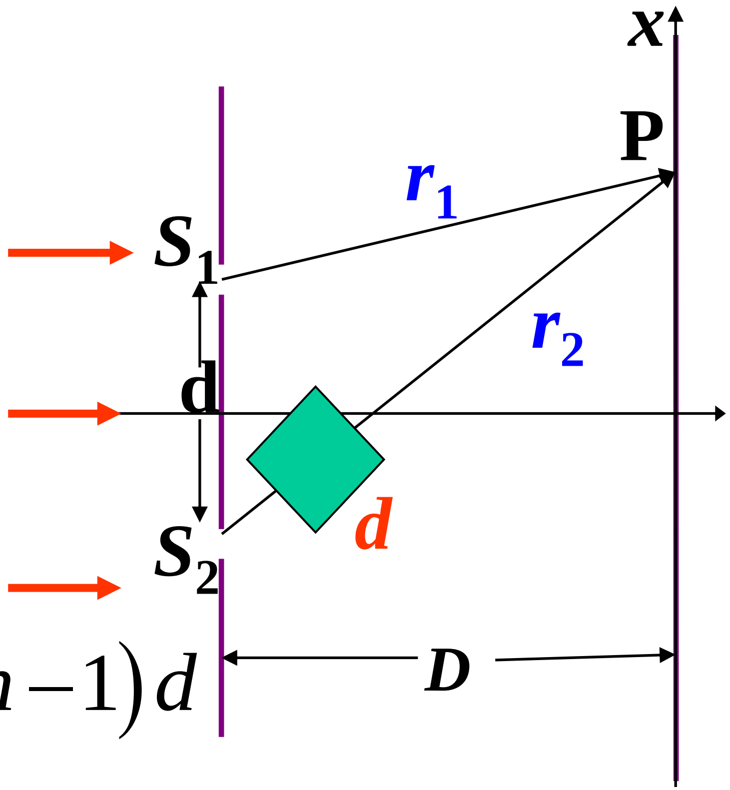
在真空中 $$\Delta\varphi = \varphi_b - \varphi_a = \frac{2\pi}{\lambda}(r_b - r_a) = \frac{2\pi}{\lambda} d$$

光程：***nr*** **光程差**：**光程的差值*nd***

光程的物理意义：光在媒质中经过的路程折算到同一时间内在真空中经过的相应路程。

$$\boxed{\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda}(\text{光程差}) = \frac{2\pi}{\lambda}\delta}$$

例：$\varphi_{S_2} = \varphi_{S_1}$



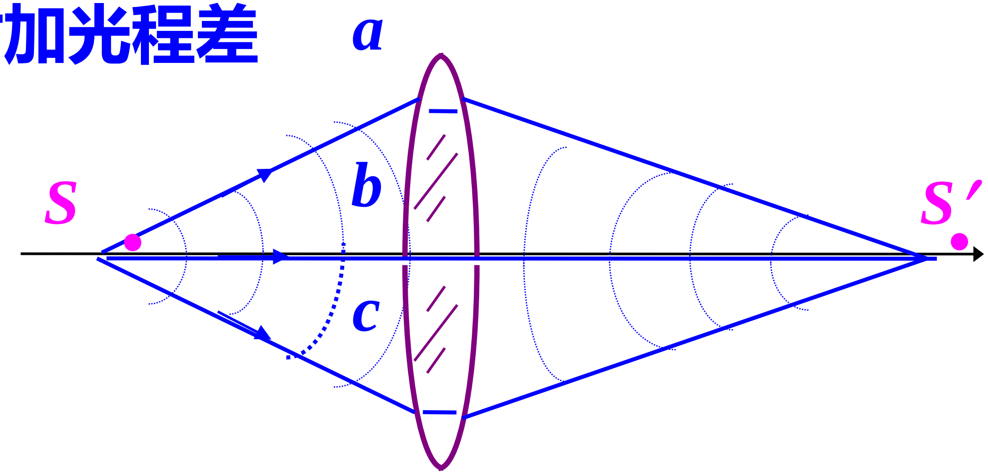
$$\delta = (r_2 - d) - r_1 + nd = r_2 - r_1 + (n-1)d$$

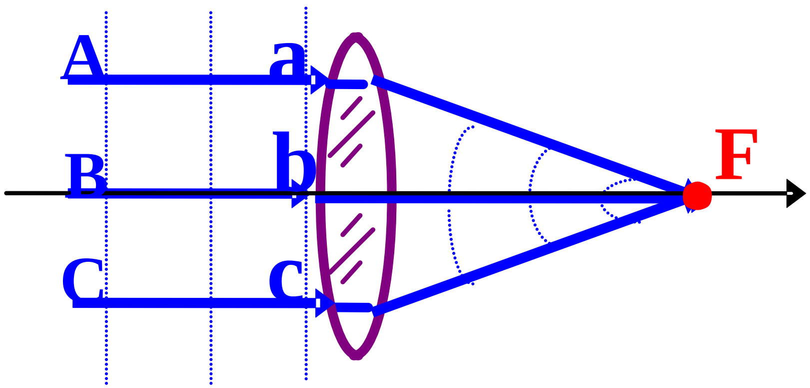
四、使用透镜不会产生附加光程差

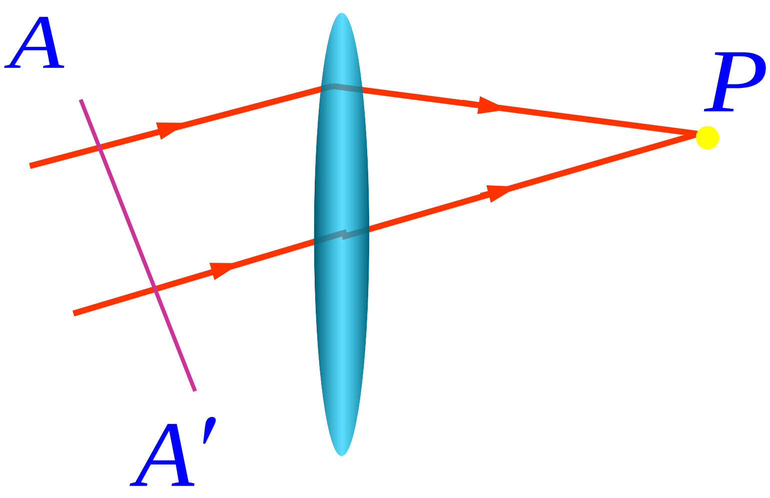
透镜的等光程性

物点到象点各光线

之间的光程差为零





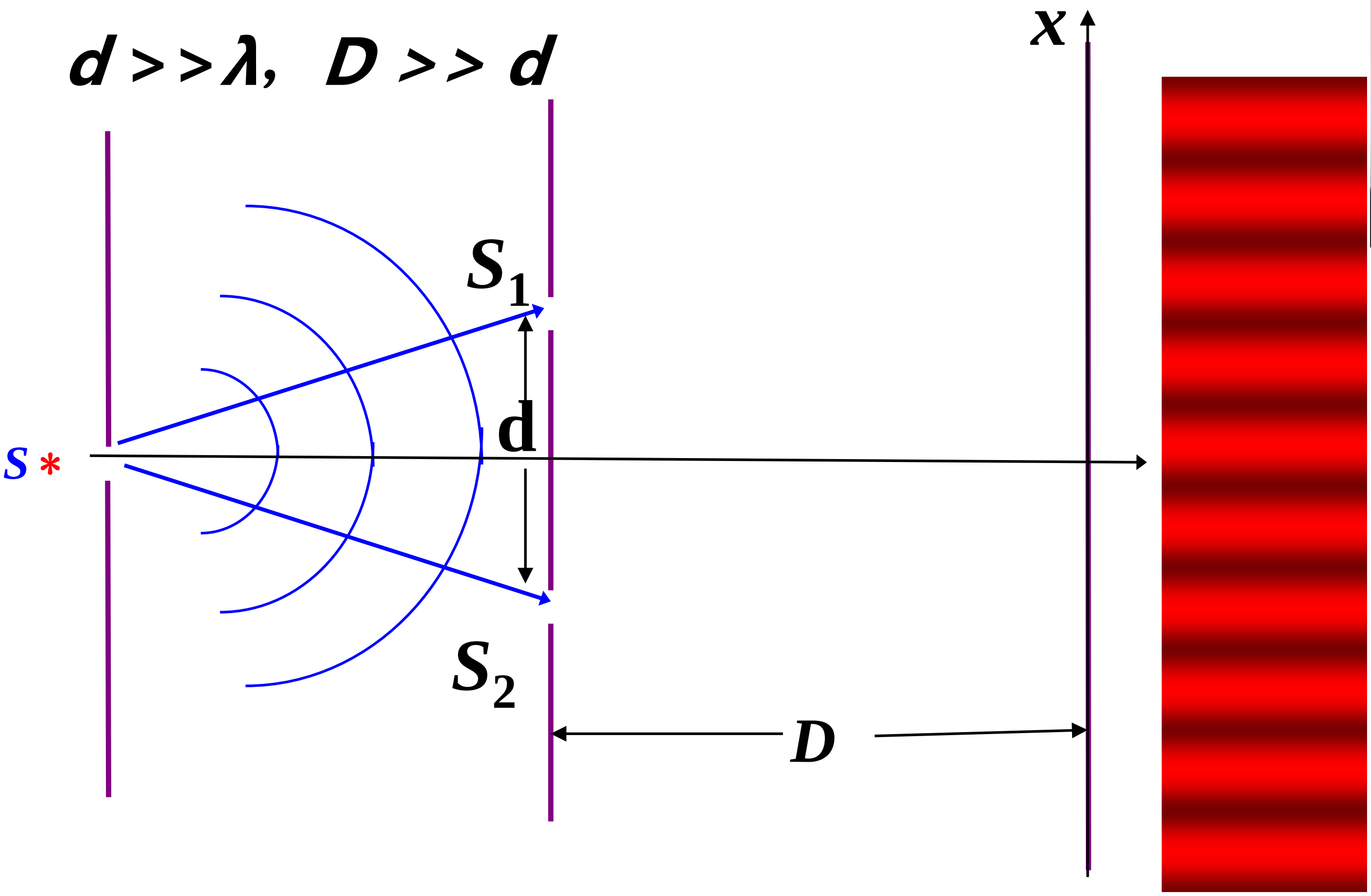


§11.2 杨氏双缝干涉实验

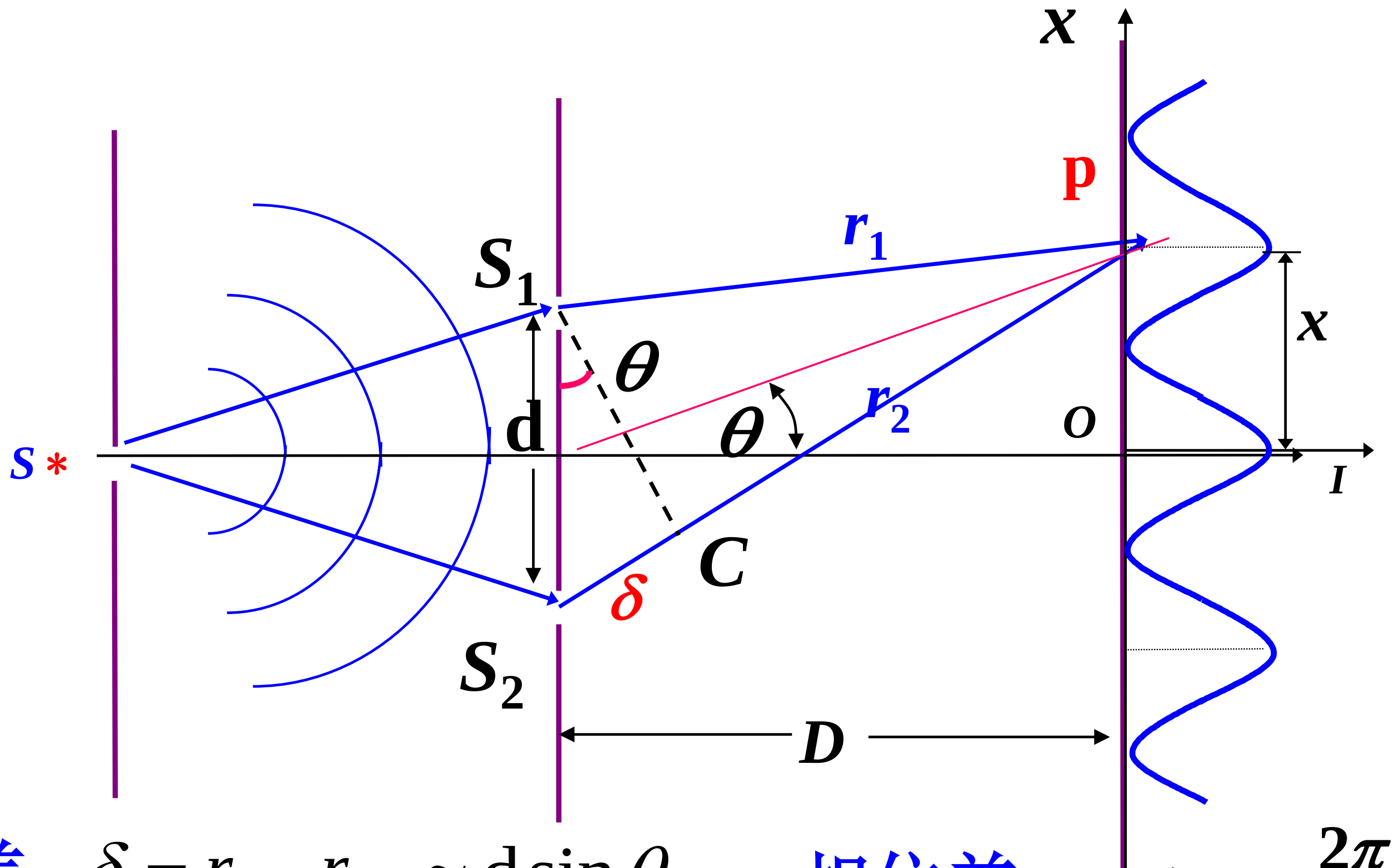
一、杨氏干涉实验

单色光入射

$d >> \lambda$，$D >> d$



杨(T.Young)在1801年首先发现光的干涉现象，并首次测量了光波的波长。



光程差：$\delta = r_2 - r_1 \quad \approx \mathrm{d}\sin\theta$

相位差：$\Delta\varphi = \dfrac{2\pi}{\lambda}\delta$

$$\delta = r_2 - r_1 \approx \mathrm{d}\sin\theta \approx d \ \ \mathrm{tg}\,\theta = d\cdot\frac{x}{D}$$

1、明纹

明纹条件

$$\mathrm{d}\sin\theta = \pm k\lambda, k = 0,1,2\cdots$$

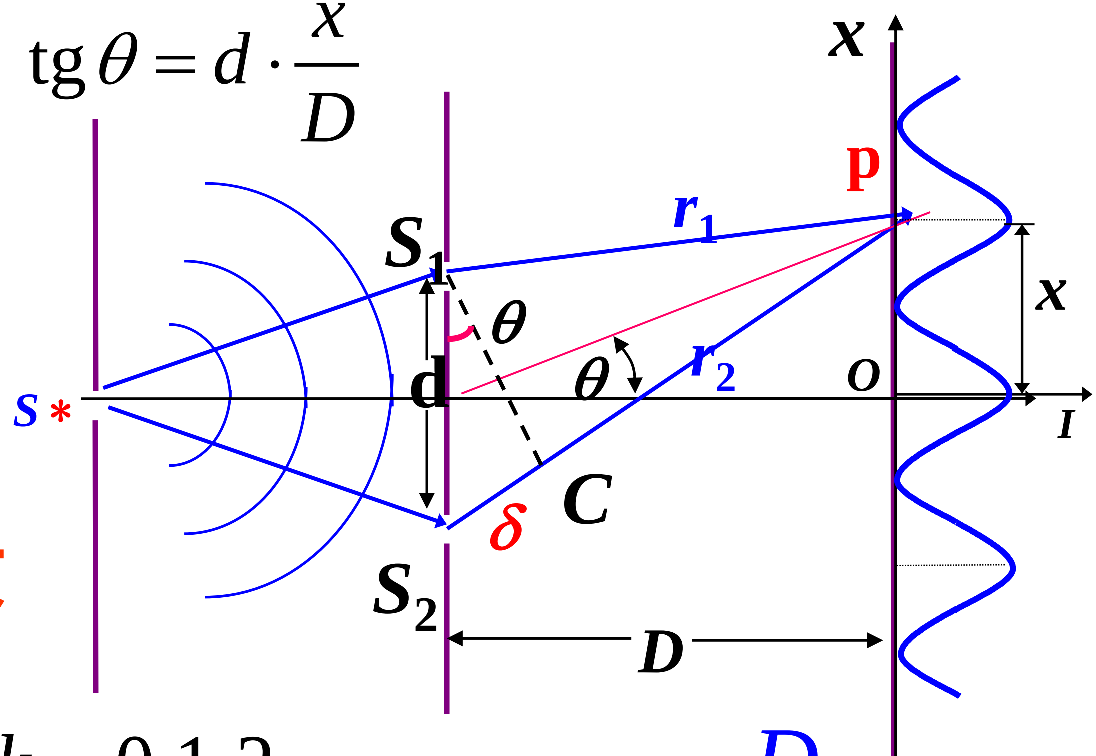
或 $\Delta\varphi = \dfrac{2\pi}{\lambda}\delta = \pm 2k\pi$

其中k=0称为零级明纹

或者中央明纹

明纹位置 $\pm k\lambda = d\cdot\dfrac{x}{D}, k = 0,1,2\cdots$

$$x = \pm k\frac{D}{\mathrm{d}}\lambda,\ k = 0,1,2\cdots$$



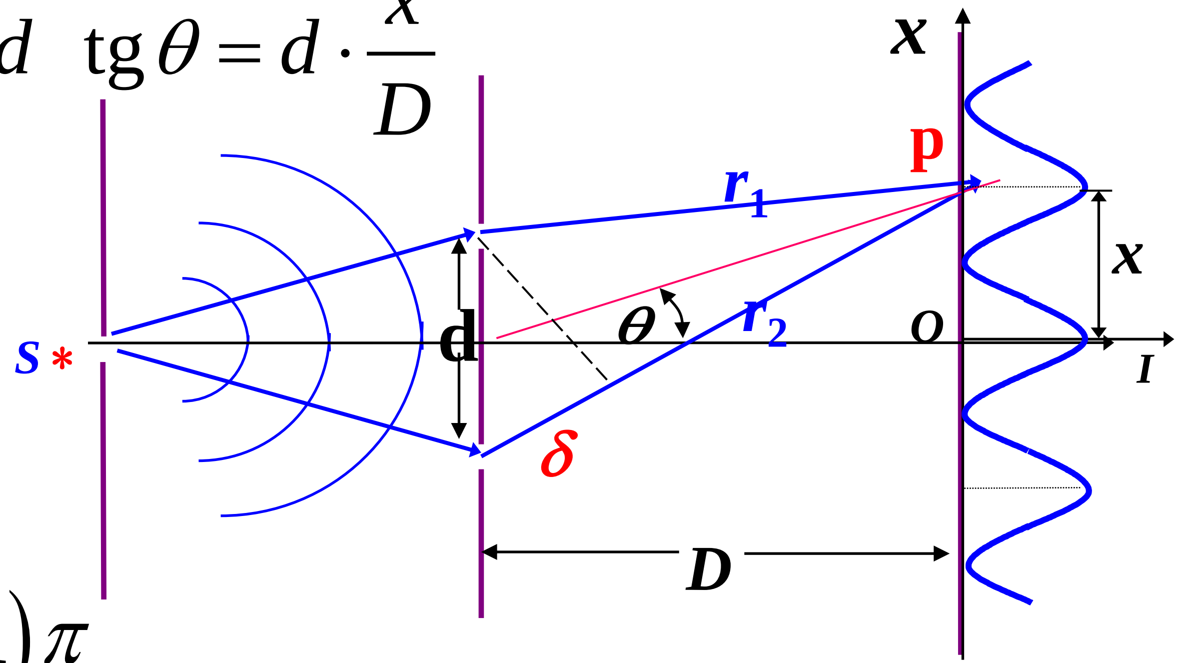
$$\Delta x = \frac{D}{\mathrm{d}}\lambda$$

$$\delta = r_2 - r_1 \approx \mathrm{d}\sin\theta \approx d \quad \mathrm{tg}\,\theta = d \cdot \frac{x}{D}$$

2、暗纹

暗纹条件

$$\mathrm{d}\sin\theta = \pm(2k-1)\frac{\lambda}{2}$$



$k = 1, 2\cdots$ 或

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}\delta = \pm(2k-1)\pi$$

暗纹位置 $\pm(2k-1)\frac{\lambda}{2} = d \cdot \frac{x}{D}, k = 1, 2\cdots$

$$\Delta x = \frac{D}{\mathrm{d}}\lambda$$

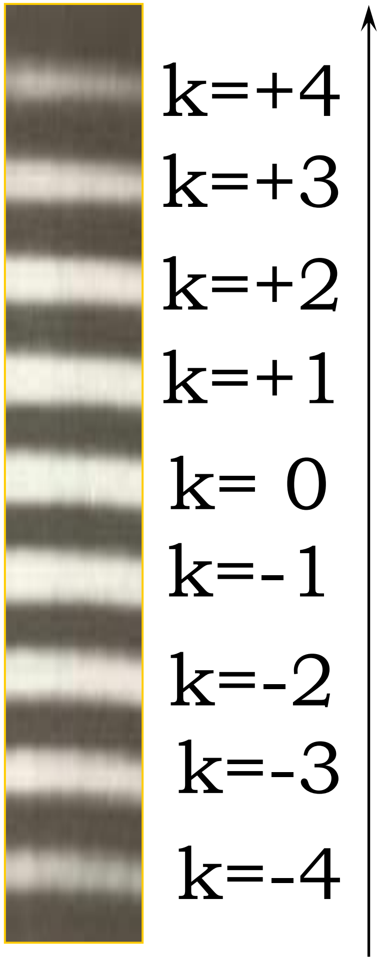
$$x = \pm(2k-1)\frac{D}{2\mathrm{d}}\lambda$$

3、条纹特点：

(1) 一系列平行的明暗相间的直条纹；

(2) 条纹的级次中间低，两边高；

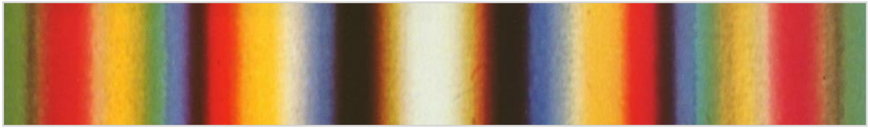
$$\Delta x=\frac{D}{\mathrm{d}}\lambda$$



4、讨论

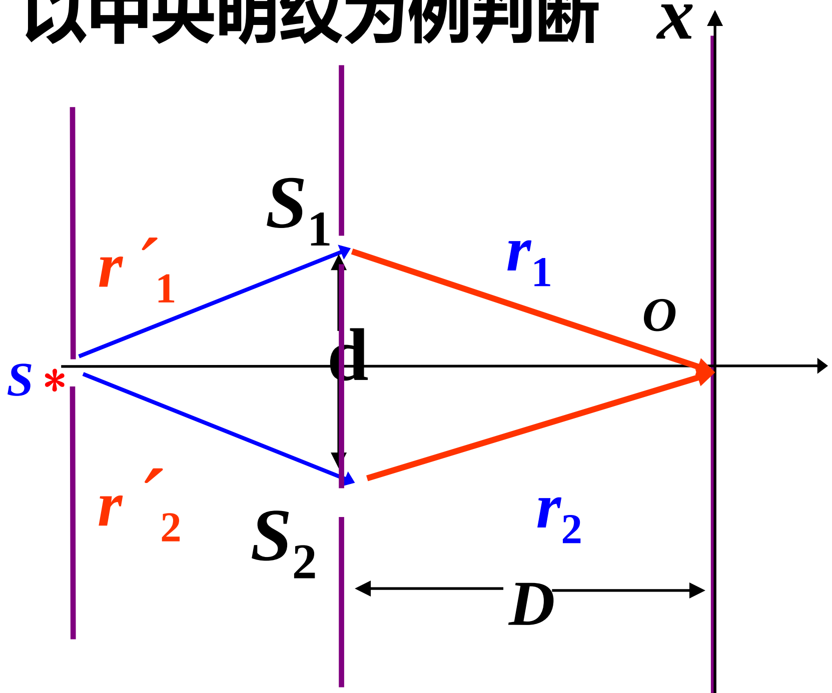
(1) 减小d或者增大D，则条纹间隔变大；

(2) 将光源改成白光，干涉条纹分布为：中央为白色条纹，往两边，根据紫=>红依次排开；

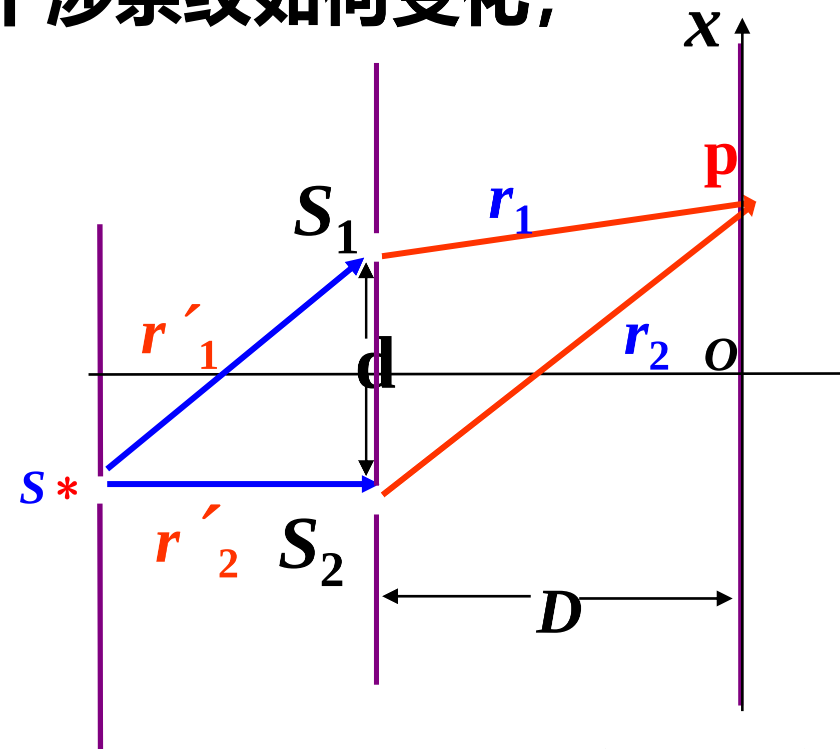


(3) 将装置放入水中，条纹变化为：间距变小，往中间集中；

(4) 光源S向上或向下平移时，干涉条纹如何变化；以中央明纹为例判断



$$\delta = 0 = r_2 - r_1 + \left(r_2' - r_1'\right)$$



中央明纹在P点

$$\delta = 0 = r_2 - r_1 + \left(r_2' - r_1'\right)$$

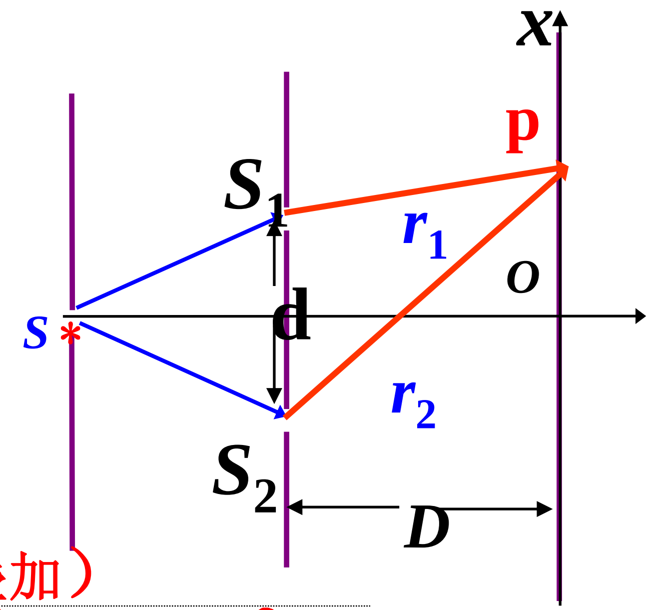
5、双缝干涉的光强

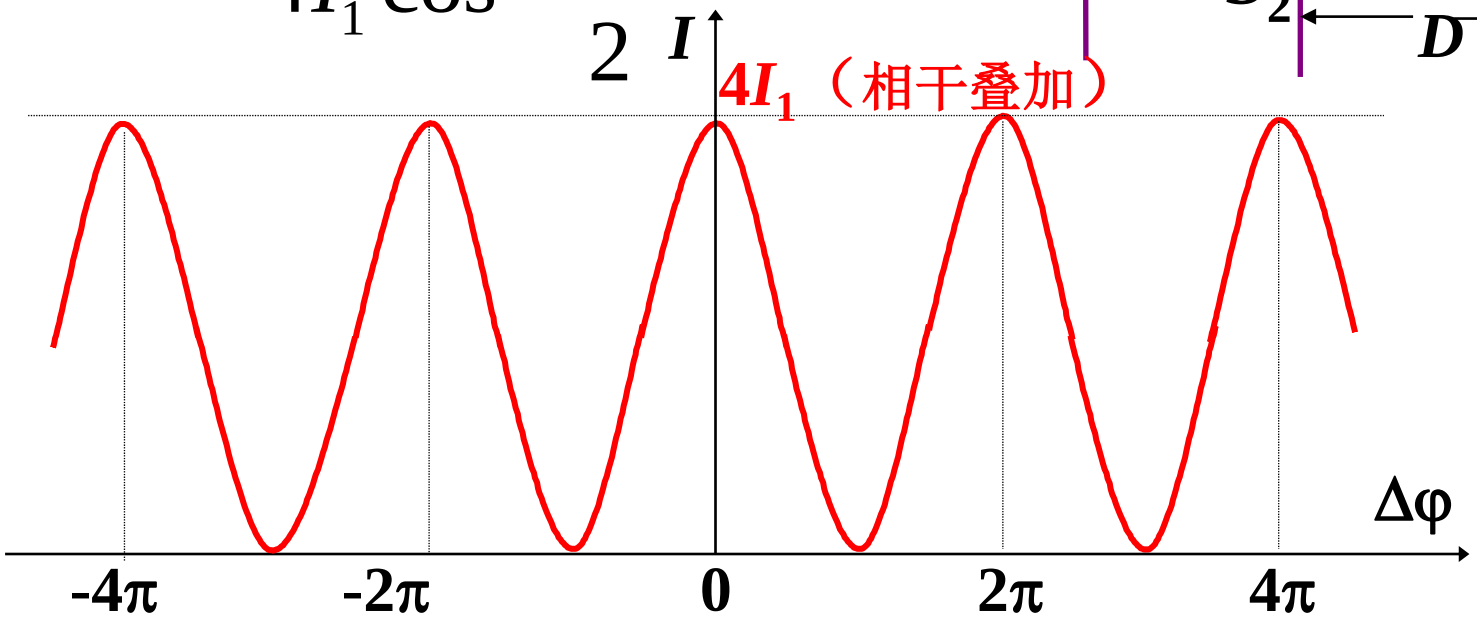
$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos\Delta\varphi$$

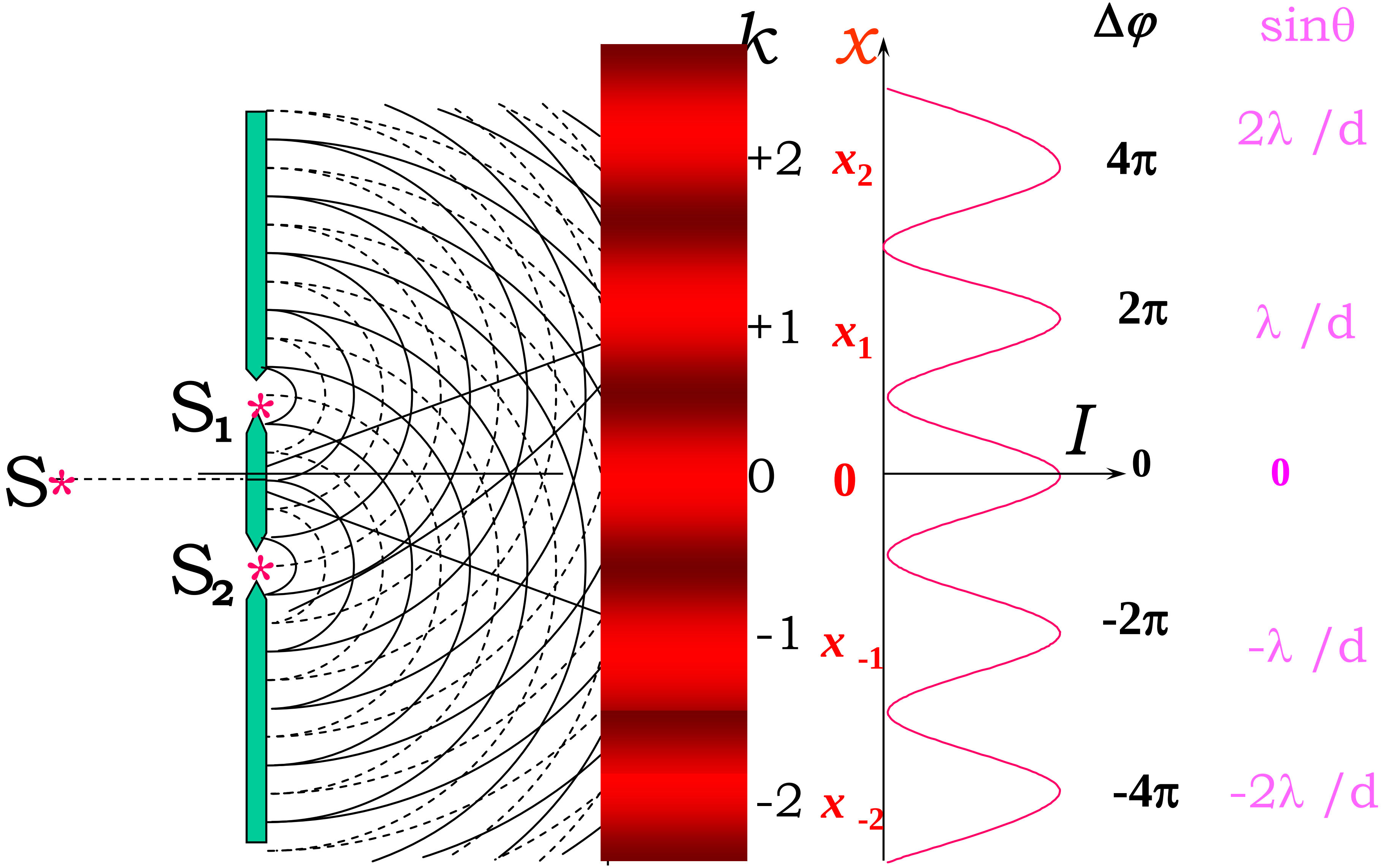
$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1I_2}\cos\Delta\varphi$$

当 $I_1 = I_2$ 时 $I = 2I_1 + 2I_1\cos\Delta\varphi$

$$= 4I_1\cos^2\frac{\Delta\varphi}{2}$$

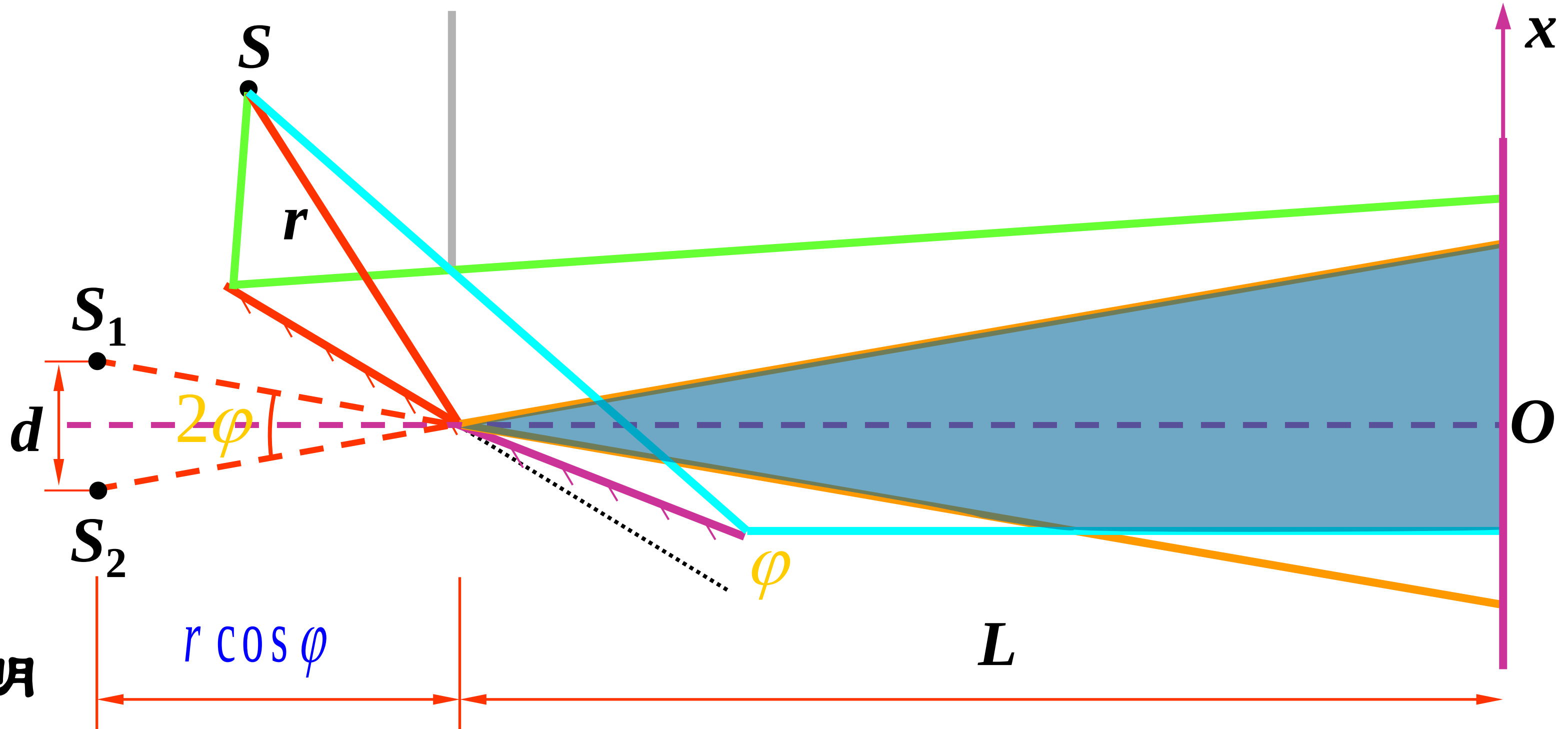






杨氏双缝实验

二、菲涅耳双面镜实验

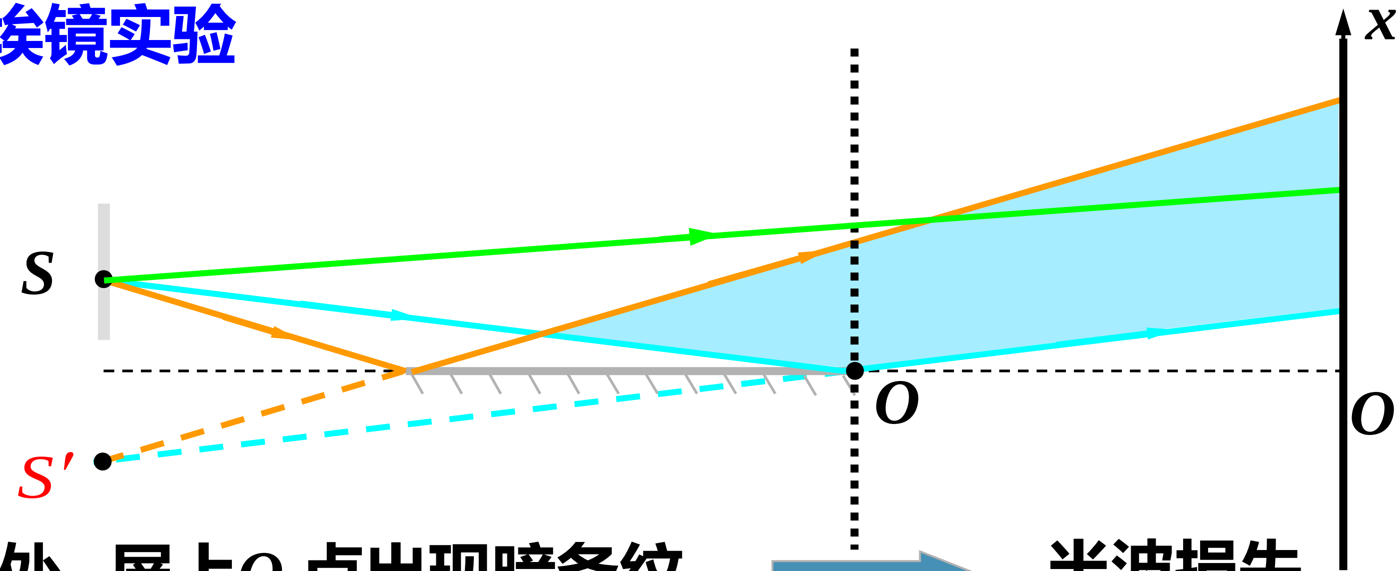


➢说明

(1) 调节两平面镜之间的夹角φ，可改变S_1和S_2间距，从而改变屏幕上干涉条纹的疏密程度.

(2) φ必须很小，否则干涉条纹过密，将观察不到明显的干涉现象.

三、劳埃镜实验



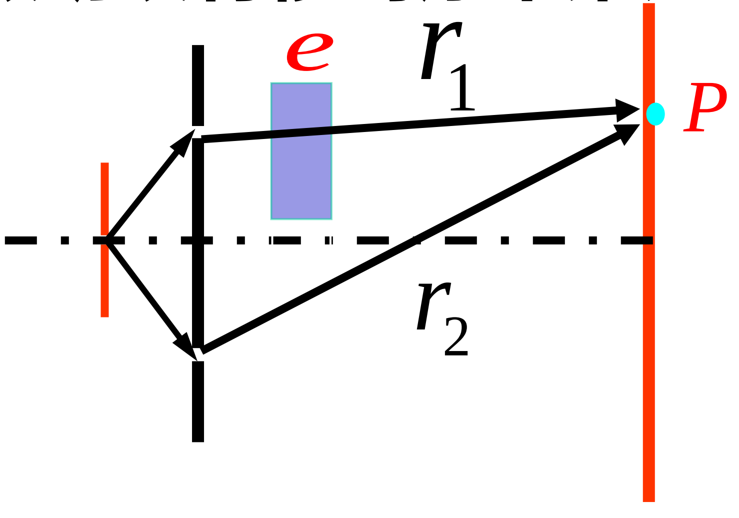
◆接触处，屏上O 点出现暗条纹 ➡ 半波损失

◆半波损失：光波从折射率小的光疏介质向折射率大的光密介质入射时，反射光要产生数值为 π 的相位突变.这相当于反射光波多走了(或少走了)半个波长.

例题1：波长为5500Å 的单色光照在相距$d=2x10^{-4}m$的双缝上，屏到双缝的距离为$D=2m$，试求

(1)中央明纹两侧的两条 第10级明纹中间的间距?

(2)用一厚度为$e=6.6x10^{-6}m$、折射率为$n=1.58$的云母片覆盖上面一条缝后，零级明纹将移到原来第几级明纹处?



解：

(1)明纹的距离公式为：

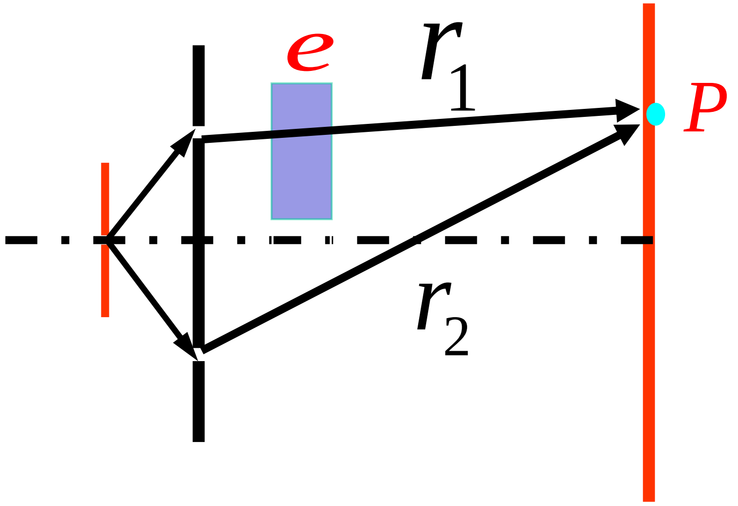
$$x = \pm k\frac{D}{\mathrm{d}}\lambda,\ k = 0, 1, 2\cdots$$

故正负10级明纹的间距为

$$\Delta x = 2\times 10\frac{D}{\mathrm{d}}\lambda = 0.11m$$

(2)零级明纹移到P点，故光程差为零，即

$$r_2 = r_1 - e + ne$$



而原来没加云母时，P处为明纹，则

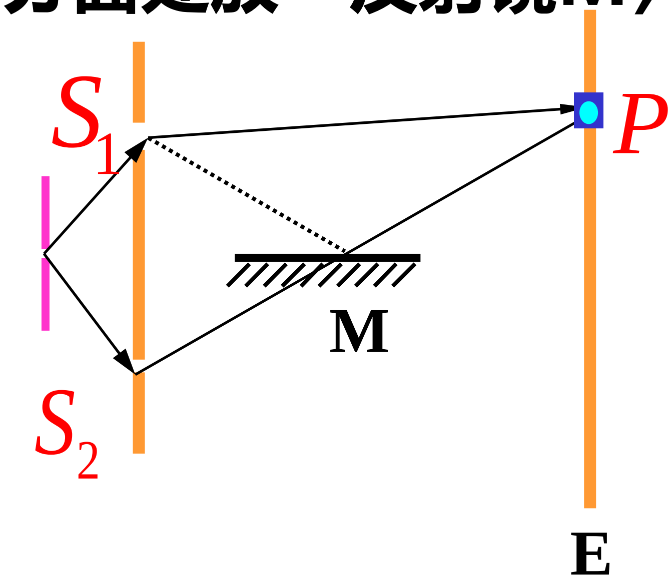
$$r_2 - r_1 = k\lambda$$

连立两式，可得

$$k = \frac{(n-1)e}{\lambda} \approx 7$$

零级明纹移到原来第7级明纹处

例 **在双缝干涉实验中，屏幕E上的*P*点处是明条纹.若将缝S_2盖住，并在 S_1S_2 连线的垂直平分面处放一反射镜M，如图所示，则此时**



(A) *P* **点处仍为明条纹.**

(B) *P* **点处为暗条纹.**

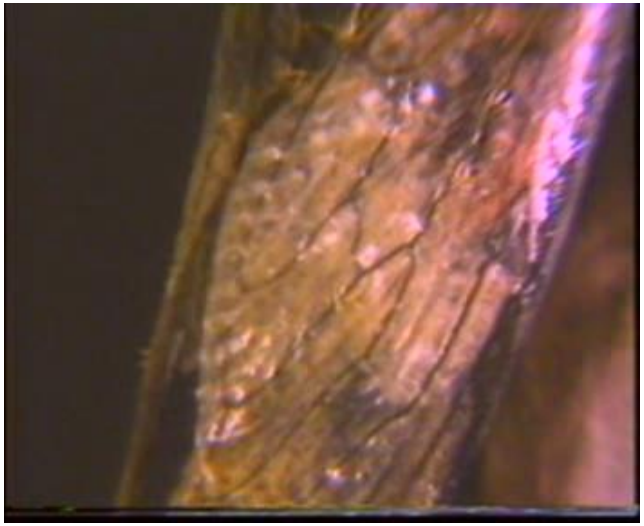
(C) **不能确定*P*点处是明条纹还是暗条纹.**

(D) **无干涉条纹.**

解 **由于在原来光程差上多(少)了半个波长,**所以*P*点处为暗条纹.

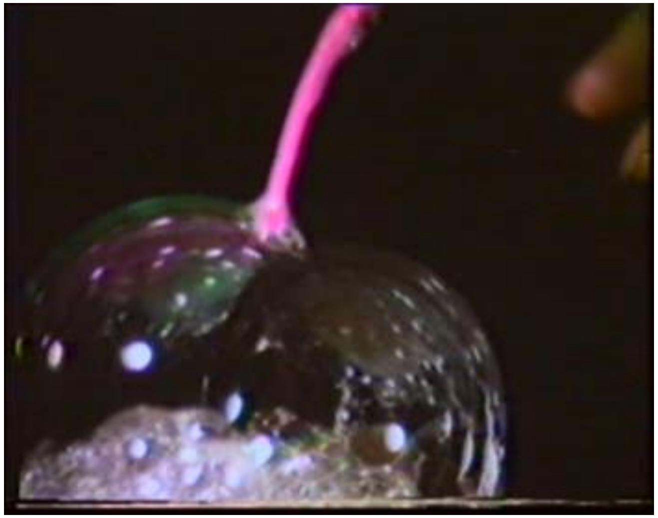
§11.3 薄膜干涉

蝉翅在阳光下



蜻蜓翅膀在阳光下

白光下的油膜



肥皂泡

§11.3 薄膜干涉(一) - 等倾干涉

一、干涉的光程差

考虑到半波损失：

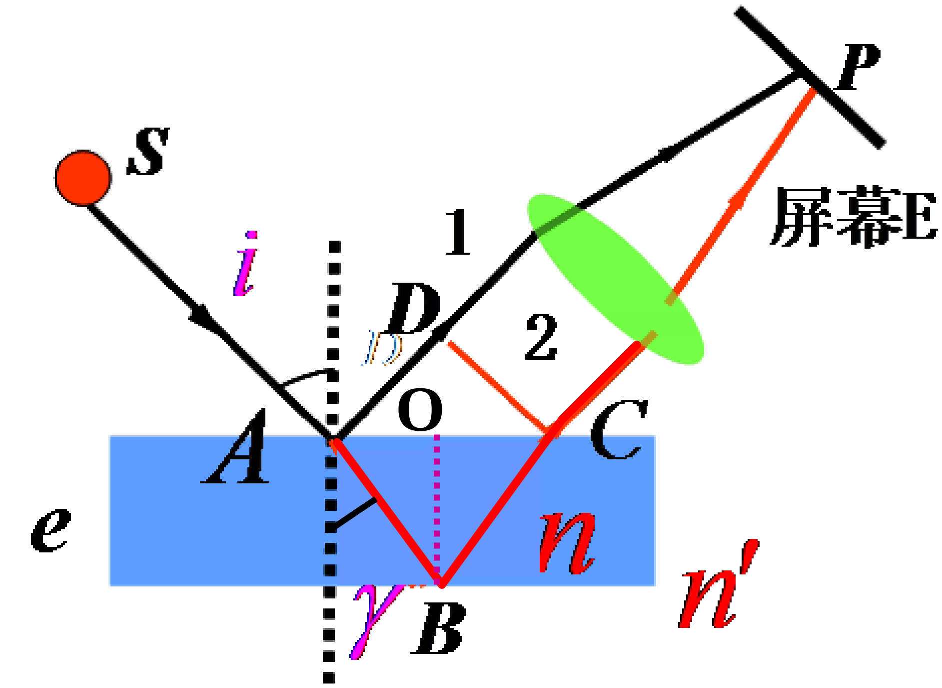
光束1、2的光程差为

$$\delta = n(\overline{AB}+\overline{BC}) - n'\overline{AD} + \frac{\lambda}{2}$$

$$= \frac{2ne}{\cos r} - 2en'\tan r\sin i + \frac{\lambda}{2}$$

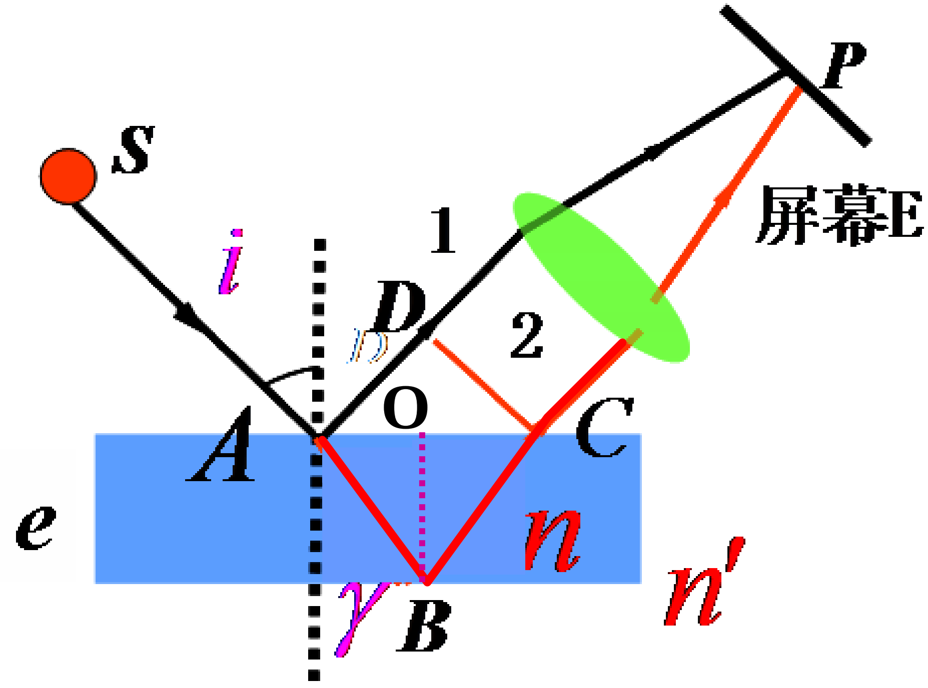
$$= 2ne\cos r + \frac{\lambda}{2}$$

$$= 2e\sqrt{n^2 - n'^2\sin^2 i} + \frac{\lambda}{2}$$



利用 $n'\sin i = n\sin r$

二、干涉条件



1 干涉加强：

$$\boxed{\delta = 2e\sqrt{n^2 - n'^2 \sin^2 i} + \frac{\lambda}{2} = k\lambda} \quad k = 1,2,\cdots$$

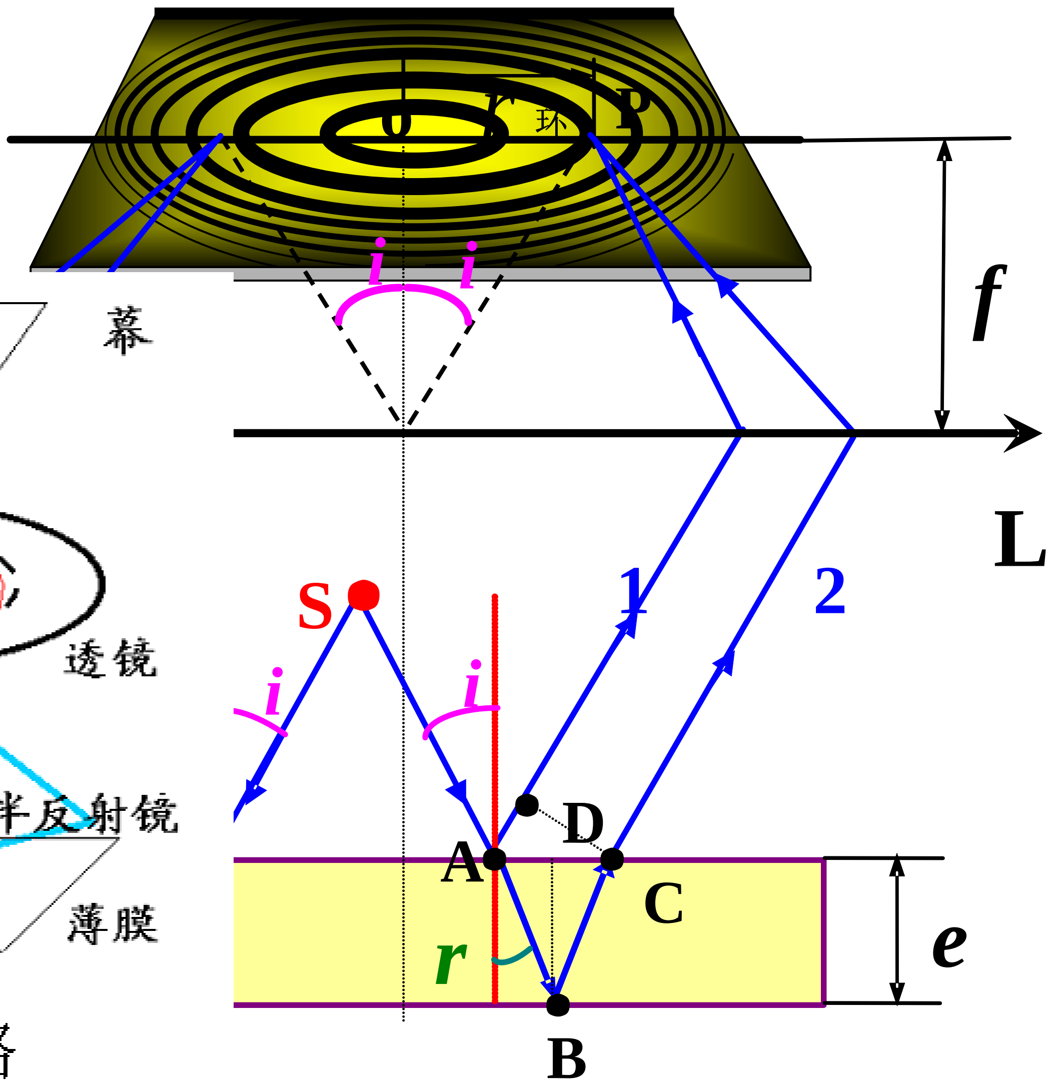
2 干涉减弱：

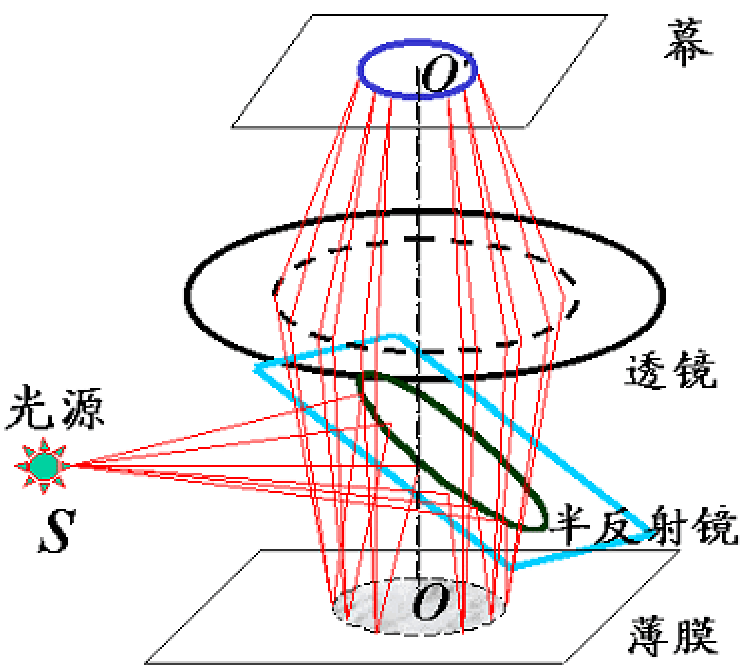
$$\boxed{\delta = 2e\sqrt{n^2 - n'^2 \sin^2 i} + \frac{\lambda}{2} = (2k+1)\frac{\lambda}{2}} \quad k = 0,1,2,\cdots$$

三、干涉条纹特点

$$\boxed{\delta = 2e\sqrt{n^2 - n'^2 \sin^2 i} + \frac{\lambda}{2} = k\lambda} \quad k = 1,2,\cdots$$

(1)干涉条纹是一系列明暗相间的同心圆环；

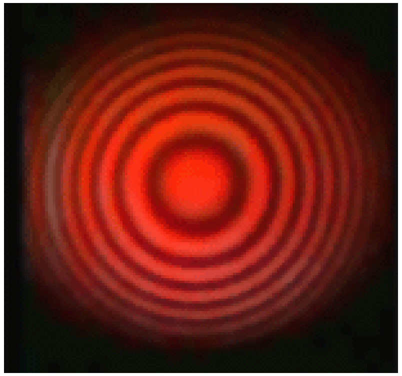




等倾干涉光路

$$\delta = 2e\sqrt{n^2 - n'^2 \sin^2 i} + \frac{\lambda}{2} = k\lambda$$

$$\delta = 2e\sqrt{n^2 - n'^2 \sin^2 i} + \frac{\lambda}{2} = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$$



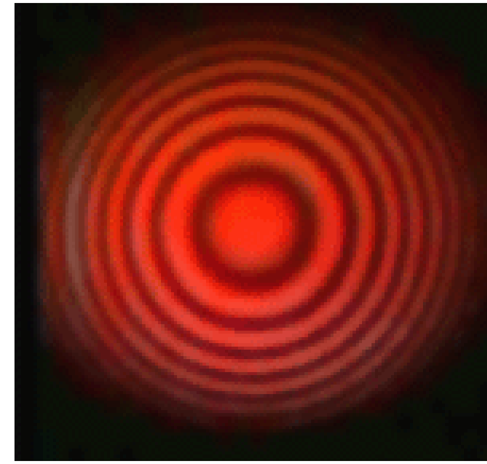
(2)越靠近中心，条纹的级次越高，既级次内高外低；

在中心处，入射角为0，级次也最高，此时光程差为 $\delta = 2ne + \frac{\lambda}{2}$

若 $\delta = 2ne + \frac{\lambda}{2} = k_c\lambda$ **则中心处为亮斑；其外面亮纹级次依次为** K_c**-1，**K_c**-2，…**

若 $\delta = 2ne + \frac{\lambda}{2} = (2k_c + 1)\frac{\lambda}{2}$ **则中心处为暗斑；**

(3)入射角不变，增加膜厚e；则从中心再冒出一新的亮斑，级次为K_c+1，原来的K_c变为现在中心亮斑的第一圈亮纹。



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

e增加多少，才有一个明纹出现?

$$2n\Delta e = \Delta k_c \lambda \Rightarrow \Delta e = \frac{\lambda}{2n}$$

(4)干涉条纹内疏外密。

$$2ne\cos r + \frac{\lambda}{2} = k\lambda \Rightarrow -2ne\sin r \bullet \Delta r = \Delta k\lambda$$

入射角i↓，折射角r↓，Δr↑，则Δi↑，

而干涉圆环的半径 $R = ftgi \approx f\sin i \approx fi$

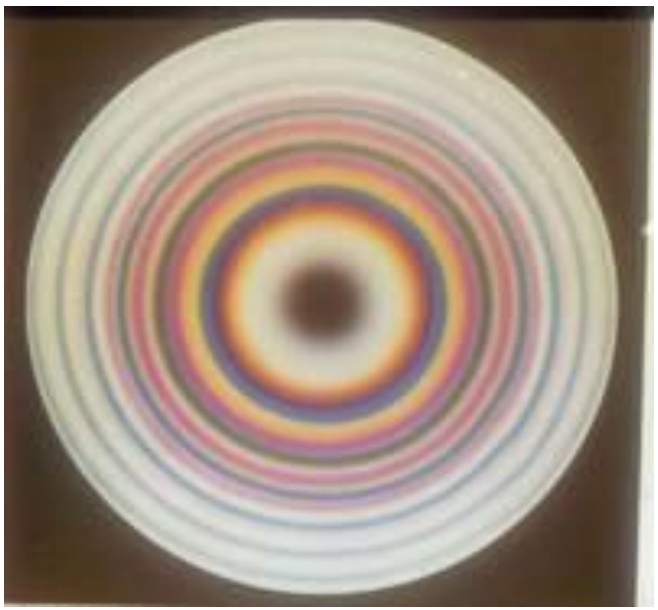
则有 $\Delta R = f\Delta i$

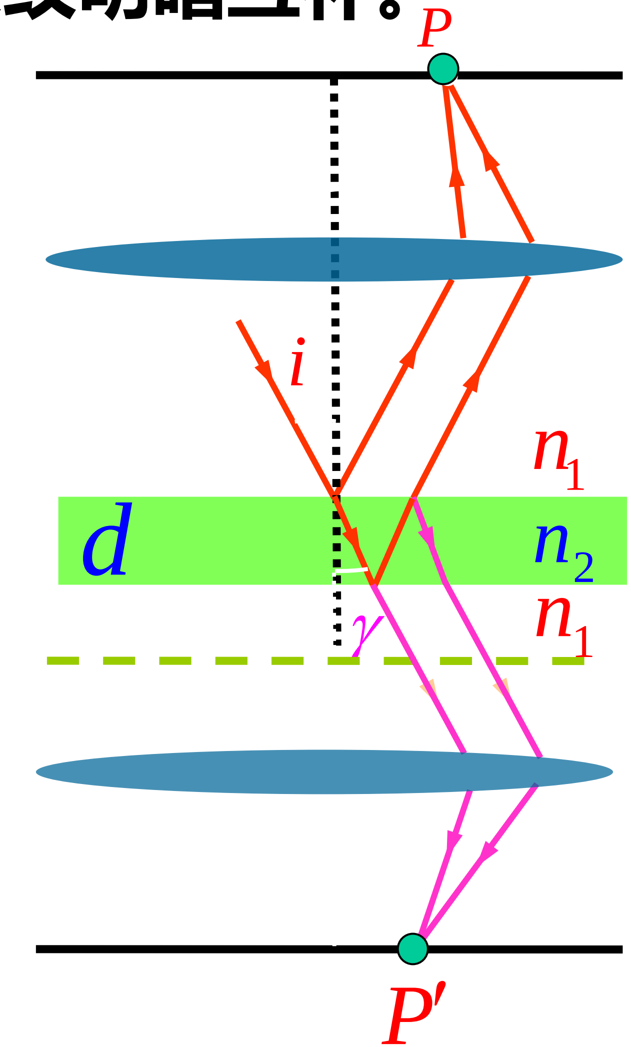
则入射角**i**↓，相邻两圆环半径差**ΔR**↑，此时环越靠近中心，故干涉条纹内疏外密。

(5)透射光干涉条纹与反射光干涉条纹明暗互补。

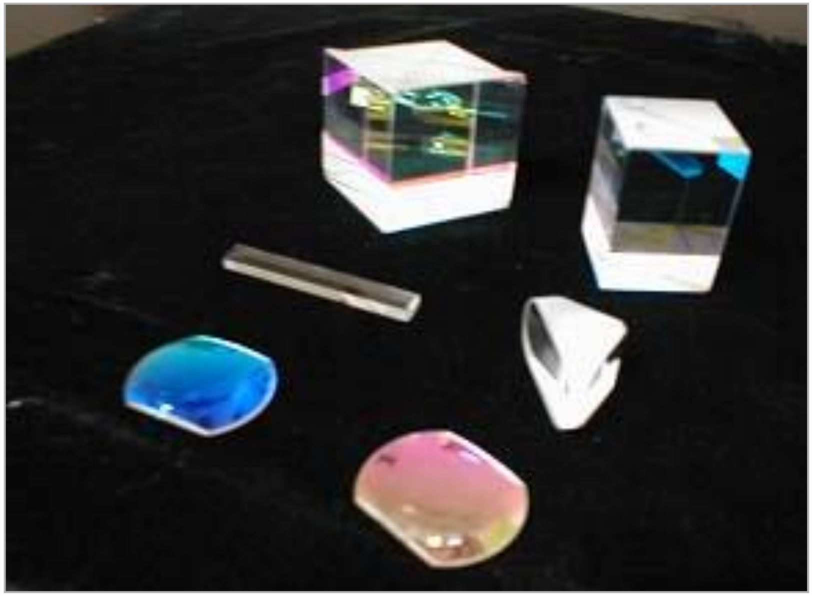
(6)白光入射，条纹如何分布?

得到彩色圆环，对于同一级次的明纹，由内到外 红=〉紫





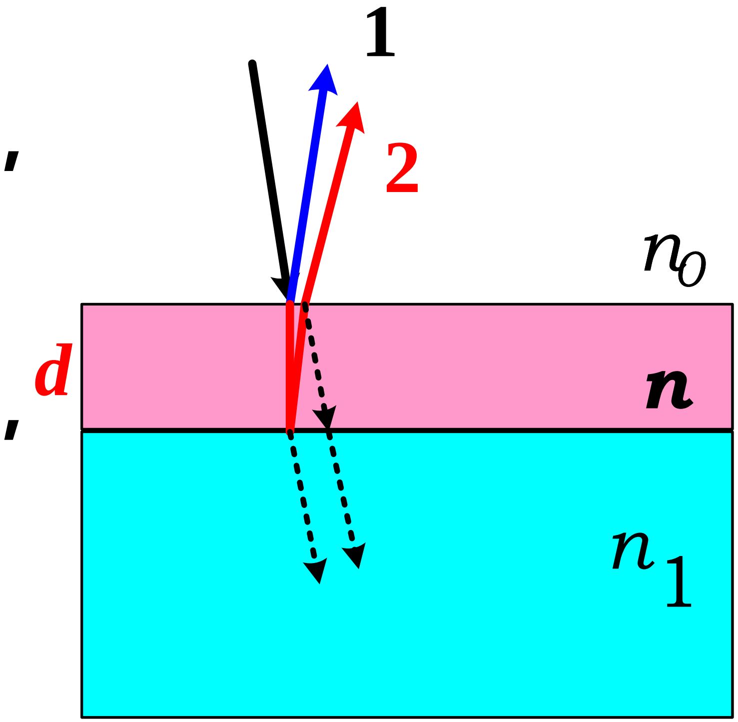
四、等倾干涉的应用---增透膜和增反膜



光学镀膜产品

增反膜：反射光干涉相长，强度增强，透射光减弱

增透膜：反射光干涉相消，强度减弱，透射光增强



$$n_0 < n < n_1$$

反射光的光程差

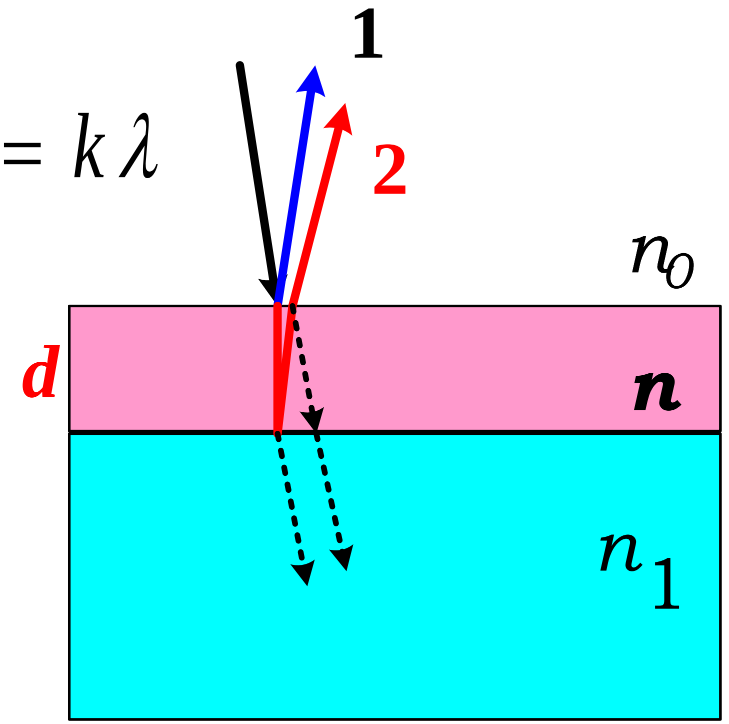
$$\delta = 2nd + \frac{\lambda}{2} - \frac{\lambda}{2} = 2nd$$

(1)增反膜：反射光干涉相长

$$\delta = 2nd = k\lambda$$

故增反膜厚度为 $d = \frac{k\lambda}{2n}$

增反膜最小厚度为 $d_{\min} = \frac{\lambda}{2n}$



(2)增透膜：透射光增强，反射光干涉相消

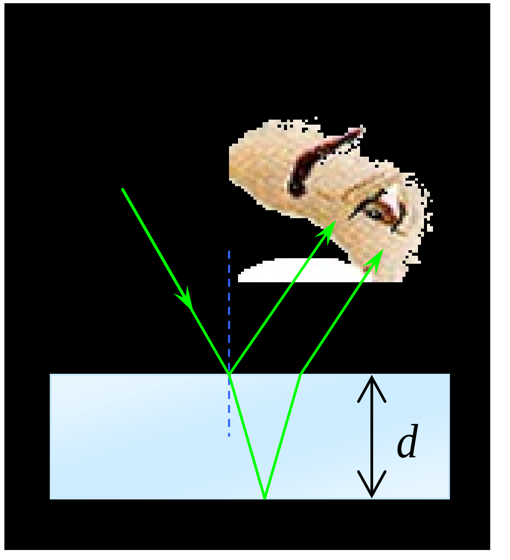
$$\delta = 2nd = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$$

故增透膜厚度为 $d = (2k+1)\frac{\lambda}{4n}$

$$d_{\min} = \frac{\lambda}{4n}$$

例、用波长为550nm的黄绿光照射到一肥皂膜上，沿与膜面成60°角的方向观察到膜面最亮。已知肥皂膜折射率为1.33，求此膜至少是多厚？若改为垂直观察，求能够使此膜最亮的光波长。

解　空气折射率$n_1 \approx 1$，肥皂膜折射率$n_2 = 1.33$。$i = 30°$



反射光加强条件：

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

解得

$$d = \frac{k\lambda - \frac{\lambda}{2}}{2\sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 i}}$$

肥皂膜的最小厚度（*k* = 1）

$$d=\frac{\lambda}{4\sqrt{n_2^2-n_1^2\sin^2 i}}=\frac{550\times10^{-9}\,\mathrm{m}}{4\sqrt{1.33^2-1^2\sin^2 30^\circ}}=1.22\times10^{-7}\,\mathrm{m}$$

垂直入射： $$\delta=2n_2d+\frac{\lambda}{2}=k\lambda$$

$$\lambda=\frac{2n_2d}{k-\frac{1}{2}}$$

λ_1 = 649.0 nm （k = 1） 红

λ_2 = 216.3 nm （k = 2） 不可见光

例．平面单色光垂直照射在厚度均匀的油膜上，油膜覆盖在玻璃板上。所用光源波长可以连续变化，观察到500 nm与700 nm 两波长的光在反射中消失。油膜的折射率为1.30，玻璃折射率为1.50，求油膜的厚度。

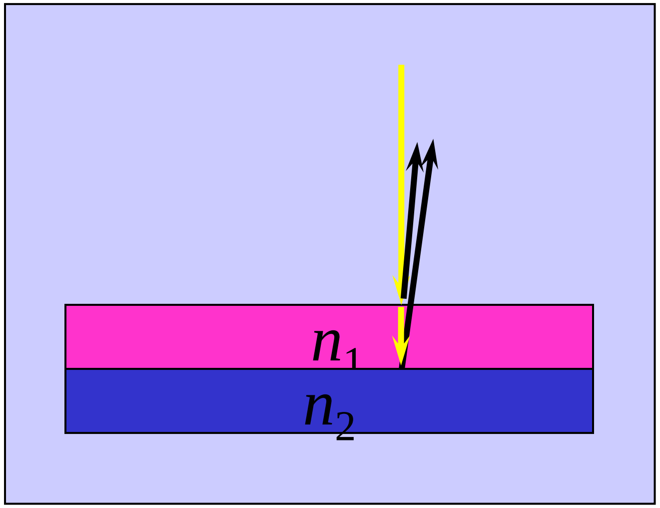
解：

$$2n_1 d = (2k+1)\frac{\lambda_1}{2}$$

$$2n_1 d = [2(k-1)+1]\frac{\lambda_2}{2}$$

$$(2k+1)\frac{\lambda_1}{2} = (2k-1)\frac{\lambda_2}{2}$$

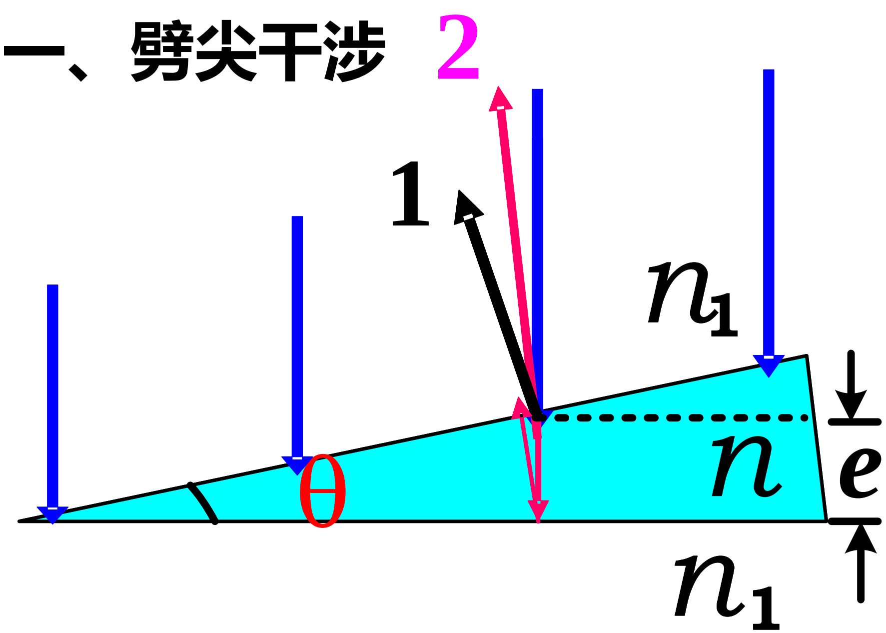
$$k = 3$$



$$d = 6.73\times 10^{-4}\ \mathrm{mm}$$

§11.3 薄膜干涉(二) - 等厚干涉

一、劈尖干涉



$\theta: 10^{-4} \sim 10^{-5}$ rad

(设$n > n_1$)

1、2光线的光程差

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

1、明纹条件

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

k =1，2，3…

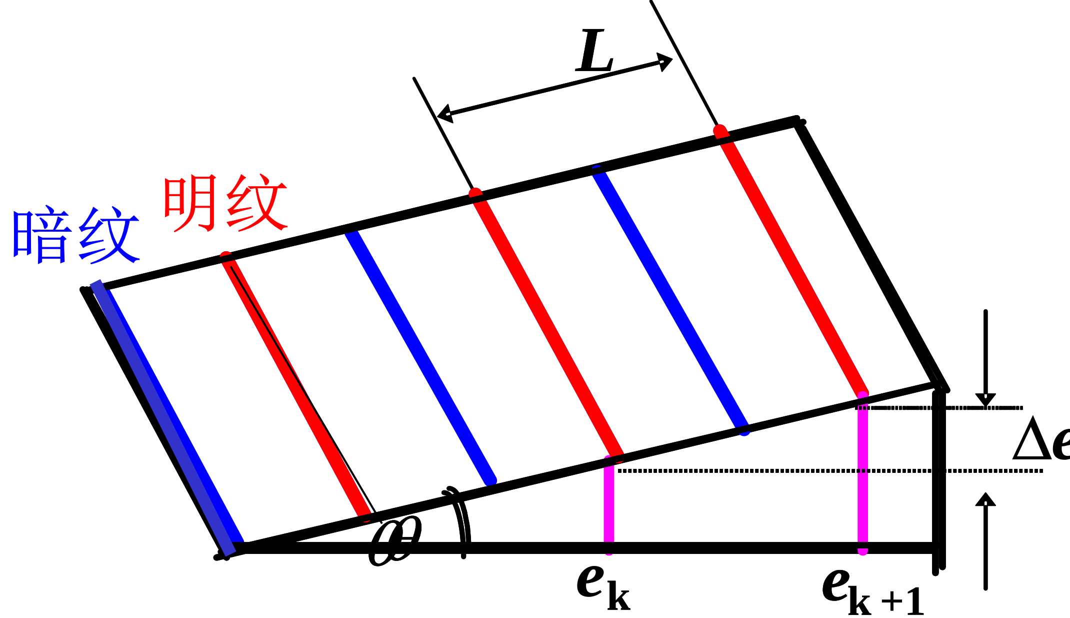
2、暗纹条件

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

k =0，1，2，3…

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

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



3、条纹特点

(1)e=0时， $\delta = \frac{\lambda}{2}$

故棱边处为暗纹。

(2) 干涉条纹是平行于棱边的明暗相间的直条纹；

(3) 膜厚小，对应的级次k就小；

相邻两条纹之间的距离为 $L = \frac{\Delta e}{\sin\theta}$

由明纹条件：

$$\left.\begin{aligned} 2ne_{k+1} + \lambda/2 &= (k+1)\lambda \\ 2ne_k + \lambda/2 &= k\lambda \end{aligned}\right\} \Rightarrow \Delta e = e_{k+1} - e_k = \frac{\lambda}{2n}$$

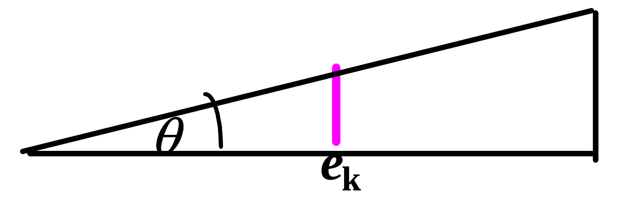
$$L = \frac{\Delta e}{\sin\theta} = \frac{\lambda}{2n\sin\theta} \quad \left(L \approx \frac{\lambda}{2n\theta} \right)$$

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

(4) 上表面整体向上平移，图样如何变化?

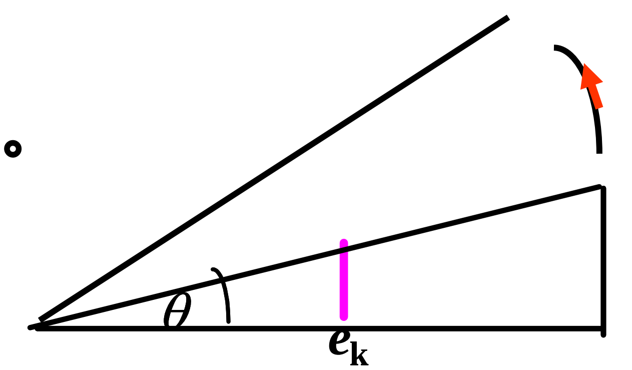
图像整体向棱边平移，棱边处

由暗=〉明=〉暗，光程差变化半个波长

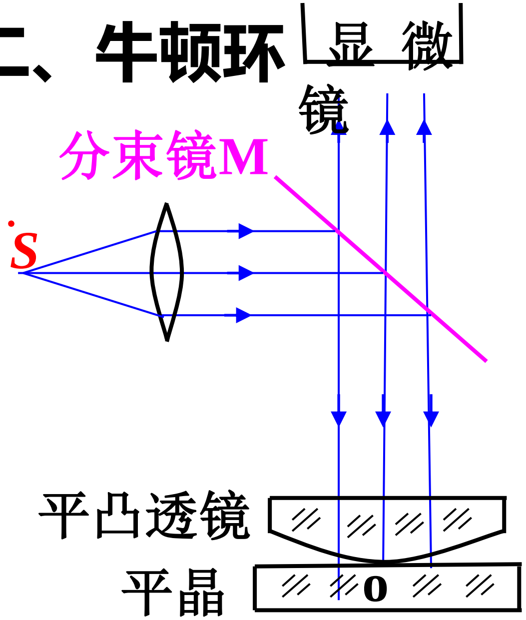


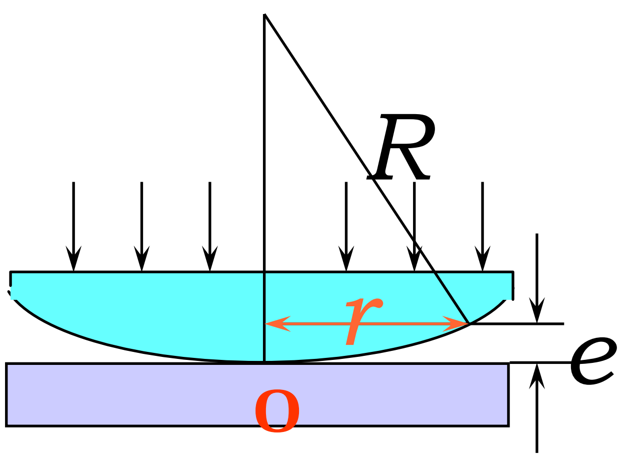
(5) 棱边不动，以一定角速度转动上表面，即增加劈尖的角度，图样如何变化?

图像整体向棱边平移，棱边处的暗纹不变。



二、牛顿环





两束相干光线的光程差

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

1、明纹条件

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

k **=1，2，3…**

2、暗纹条件

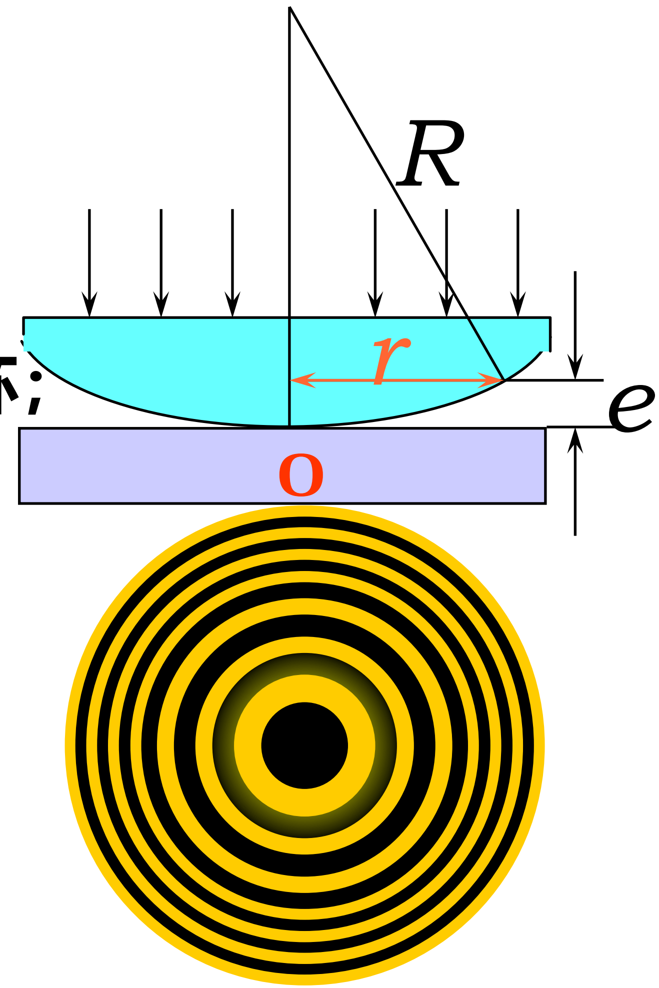
$$\delta = 2ne + \frac{\lambda}{2} = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$$

k **=0，1，2，3…**

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

3、条纹特点

(1)e=0时， $\delta = \frac{\lambda}{2}$ **，故中间O处为暗纹。**



(2) 干涉条纹是一系列以O为圆心的同心圆环；

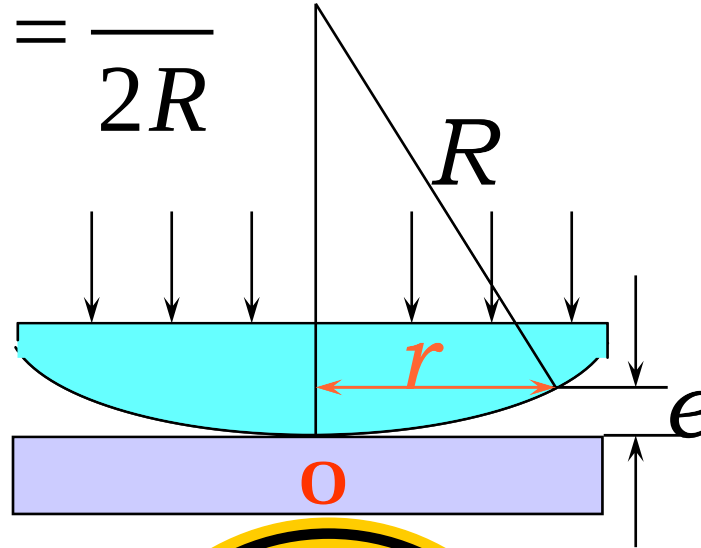
(3) 求圆环半径

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

$$\because \quad R >> e \rightarrow 2\mathrm{Re} >> e^2$$

$$e = \frac{r^2}{2R}$$

$$e = \frac{r^2}{2R}$$

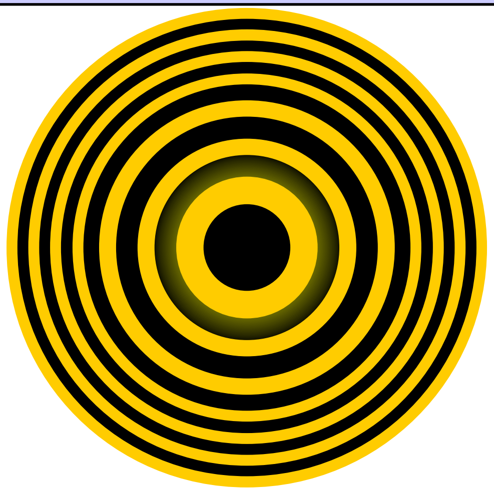


对 明环半径 $\delta = 2ne + \dfrac{\lambda}{2} = k\lambda$

$$r = \sqrt{\frac{(2k-1)R\lambda}{2n}} \quad (k = 1,2,\cdots)$$

对 暗环半径 $\delta = 2ne + \dfrac{\lambda}{2} = (2k+1)\dfrac{\lambda}{2}$

$$r = \sqrt{\frac{kR\lambda}{n}} \quad (k = 0,1,2,\cdots)$$



(4) 干涉圆环内疏外密，环的级次内小外大

以暗环为例 $r = \sqrt{\dfrac{kR\lambda}{n}} \quad (k = 0,1,2,\cdots)$

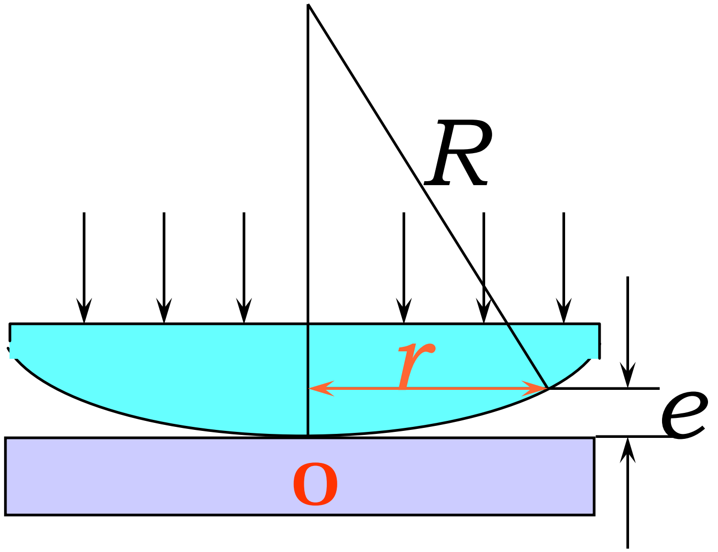
$$r_0 = 0 \quad r_1 = \sqrt{\frac{R\lambda}{n}} \quad r_2 = \sqrt{2}\sqrt{\frac{R\lambda}{n}} \quad r_3 = \sqrt{3}\sqrt{\frac{R\lambda}{n}}$$

则相邻两环的间距

$$r_1 - r_0 = \sqrt{\frac{R\lambda}{n}} \quad r_2 - r_1 = \left(\sqrt{2} - 1\right)\sqrt{\frac{R\lambda}{n}} = 0.414\sqrt{\frac{R\lambda}{n}}$$

$$r_3 - r_2 = \left(\sqrt{3} - \sqrt{2}\right)\sqrt{\frac{R\lambda}{n}} = 0.3\sqrt{\frac{R\lambda}{n}}$$

(5) 反射光干涉条纹与透射光干涉条纹明暗互补

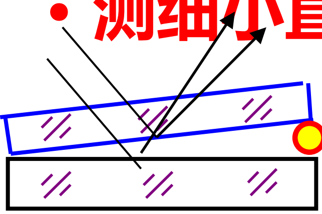


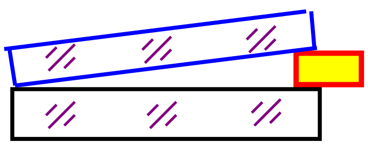
三、等厚干涉的应用

1. 劈尖的应用

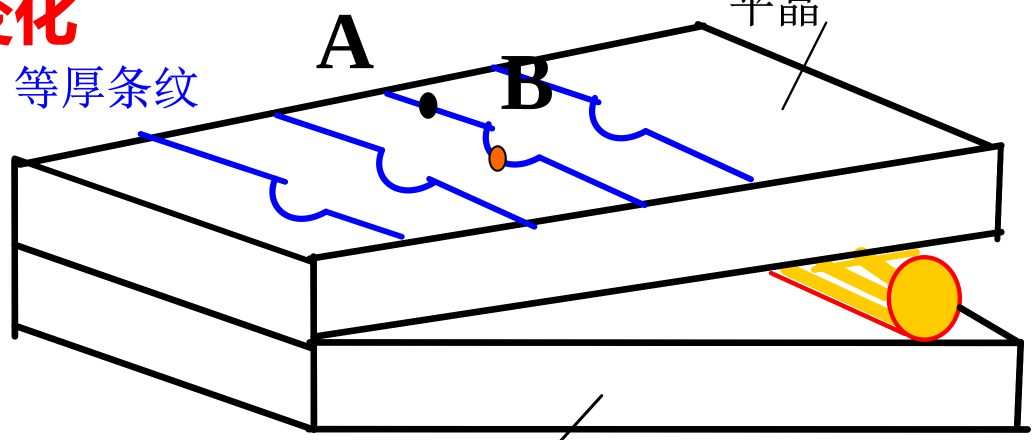
$$L = \frac{\lambda}{2n\theta}$$

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





- 测表面不平度



待测工件有凹陷

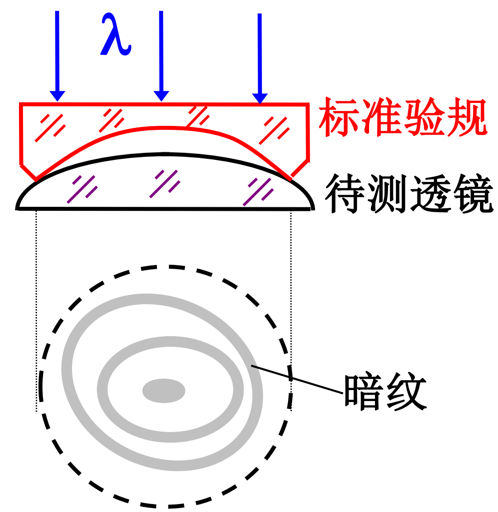
2. 牛顿环的应用

$$r_{k+m}^2 - r_k^2 = mR\lambda/n$$

- **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**



例:氦氖激光器发出波长为λ的单色光,垂直照射在两块平面玻璃片上,两玻璃片一边互相接触,另一边夹着一云母片,形成一空气劈尖,测得50条暗条纹间距离为a,劈尖边到云母片的距离为b,求云母片的厚度。

解：两个相邻暗条纹间距离为

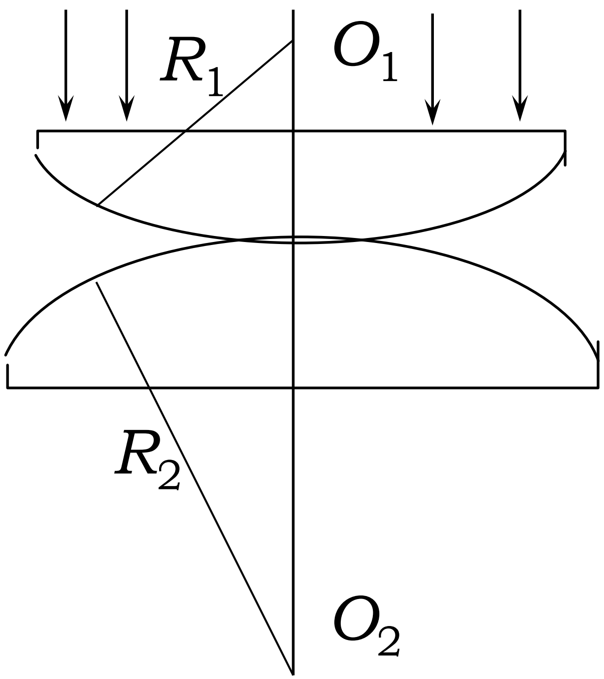
$$l = a/\left(50-1\right)$$

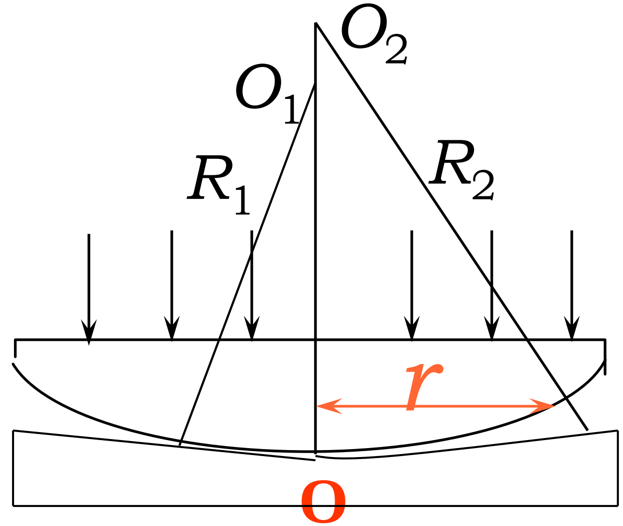
设劈尖夹角为θ，则有 $\theta = \dfrac{\lambda}{2nl} = \dfrac{49\lambda}{2na}$

则云母片的厚度为

$$d = b\theta = \frac{49b\lambda}{2na}$$

例：利用牛顿环的干涉条纹，可以测定曲面的曲率半径。如图所示有两种装置，两曲面之间形成气层。试求两种不同装置下的暗环半径。





解：装置一 $$e = e_1 + e_2 = \frac{r^2}{2}\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$$

暗条纹满足的条件为 $$2e = k\lambda$$

则暗纹半径为 $$r = \sqrt{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} k\lambda}$$

装置二 $$e = e_1 - e_2 = \frac{r^2}{2}\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$$

暗条纹满足的条件为 $$2e = k\lambda$$

则暗纹半径为 $$r = \sqrt{\frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1} k\lambda}$$

§11.4 迈克耳逊干涉仪

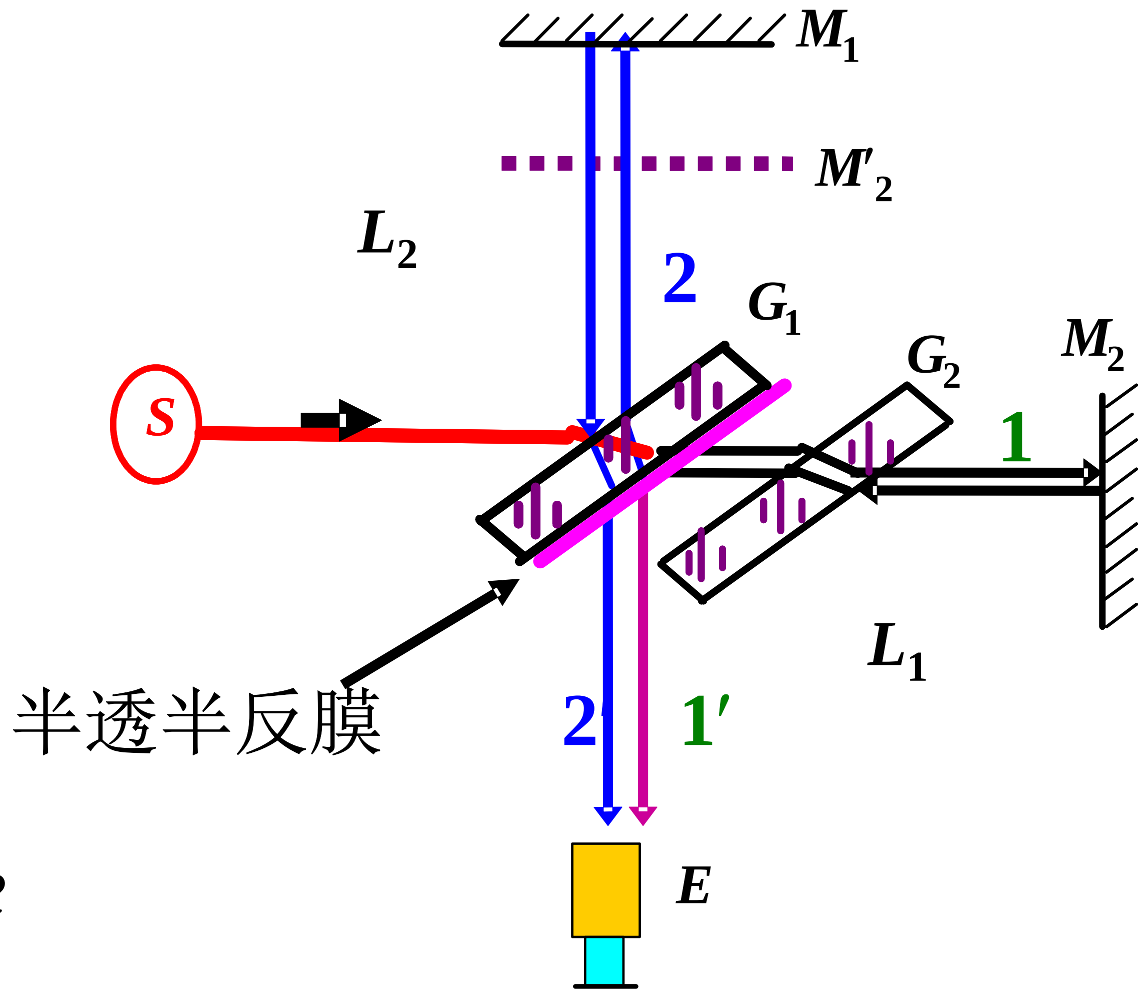
一、迈克耳逊干涉仪

1. 干涉仪结构

2. 工作原理

光束1'和2'发生干涉

调整 其中的一个平面镜，即可观察到薄膜干涉的各种情况。-- 优点



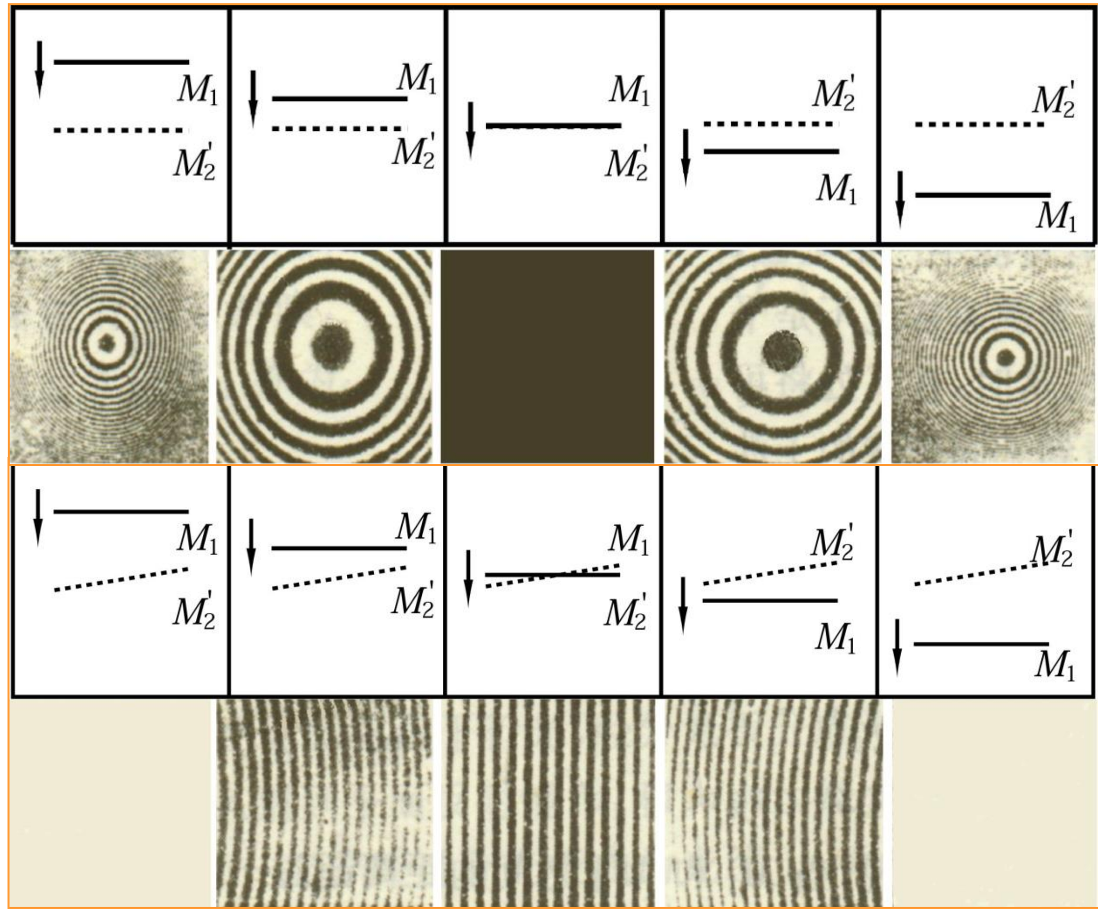
$$\delta = 2\left(L_2 - L_1\right) = 2e$$

3. 条纹特点

(1)若M_1、 M'_2 严格平行则为**等倾干涉**

(2)若M_1、 M'_2有小夹角

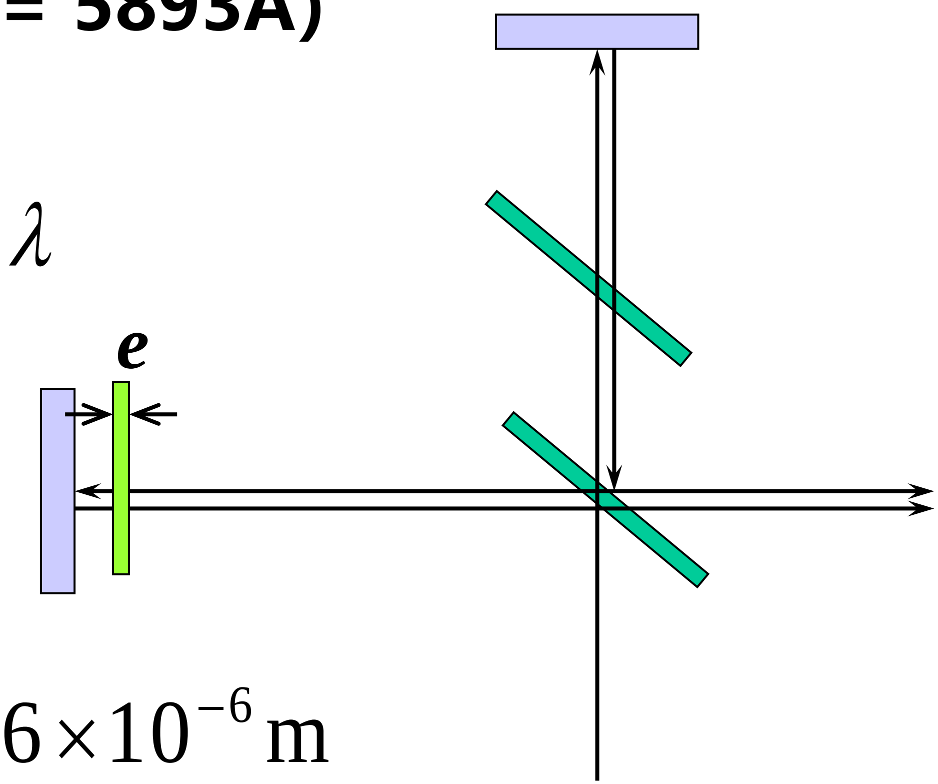
M_1、 M'_2不平行，此时为**等厚干涉**。



(3)若M_1平移Δx 时，干涉条纹移过 N 条，则有

$$\Delta x = N \cdot \frac{\lambda}{2}$$

例、当把折射率n = 1.40的薄膜放入迈克耳孙干涉仪的一臂时，如果产生了7.0条条纹的移动，求薄膜的厚度。（已知钠光的波长为λ = 5893A）



解： $2L_1 - 2L_2 = k'\lambda$

$$2\left(L_1 - e\right) + 2ne - 2L_2 = k\lambda$$

则 $2(n-1)e = N \cdot \lambda$

$$e = \frac{N \cdot \lambda}{2(n-1)}$$

$$= \frac{7 \times 5893 \times 10^{-10}}{2(1.4-1)} = 5.156 \times 10^{-6}\,\mathrm{m}$$