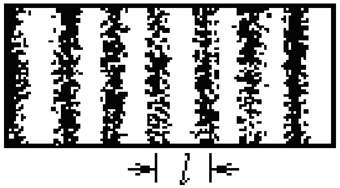
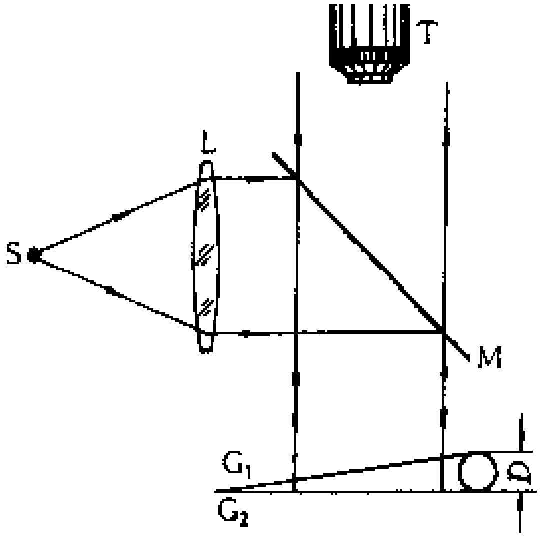
第11章光的干涉

11.3.2 劈尖干涉

如图所示，G_1、G_2为两片平板玻璃（折射率为n_1），一端接触，一端被一直径为 D 的细丝隔开，G_1、G_2夹角θ很小，在G_1的下表面与G_2的上表面间形成空气薄层（或其它介质薄层，如流体、固体层等）（折射率为n），此装置称为劈尖，两玻璃板接触为劈尖棱边。



干涉条纹

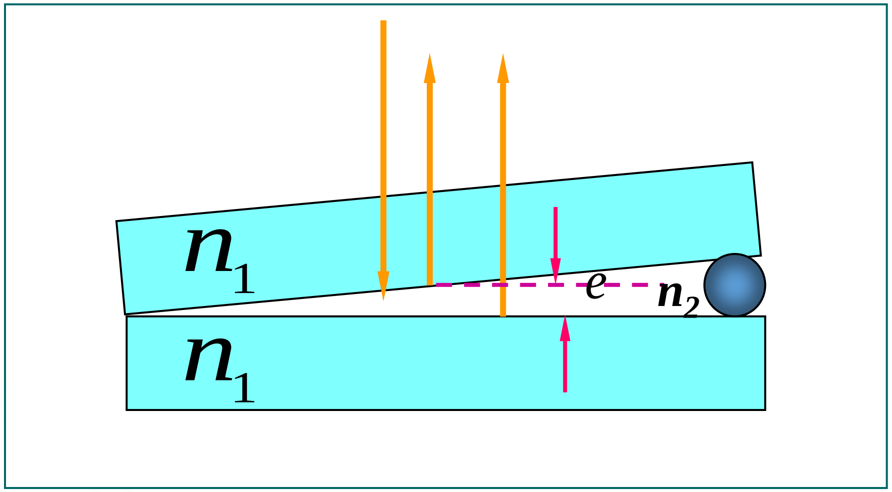


M为以倾斜45⁰角放置的半透明半反射镜， L为透镜， T为显微镜。

11.3.2 劈尖干涉

1 干涉条纹分析

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



$$\delta = \begin{cases} j\lambda,\ j = 1, 2, \cdots & \text{明条纹} \\ (2j+1)\dfrac{\lambda}{2},\ j = 0, 1, \cdots & \text{暗条纹} \end{cases}$$

凡劈尖上厚度相同的地方，两反射光的光程差都相等，都与一定的明纹或暗纹的j值相对应，也即同一级条纹,无论是明纹还是暗纹，都出现在厚度相同的地方，劈尖干涉条纹是平行于棱边且位于劈表面明暗相间的直条纹.

$e = 0$ 时，$\delta = \dfrac{\lambda}{2}$ 棱边处为暗纹.

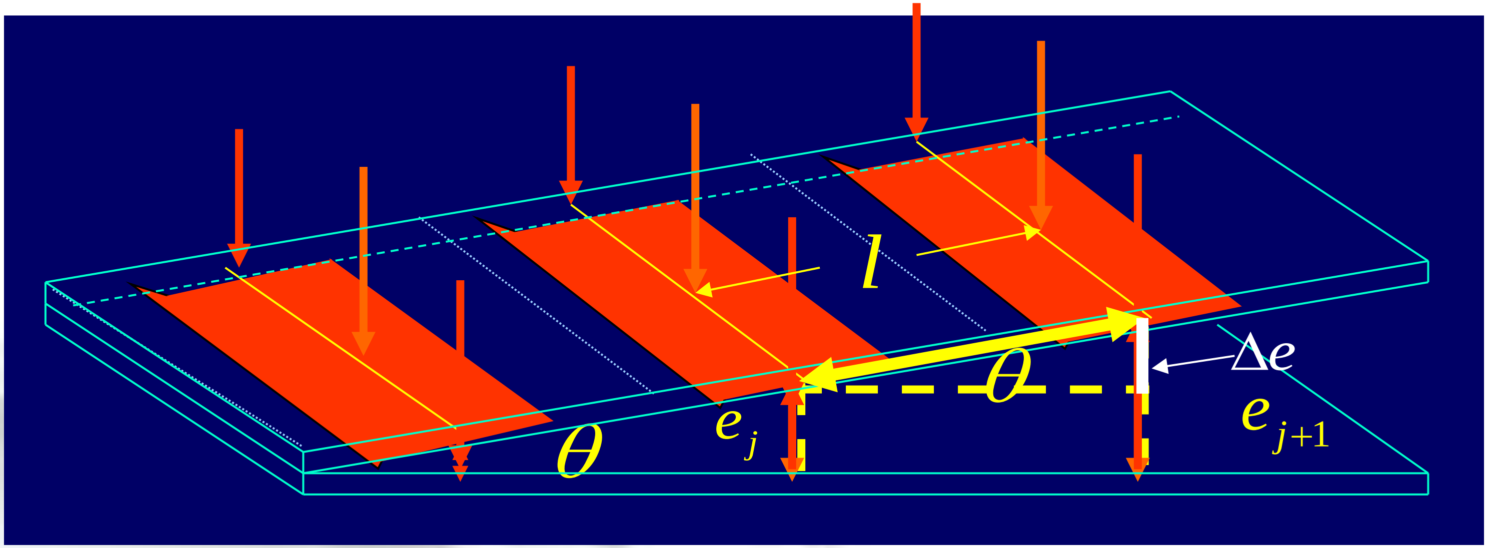
11.3.2劈尖干涉

两相邻明纹（或暗纹）对应的厚度差为

$$\Delta e = e_{j+1} - e_j = \frac{\lambda}{2n_2}$$

任何相邻明纹（或暗纹）之间的空气隙厚度差为$\frac{\lambda}{2n_2}$。所以，在某处的空气膜厚度改变$\frac{\lambda}{2n_2}$的过程中，将观察到该处干涉条纹由亮逐渐变暗又逐渐变亮（或由暗逐渐变亮又逐渐变暗），好像干涉条纹移动了一条似的。

11.3.2 劈尖干涉



两相邻明纹（或暗纹）间距 $l=\dfrac{\Delta e}{\sin\theta}=\dfrac{\lambda}{2n_2\sin\theta}\approx\dfrac{\lambda}{2n_2\theta}$

条纹特点

❖ ***θ***越小，***l***越大，干涉条纹越稀疏；***θ***越大，***l***越小，干涉条纹越密集。当***θ***过大时，干涉条纹密集的无法分辨

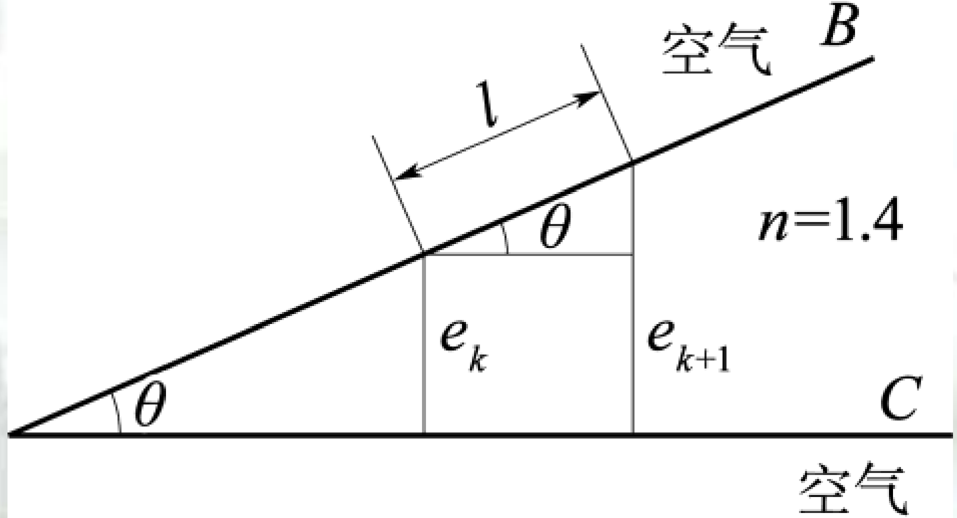
11.3.2 劈尖干涉

例 利用劈尖干涉可以测量微小角度. 如图所示，折射率n=1.4的劈尖在某单色光的垂直照射下，测得两相邻明条纹之间的距离是l=0.25cm. 已知单色光在空气中的波长$\lambda = 700\ nm$，求劈尖的顶角θ.

解 如图：按明条纹出现的条件，e_k 和 e_{k+1} 应满足下列两式：

$$2ne_k + \frac{\lambda}{2} = k\lambda$$

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



上一页 下一页 返回目录

11.3.2 劈尖干涉

$$n(e_{k+1}-e_k)=\frac{\lambda}{2} \qquad e_{k+1}-e_k=\frac{\lambda}{2n}$$

由图 $l\sin\theta=e_{k+1}-e_k$ $\therefore\ \sin\theta=\frac{\lambda}{2nl}$

将 $n=1.4, l=0.25cm, \lambda=7\times10^{-5}cm$ ，代入得

$$\sin\theta=\frac{\lambda}{2nl}=\frac{7\times10^{-5}}{2\times1.4\times0.25}=10^{-4}$$

因**sinθ**很小，所以 $\theta\approx\sin\theta=10^{-4}rad$

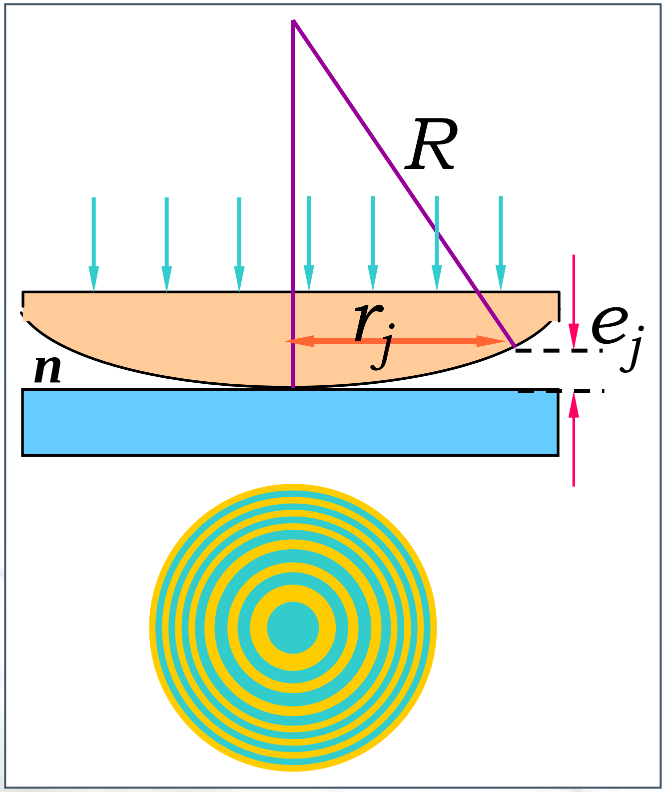
11.3.3 牛顿环

光程差 $\delta = 2ne + \dfrac{\lambda}{2}$

$$\delta = \begin{cases} j\lambda, \ (j = 1, 2, \cdots) & \text{明条纹} \\ (2j+1)\dfrac{\lambda}{2}, \ (j = 0, 1, \cdots) & \text{暗条纹} \end{cases}$$

$$r_j^{\ 2} = R^2 - (R - e_j)^2 = 2e_j R - e_j^{\ 2}$$

$$\because R >> e_j \ \therefore e_j^{\ 2} \approx 0 \quad e_j = \frac{r_j^{\ 2}}{2R}$$



$$\begin{cases} r_j = \sqrt{\dfrac{(2j-1)R\lambda}{2n}} \quad (j = 1, 2, \cdots) & \text{明环} \\ r_j = \sqrt{\dfrac{jR\lambda}{n}} \quad (j = 0, 1, 2, \cdots) & \text{暗环} \end{cases}$$

11.3.3 牛顿环

★ **当透镜与玻璃板的间距变化时**

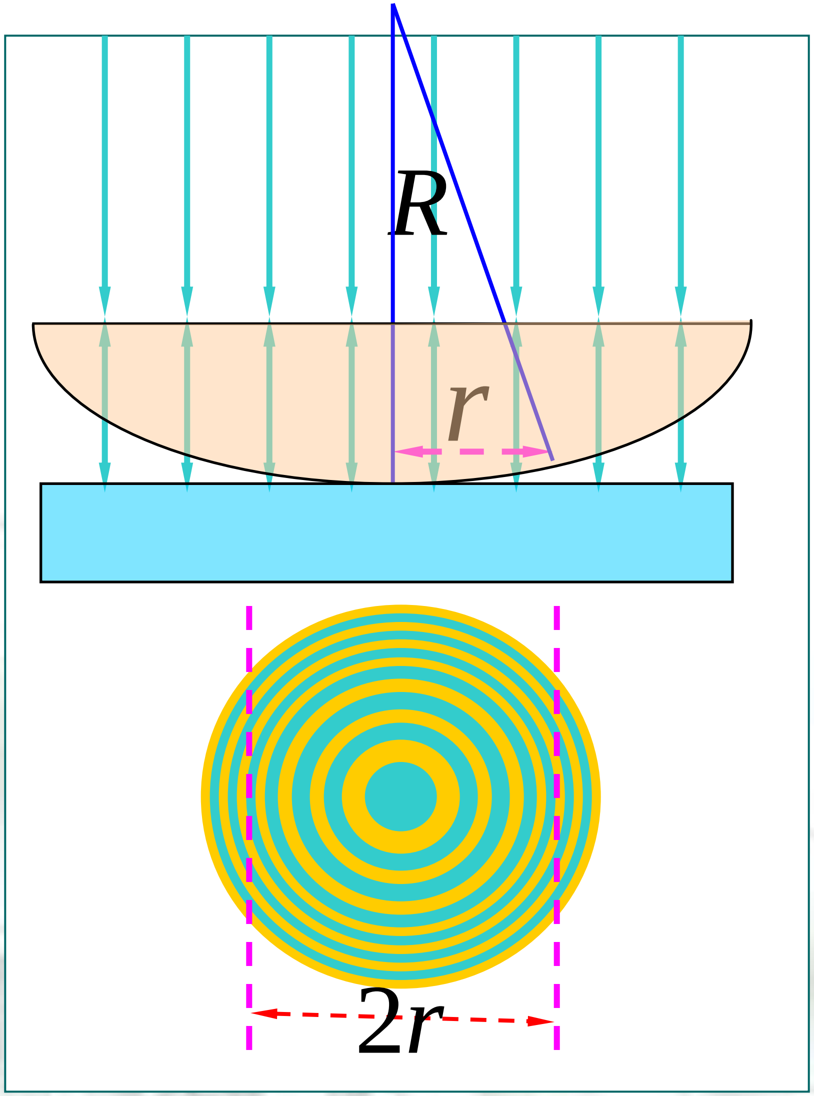
$$\begin{cases} e\uparrow \text{—环由外向中心缩进；} \\ e\downarrow \text{—环由中心向外冒出} \end{cases}$$

✓ **测量凸透镜曲率半径**

$$r_n^2 = nR\lambda$$

$$r_m^2 = mR\lambda$$

$$\boxed{R = \frac{r_m^2 - r_n^2}{(m-n)\lambda}}$$



11.3.3 牛顿环

例 在空气(取$n=1$)牛顿环中，用波长为λ 的单色光垂直入射，测得第 **k** 个暗环半径为r_k 第 **k+m** 个暗环半径为r_{k+m}。求曲率半径R。

解 牛顿环第 **k** 个暗环半径为 $r_k = \sqrt{kR\lambda}$

第 **k+m** 个暗环半径为 $r_{k+m} = \sqrt{(k+m)R\lambda}$

解得

$$R = \frac{r_{k+m}^2 - r_k^2}{m\lambda} = \frac{1}{m\lambda}(r_{k+m} - r_k)(r_{k+m} + r_k)$$

11.3.3 牛顿环

例 在牛顿环实验中，透镜的曲率半径为5.0*m*，直径为2.0 *cm*.

(1) 用波长λ＝589.3*nm*的单色光垂直照射时，可看到多少干涉条纹？

(2) 若在空气层中充以折射率为*n*的液体，可看到46条明条纹，求液体的折射率(玻璃的折射率为1.50).

解 (1) 由牛顿环明环半径公式

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

11.3.3 牛顿环

$$k=\frac{r^2}{R\lambda}+\frac{1}{2}=\frac{(1.0\times10^{-2})^2}{5\times5.893\times10^{-7}}+\frac{1}{2}=34.4$$

可看到34条明条纹.

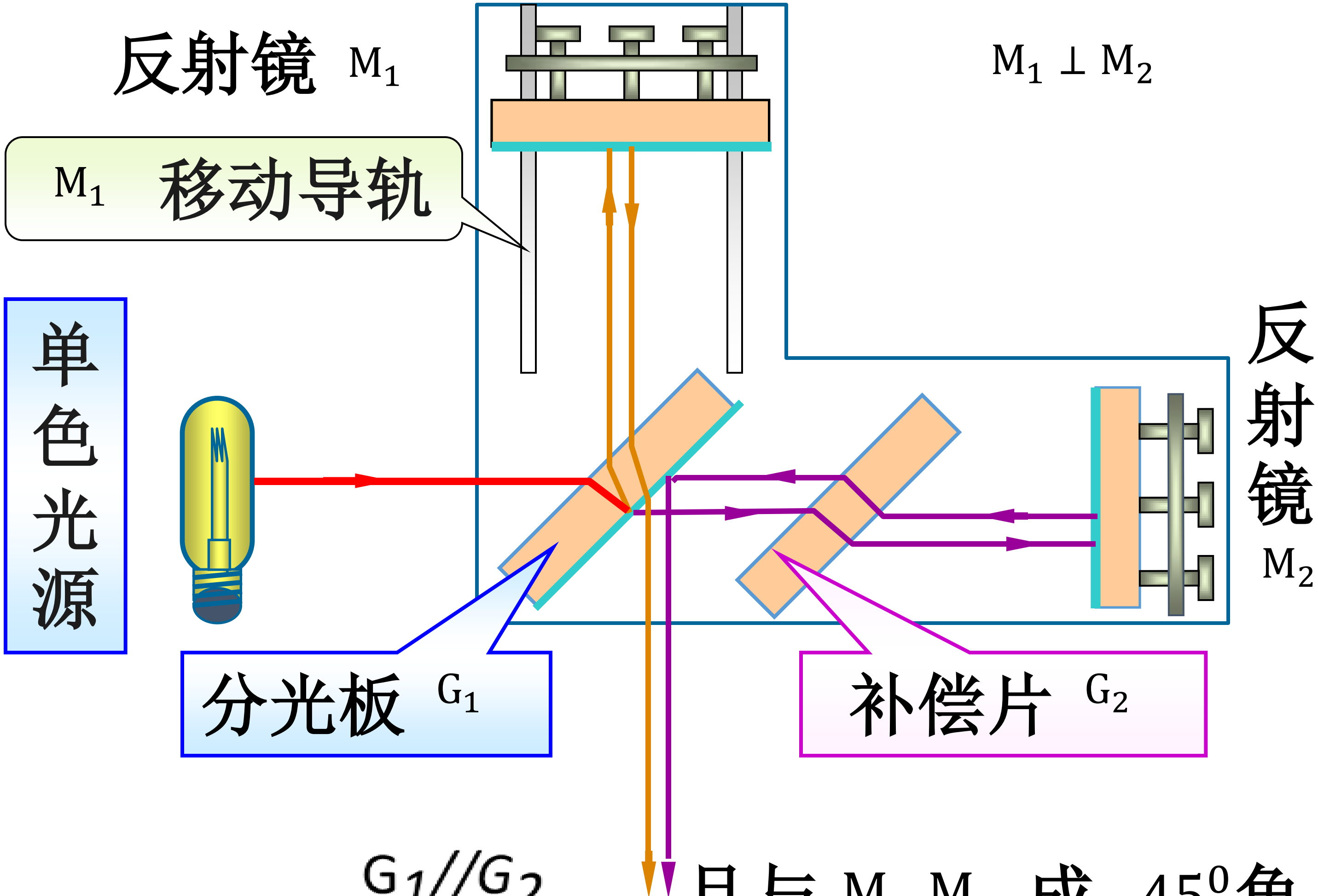
(2) 若在空气层中充以液体，则明环半径为

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

$$n=\frac{(2k-1)R\lambda}{2r^2}=\frac{(2\times46-1)\times5\times5.893\times10^{-7}}{2\times(1.0\times10^{-2})^2}=1.33$$

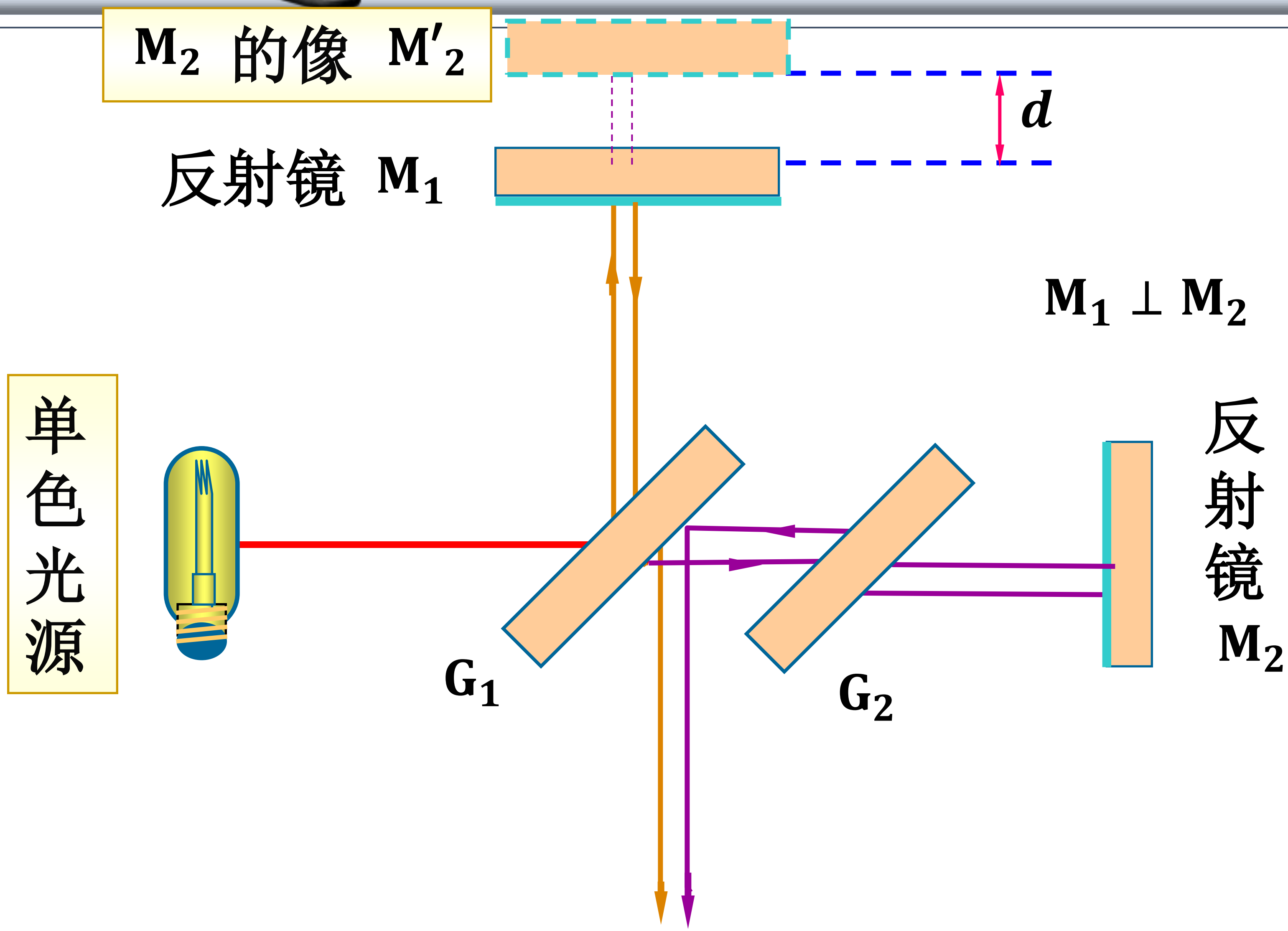
可见牛顿环中充以液体后，干涉条纹变密.

11.4 迈克耳逊干涉仪



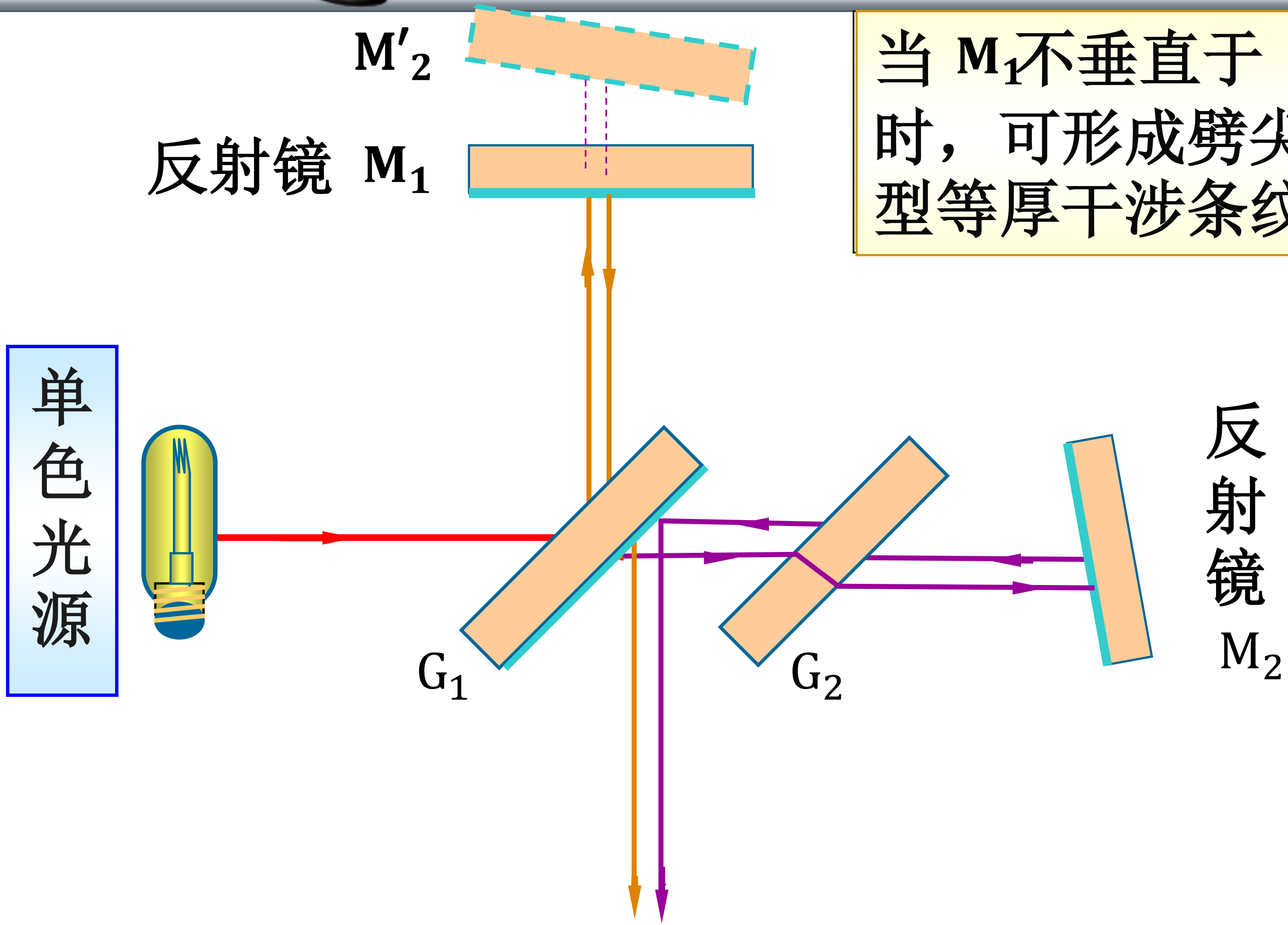
$G_1 // G_2$，且与 M_1, M_2 成 45^0角

11.4　迈克耳逊干涉仪

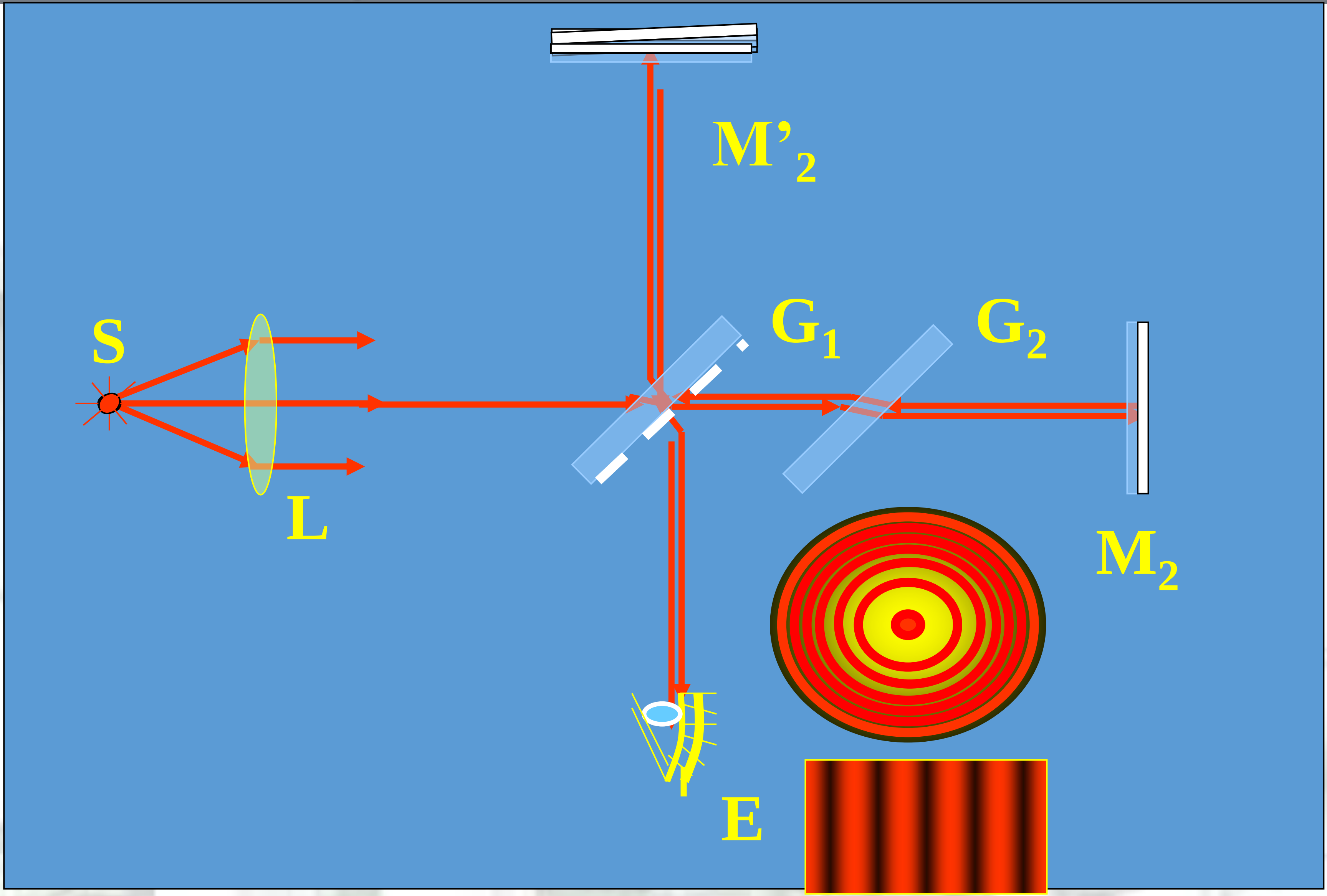


11.4 迈克耳逊干涉仪

当 M_1不垂直于 M_2 时，可形成劈尖型等厚干涉条纹.

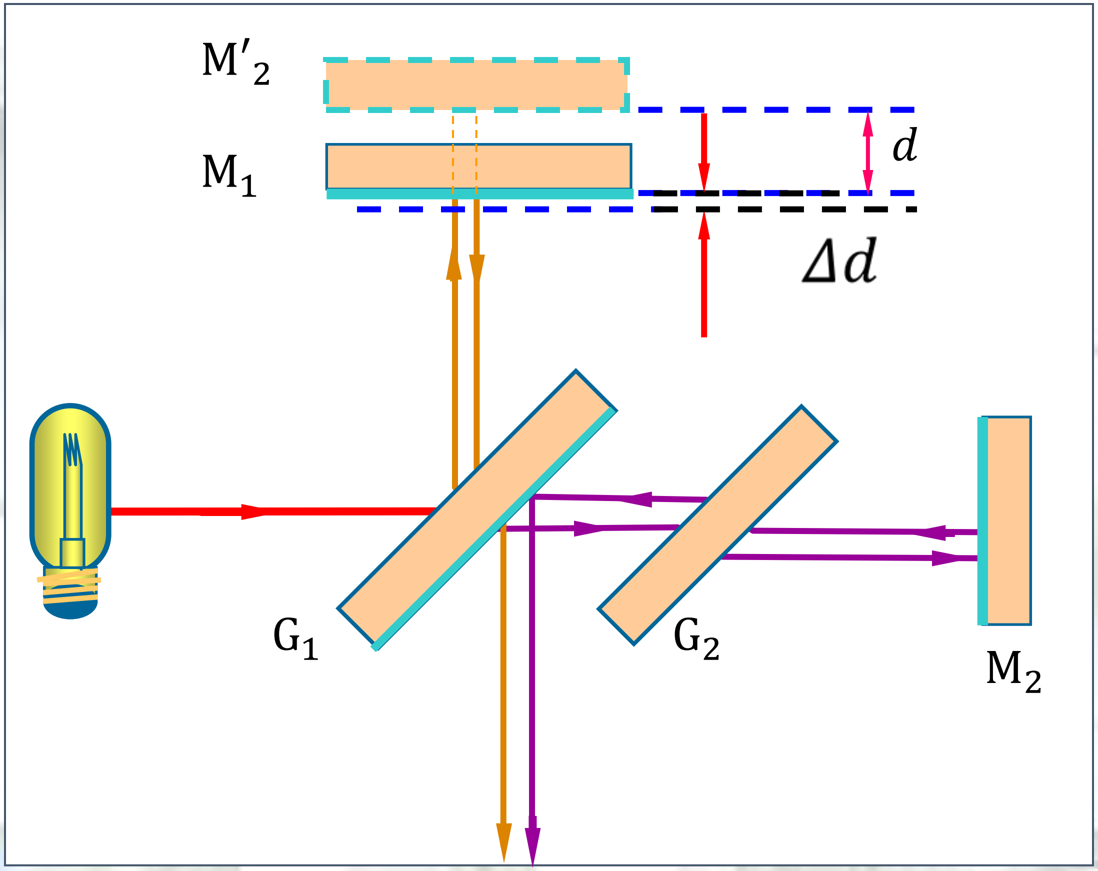


11.4 迈克耳逊干涉仪



✓ 迈克尔孙干涉仪的主要特性

两相干光束在空间完全分开，并可用移动反射镜或在光路中加入介质片的方法改变两光束的光程差.



移动反射镜 M_2

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

M_2 移动距离

干涉条纹移动数目

应用

迈克耳逊干涉仪的一个重要应用是测量物体长度。其测量精度可达到一个光波波长的0.01，即可精确到10^{-9}m。其基本原理就是上节所讲的组成尖劈的两块平板玻璃上下有相对移动时引起干涉条纹的移动。迈克耳逊干涉仪的平面M_2是可移动的。当M_2移动时，M_1和M_2之间的距离就会改变，在接收器上就可看到干涉条纹的移动。M_2移动的距离d与波长的关系为

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

作业:

课后习题

11.7　11.9　11.11　11.13　11.15