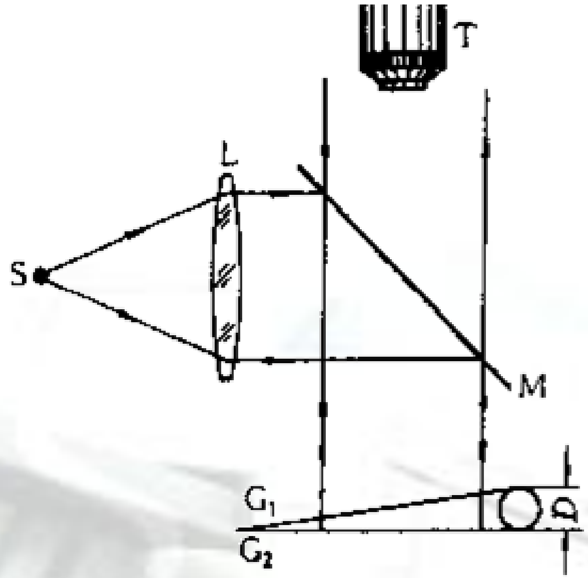
第11章光的干涉

11.3.2 劈尖干涉

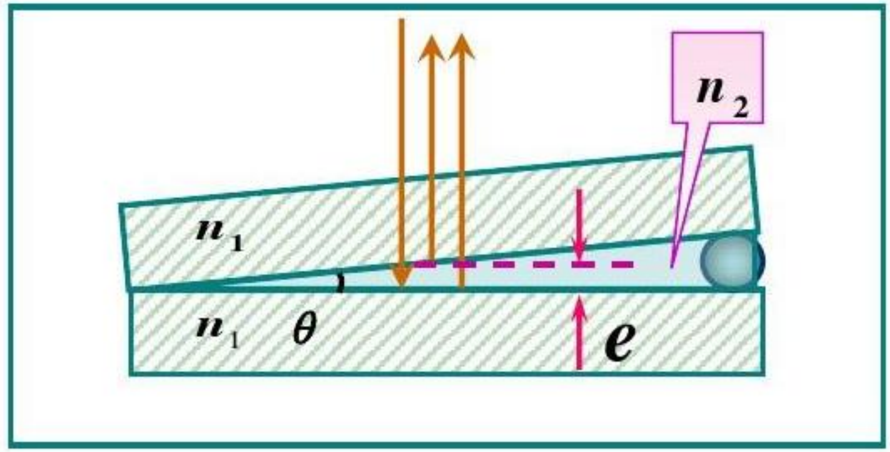


G_1和G_2为两片平板玻璃（折射率为n_1），一端接触，一端被一直径为D的细丝隔开，G_1和G_2间的夹角θ很小，在G_1的下表面与G_1的上表面间形成空气薄层（或其它介质薄层，如流体、固体层等，折射率为n），此装置称为劈尖，两玻璃板接触为劈尖棱边。M为以倾斜45^0角放置的半透明半反射镜，L为透镜，T为显微镜。

11.3.2 劈尖干涉

1 干涉条纹分析

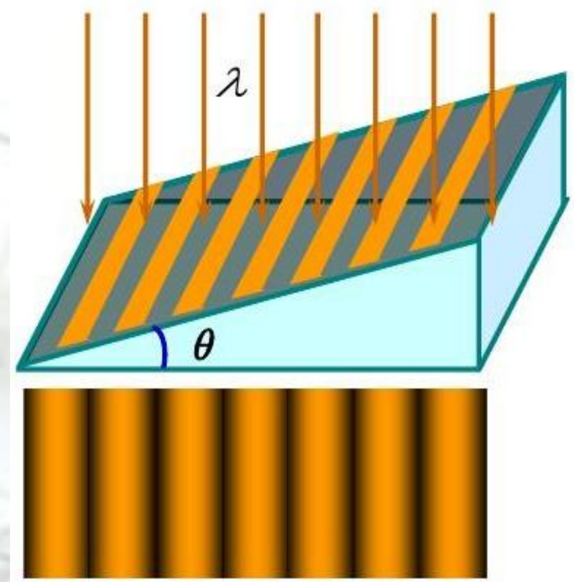
$$\boxed{\delta = 2n_2 e + \frac{\lambda}{2}}$$



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

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，$\delta = \lambda/2$棱边处为暗纹



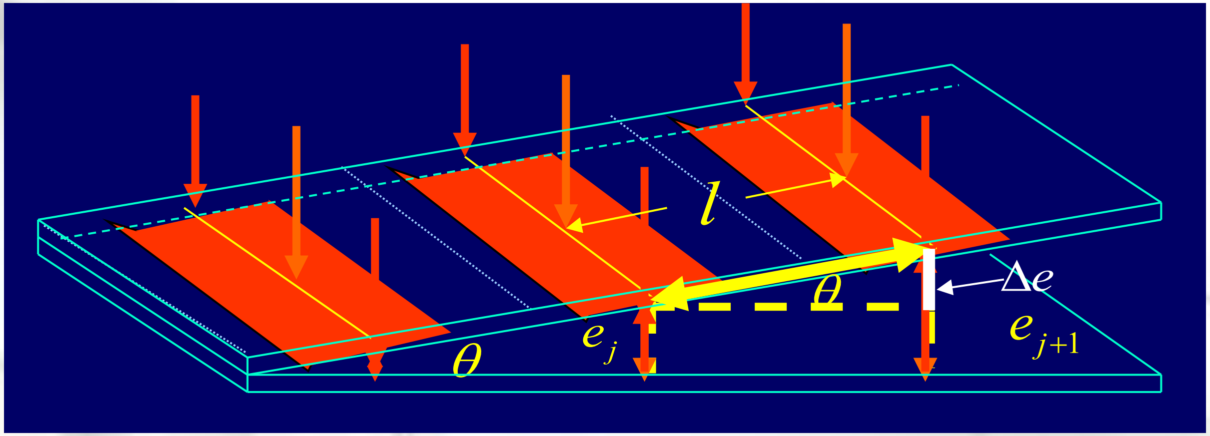
上一页 下一页 返回目录

11.3.2 劈尖干涉

两相邻明纹（或暗纹）对应的厚度差为

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

所以，在某处的空气膜厚度改变$\lambda/(2n_2)$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。



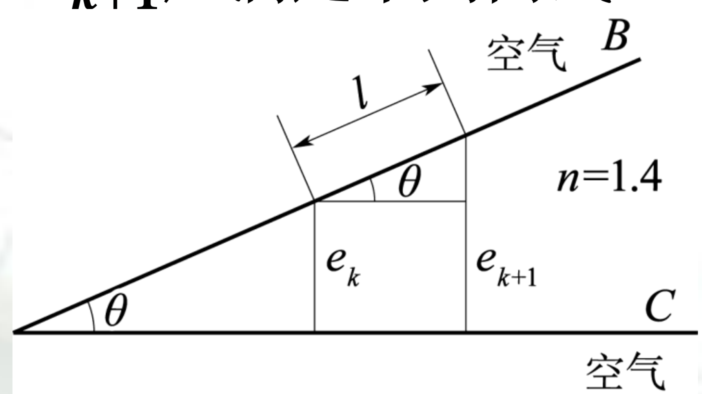
两相邻明纹（暗纹）间距$l = \dfrac{\Delta e}{sin\theta} = \dfrac{\lambda}{2n_2 sin\theta} \approx \dfrac{\lambda}{2n_2\theta}$。$\boldsymbol{\theta}$越小，$\boldsymbol{l}$越大，干涉条纹越稀疏；$\boldsymbol{\theta}$越大，$\boldsymbol{l}$越小，干涉条纹越密集。当$\boldsymbol{\theta}$过大时，干涉条纹密集的无法分辨

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$\lambda = 700nm$，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：

$$\begin{cases} 2ne_k + \dfrac{\lambda}{2} = k\lambda \\ 2ne_{k+1} + \dfrac{\lambda}{2} = (k+1)\lambda \end{cases} \Rightarrow e_{k+1} - e_k = \frac{\lambda}{2n}$$



由图$l\sin\theta = e_{k+1} - e_k \Rightarrow \sin\theta = \dfrac{\lambda}{2nl} = 10^{-4}$

由于θ很小，所以$\theta \approx \sin\theta = 10^{-4}\,rad$

11.3.3 牛顿环

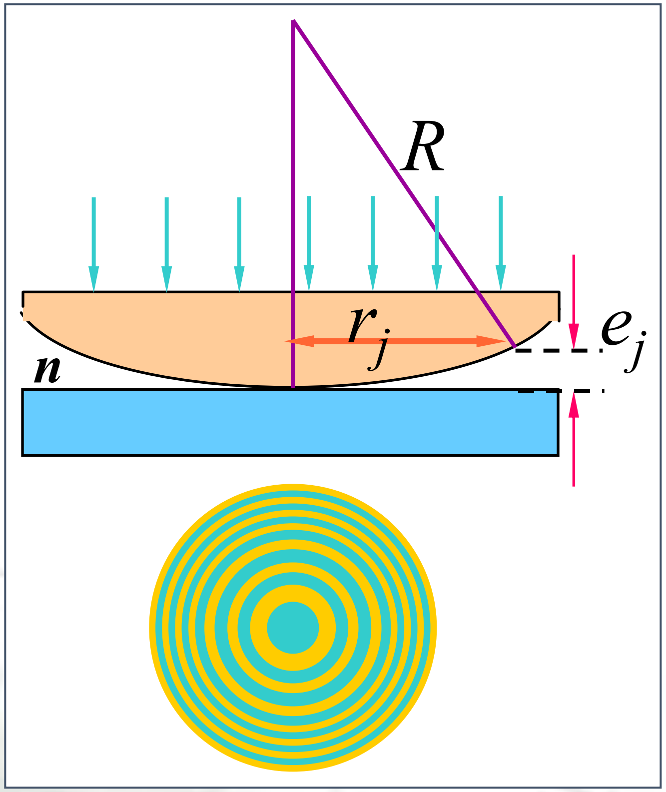
光程差$\delta = 2ne + \frac{\lambda}{2}$

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

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

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

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



11.3.3 牛顿环

★ 当透镜与玻璃板的间距变化时

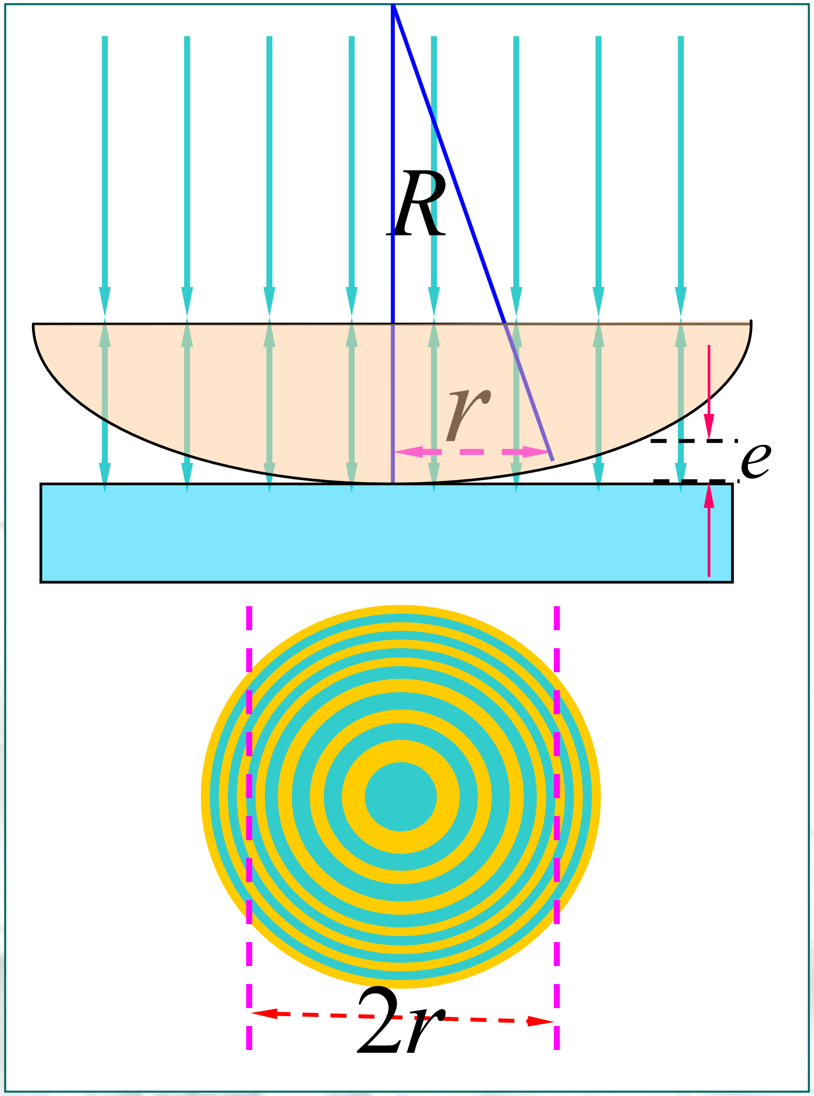
$$\begin{cases} e\uparrow：\text{环由外向中心缩进；} \\ e\downarrow：\text{环由中心向外冒出} \end{cases}$$

✓ 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
$$\begin{cases} r_k = \sqrt{kR\lambda}, & \text{第}k\text{个暗环半径} \\ r_{k+m} = \sqrt{(k+m)R\lambda}, & \text{第}(k+m)\text{个暗环半径} \end{cases}$$

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

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

解　(1)由牛顿环明环半径公式

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

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

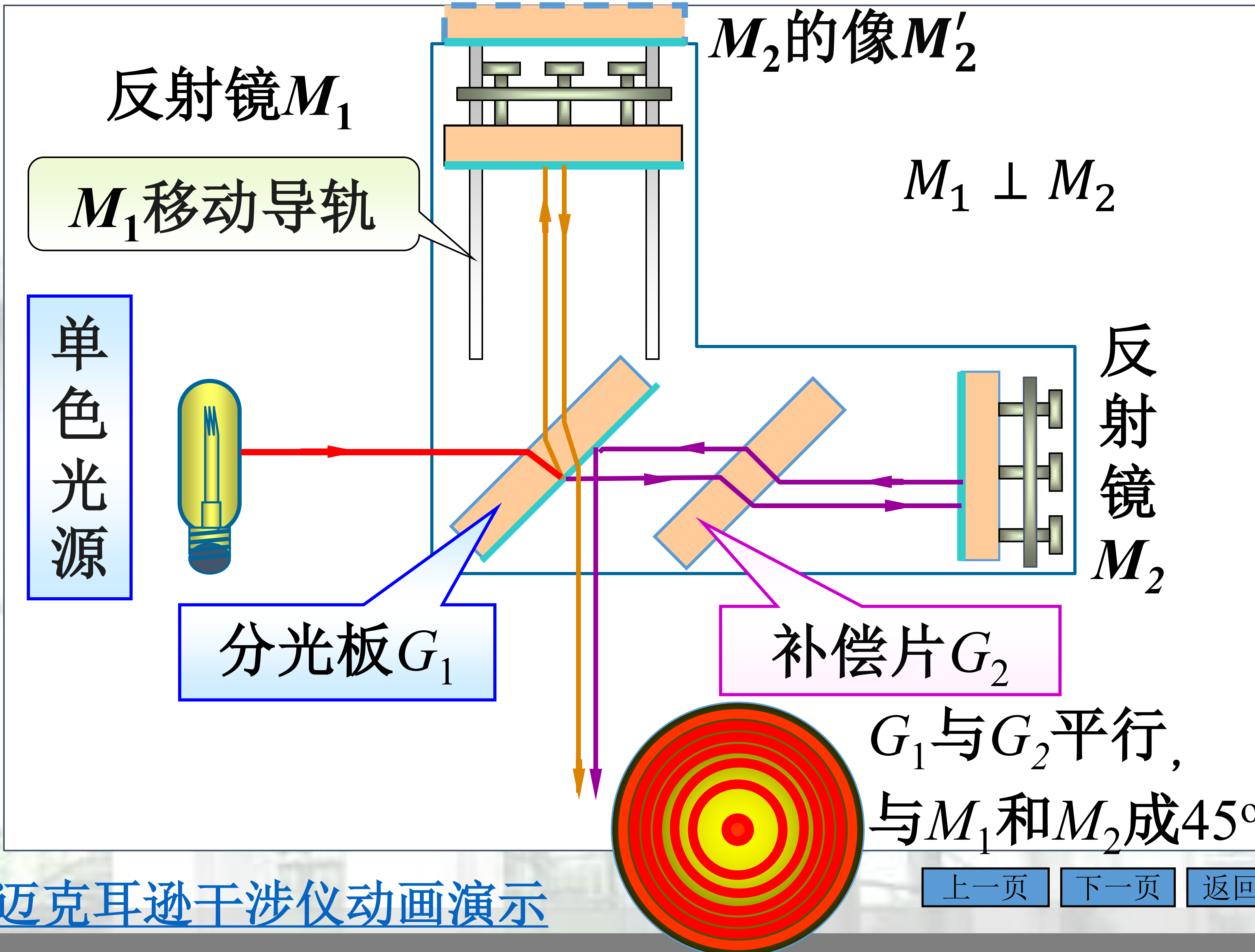
可看到34条明条纹

(2)若在空气层中充以液体，则明环半径为

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

$$\Rightarrow n=\frac{(2k-1)R\lambda}{2r^2}=\frac{(2\times 46-1)\times 5\times 5.893\times 10^{-7}}{2\times(1.0\times 10^{-2})^2}=1.33$$

11.4　迈克耳逊干涉仪

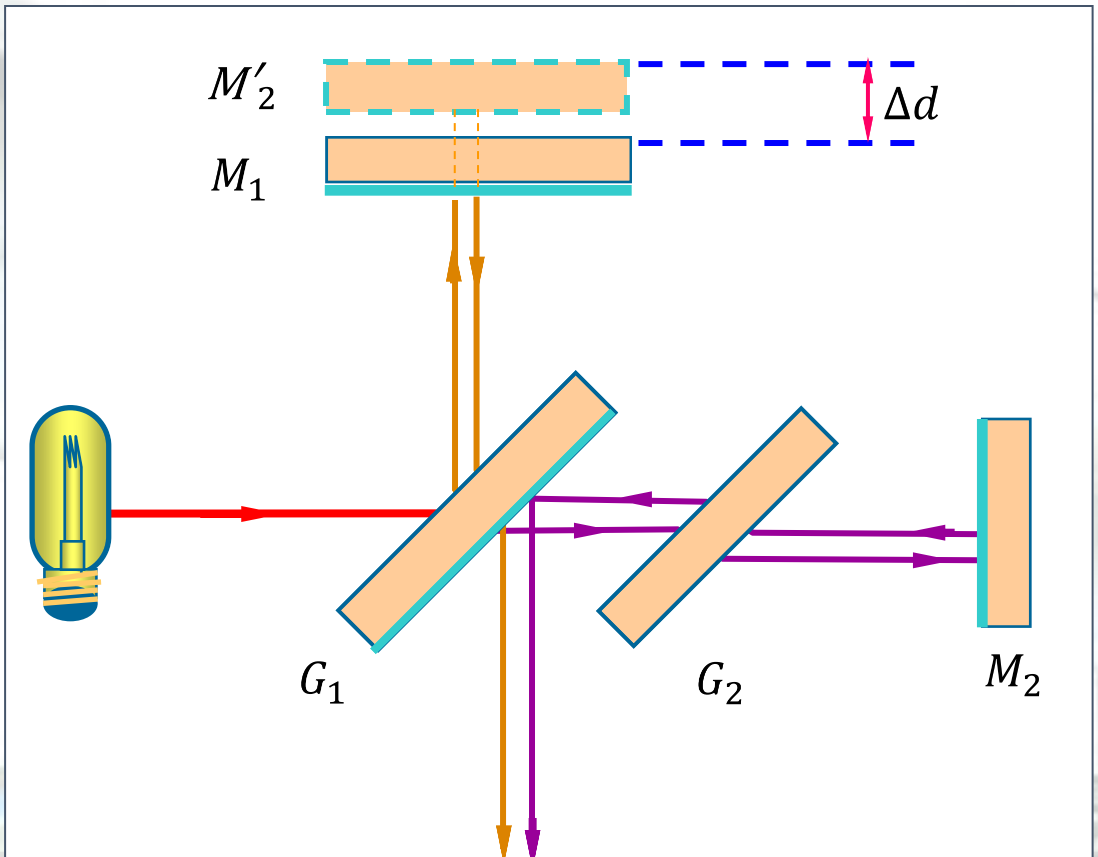


G_1与G_2平行，与M_1和M_2成45°

迈克耳逊干涉仪动画演示

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G_2的方法改变两光束的光程差



移动反射镜M_2

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

M_2移动的距离

干涉条纹移动数目

作业

课后习题

11.7　11.9　11.11　11.13　11.15