大学物理

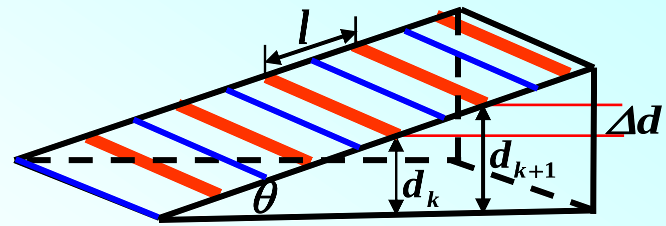
College Physics

主讲

华 中 科 技 大 学

刘超飞

● 2.等厚干涉　(薄膜厚度不匀)



1）劈尖干涉(空气隙劈尖)

$$\begin{cases} 2d_k + \dfrac{\lambda}{2} = k\lambda \quad (k=1,2,\cdots) \cdots \text{明纹} \\ 2d_k + \dfrac{\lambda}{2} = (2k+1)\dfrac{\lambda}{2} \quad (k=0,1,2\cdots)\cdots \text{暗纹} \end{cases}$$

干涉条纹的分布特征：

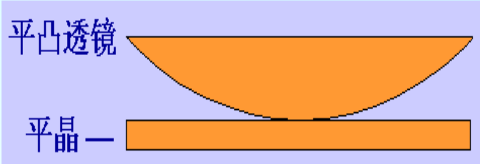
(1) 等厚条纹：每一 k 值对应劈尖某一确定厚度d。

(2) 相邻两明（暗）纹间对应的厚度差为: $\Rightarrow \Delta d = d_{k+1} - d_k = \dfrac{\lambda}{2n}$

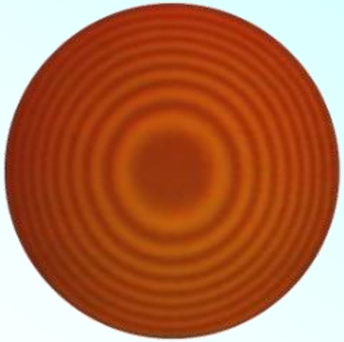
明（暗）纹间距: $\Rightarrow l = \dfrac{\lambda}{2n\sin\theta}$

(3) 复色光入射得彩色条纹。

2）牛顿环



$$2d_k+\frac{\lambda}{2}=\begin{cases}k\lambda & k=1,2\cdots \text{明} \\ (2k+1)\frac{\lambda}{2} & k=0,1,2\cdots \text{暗}\end{cases}$$



$$\Rightarrow \begin{cases}\text{暗环半径：} r=\sqrt{kR\lambda} & (k=0,1\cdots) \\ \text{明环半径：} r=\sqrt{\frac{(2k-1)R\lambda}{2}} & (k=1,2\cdots)\end{cases}$$

（1） $2d+\frac{\lambda}{2}=k\lambda \longrightarrow d\uparrow,\ k\uparrow$ **愈往边缘，条纹级别愈高。**

（2） $r_k=\sqrt{kR\lambda}\quad k=0,1,2\cdots$ **牛顿环的中心一定是暗点。**

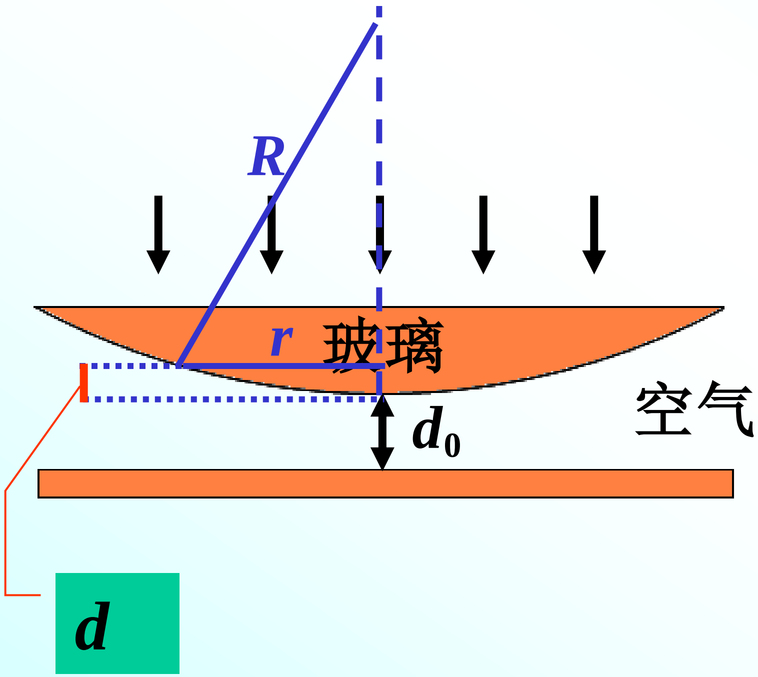
（3）相邻两暗环的间隔 $\Delta r_k=r_{k+1}-r_k\approx\sqrt{\frac{R\lambda}{4k}}\quad(k\gg1)$

内疏外密

（4）可求出 R： $R=\frac{r_{k+m}^2-r_k^2}{m\lambda}$

（5）已知R可求λ

例: 如图，用波长为λ的单色光垂直入射。平凸透镜的曲率半径为R，平凸透镜与平板玻璃间有一小间距d_0。求牛顿环中各暗环的半径。



解: 设第 k 级暗环的半径为r，有：

$$\delta_k = 2(d + d_0) + \frac{\lambda}{2} = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$$

$$\Rightarrow d = \frac{k\lambda}{2} - d_0$$

由几何关系可知：

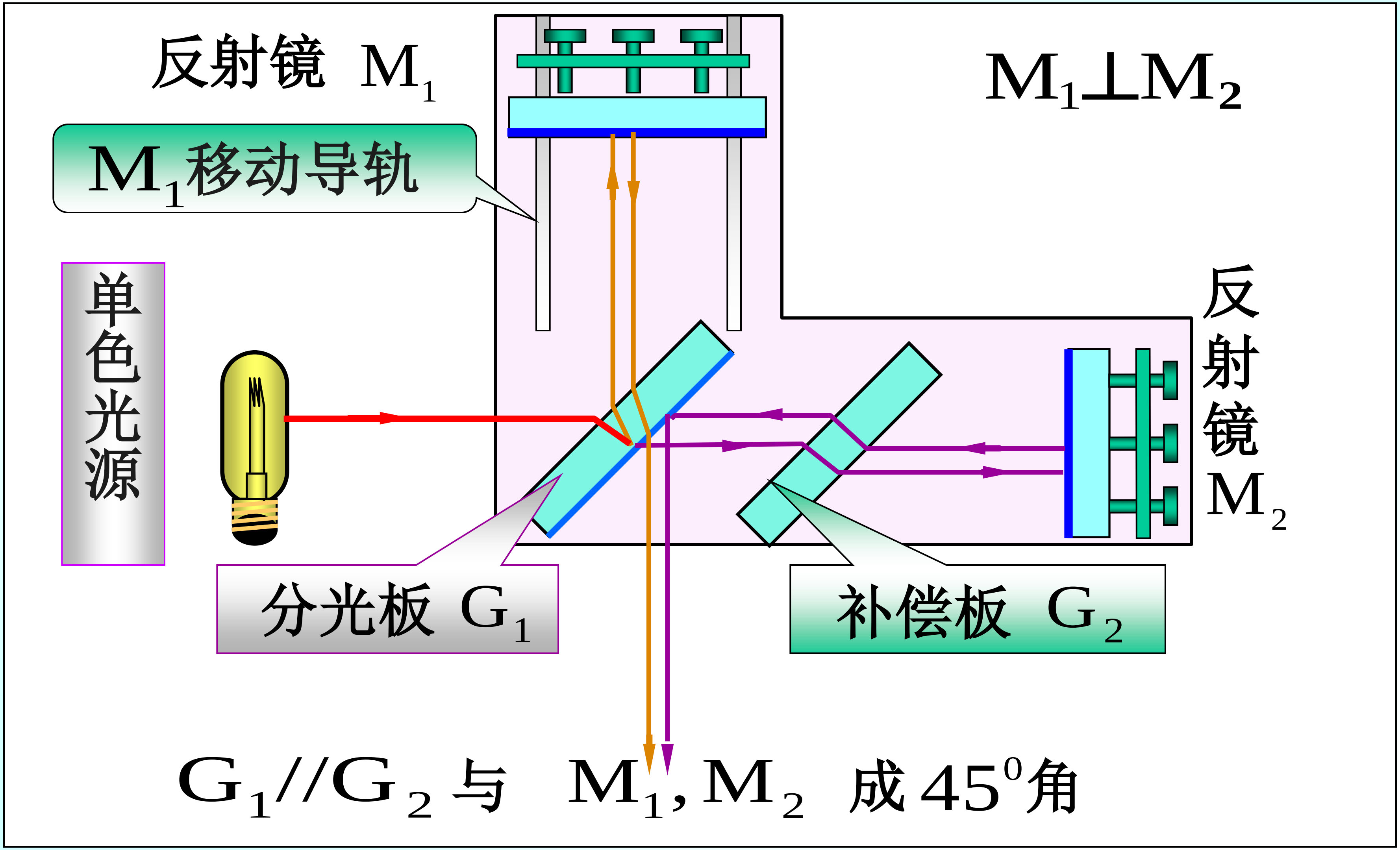
$$r^2 = R^2 - (R-d)^2 = 2Rd - d^2$$

$$\Rightarrow r^2 \approx 2Rd$$

$$\Rightarrow r = \sqrt{kR\lambda - 2Rd_0}$$

第 k 级暗环的半径

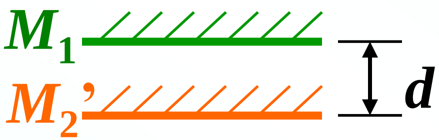
3) 迈克耳逊干涉仪

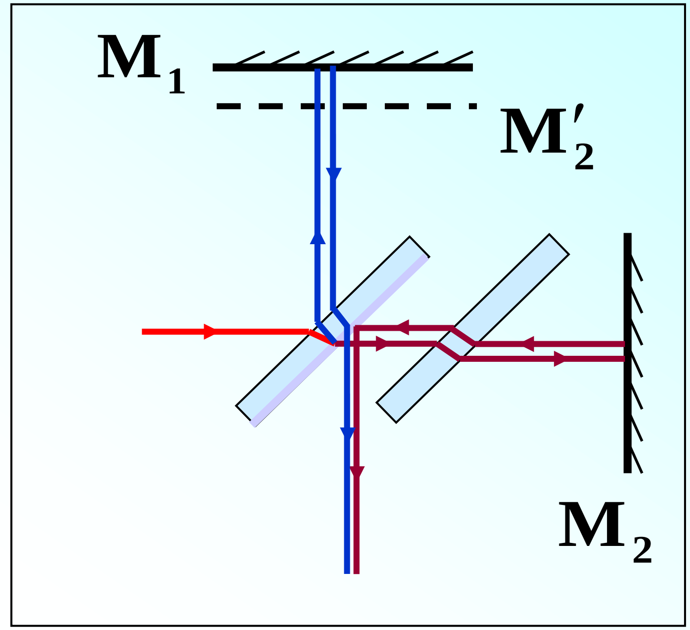


反射镜 M_1
$M_1 \perp M_2$
M_1移动导轨
单色光源
反射镜 M_2
分光板 G_1
补偿板 G_2
$G_1 // G_2$ 与 M_1, M_2 成 45^0角

迈克耳逊干涉仪

当 $M_1 \perp M_2 \longrightarrow M_1 \parallel M_2'$





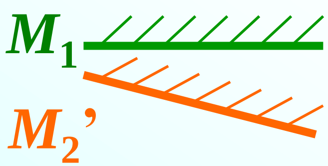
M_1与M_2'形成厚度均匀的薄膜,

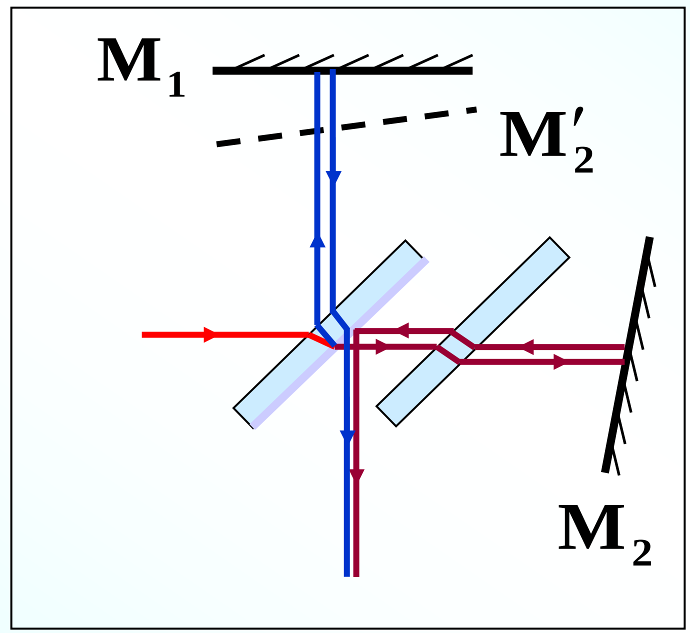
——等倾条纹

当 $M_1 \cancel{\perp} M_2$

$\Downarrow$

$M_1 \cancel{\parallel} M_2'$



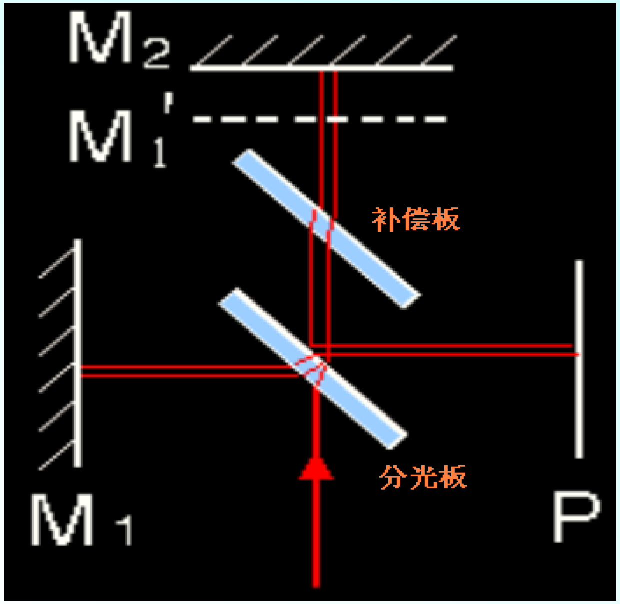


M_1与 M_2'形成一空气隙劈尖,

——等厚条纹

干涉条纹的位置取决于光程差，
只要光程差有微小的变化
干涉条纹就发生可鉴别的移动。

$M_1 \perp M_2$



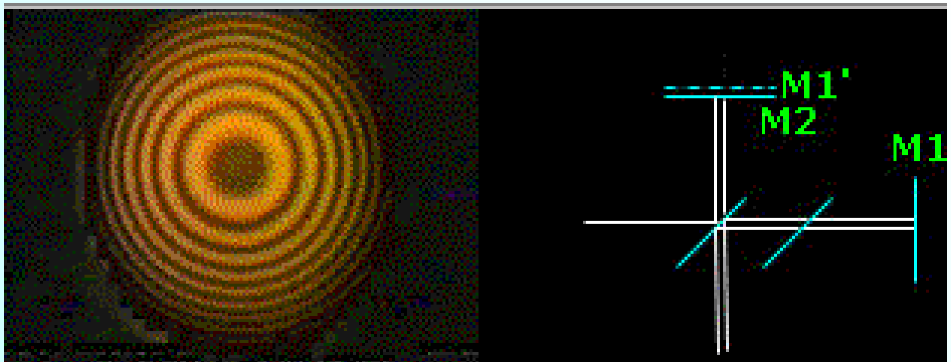
中央明纹满足的光程差：$\Delta r = 2d = k\lambda$

平移M_2，即改变光程差

M2平移的距离

$\lambda/2$ → $\Delta r = 2d = \lambda$ → 中心有一个亮斑冒出或缩进

$\boxed{\Delta d = N\dfrac{\lambda}{2}}$ → $\Delta r = 2d = N\lambda$ → 中心有N个亮斑冒出或缩进



应用：引力波探测

例：在迈克耳孙干涉仪的两臂中，分别插入l=10.0cm长的玻璃管，其中一个抽成真空，另一个则储有压强为1.013×10^5Pa的空气，用以测量空气的折射率n。设所用光波波长为546nm，实验时，向真空玻璃管中逐渐充入空气，直至压强达到1.013×10^5Pa为止．在此过程中，观察到107.2条干涉条纹的移动，试求空气的折射率n.

解:

$$\begin{cases} \delta_1-\delta_2=107.2\lambda \\ \delta_1-\delta_2=2(n-1)l \end{cases}$$

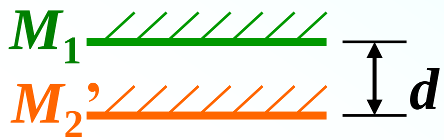
$$\Rightarrow n=1+\frac{107.2\lambda}{2l}$$

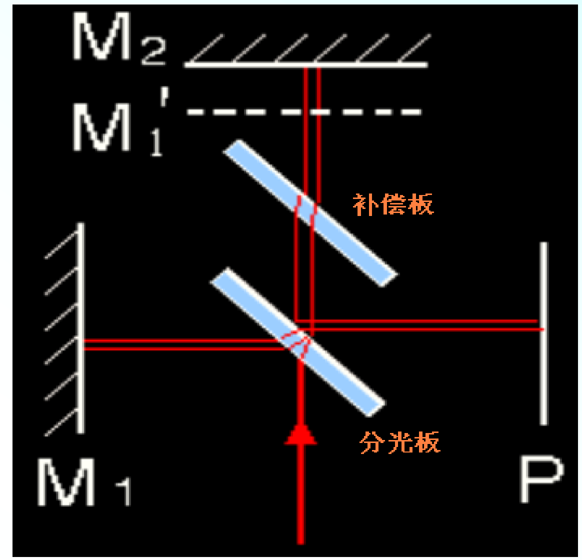
$$=1+\frac{107.2\times546\times10^{-7}\,\text{cm}}{2\times10.0\,\text{cm}}$$

$$=1.00029$$

例: 用迈克耳逊干涉仪做干涉实验, 入射光的波长为λ 。在转动反射镜M_2的过程中, 在总的干涉区域宽度L内 , 观察到的完整的直线状干涉条纹数从N_1开始减少, 而后突变为同心圆环状的等倾干涉条纹。若继续同方向转动M_2 ， 又会看到由疏变密的直线干涉条纹, 直到在宽度L内有N_2条完整的干涉条纹为止。在此过程中M_2转过的角度是多少?

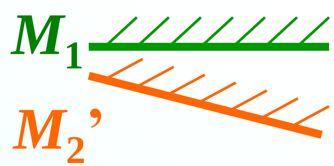
解: 当 $M_1 \perp M_2 \longrightarrow M_1 \parallel M_2'$





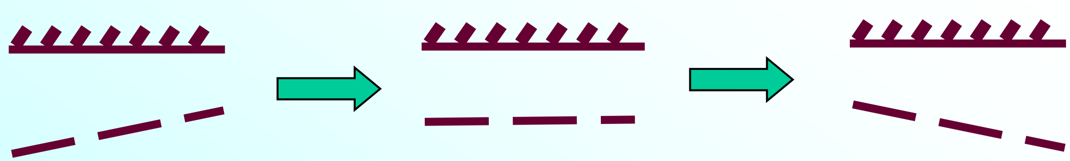
M_1与M_2'形成厚度均匀的薄膜, 出现同心圆环状的等倾干涉条纹。

当 $M_1 \cancel{\perp} M_2 \longrightarrow M_1 \cancel{\parallel} M_2'$

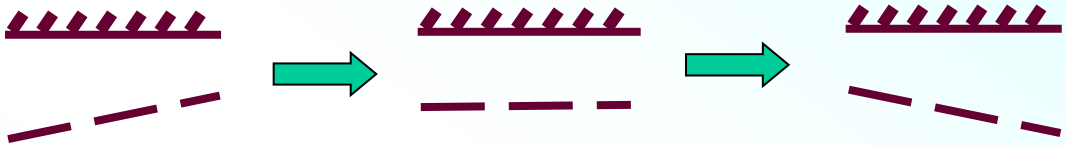


M_1与 M_2'形成一空气劈尖,出现直线状的等厚干涉条纹。

题中描述的情况是:

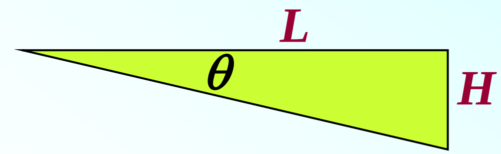


在此过程中M_2转过的角度是多少？



由N_1个条纹变成中央圆环

由中央圆环变成N_2个条纹



相邻两明纹对应的厚度差为: $\Delta d=\dfrac{\lambda}{2}$

$$
\begin{cases}
\left.\begin{array}{l} H_1=(N_1-1)\dfrac{\lambda}{2} \\ \theta_1=H_1/L \end{array}\right\} \Rightarrow \theta_1=(N_1-1)\dfrac{\lambda}{2L} \\
\left.\begin{array}{l} H_2=(N_2-1)\dfrac{\lambda}{2} \\ \theta_2=H_2/L \end{array}\right\} \Rightarrow \theta_2=(N_2-1)\dfrac{\lambda}{2L} \\
\Delta\theta=\theta_1+\theta_2
\end{cases}
$$

$$\Rightarrow \Delta\theta=(N_1+N_2-2)\frac{\lambda}{2L}$$

作业：13 —T12-T14

作业要求

1. 独立完成作业。
2. 图和公式要有必要的标注或文字说明。
3. 作业纸上每次都要写姓名以及学号(或学号末两位)。
4. 课代表收作业后按学号排序，并装入透明文件袋。
5. 每周二交上周的作业。迟交不改。
6. 作业缺交三分之一及以上者综合成绩按零分计。