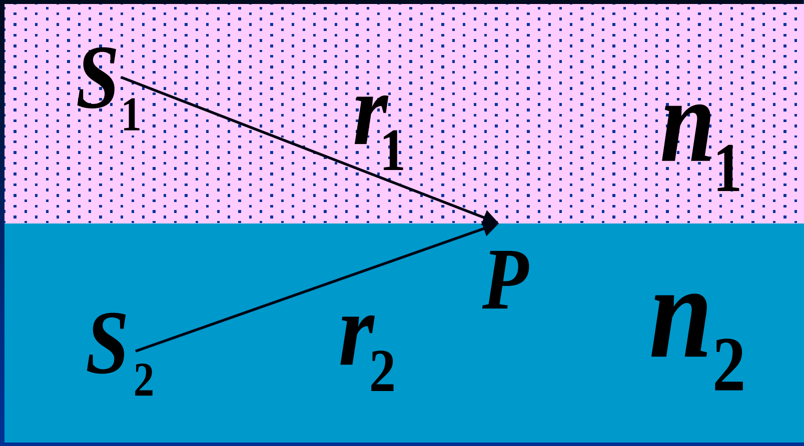
波动光学 第二讲

15.4 分振幅干涉

15.5 迈克尔逊干涉仪

内容回顾



$$\text{光程} = nr = \frac{c}{u} r = c\Delta t$$

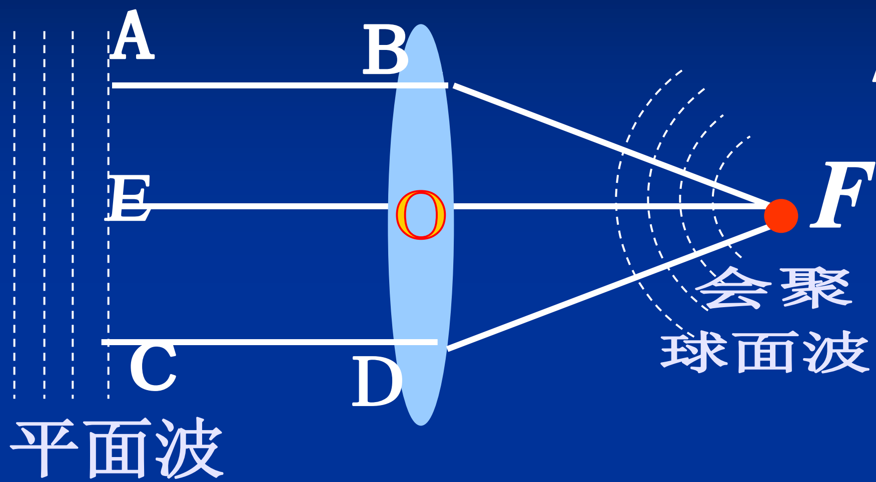
光程差 $\delta = n_2 r_2 - n_1 r_1$

$$= \begin{cases} \pm k\lambda, k = 0,1,2\ldots, \text{明纹} \\ \pm (2\text{k}-1)\dfrac{\lambda}{2}, k = 1,2\ldots, \text{暗纹} \end{cases}$$

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

λ为真空中的波长

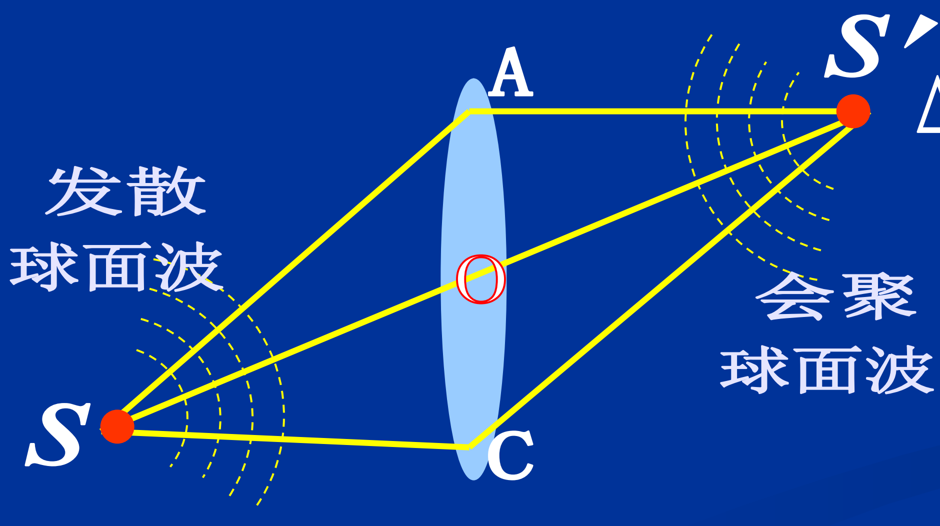
理想透镜不产生附加光程差



$\Delta\varphi = 0$ $\delta = 0$

即各路等光程

$$L_{ABF} = L_{EOF} = L_{CDF}$$



$\Delta\varphi = 0$ $\delta = 0$

即各路等光程

$$L_{SAS'} = L_{SOS'} = L_{SCS'}$$

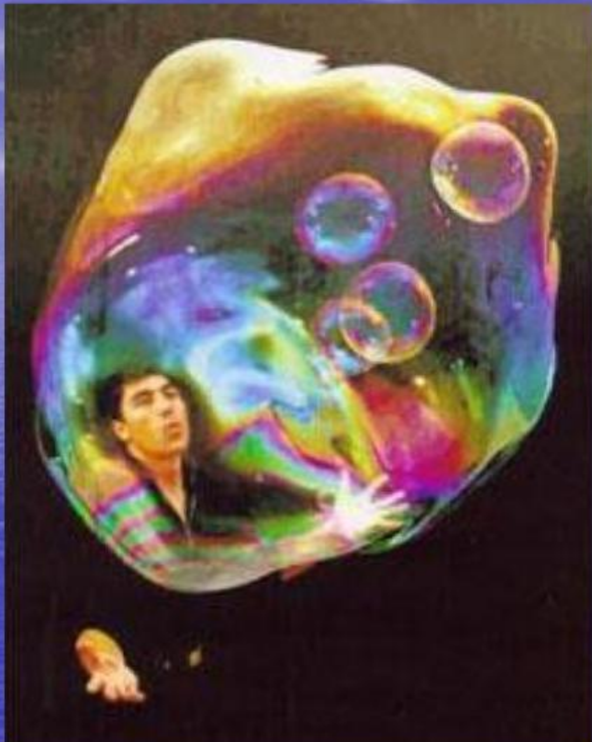
15.4 分振幅干涉

一、等倾干涉

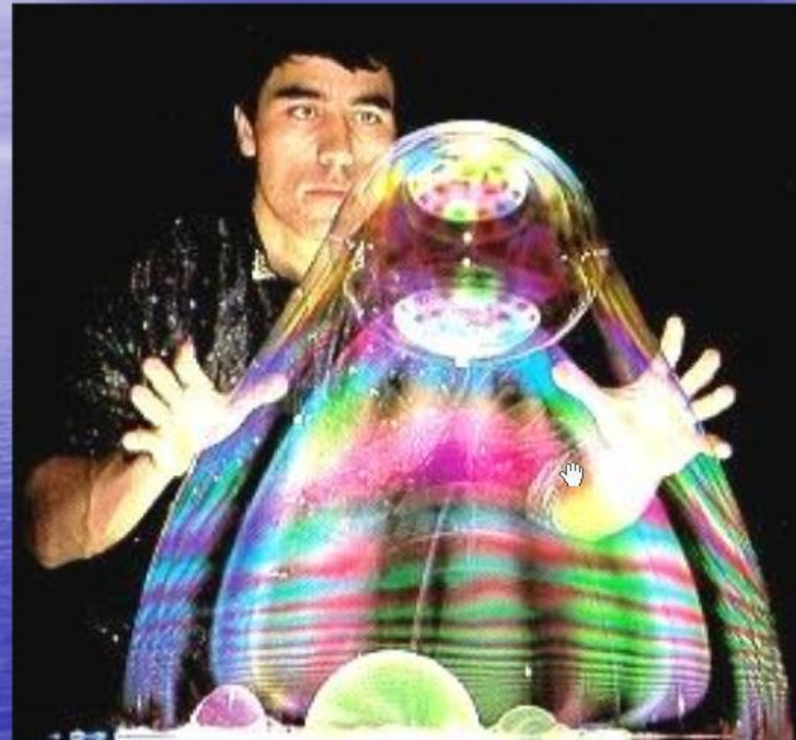
光程差公式
干涉条纹特点
半波损失
增透膜 增反膜

二、等厚干涉

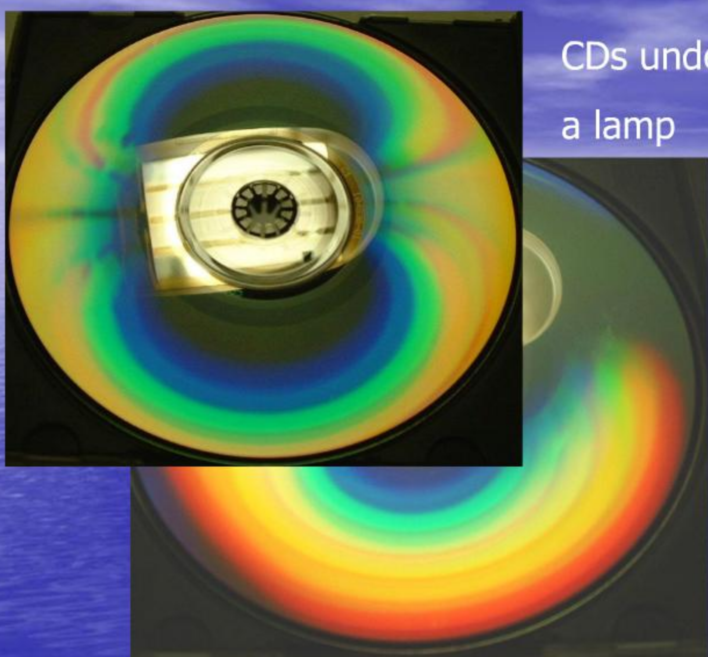
劈尖干涉
牛顿环



Blow bubbles in a bubble



A big and strange bubble



CDs under a lamp

Nacreous clouds

一、等倾干涉

均匀透明介质n_1中

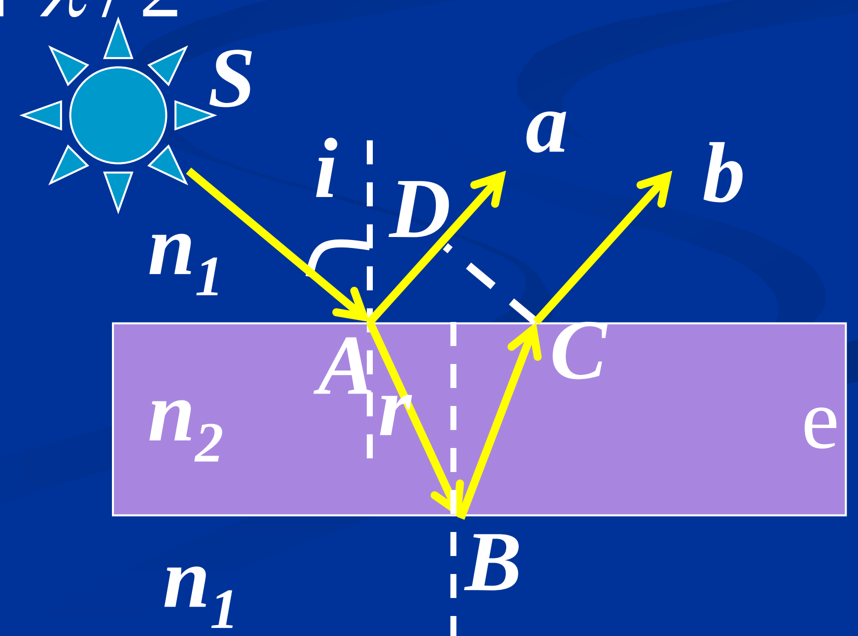
平行平面薄膜厚度为e，折射率n_2

$n_1<n_2$

a与 b的光程差：

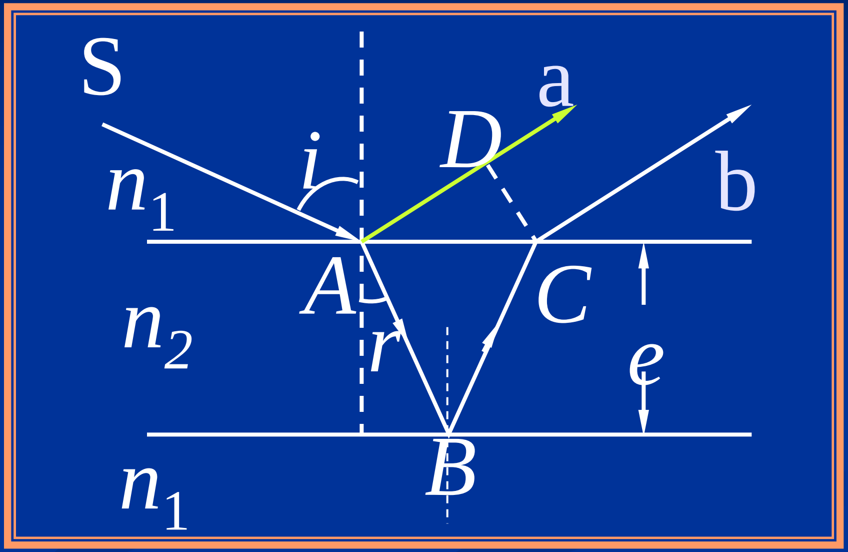
半波损失

$$\delta = (AB + BC)n_2 - ADn_1 + \lambda / 2$$



$$\delta = (AB + BC)n_2 - ADn_1 + \lambda / 2$$

折射定律 $n_1 \sin i = n_2 \sin r$



$$AD = AC \sin i$$

$$AC = 2e \tan r$$

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

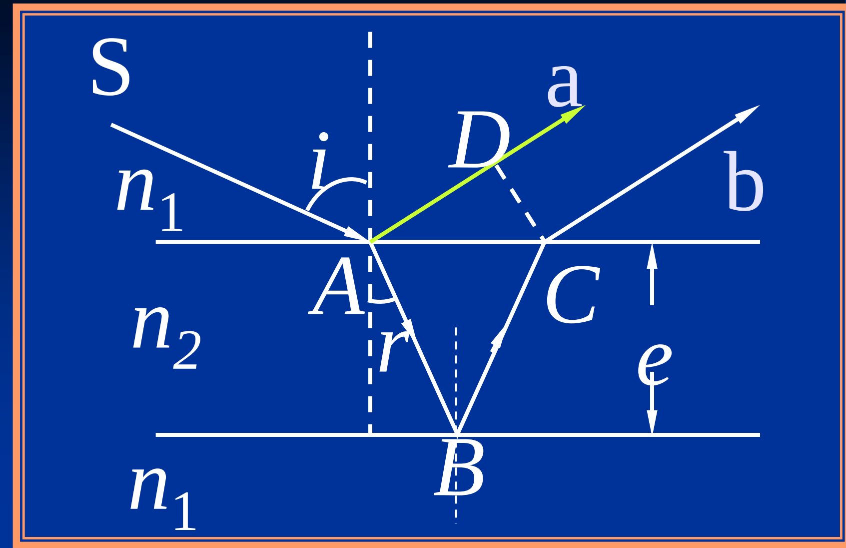
$$\delta = 2en_2\left(\frac{1}{\cos r} - \frac{\sin^2 r}{\cos r}\right) + \lambda / 2$$

$$\boxed{\delta = 2en_2 \cos r + \lambda / 2}$$

$$\boxed{\delta = 2en_2\cos r + \lambda/2}$$

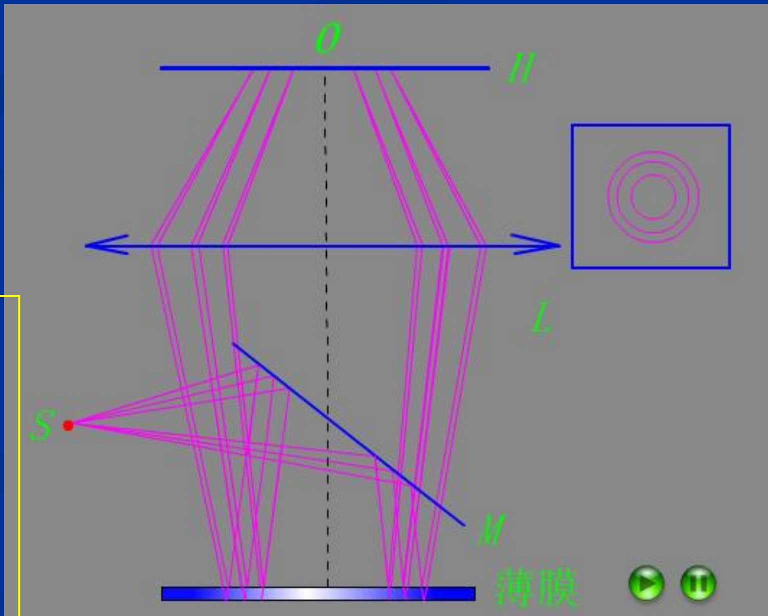
$$= 2e\sqrt{n_2^2 - n_1^2\sin^2 i} + \lambda/2$$

$$= \begin{cases} k\lambda & \text{明纹} \\ (2k-1)\dfrac{\lambda}{2} & \text{暗纹} \end{cases} \quad k = 1,2,3\cdots$$



等倾干涉： 倾角相同的光线对应同一级干涉条纹

定域干涉： 两束相干光平行，仅在透镜的焦平面上出现干涉条纹。



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

$$= \begin{cases} k\lambda & \text{明纹} \\ (2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & \text{暗纹} \end{cases}$$

$$k = 1, 2, 3 \cdots$$

条纹的特点：

形状：一系列同心圆环

条纹间隔：内疏外密

条纹级次：内高外低 $r_k \downarrow \to i \downarrow \to \delta \uparrow \to k \uparrow$

膜变厚，环纹扩大： k一定$, e^{\uparrow} \to i^{\uparrow} \to r_k^{\uparrow}$

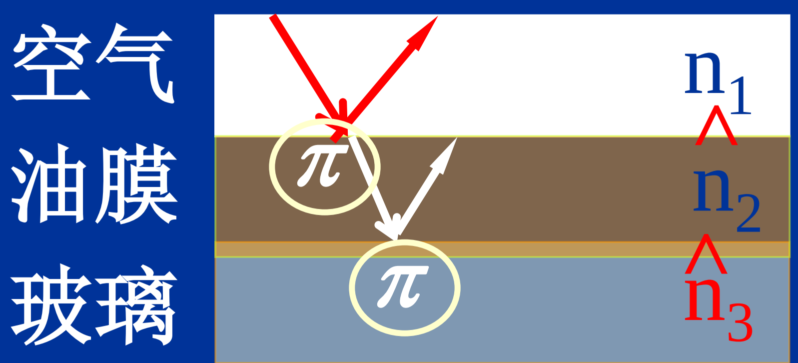
波长对条纹的影响： k，e 一定$, \lambda^{\uparrow} \to i \downarrow \to r_k \downarrow$

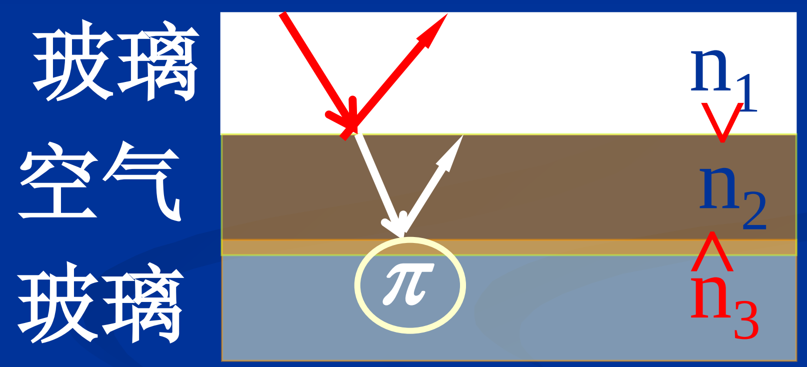
讨论 $\delta = 2e\sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 i} + \boxed{}$

（1）半波损失：

若$n_1>n_2>n_3$,或$n_1<n_2<n_3$ 不含λ/2；

若$n_1>n_2<n_3$,或$n_1<n_2>n_3$含λ/2





反射条件相同
附加光程差

$$\delta' = \frac{\lambda}{2} - \frac{\lambda}{2} = 0$$

反射条件不同
附加光程差

$$\delta' = \frac{\lambda}{2} - 0 = \frac{\lambda}{2}$$

（2）薄膜厚度的影响

$$\delta = 2n_2 e\cos r + \frac{\lambda}{2}$$

$$= k\lambda$$ （明纹）

膜厚 ***e*越大**，

中心干涉级***k*越大**

如玻璃厚度***e*=1mm**，

对λ_1=400nm, δ_1=2500λ，

k_1=2500； λ_2=760nm,

δ_2=1315 λ，k_2=1315；

无干涉现象。

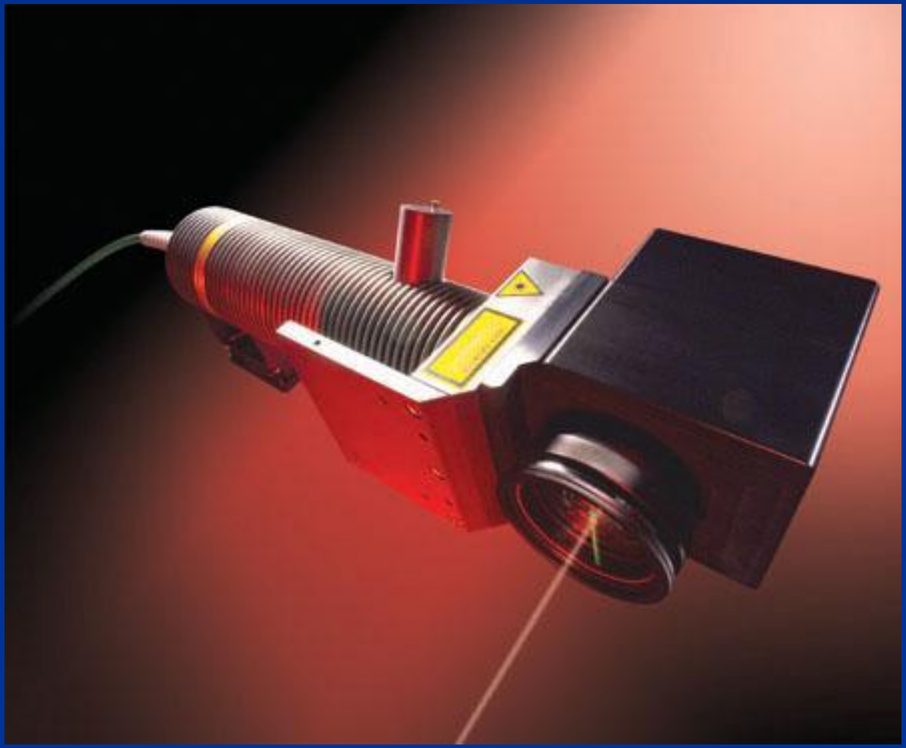
增透膜和增反膜

增透膜(antireflection film) 在透镜表面镀一层厚度均匀的透明膜，使其上、下表面对某种颜色的反射光产生相消干涉，结果减弱了该光的反射，增强了它的透射。

照相机镜头

眼镜

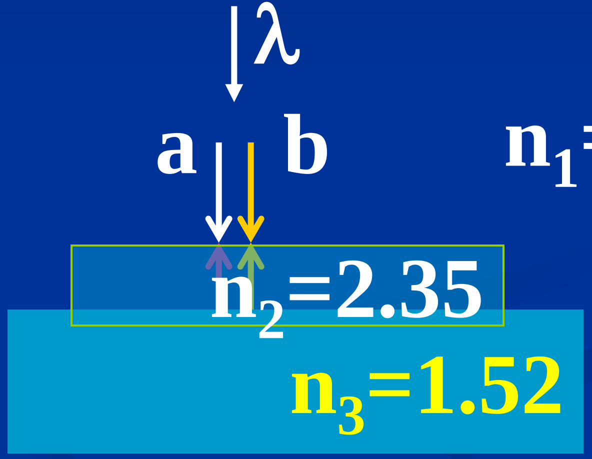
增反膜 利用薄膜干涉原理，使薄膜上、下表面对某种颜色的反射光发生**相长干涉**，其结果是增强了该色光的反射，减少了它的透射。



激光器谐振腔

宇航服

15.4 增反膜 一般光学器件的反射率只有5%左右，为增加反射率，常在表面镀一层膜称增反膜。如在n_3=1.52的玻璃上镀ZnS(n_2=2.35)。为了使λ=632.8nm的红光增强反射，问ZnS的最小厚度为多少？



$$\delta = 2n_2 e + \frac{\lambda}{2} = k\lambda$$

$$e = \frac{(2k-1)}{4n_2}\lambda$$

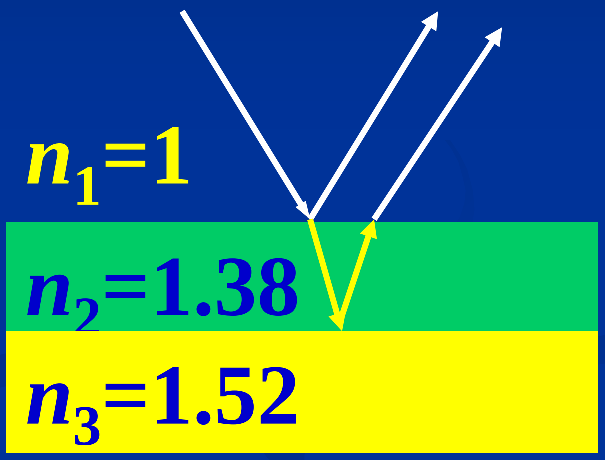
最小取***k*=1**

$$e = \frac{\lambda}{4n_2} = \frac{6.328\times10^{-7}}{4\times2.35} = 6.73\times10^{-8}(m)$$

例15.5 为增加照相机镜头的透光强度，往往在镜头上镀氟化镁（n_2=1.38）透明薄膜，为使可见光谱中λ=550nm的光有最小反射，求膜的最小厚度？

解: 反射最小

$$2n_2 e = (2k+1)\frac{\lambda}{2} \qquad k=0,1,2,\ldots$$



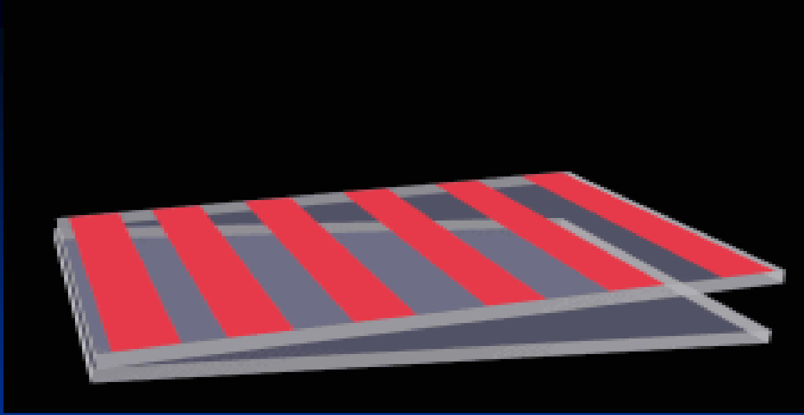
对应于最小厚度，$k = 0$

$$e_{\min} = \frac{\lambda}{4n_2} = \frac{550}{4\times 1.38}\text{nm} = 99.6\text{nm}$$

说明： 入射光能量一定，反射光能量减弱必然使透射能量增强，所以这种膜称为增透膜。

二、等厚干涉

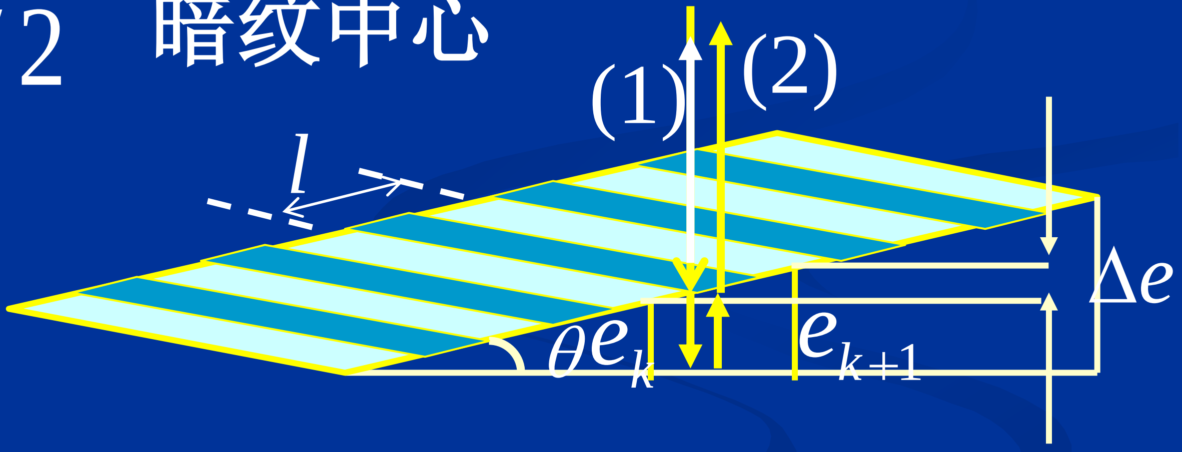
1、劈尖干涉



$\delta = 2e + \lambda/2$

$$= \begin{cases} k\lambda & \text{明纹中心} \\ (2k-1)\lambda/2 & \text{暗纹中心} \end{cases}$$

$k = 1,2,3\cdots$



干涉条纹定域在膜附近。条纹形状由膜的等厚点轨迹所决定。

特点：

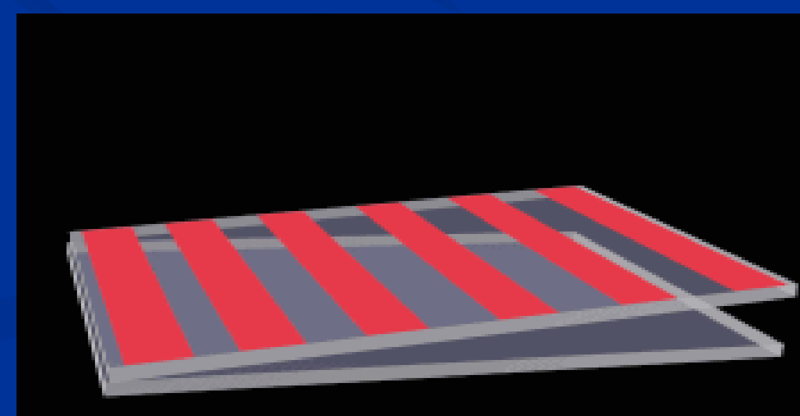
- 等间距、明暗相间
- 平行于棱边的直条纹。
- 相邻明(或暗)纹对应膜的厚度差： $\boldsymbol{\Delta e = \lambda / 2}$

若劈尖为**折射率** $\boldsymbol{n}$ 的介质，则： $\Delta e = \lambda /(2n)$

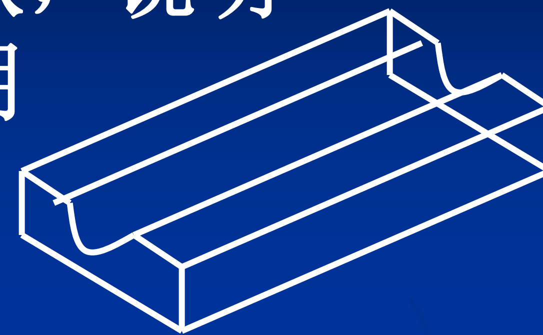
- 明纹或暗纹间距$\boldsymbol{l}$ $\because \theta \approx \tan\theta = \Delta e / l$

$$\therefore l = \lambda /(2n\theta)$$

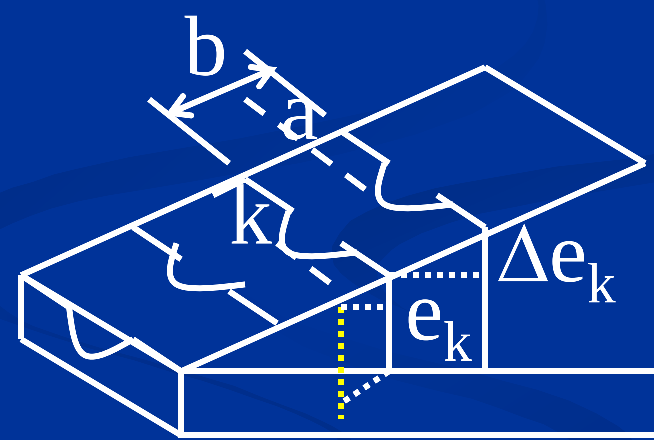
讨论：波长、折射率、劈尖夹角对条纹间距的影响



例15.7：如图在工件表面放一平板玻璃，使其间形成空气劈尖，以单色光垂直照射玻璃表面，观察干涉条纹如图。试根据条纹形状，说明工件表面是凹的或是凸的？并证明纹路的深度可用下式表示：



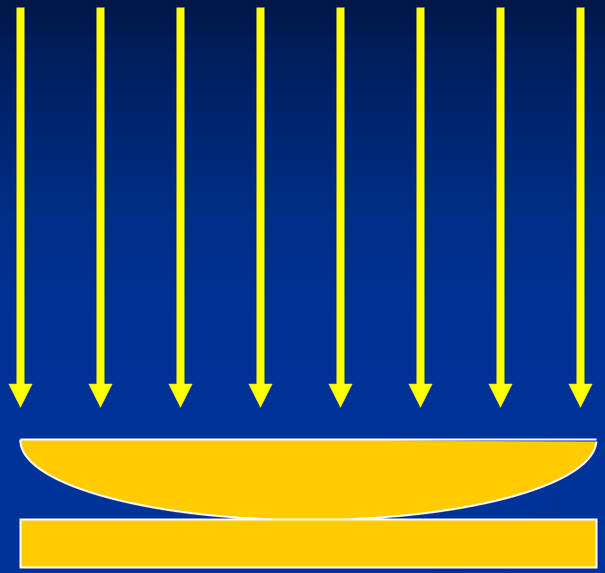
$$H = \frac{a}{b}\frac{\lambda}{2}$$

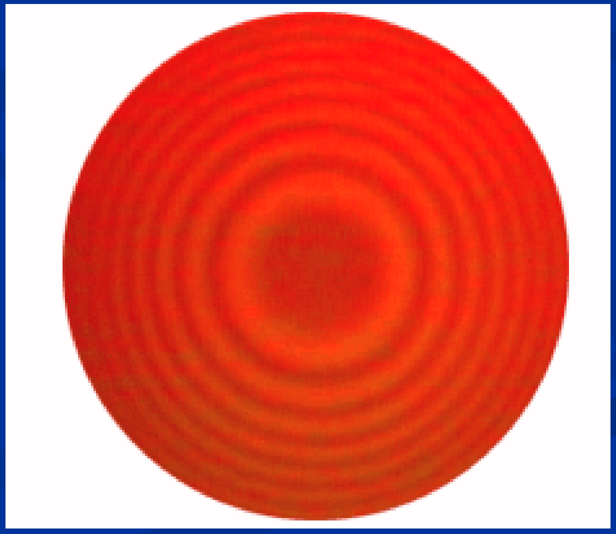


$$\delta = 2e_k + \frac{\lambda}{2} = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$$

$$\left.\begin{aligned} \Delta e_k = e_{k+1} - e_k = \frac{\lambda}{2} \\ \frac{H}{\Delta e_k} = \frac{a}{b} \end{aligned}\right\} \Rightarrow H = \frac{a}{b}\frac{\lambda}{2}$$

2、牛顿环(Newton ring)





牛顿环特点：

以接触点为圆心的明暗相间的圆环

中心为暗点；

条纹间距不等

内疏外密

明、暗环半径推导

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

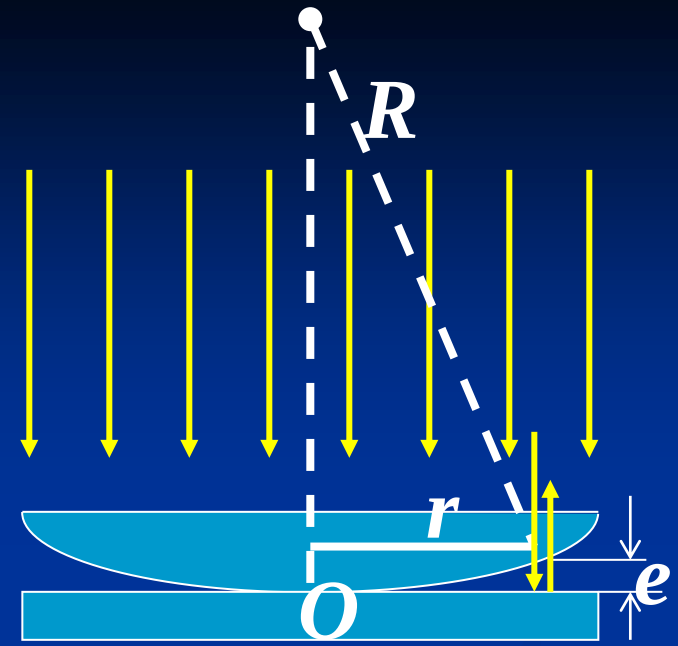
$$= 2Re - e^2$$

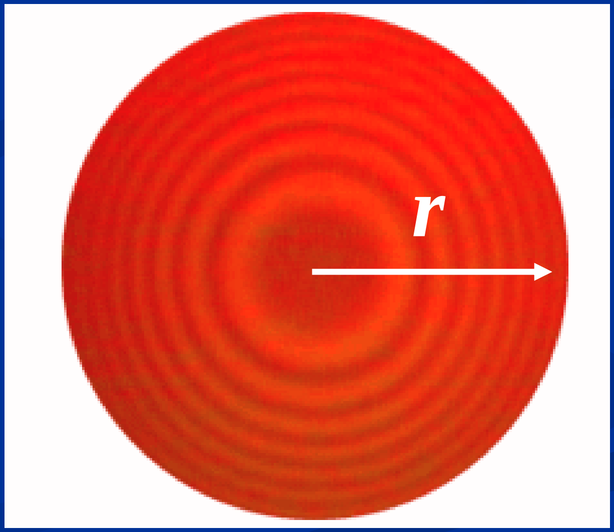
$$R >> e \Rightarrow 2Re >> e^2$$

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

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

$$= \begin{cases} k\lambda & \text{明纹} \\ (2k+1)\lambda/2 & \text{暗纹} \end{cases}$$





牛顿环半径

明环　$r=\sqrt{\dfrac{(2k+1)R\lambda}{2}}$

暗环　$r=\sqrt{kR\lambda}$

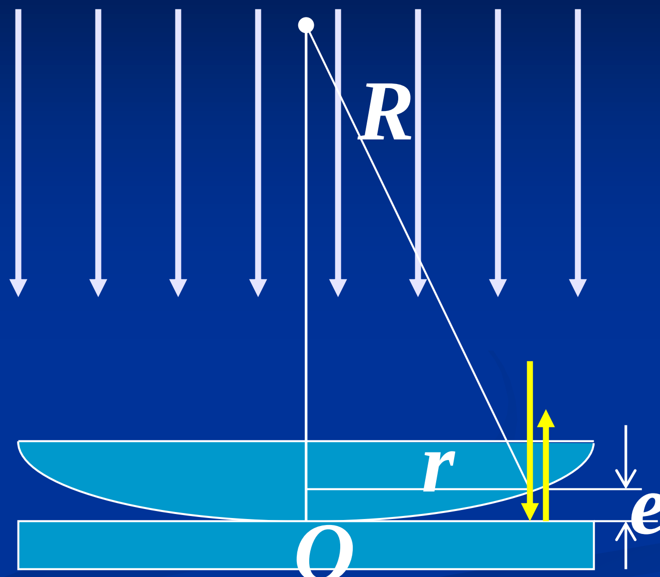
$(k=0,1,2,\cdots)$　　$r_k \propto \sqrt{k}$

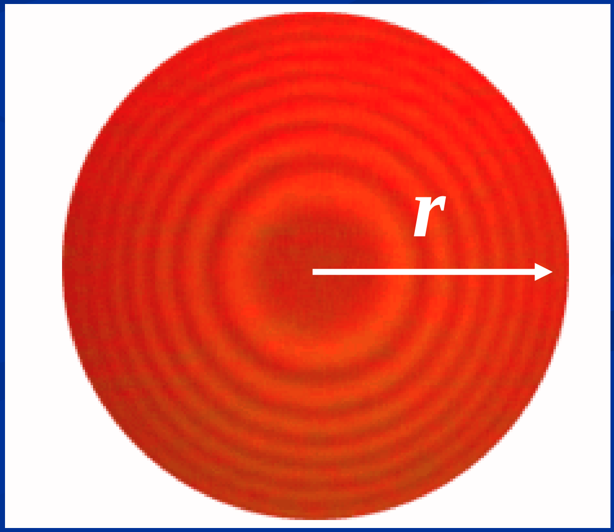
$\rightarrow r_1 : r_2 : r_3 = 1 : \sqrt{2} : \sqrt{3}$

$k\uparrow \rightarrow r_k\uparrow$

条纹间距↓,

内圈的条纹级次低。





例题：用He-Ne激光器发出的λ=0.633μ m的单色光，在牛顿环实验时，测得第*k*个暗环半径为5.63mm，第*k*+5个暗环半径为7.96mm，求平凸透镜的曲率半径*R*。

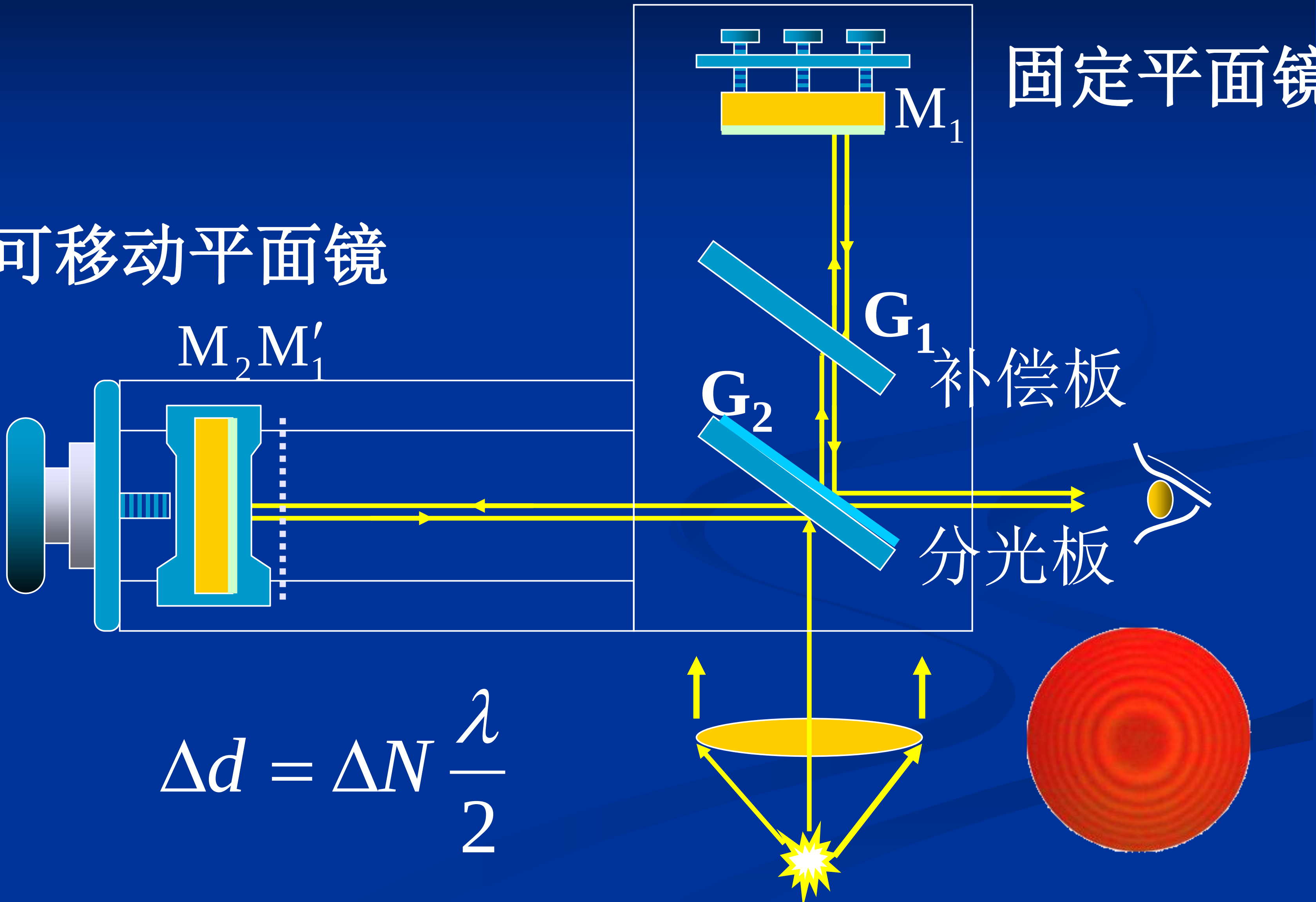
解：由暗纹公式 $r_k = \sqrt{kR\lambda}$

$$r_{k+5} = \sqrt{(k+5)R\lambda}$$

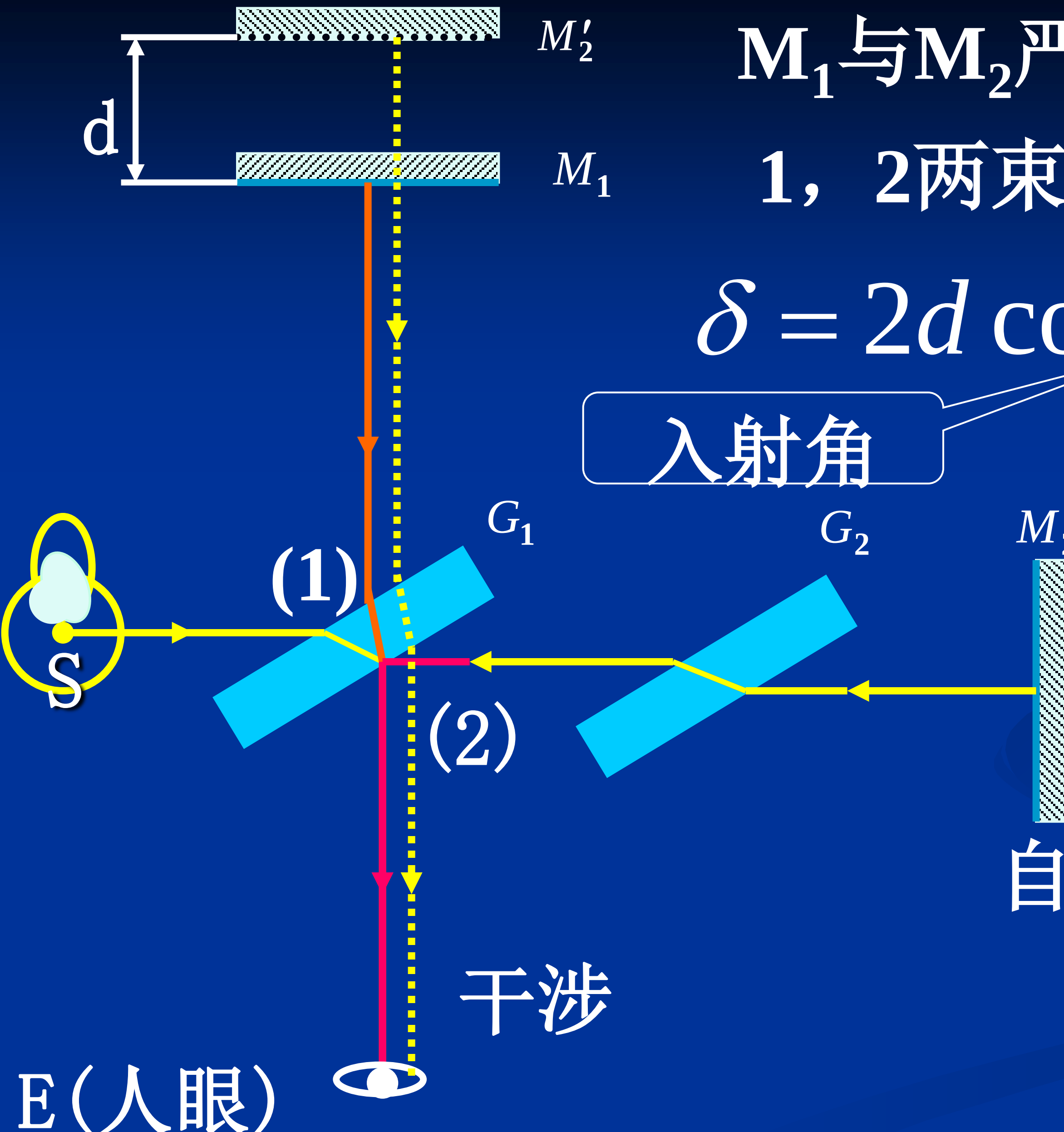
$$5R\lambda = r_{k+5}^2 - r_k^2$$

$$R = \frac{r_{k+5}^2 - r_k^2}{5\lambda} = \frac{\left(7.96^2 - 5.63^2\right)\times 10^{-6}}{5\times 6.33\times 10^{-10}} = 10.0m$$

15.5 迈克尔逊干涉仪



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



原理图

M_1与M_2严格垂直——

1，2两束光的光程差

$$\delta = 2d\cos i = \begin{cases} k\lambda & 明纹 \\ (2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & 暗纹 \end{cases}$$

入射角

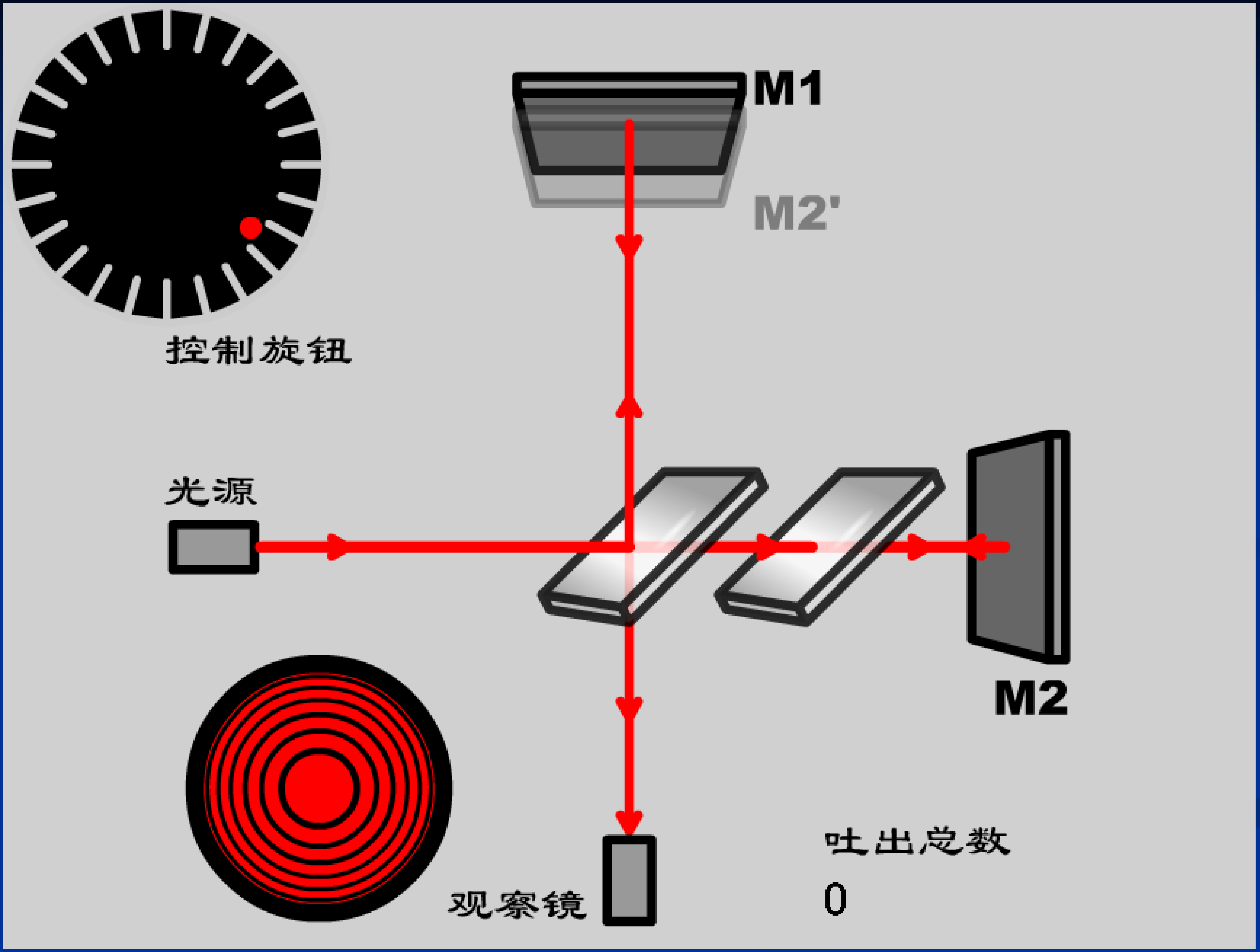
干涉圆环中心，***i*=0**

$$k_0 = \frac{2d}{\lambda} \text{ 级次最大}$$

自内向外**k**依次递减

如果$\Delta d = \dfrac{\lambda}{2}, \Delta k = 1$

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


M1
M2'
控制旋钮
光源
M2
观察镜
吐出总数
0