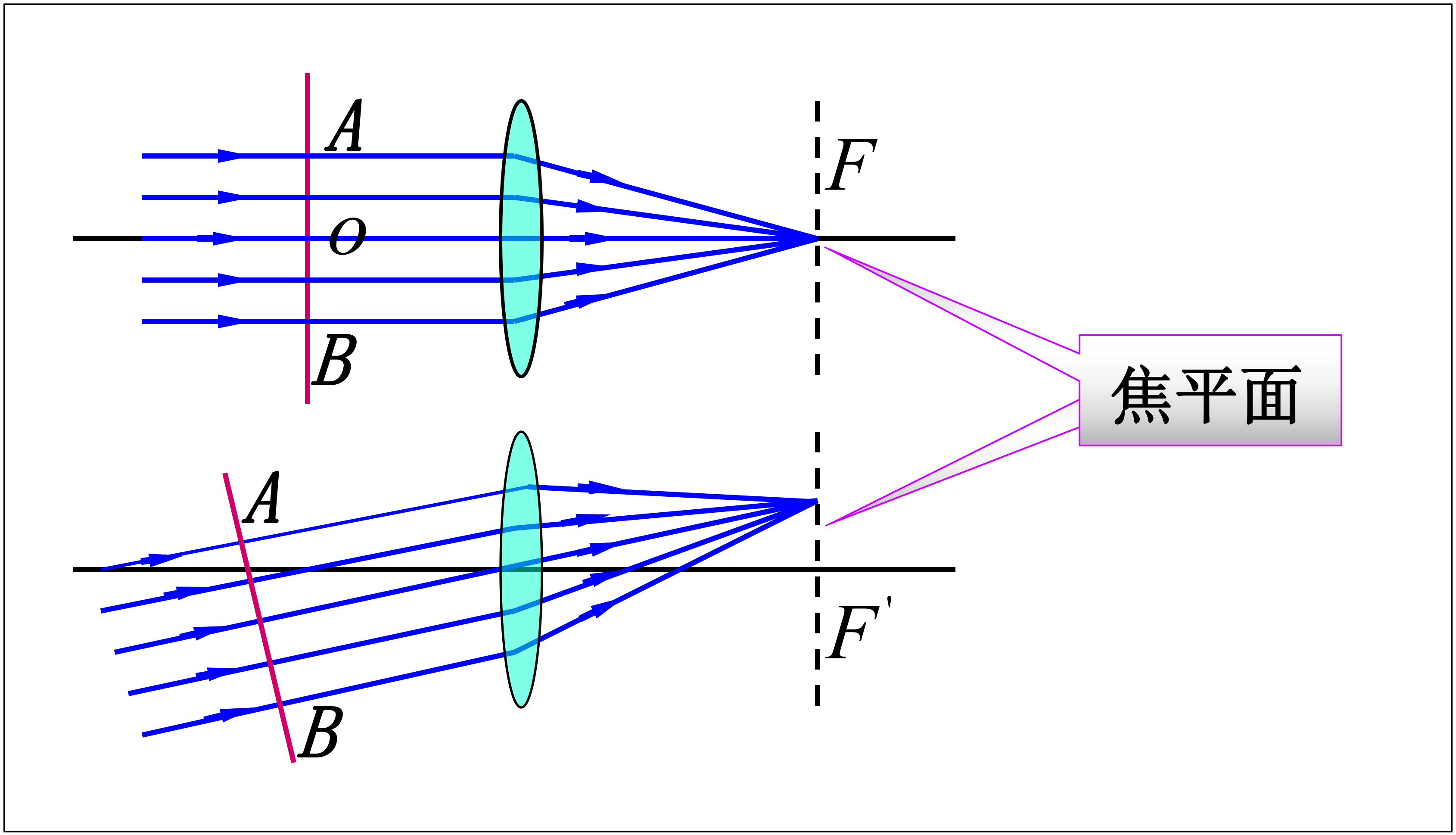
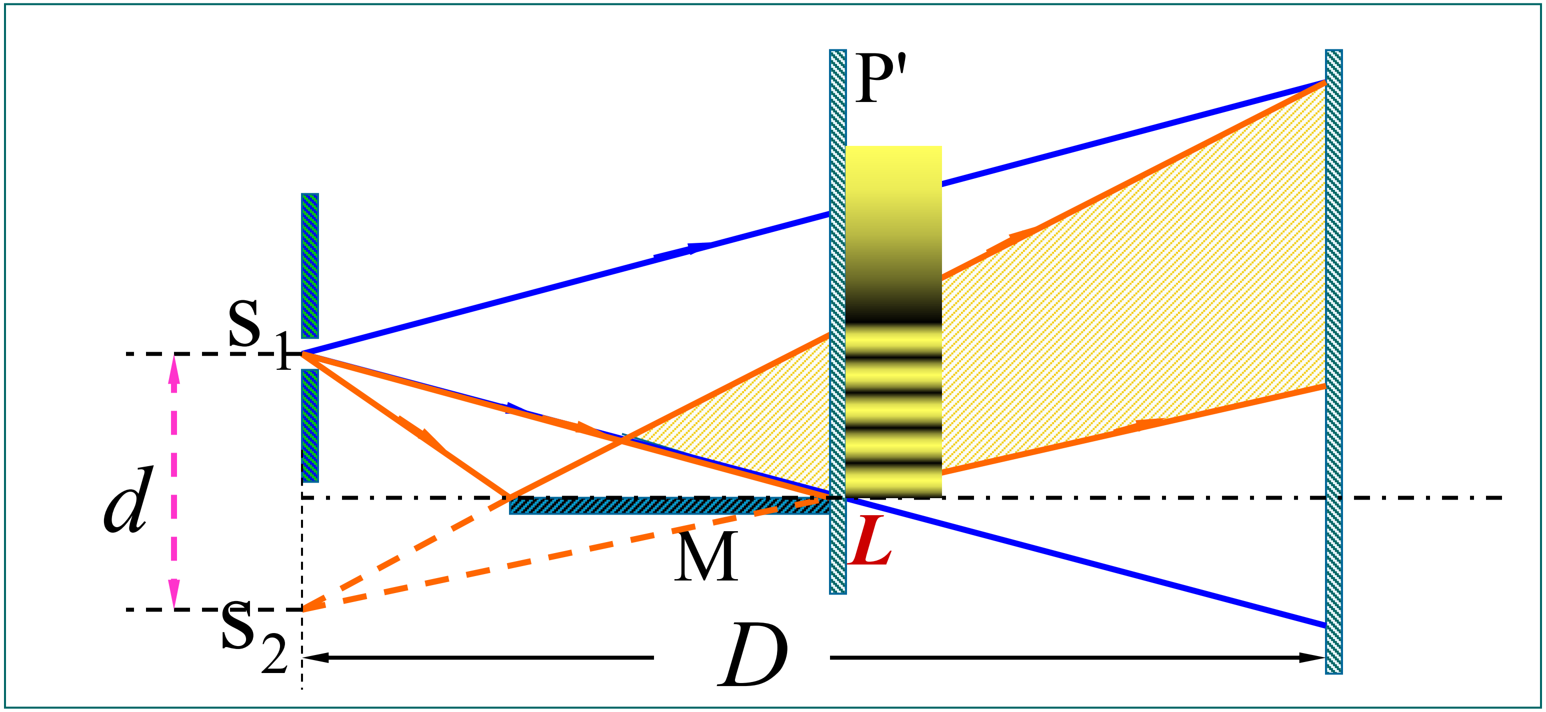
**透镜不引起附加的光程差



**劳埃德镜实验



与双缝干涉对比：

① 明暗条纹位置反转。

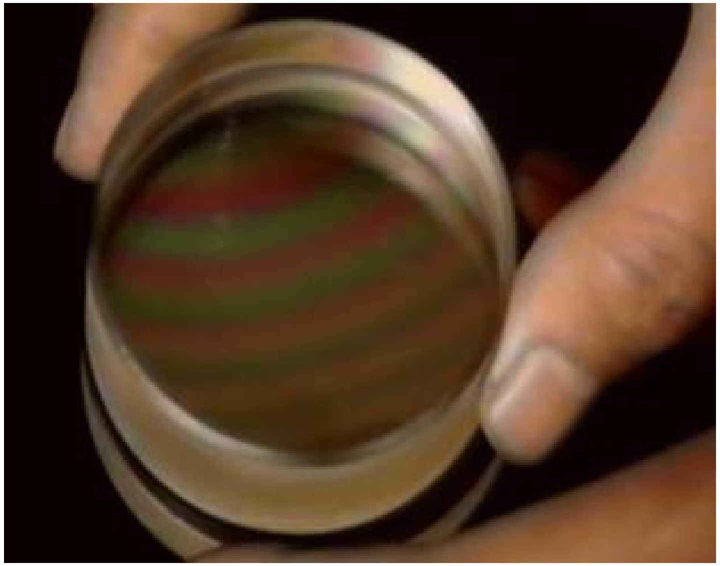
一路光在平面镜反射时，有“半波损失”，光波相位有π的突变。

② 条纹分布区域限于屏的上半部分。

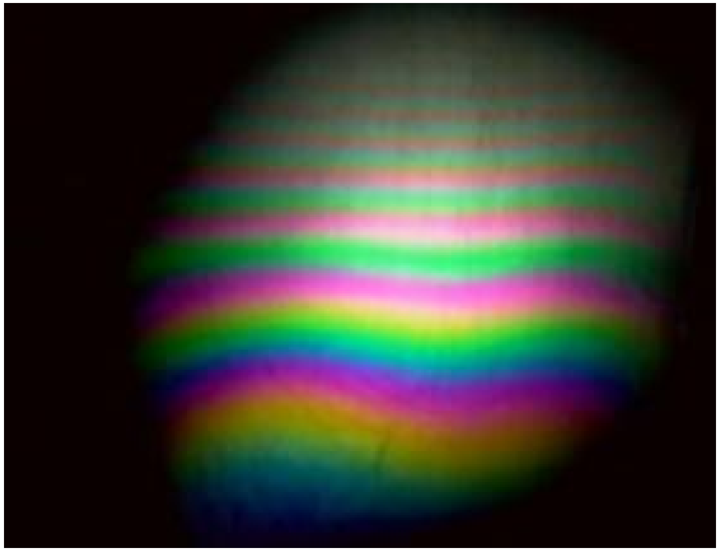
§ 2 薄膜干涉

——分振幅干涉

白光下的油膜

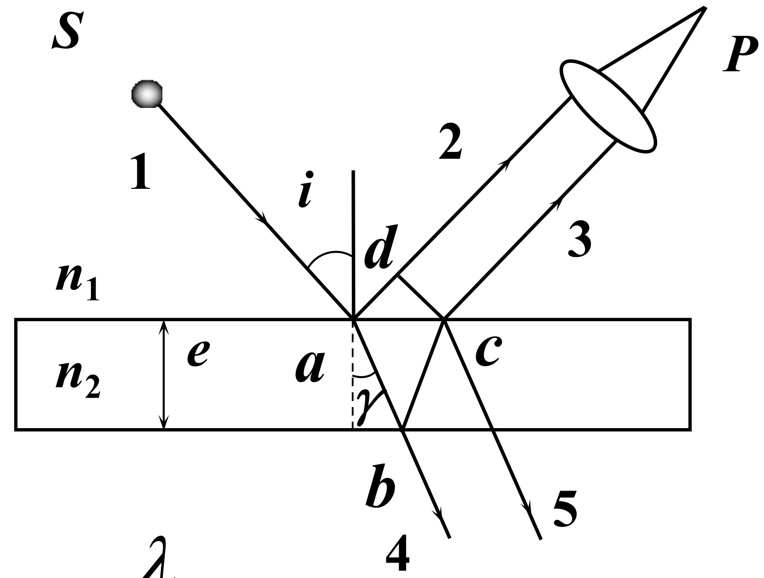


平晶间空气隙干涉条纹



白光下的肥皂膜

一、平行平面薄膜的干涉



$n_2 > n_1$

两束反射相干光的光程差：

$$\delta = n_2(\overline{ab} + \overline{bc}) - n_1\overline{ad} + \frac{\lambda}{2}$$

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

由 $n_1 \sin i = n_2 \sin\gamma$

$$\delta = n_2 \frac{2e}{\cos\gamma} - n_2 2e \frac{\sin\gamma}{\cos\gamma} \sin\gamma + \frac{\lambda}{2} = 2en_2\cos\gamma + \frac{\lambda}{2}$$

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

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

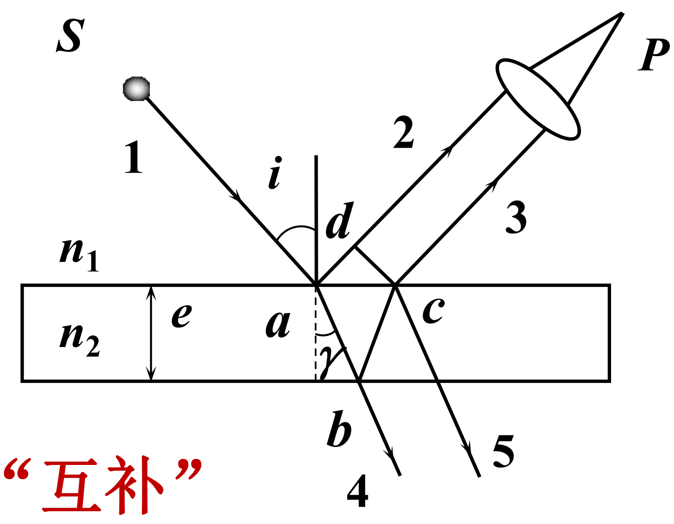
$$= \begin{cases} k\lambda & \text{干涉加强，亮纹} \quad k = 1, 2, \ldots\ldots \\ (2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & \text{干涉减弱，暗纹} \quad k = 0, 1, 2, \ldots\ldots \end{cases}$$

当 e、n_2、n_1 确定， 则相同入射角的入射光线有相同光程差。

它们在透镜焦平面上构成同一级条纹，称等倾干涉。

➢ 两束透射相干光的光程差：

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

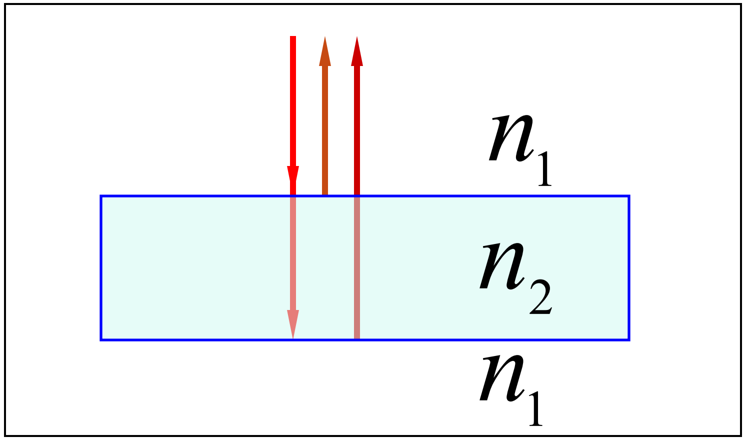


——透射光相干图样与反射光相干图样“互补”

当光线垂直入射时 $i = 0^\circ$

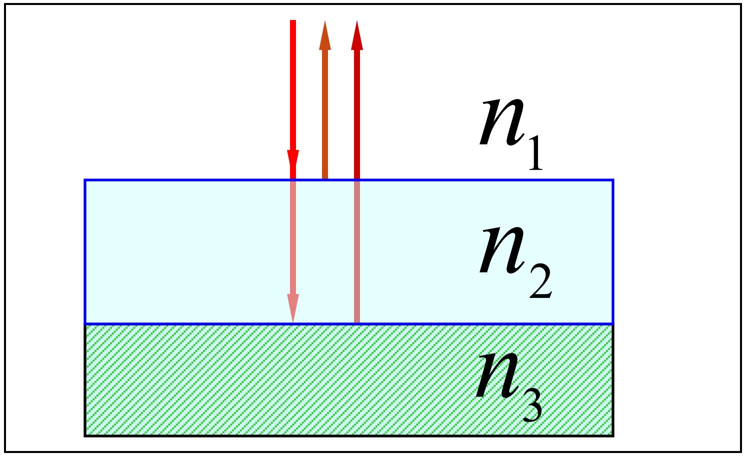
当 $n_2 > n_1$ 时

$$\delta = 2dn_2 + \frac{\lambda}{2}$$



当 $n_3 > n_2 > n_1$ 时

$$\delta = 2dn_2$$

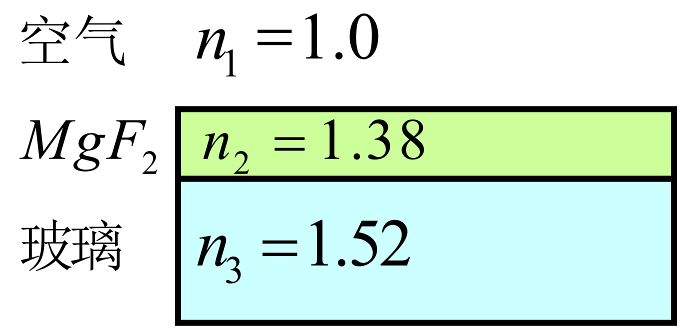


**增透膜、多层膜

1. 增透膜

对某一特定波长 λ，反射干涉相消，透过相长。

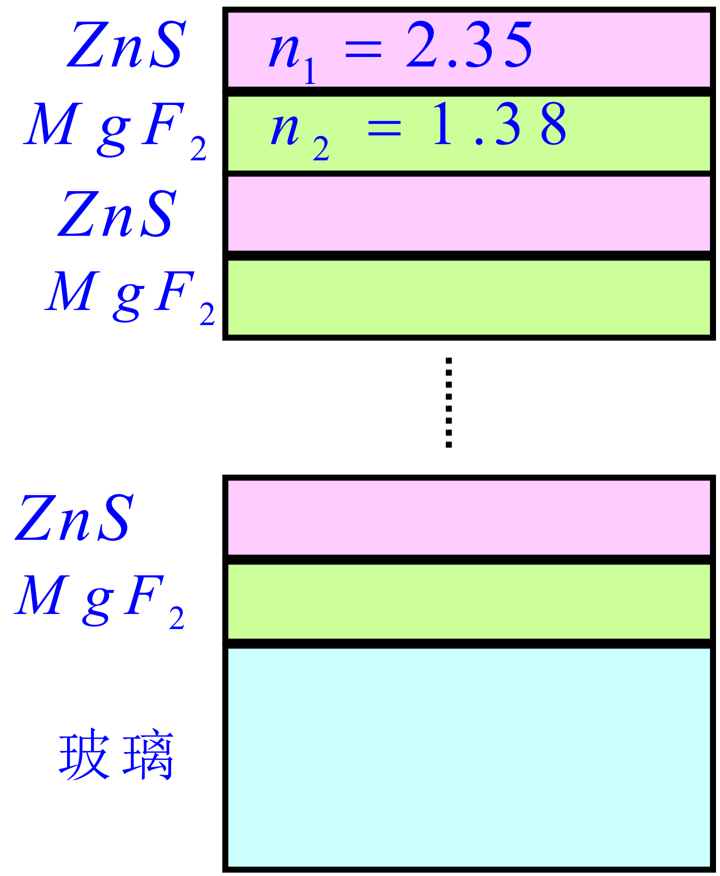
$$ne = \frac{\lambda}{4}, \frac{3\lambda}{4} \cdots \cdots$$



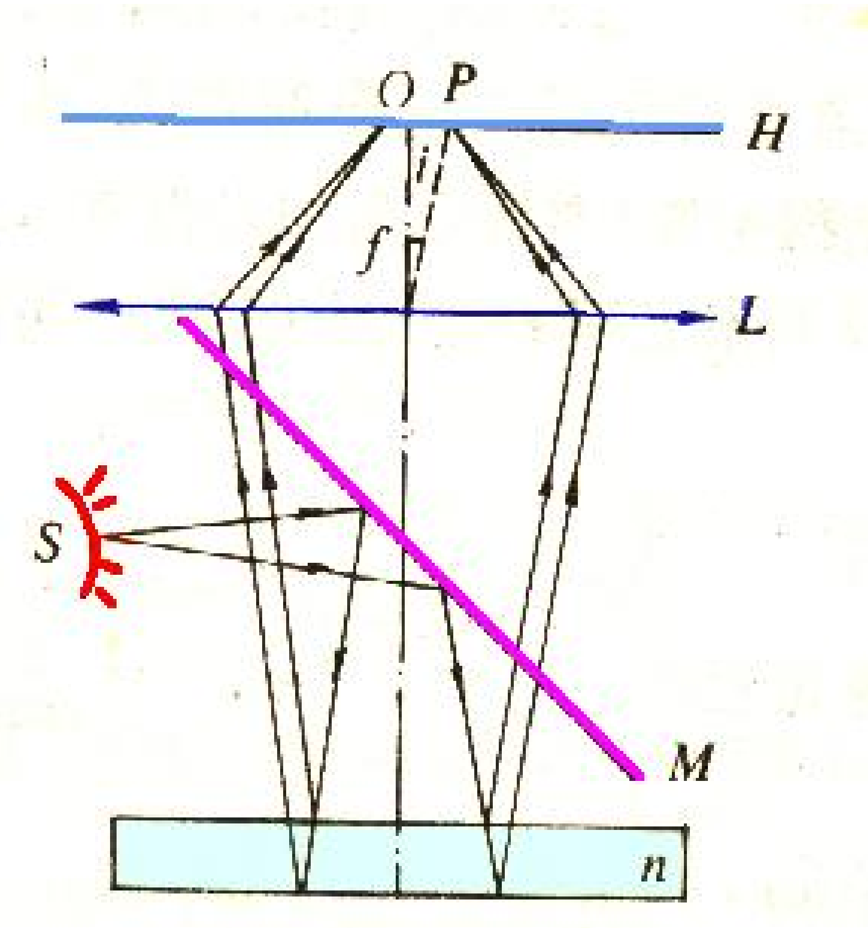
2. 反射膜

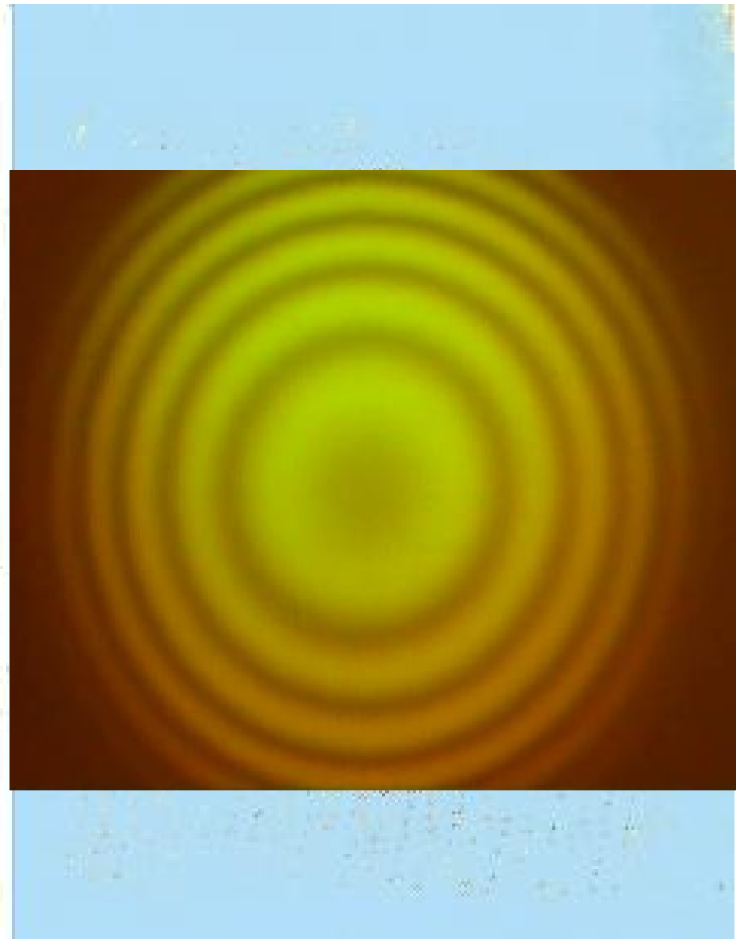
对某一特定波长，反射干涉加强，使反射率大大加强，透射率相应减少。

多层膜可从白光中获得特定波长范围的准单色光。



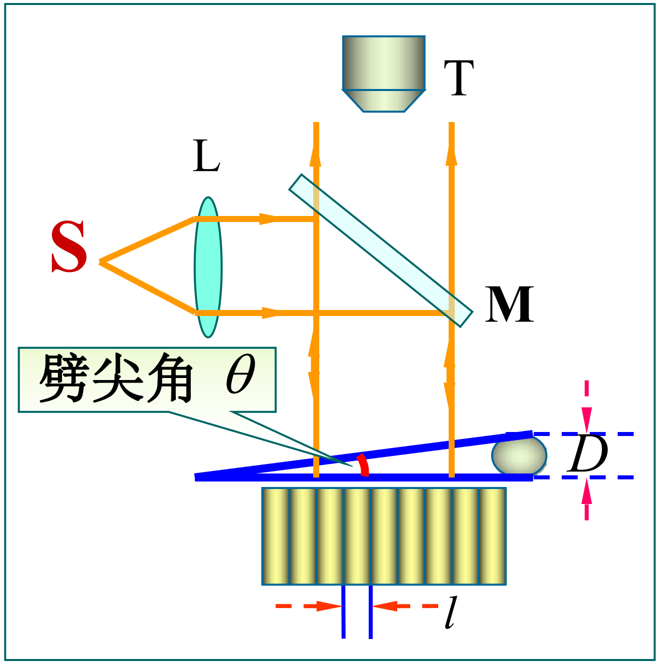
等倾干涉实验：$\delta = 2e\sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 i} + \dfrac{\lambda}{2}$

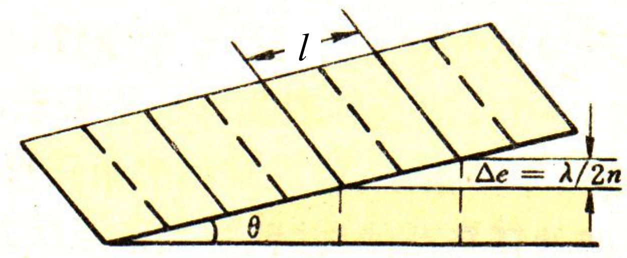




二、等厚干涉

1. 劈尖干涉



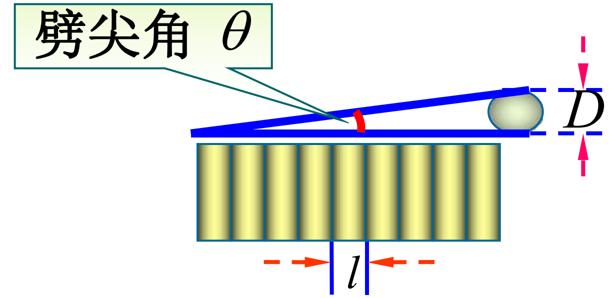


$$\delta = 2ne + \frac{\lambda}{2}$$

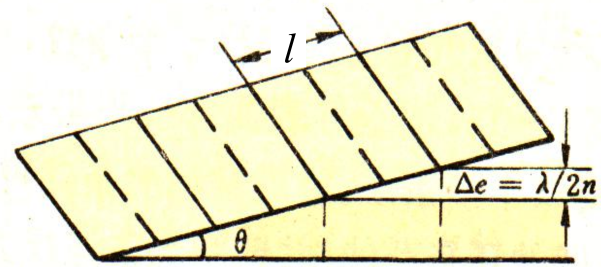
$$\delta = 2ne + \frac{\lambda}{2} = k\lambda \quad k = 1, 2, \ldots\ldots$$ 干涉加强　亮纹

$$\delta = 2ne + \frac{\lambda}{2} = (2k+1)\frac{\lambda}{2} \quad k = 0, 1, 2, \ldots\ldots$$ 干涉减弱　暗纹

$$e=\begin{cases}\dfrac{(2k-1)\lambda}{4n}, & k=1,\ 2,\cdots\\ \dfrac{k\lambda}{2n}, & k=0,\ 1,\ 2,\cdots\end{cases}$$



讨论：



（1）相同膜厚 e_k 对应于同一级条纹；

（2）e=0 的棱边处是暗纹，这是“半波损失”的一例证；

（3）任意相邻明（暗）纹间距为 l

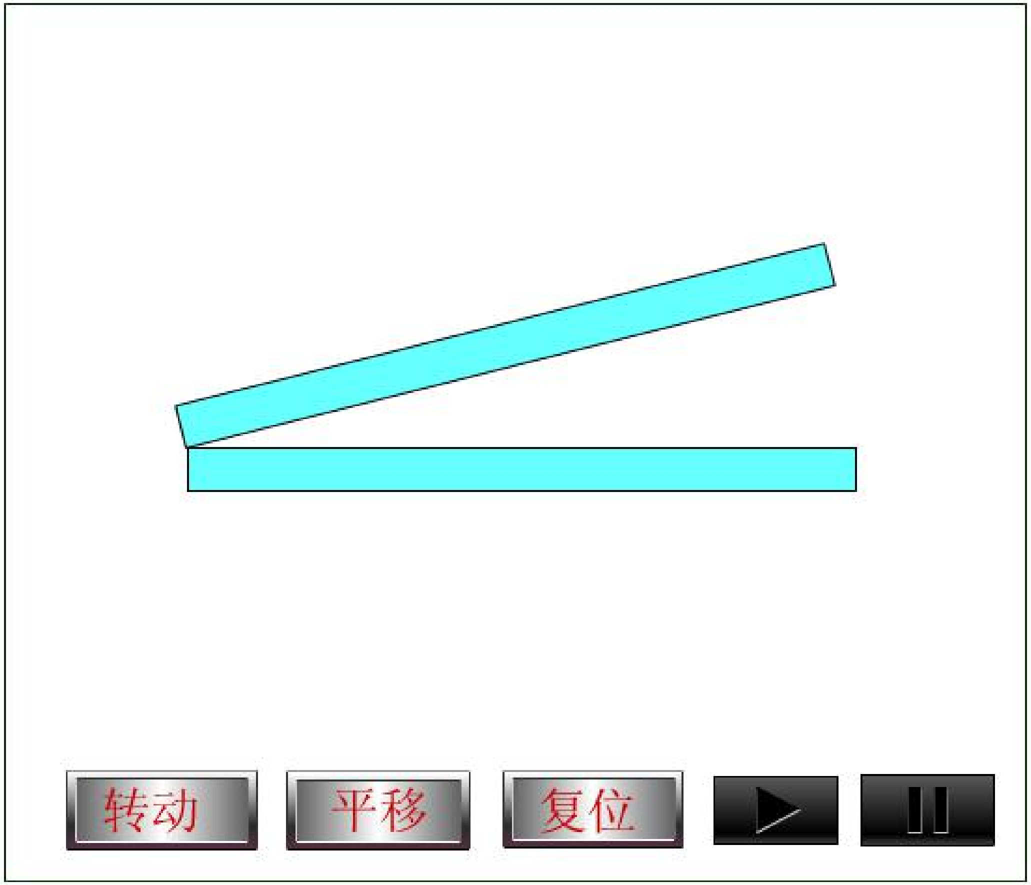
$$\Delta e=e_{k+1}-e_k=\frac{\lambda}{2n}\qquad l\sin\theta=\Delta e$$

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

（4）干涉条纹的移动

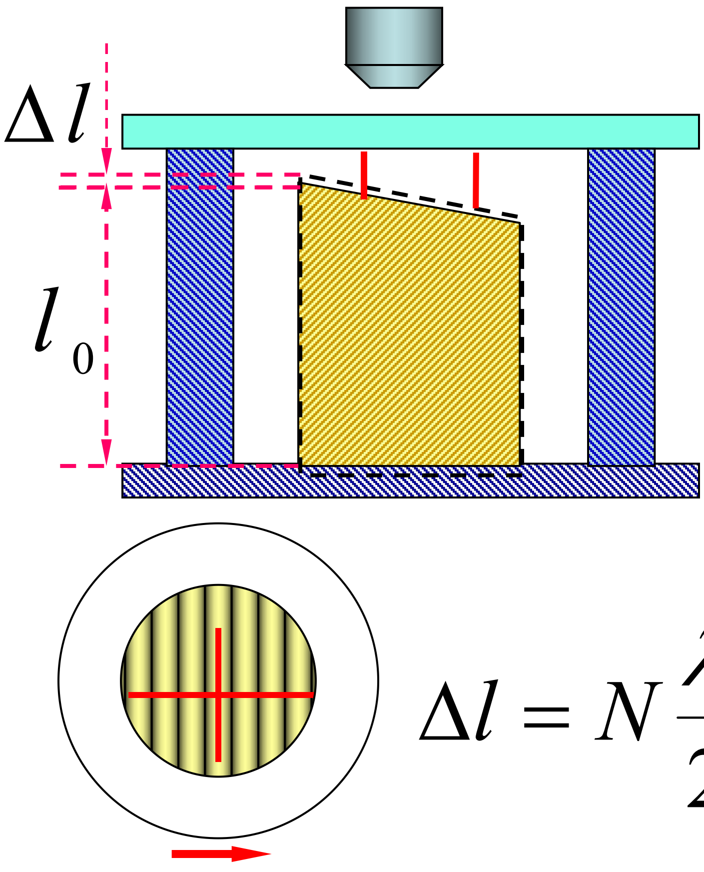
每一级条纹对应劈尖内的一个厚度，当此厚度位置改变时，对应的条纹随之移动。

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



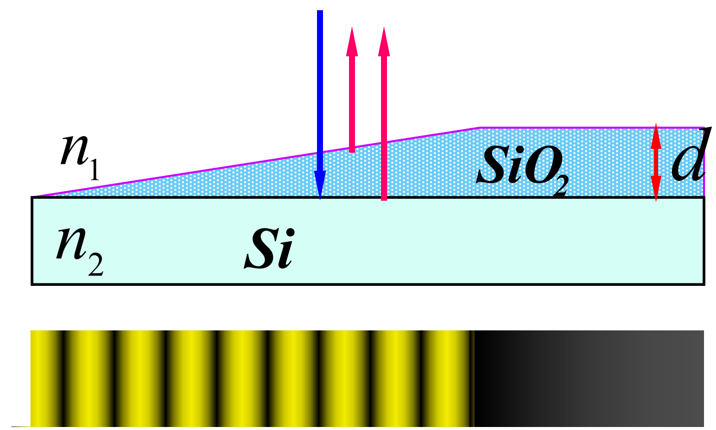
** 劈尖干涉的应用

（1）干涉膨胀仪



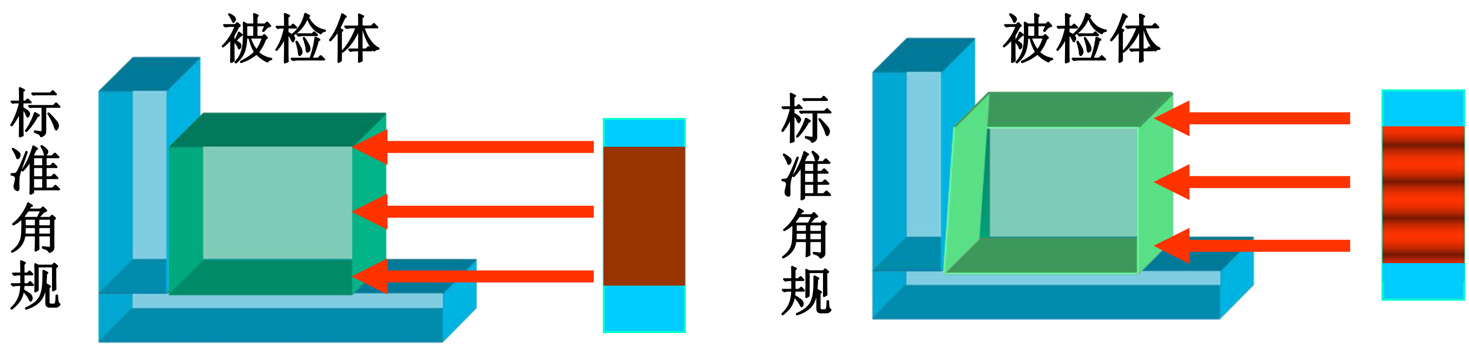
$$\Delta l = N\frac{\lambda}{2}$$

（2）测膜厚

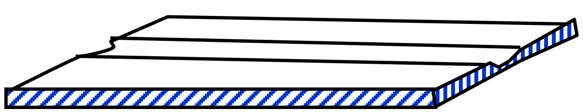


$$d = N\frac{\lambda}{2n_1}$$

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

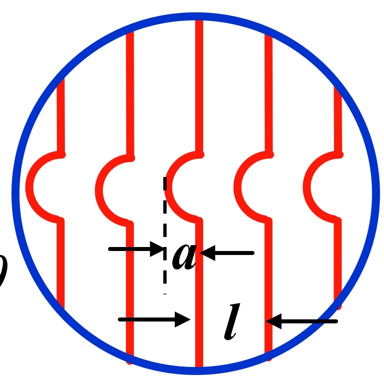


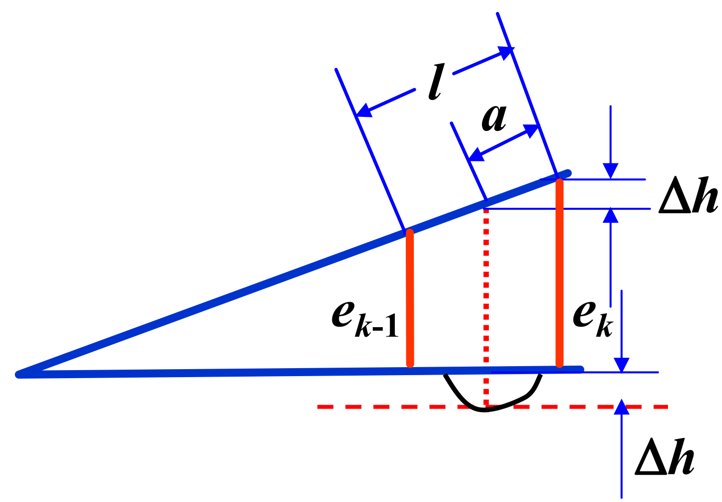
**测表面不平度（见例11-3）



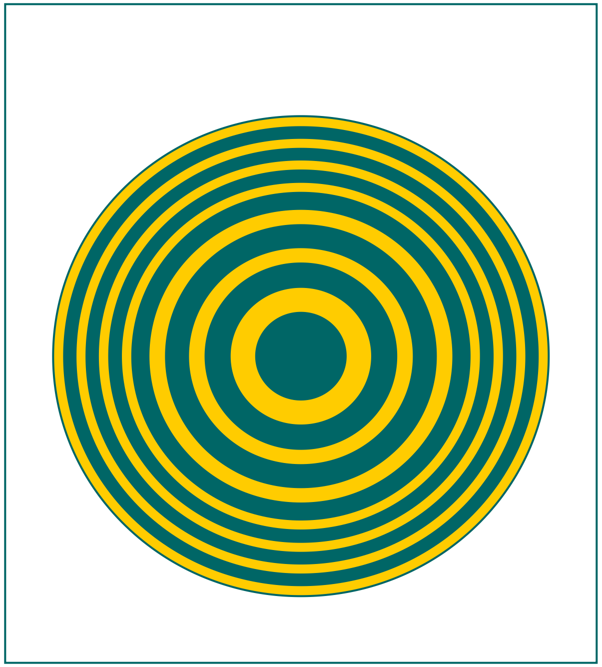
$$l = \frac{\lambda}{2n\sin\theta} \qquad \Delta h = a\sin\theta$$

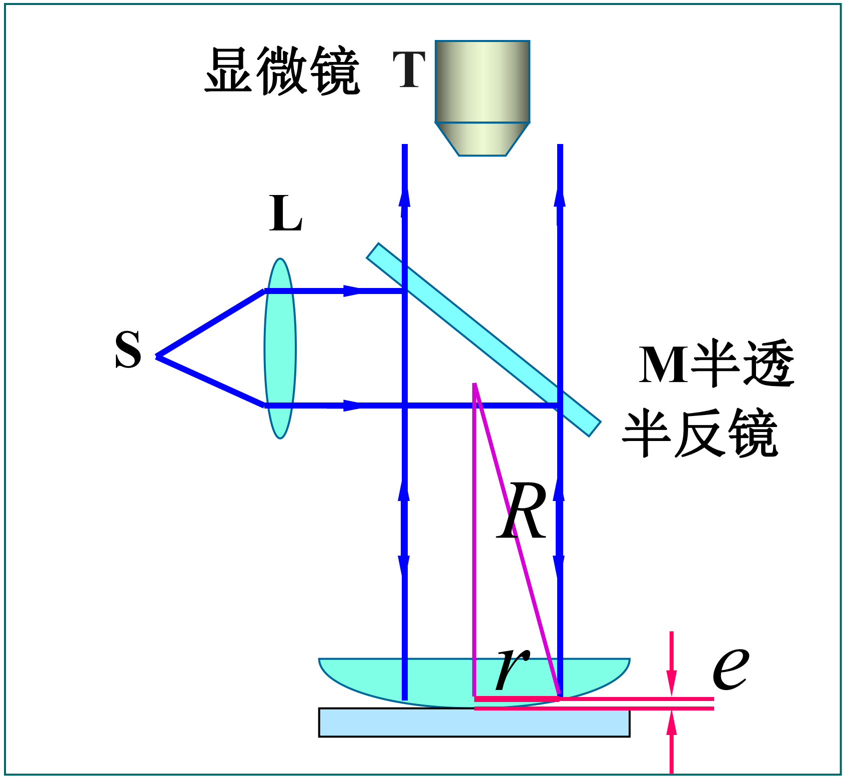
$$\Delta h = \frac{a}{l}\frac{\lambda}{2n}$$





2. 牛顿环



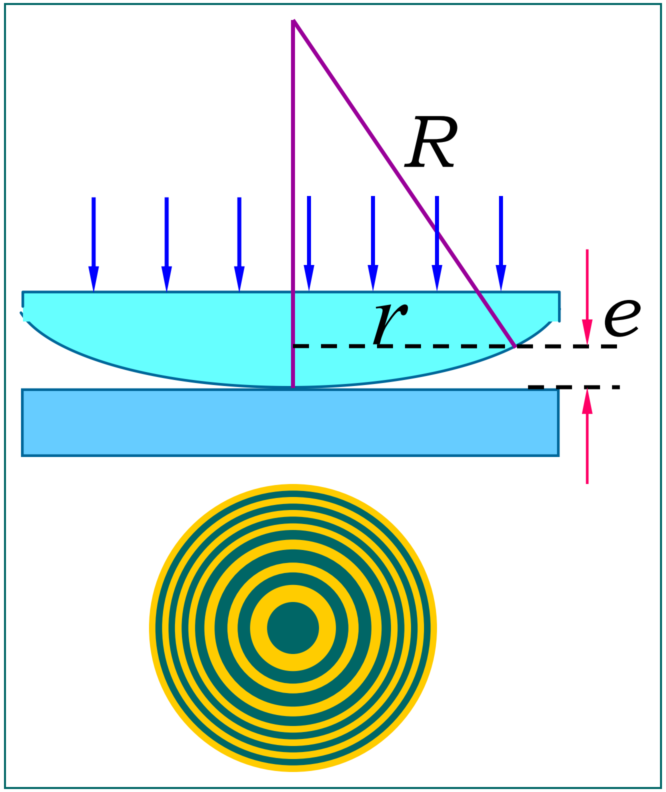


（1）干涉图样：内疏外密、中心为暗点的圆环；

（2）明环（干涉加强）、暗环（干涉减弱）的条件：

$$\delta = 2ne + \frac{\lambda}{2} = \begin{cases} k\lambda & \text{明环} \quad k = 1,\ 2,\ \cdots \\ (2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & \text{暗环} \quad k = 0,\ 1,\ 2,\ \cdots \end{cases}$$

$$\delta = 2ne + \frac{\lambda}{2} = \begin{cases} k\lambda \\ (2k+1)\dfrac{\lambda}{2} \end{cases}$$



$$\Rightarrow e = \begin{cases} (2k-1)\dfrac{\lambda}{4n} \\ \dfrac{k\lambda}{2n} \end{cases}$$

（3）明（暗）环的半径：

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

$$= 2Re - e^2 \approx 2Re \Rightarrow r = \sqrt{2Re}$$

明环半径 $r_{明} = \sqrt{\dfrac{(2k-1)R\lambda}{2n}}$ $\quad k = 1, 2, \cdots$

暗环半径 $r_{暗} = \sqrt{\dfrac{kR\lambda}{n}}$ $\quad k = 0, 1, 2, \cdots$

明环半径 $\boxed{r_{明} = \sqrt{\dfrac{(2k-1)R\lambda}{2n}}}$ 暗环半径 $\boxed{r_{暗} = \sqrt{\dfrac{kR\lambda}{n}}}$

- 从反射光中观测，中心点是暗点还是亮点？从透射光中观测，中心点是暗点还是亮点？

- 等厚干涉，条纹间距不等，为什么？

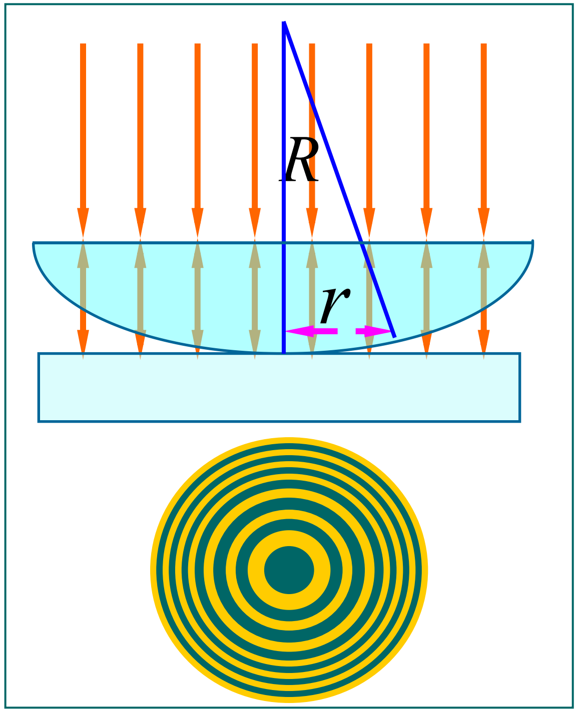
- 将牛顿环置于 $n>1$ 的液体中，条纹变密！

- 应用例子:可以用来测量光波波长，用于检测透镜质量，曲率半径等。

$$r_k^2 = kR\lambda$$

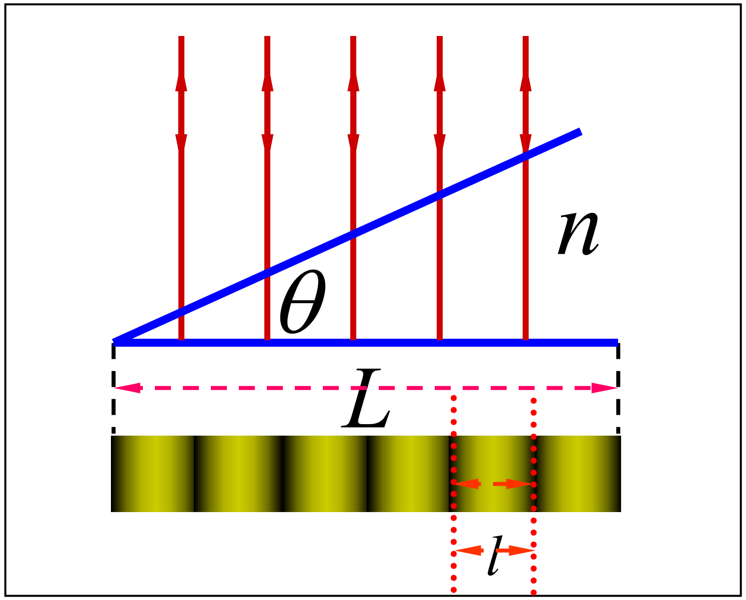
$$r_{k+m}^2 = (k+m)R\lambda$$

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



例1 有一玻璃劈尖，放在空气中，劈尖夹角 $\theta=8\times10^{-5}$rad，用波长 $\lambda=589$nm 的单色光垂直入射时，测得干涉条纹的宽度 $l=2.4$mm，求这玻璃的折射率。

解:



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

$$\therefore \quad n=\frac{\lambda}{2l\sin\theta}$$

$\because$ θ很小，$\therefore$ $\sin\theta\approx\theta$

$$n=\frac{5.89\times10^{-7}\,\text{m}}{2\times8\times10^{-5}\times2.4\times10^{-3}\,\text{m}}=1.53$$

例2 用氦氖激光器发出的波长为633nm的单色光做牛顿环实验，测得第个k 暗环的半径为5.63mm，第k+5暗环的半径为7.96mm，求平凸透镜的曲率半径R.

解:

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

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

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

$$R = \frac{(7.96\times10^{-3})^2 - (5.63\times10^{-3})^2}{5\times633\times10^{-9}} = 10.0(\mathrm{m})$$

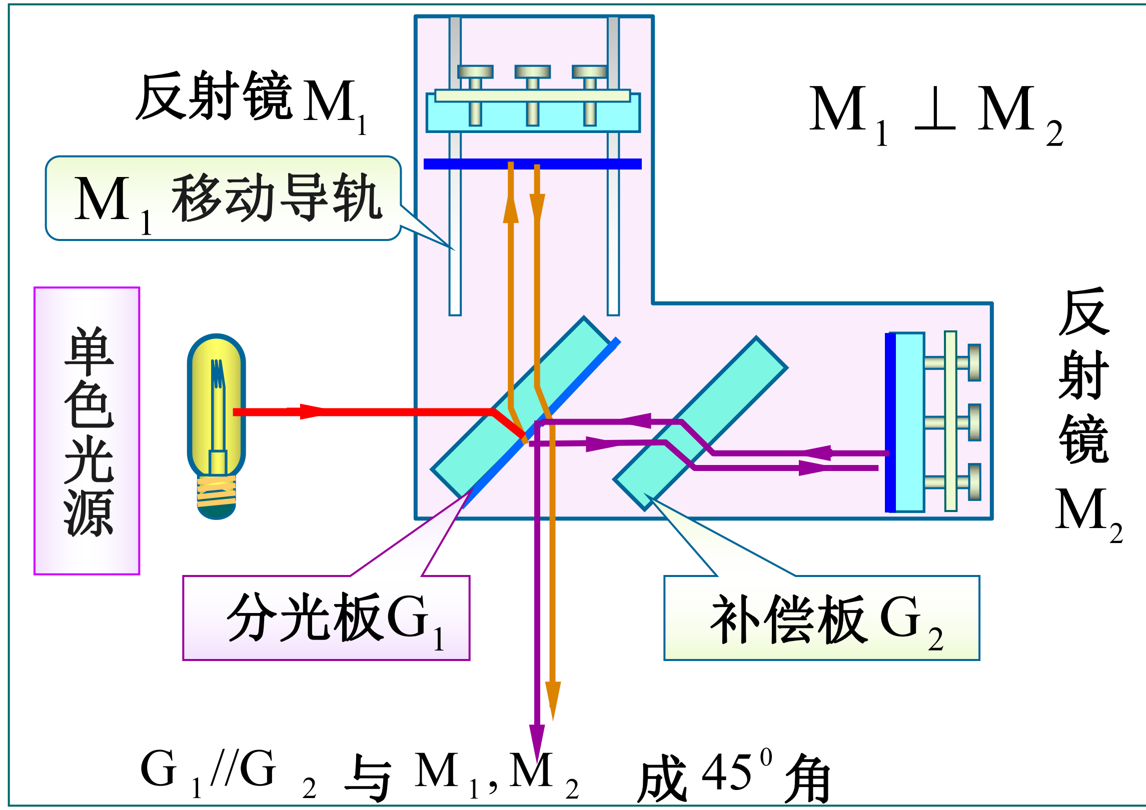
三、迈克耳孙干涉仪

迈克耳孙
A.A.Michelson

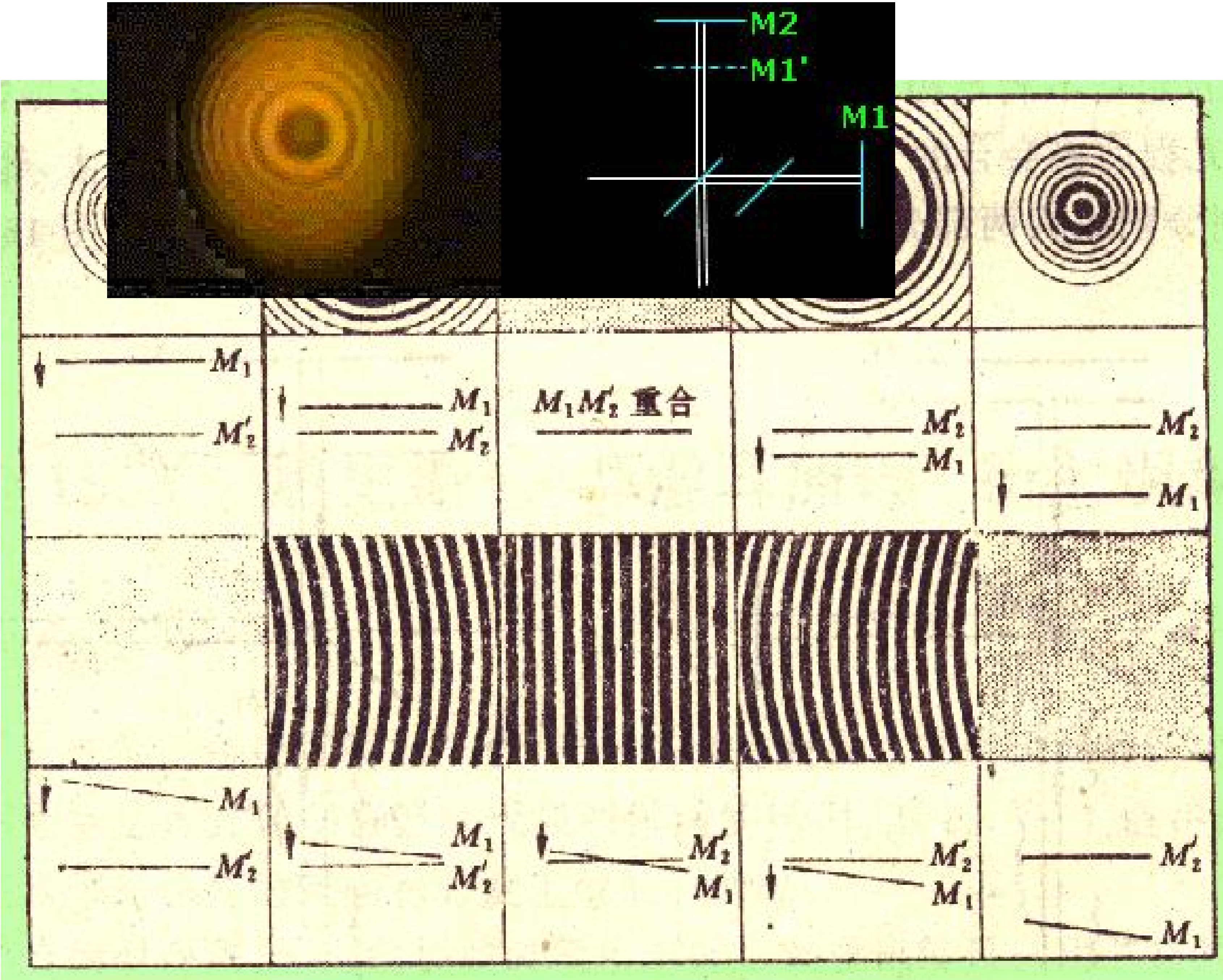
美籍德国人

——因创造精密光学仪器，用以进行光谱学和度量学的研究，并精确测出光速，获1907年诺贝尔物理奖。

迈克尔孙干涉仪——

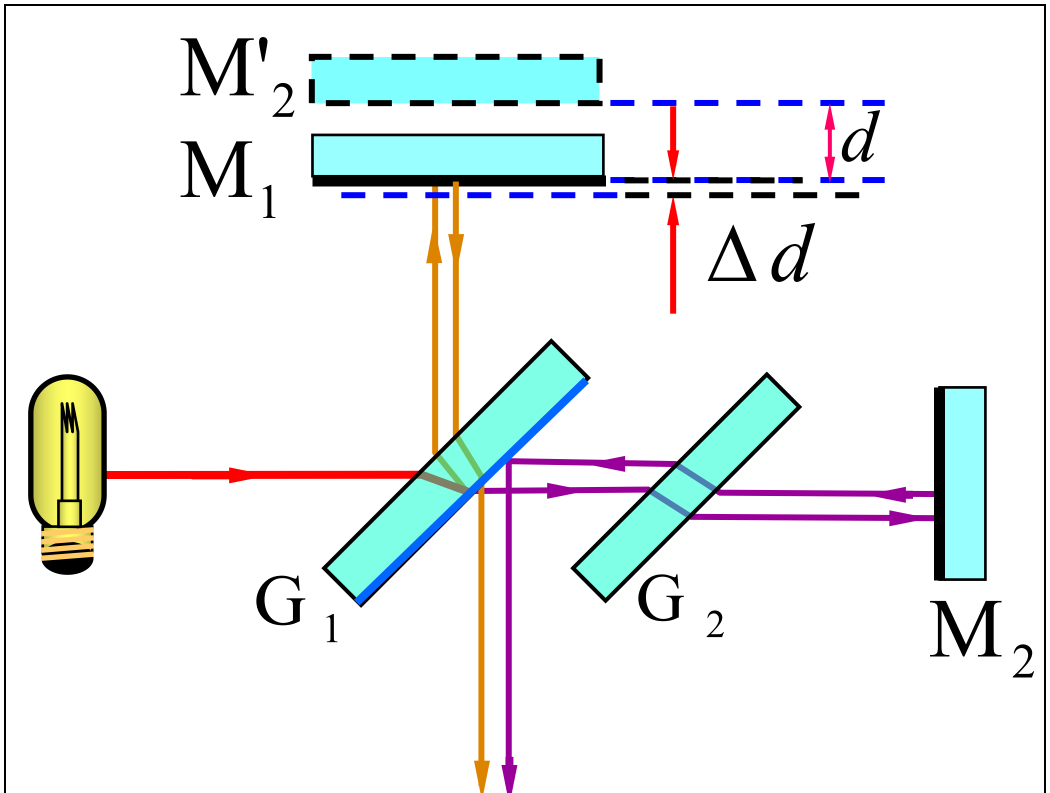


反射镜 M_1
$M_1 \perp M_2$
M_1 移动导轨
单色光源
反射镜 M_2
分光板 G_1
补偿板 G_2
$G_1 // G_2$ 与 M_1, M_2 成 45^0 角


M2
M1'
M1
M1
M2'
M1
M2'
M1M2' 重合
M2'
M1
M2'
M1
M1
M2'
M1
M2'
M2'
M1
M2'
M1
M2'
M1

迈克耳孙干涉仪的主要特性

(1) 两相干光束完全分开；
(2) 两光束的光程差可调。

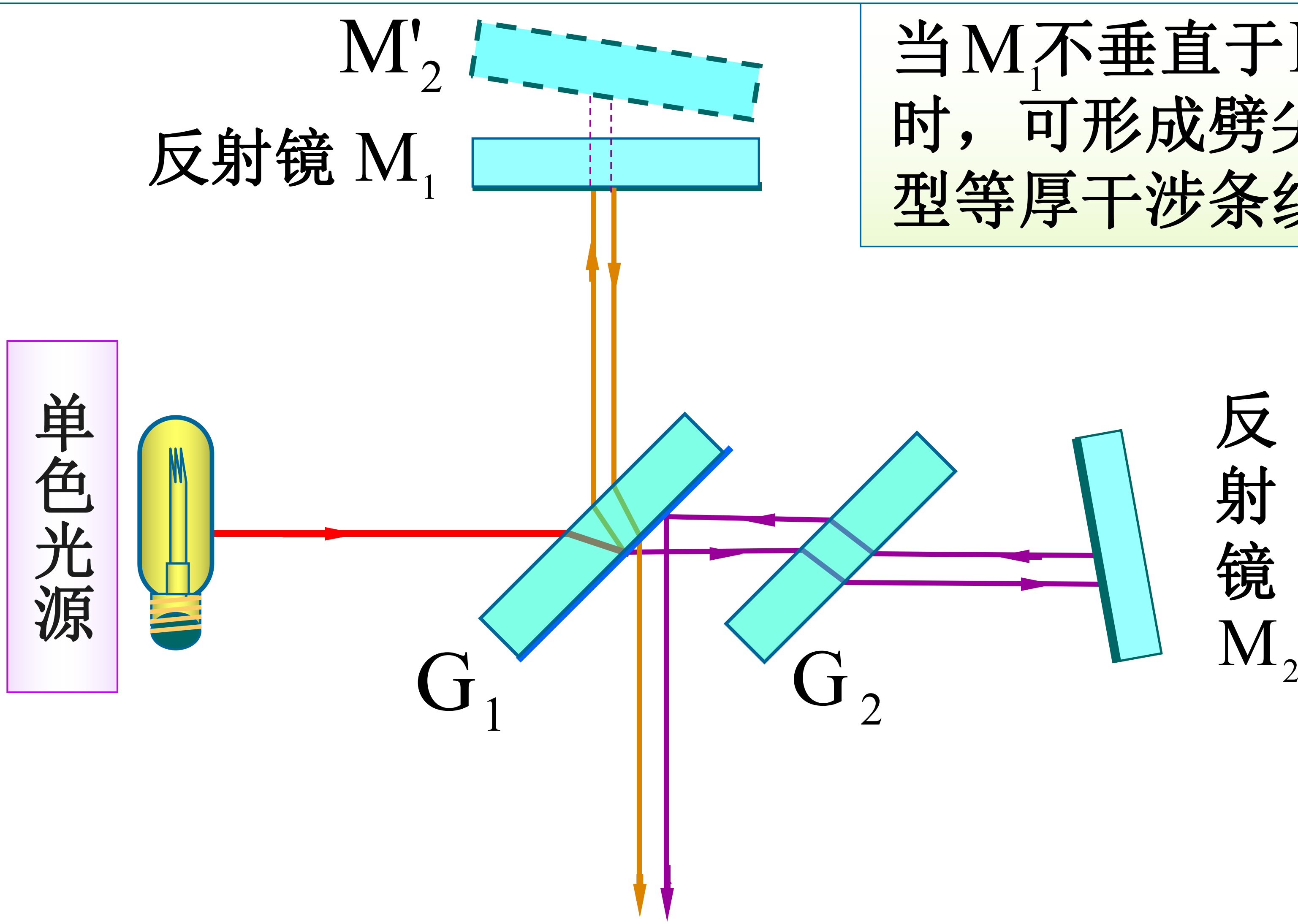


移动反射镜

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

M1移动距离

干涉条纹移动数目



当M_1不垂直于M_2时，可形成劈尖型等厚干涉条纹.