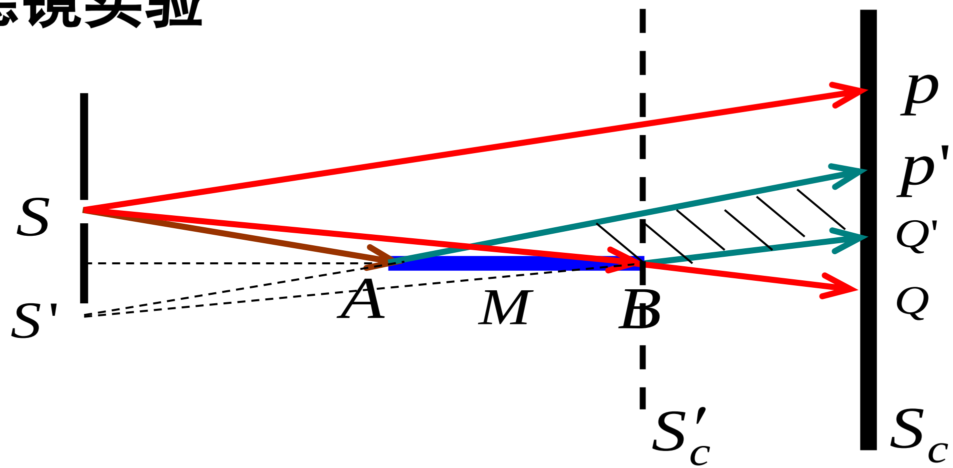
➢ 分波阵面干涉的其它实验

劳埃德镜实验



当屏幕移至 B 处，从 S 和 S’ 到B点的光程差为零

但是观察到暗条纹，验证了反射时有半波损失存在

17.3 薄膜的等倾干涉

一、薄膜干涉现象

二、薄膜干涉的光程差

$$\delta = n_2(\overline{AB}+\overline{BC}) - n_1\overline{AD} + \frac{\lambda}{2}$$

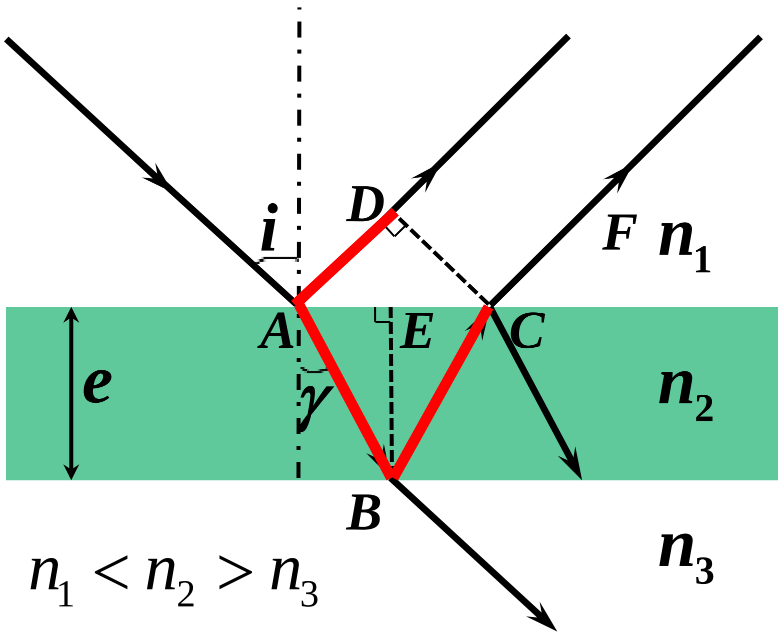
$$= \frac{2en_2}{\cos\gamma} - 2en_1\cdot\tan\gamma\cdot\sin i + \frac{\lambda}{2}$$

$$\overline{AB} = \overline{BC} = e/\cos\gamma$$

$$\overline{AD} = \overline{AC}\sin i$$

$$= 2e\cdot\tan\gamma\cdot\sin i$$

分振幅法获得相干光



$n_1 < n_2 > n_3$

二、薄膜干涉的光程差

$$\delta = n_2(\overline{AB}+\overline{BC}) - n_1\overline{AD} + \frac{\lambda}{2}$$

$$= \frac{2en_2}{\cos\gamma} - 2en_1 \cdot \tan\gamma \cdot \sin i + \frac{\lambda}{2}$$

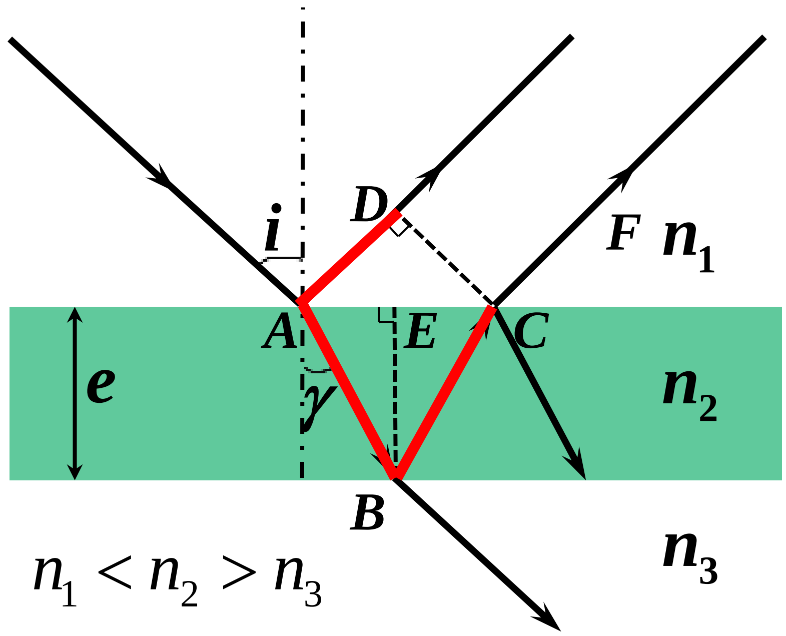
$$= \frac{2en_2}{\cos\gamma} - \frac{2en_2 \cdot \sin^2\gamma}{\cos\gamma} + \frac{\lambda}{2}$$

$$= 2en_2\cos\gamma + \frac{\lambda}{2}$$

$$= 2e\sqrt{n_2^2 - n_2^2\sin^2\gamma} + \frac{\lambda}{2}$$

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

$$\boxed{n_1 \sin i = n_2 \sin\gamma}$$

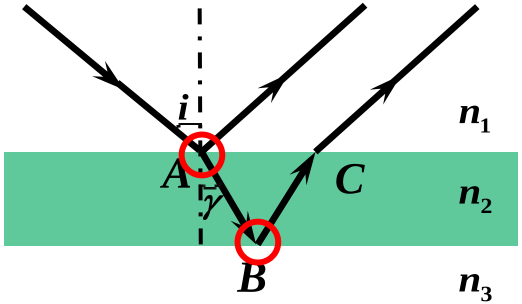


$n_1 < n_2 > n_3$

讨论

1、半波损失问题如何考虑？

根据实际情况确定



$n_1 > n_2 > n_3$ 不计半波损失 顺不加

$n_1 < n_2 < n_3$ 不计半波损失 明纹k=0,1,2,3…

$n_1 < n_2 > n_3$ 计入半波损失 不顺加

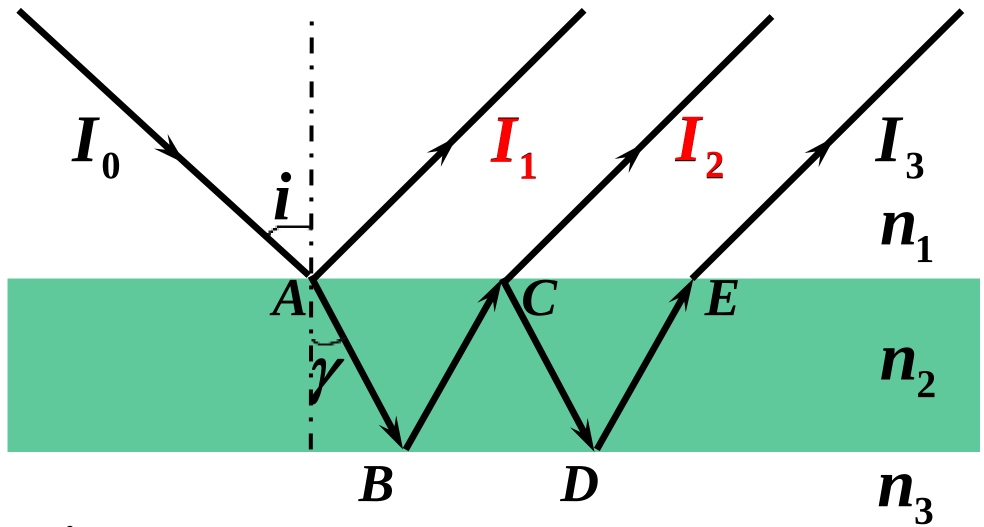
$n_1 > n_2 < n_3$ 计入半波损失 明纹k=1,2,3…

暗纹均为k=0,1,2,3…

讨论

2、只有两束反射光干涉吗？

存在多束干涉　可不考虑



$n_2=1.5$

$n_1=n_3=1$

$$R=\left(\frac{n-n'}{n+n'}\right)^2=4\%$$

$$I_2=96\%\times4\%\times96\%I_0\approx3.7\%I_0$$

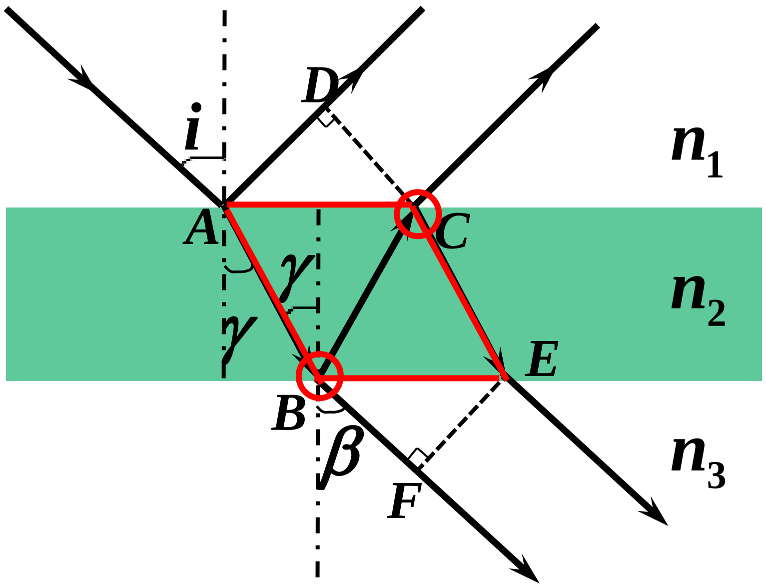
$$I_1=4\%I_0$$

$$I_3=96\%\times4\%\times4\%\times4\%\times96\%I_0=0.006\%I_0$$

讨论

3、透射光存在干涉现象吗？

存在 与反射光干涉互补



$$n_1 < n_2 > n_3$$

$$\delta_{反} = n_2(\overline{AB}+\overline{BC}) - n_1\overline{AD} + \frac{\lambda}{2}$$

$$= \boxed{n_2(\overline{AB}+\overline{BC}) - n_1\overline{AC}\sin i} + \frac{\lambda}{2}$$

$$\delta_{透} = n_2(\overline{BC}+\overline{CE}) - n_3\overline{BF}$$

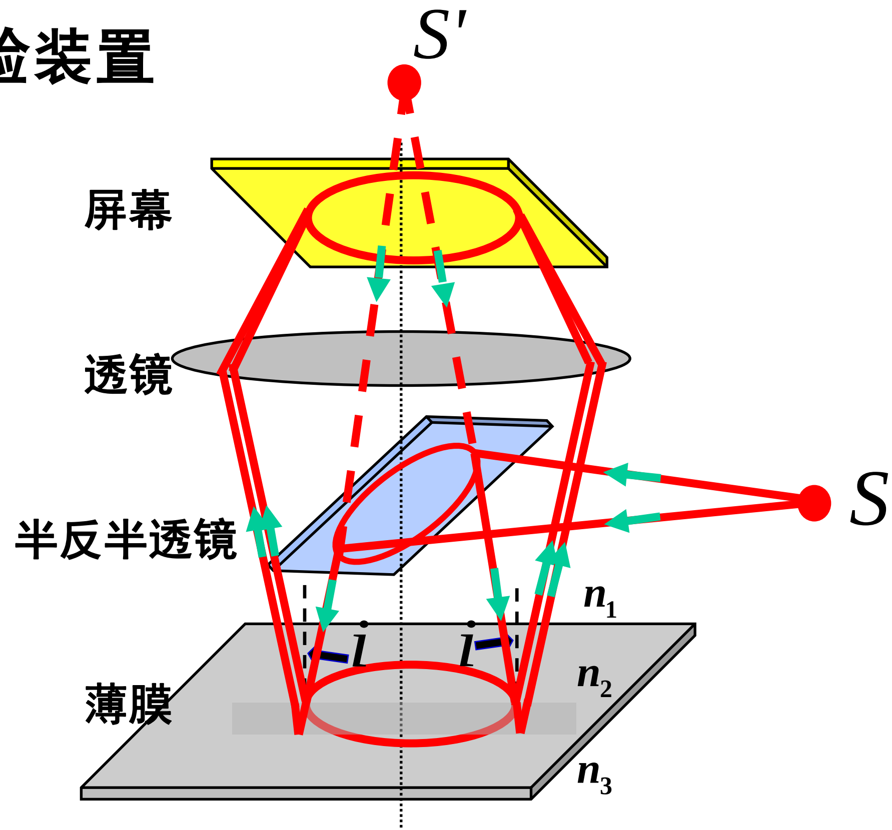
$$= n_2(\overline{BC}+\overline{CE}) - n_3\overline{BE}\sin\beta$$

$$= \boxed{n_2(\overline{BC}+\overline{AB}) - n_1\overline{AC}\sin i}$$

$$n_1\sin i = n_2\sin\gamma = n_3\sin\beta$$

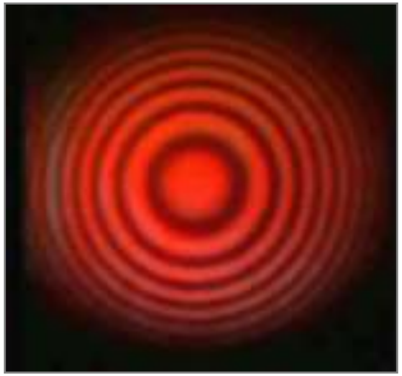
三、 薄膜的等倾干涉

1、等倾干涉实验装置



具有相同入射角的光线产生同一级干涉条纹。

2、等倾干涉图样分析

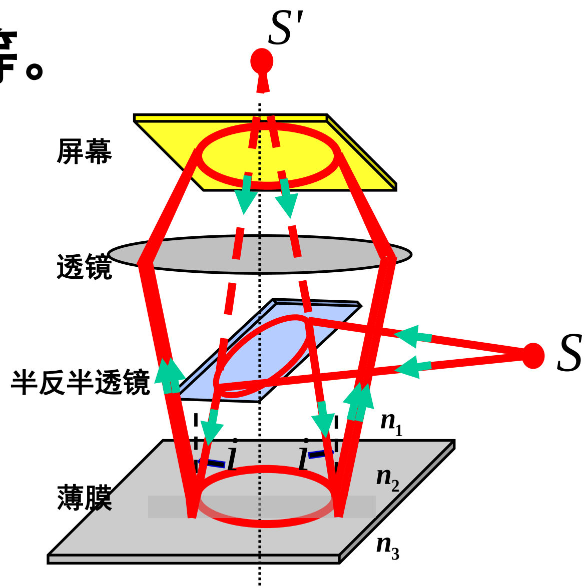


（1）**条纹形状：同心圆环**

相同的 i 对应同一级条纹即k相同。

（2）**条纹疏密：内疏外密**

k与i不成线性关系，条纹间距不等。



（3）**条纹级次：内高外低**

入射角越小，即越靠近中心，

光程差越大，干涉级k越大。

讨论

等倾干涉条纹的动态变化问题

明条纹 $\delta = 2e\sqrt{n_2^2 - n_1^2\sin^2 i} + \dfrac{\lambda}{2} = k\lambda \qquad k = 1.2.3\ldots$

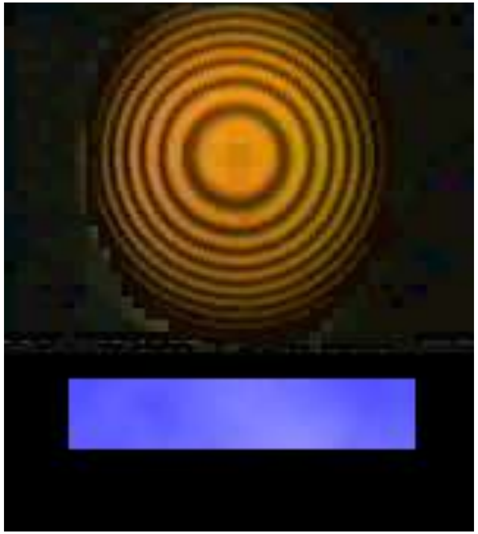
盯住某一级次*k*不变

***e*增加，*i* 需要变大**

条纹向外扩张 增多变密

***e*减小，*i*需要减小**

条纹向里收缩 减少变疏

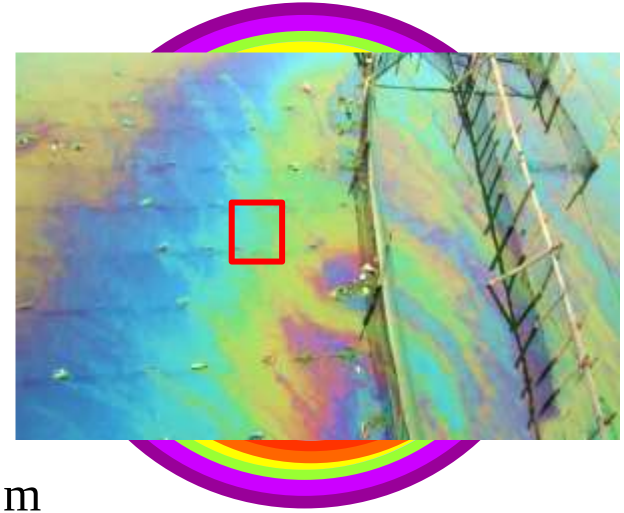


当薄膜厚度很小时，条纹图案清晰

实例分析

• 白光情况

太阳光下观察水面上的一层薄油膜，在与其表面某点法线成 45° 可看到该处反射光呈黄绿色(λ=550nm)。已知折射率 $n_{水}=1.33, n_{油}=1.47$。试估计该处薄油膜的最小厚度。



分析：$n_1=1,\quad n_2=n_{油}=1.47,$

$n_3=n_{水}=1.33 \quad \therefore n_1<n_2>n_3$ “不顺加”

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

$$\therefore e=\frac{(2k-1)\lambda}{4\sqrt{n_2^2-n_1^2\sin^2 i}}=\frac{(2k-1)\times550\times10^{-9}}{4\sqrt{1.47^2-(\sqrt{2}/2)^2}}\approx(2k-1)\times10^{-7}\ \mathrm{m}$$

$$\therefore k=1,\quad e_{\min}\approx10^{-7}\mathrm{m}=100\mathrm{nm}$$

如何估计油膜的真实厚度呢？

实例分析

太阳光下观察水面上的一层薄油膜，在与其表面某点法线成45°可看到该处反射光呈黄绿色(λ=550nm)。已知折射率$n_{水}=1.33, n_{油}=1.47$。试估计该处薄油膜的最小厚度。向薄油膜走近，若发现与该点表面法线成30°再次观察到反射光呈黄绿色。

$$\delta_1 = 2e\sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 \frac{\pi}{4}} + \frac{\lambda}{2} = k\lambda$$

$$\delta_2 = 2e\sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 \frac{\pi}{6}} + \frac{\lambda}{2} = (k+1)\lambda$$

二式相减

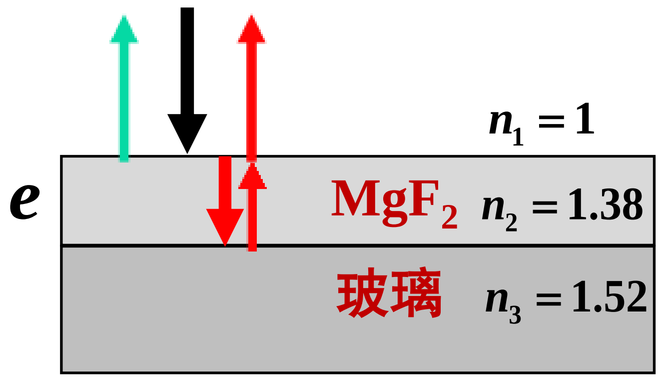
$$2e\sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 i_2} - 2e\sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 i_1} = \lambda$$

$$\therefore e \approx \frac{550\text{nm}}{0.36} \approx 1.5\mu\text{m}$$

用光波长做尺子，精度高！

四、 等倾干涉的应用

1、增透膜　反射光干涉相消



$$\delta = 2en_2 = (2k+1)\lambda/2$$

k=0.1.2.3…

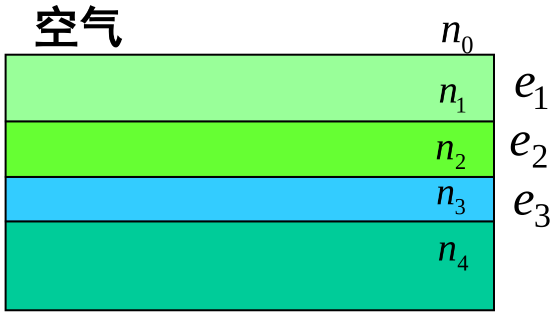
增透膜的最小厚度

$$e_{\min} = \frac{\lambda}{4n_2} \quad (k=0)$$

增透效果与波长相关

增透膜的应用

2、增反膜 反射光干涉相长



$$n_0 < n_1 > n_2 < n_3 > n_4$$

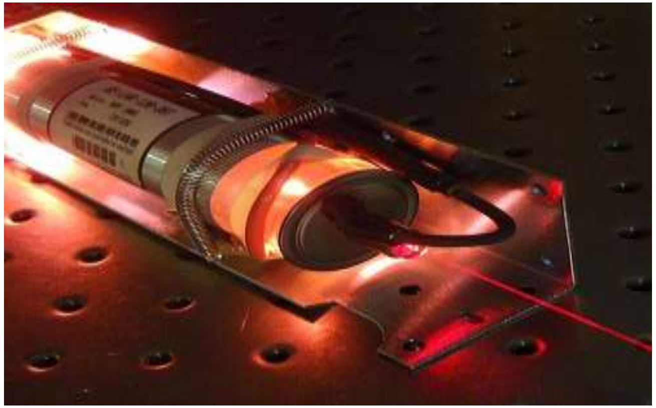
因反射条件不同而都有附加光程差

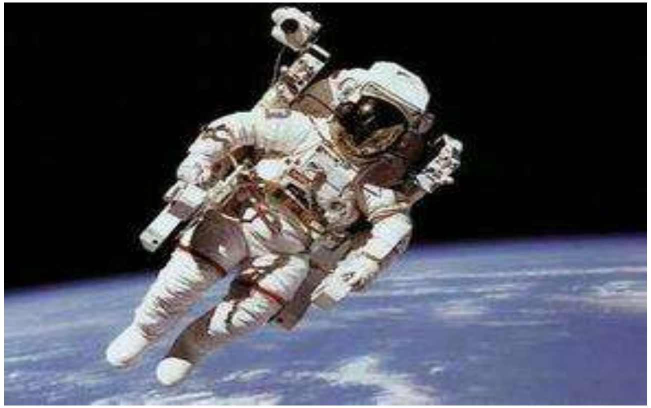
垂直入射时，各膜层光程差为

$$\delta = 2ne + \frac{\lambda}{2} = k\lambda \qquad k=1.2.3\ldots$$

增反膜的最小厚度 $e_{\min} = \dfrac{\lambda}{4n} \quad (k=1)$

增反膜的应用





作业：

P106：二. 5；三. 5、6