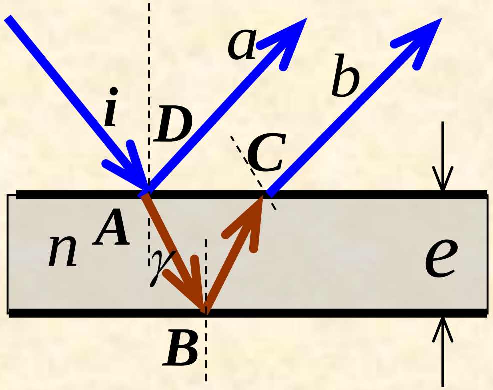
§ 13-3 分振幅干涉

一、薄膜干涉(film interference)

薄膜干涉是采用分振幅法获得相干光束的。

1. 等倾干涉



考虑到半波损失，上、下表面反射光的光程差为

$$\Delta = n(AB + BC) - (AD - \frac{\lambda}{2})$$

由图得 $AB = BC = \dfrac{e}{\cos r}$　　$AD = 2e\tan r\sin i$

由折射定律 $n\sin r = \sin i$ 可得

$$AD = 2ne\sin r\tan r = 2ne\frac{\sin^2 r}{\cos r}$$

将AB、BC和AD代入前式整理得 $\Delta = 2ne\cos r + \dfrac{\lambda}{2}$

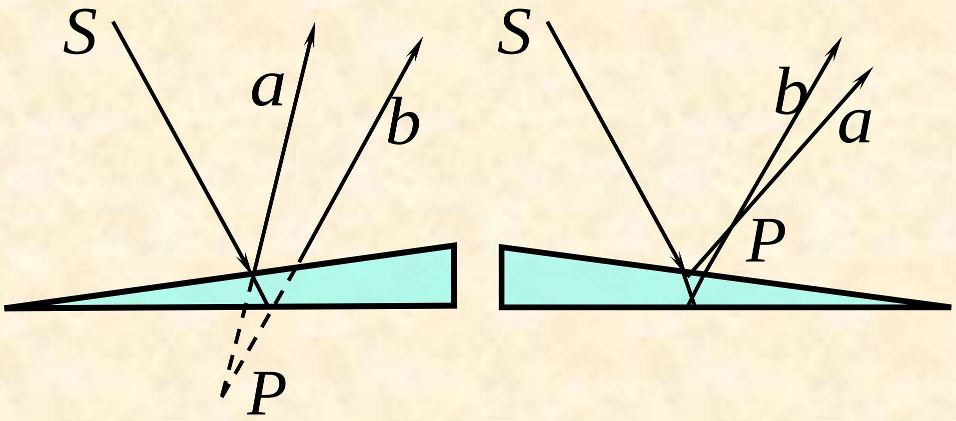
Δ满足 $\Delta = 2k\dfrac{\lambda}{2}, k = 0, \pm 1, \pm 2, \cdots$ 干涉加强

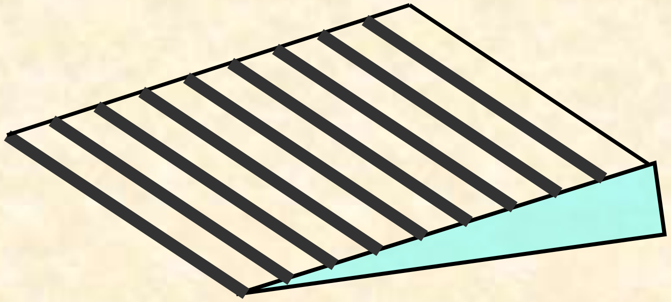
Δ满足 $\Delta = (2k+1)\dfrac{\lambda}{2}, k = 0, \pm 1, \pm 2, \cdots$ 干涉减弱

由以上讨论知，处于同一条干涉条纹上的各个光点，是由从光源到薄膜的相同倾角的入射光所形成的，故把这种干涉称为等倾干涉。

2. 等厚干涉

处于同一条干涉条纹上的各个光点，是由薄膜上厚度相同的地方的反射光所形成的，故称这种干涉为等厚干涉。





干涉条纹

由于光入射角不同，点**P**可在薄膜上或下面。

光线a、b的光程差 $\Delta = 2ne + \dfrac{\lambda}{2}$

空气劈尖

由于n=1,由上式得

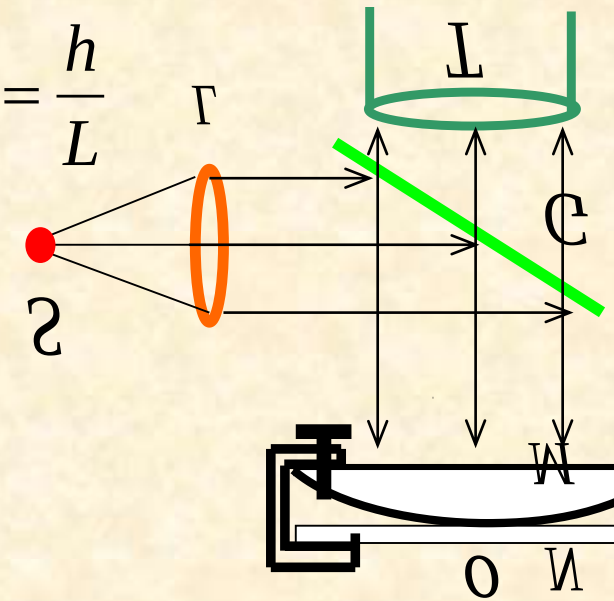
$$\Delta = 2e + \frac{\lambda}{2} = \begin{cases} 2k\dfrac{\lambda}{2}, \quad k = 1,2,3,\cdots & \text{明纹条件} \\ (2k+1)\dfrac{\lambda}{2}, \quad k = 0,1,2,\cdots & \text{暗纹条件} \end{cases}$$

相邻亮纹或暗纹对应的厚度差

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

相邻条纹间距为l,θ很小，则有

$$\theta\approx\tan\theta=\frac{\lambda/2}{l}=\frac{\lambda}{2l}\qquad\qquad\theta\approx\tan\theta=\frac{h}{L}$$

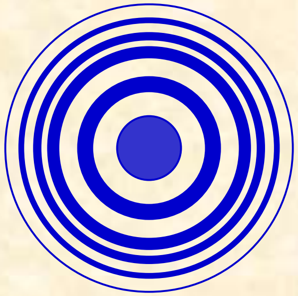


所以 $$h=\theta L=\frac{\lambda}{2l}L$$

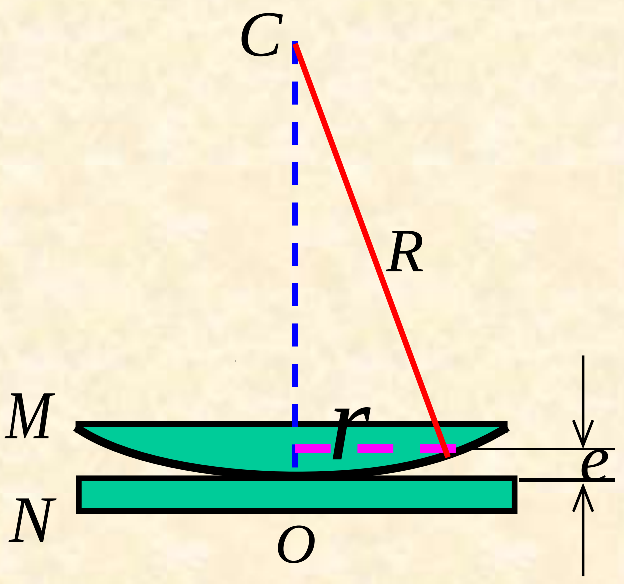
应用：测量细丝直径、物体线膨第数、检查玻璃板平整度。

牛顿环

当平凸透镜凸球面所反射的光与平玻璃上表面所反射的光发生干涉时，不同半径的等厚轨迹是以接触点为圆心的一组同心圆。



牛顿环半径r与e和透镜曲率半径R的关系为



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

或 $$r^2 + e^2 = 2Re$$

略去二级小量e^2得 $$e = \frac{r^2}{2R}$$

代入暗纹公式，得

$$r = \sqrt{kR\lambda}\ , \quad k = 0, 1, 2, \cdots$$ 暗环半径

牛顿环中心为暗纹。

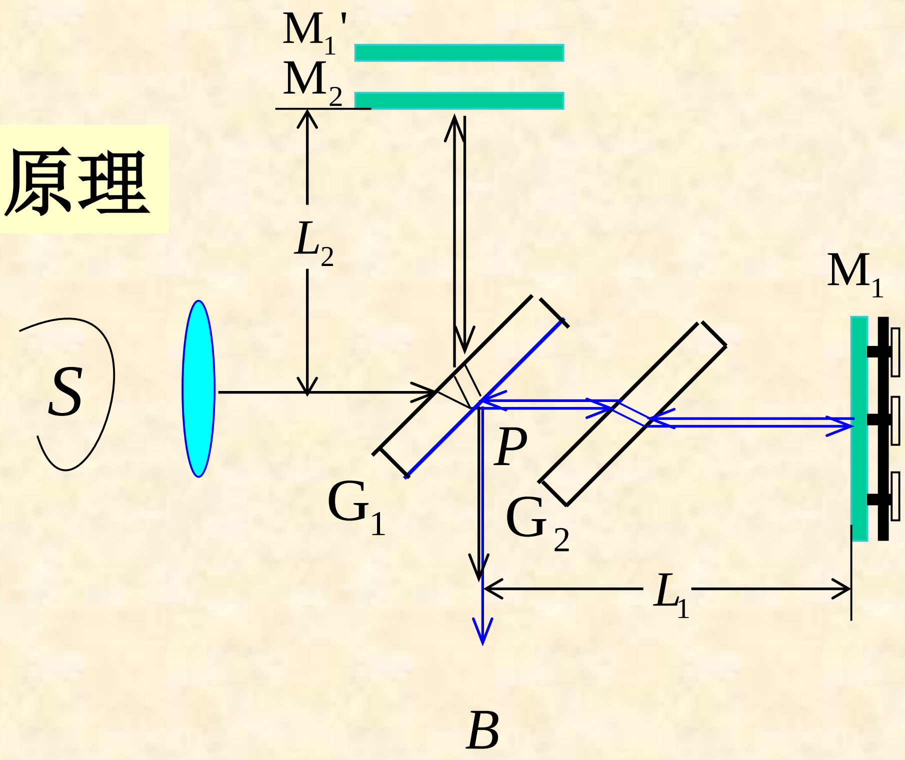
应用：测定透镜曲率半径、测定光波波长等。

二、迈克耳孙干涉仪

迈克耳孙干涉仪的结构及原理

G_1和G_2是两块材料相同厚薄均匀、几何形状完全相同的光学平晶。

G_1一侧镀有半透半反的薄银层。与水平方向成45º角放置；G_2称为补偿板。



在G_1镀银层上M_1的虚象M_1'

迈克耳孙干涉仪的干涉条纹

一束光在*A*处分振幅形成的两束光的光程差，就相当于由M_1'和M_2形成的空气膜上下两个面反射光的光程差。

它们干涉的结果是薄膜干涉条纹。调节M_1就有可能得到 $d=0$，$d=$常数，$d\neq$常数（如劈尖）对应的薄膜等倾或等厚干涉条纹。

当M_1' //M_2时，它们之间的空气膜厚度一样，形成圆形等倾条纹。当 d 较大时，观察到等倾圆条纹较细密，整个视场中条纹较多。

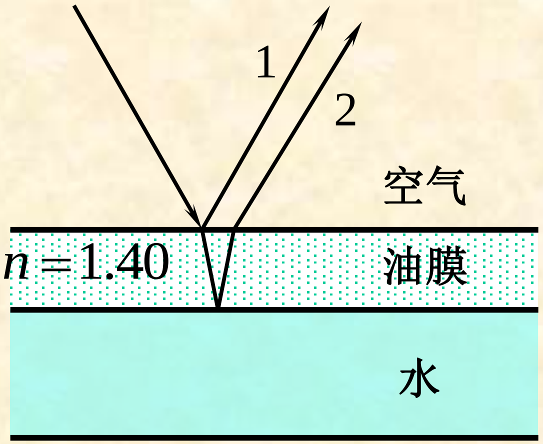
当d 每减少$\lambda/2$时，中央条纹对应的 k 值就要减少1，原来位于中央的条纹消失，将看到同心等倾圆条纹向中心缩陷。

当 M_1'与M_2 不平行时，将看到平行于M_1'和 M_2交线的等间距的直线形等厚干涉条纹。

当M_1 每平移$\lambda/2$时，将看到一个明（或暗）条纹移过视场中某一固定直线，条纹移动的数目Δn 与M_1 镜平移的距离关系为：

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

例1:在水面上飘浮着一层厚度为0.316 μm的油膜，其折射率为1.40。中午的阳光垂直照射在油膜上，问油膜呈现什么颜色？



解: 由图知光1和光2的光程差为

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

油膜颜色是干涉加强光波颜色满足

$$\Delta = 2ne + \frac{\lambda}{2} = k\lambda, k = 1,2,3,\cdots$$

或

$$\lambda = \frac{2ne}{k - 1/2}$$

当k = 1时，干涉加强的波长为 $\lambda = \dfrac{2 \times 1.40 \times 0.316}{0.5}\,\mu\text{m} = 1.77\,\mu\text{m}$

当k = 2时，干涉加强的波长为 $\lambda = 0.590\ \mu\text{m}$

当k = 3时，干涉加强的波长为 $\lambda = 0.354\ \mu\text{m}$

只有λ= 0.590 μm的光处于可见光范围，是黄光，所以油膜呈黄色。

例2:用波长为0.400 μm的紫光进行牛顿环实验，观察到第k级暗环的半径为4.00 mm，第k+5级暗环的半径为6.00 mm。求平凸透镜的曲率半径R和k的数值。

解: 由公式 $r=\sqrt{kR\lambda}$ 得

$$r_k^2=kR\lambda \qquad r_{k+5}^2=(k+5)R\lambda$$

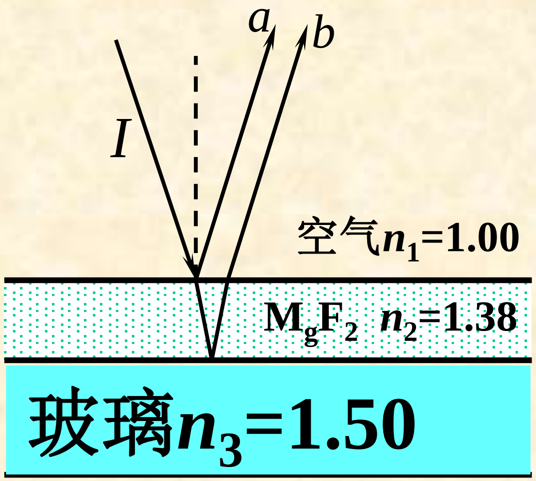
联立解得 $r_{k+5}^2-r_k^2=5R\lambda$

所以

$$R=\frac{r_{k+5}^2-r_k^2}{5\lambda}=\frac{(6.00^2-4.00^2)\times(10^{-3})^2}{5\times0.400\times10^{-6}}\,\mathrm{m}=10.0\ \mathrm{m}$$

$$k=\frac{r_k^2}{R\lambda}=\frac{(4.00\times10^{-3})^2}{10.0\times0.400\times10^{-6}}=4$$

例3:为了利用光的干涉作用减少玻璃表面对入射光的反射，以增大透射光的强度，常在仪器镜头(折射率为1.50)表面涂敷一层透明介质膜 (多用MgF_2，折射率为1.38), 称为增透膜。若使镜头对人眼和照相机底片最敏感的黄绿光(λ = 550 nm)反射最小，试求介质膜的最小厚度。



解: 因上、下表面反射光都有半波损失

所以有 $\Delta = 2\, e\, n_2$

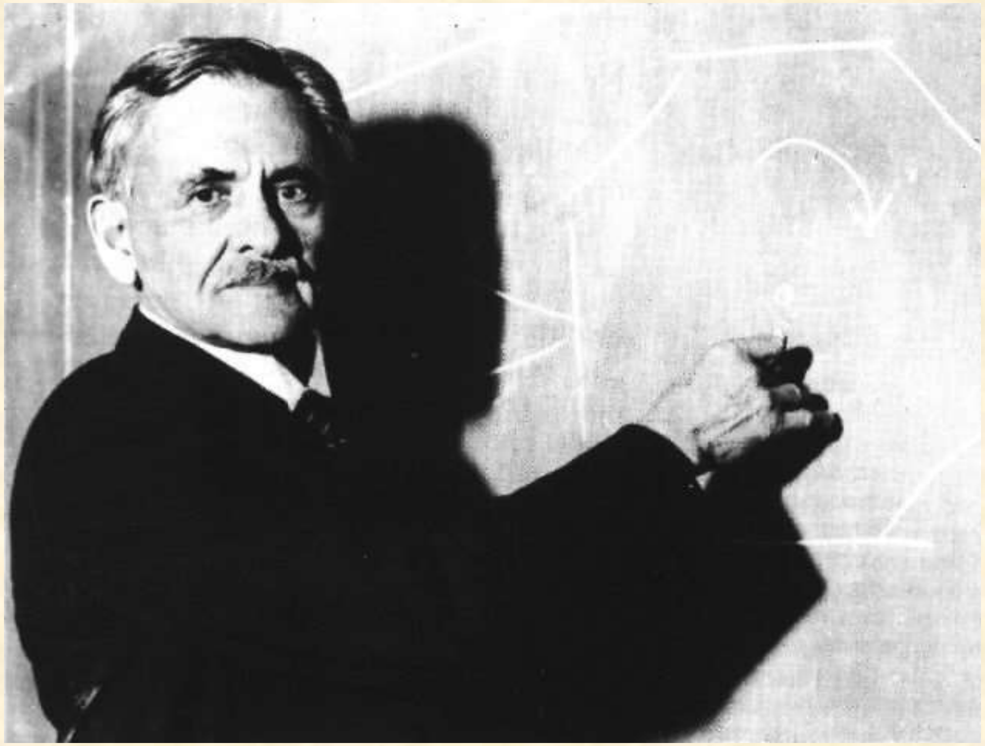
由干涉相消条件得

$$\Delta = 2en_2 = (2k+1)\frac{\lambda}{2}, k = 0,1,2,\cdots$$

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

按题意求氟化镁薄膜厚度的最小值，故应取$k = 0$

故 $$e = \frac{550\times10^{-9}}{4\times1.38}\text{m} = 9.96\times10^{-8}\text{m}$$



(A.A.Michelson，1852—1931)

点击深色键返回原处→