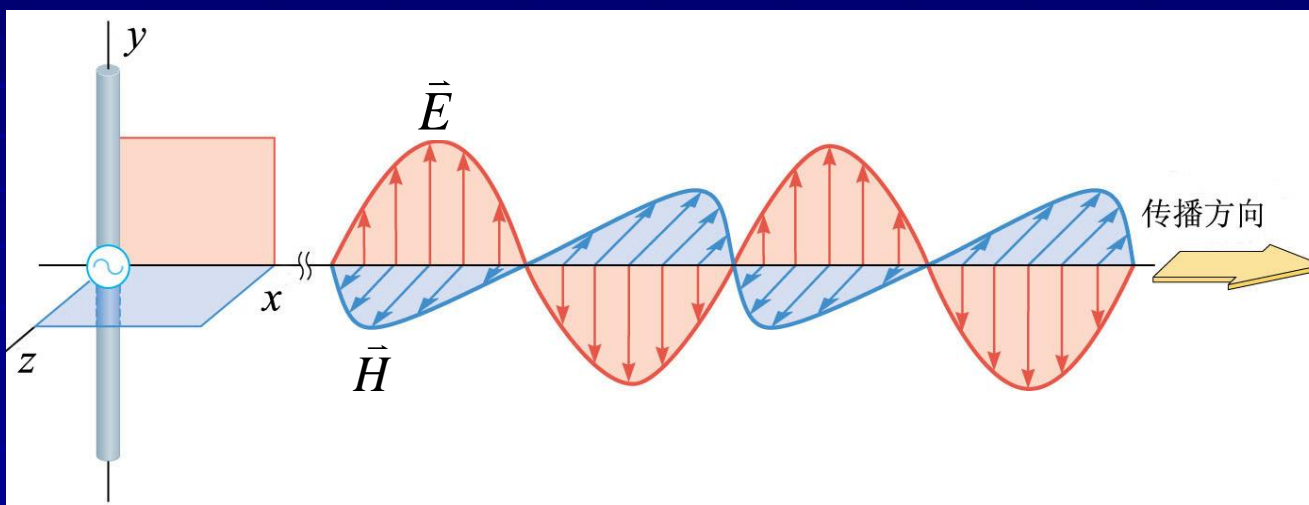


§ 12-5 光的偏振

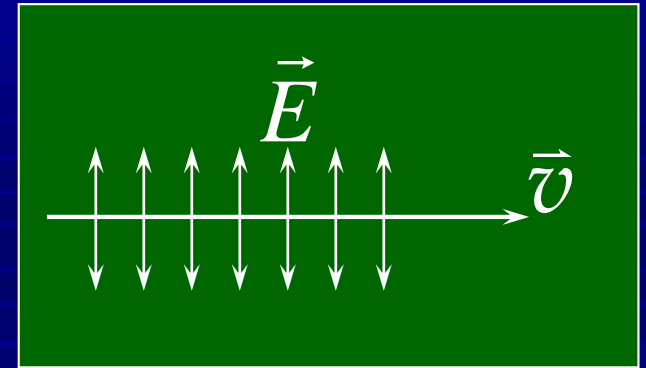
12-5-1 自然光与偏振光



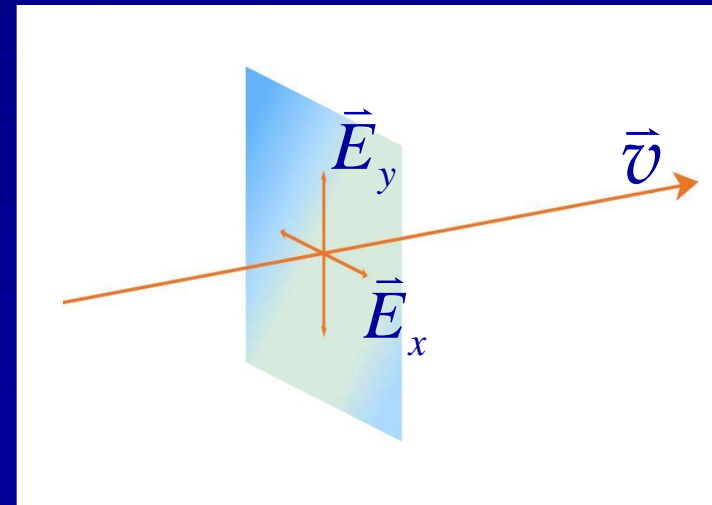
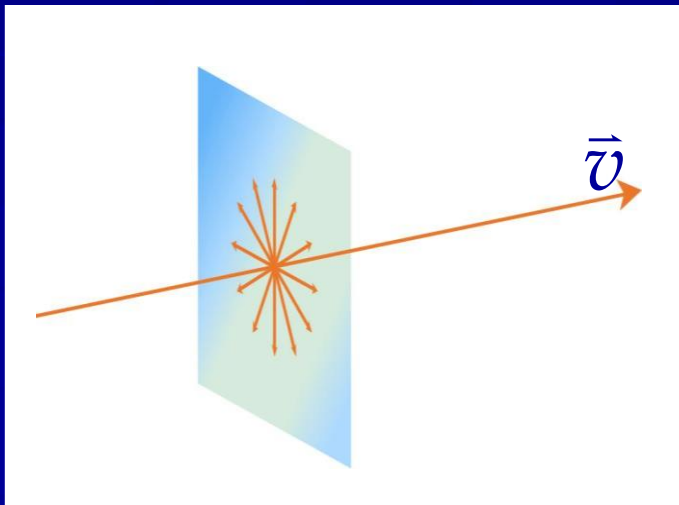
光是一种电磁波（横波）。电矢量 \vec{E} 与磁矢量 \vec{H} 相互垂直，它们分别又与电磁波的传播方向垂直。

光振动： 电磁波的 \vec{E} 振动。

光矢量： 电磁波的 \vec{E} 矢量。

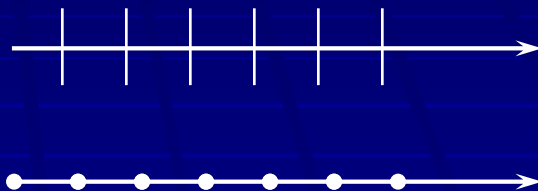
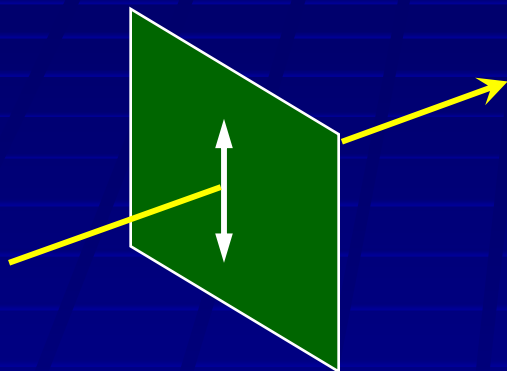


自然光： 在垂直于光传播方向上的所有可能方向上，振动的振幅都相等。

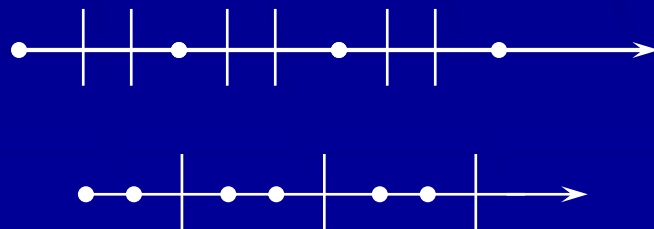
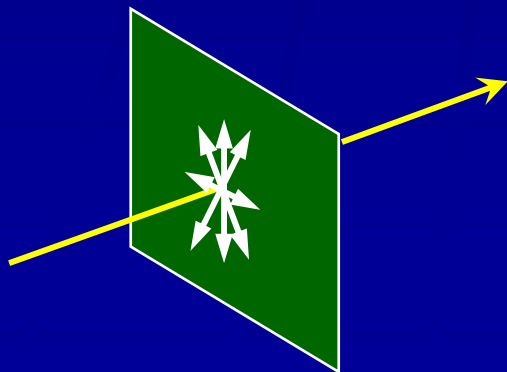


线偏振光：某一光束只含有一个方向的光振动。

振动面：光振动方向与传播方向所确定的那平面。



部分偏振光：某一方向的光振动比与之相垂直的另一方向的光振动占优势。

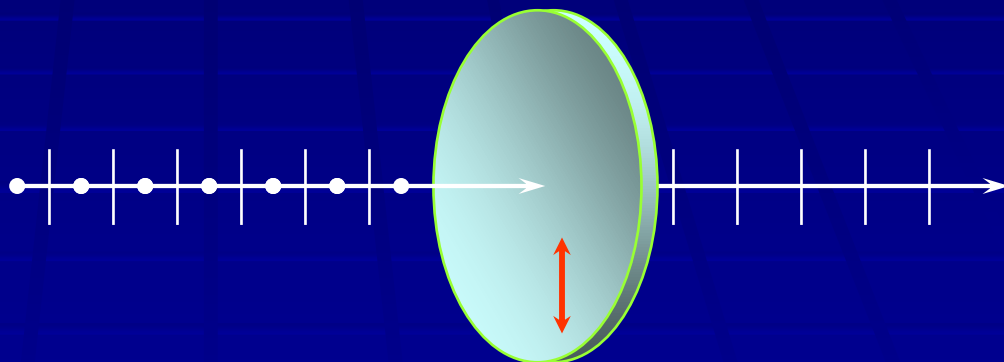


12-5-2 偏振片 马吕斯定律

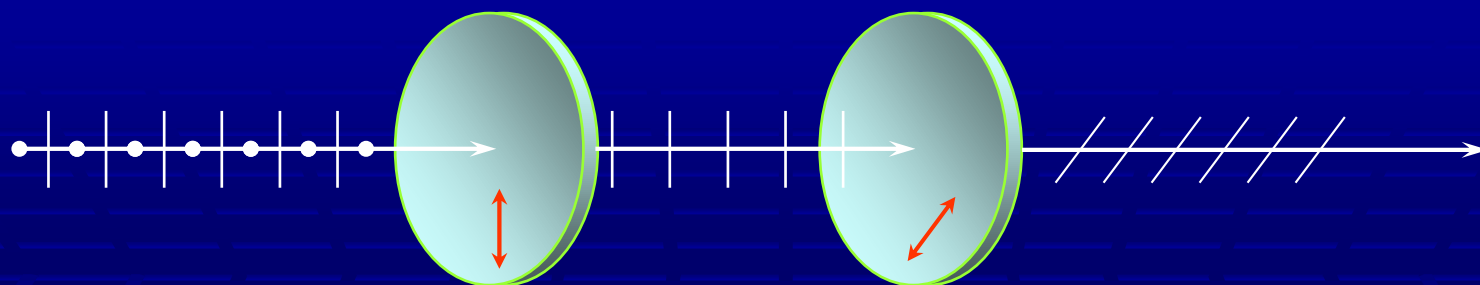
偏振片：能吸收某一方向的光振动，而只让与之垂直方向上的光振动通过的一种透明薄片。

偏振化方向：

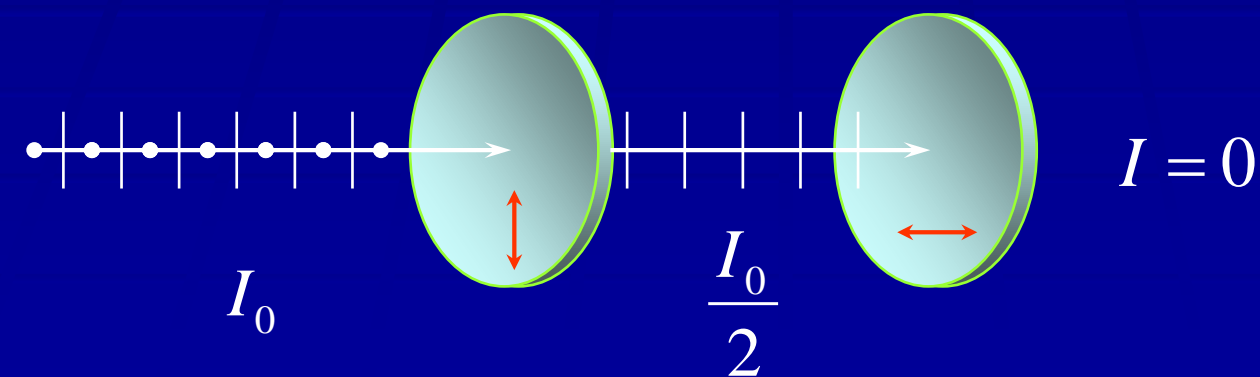
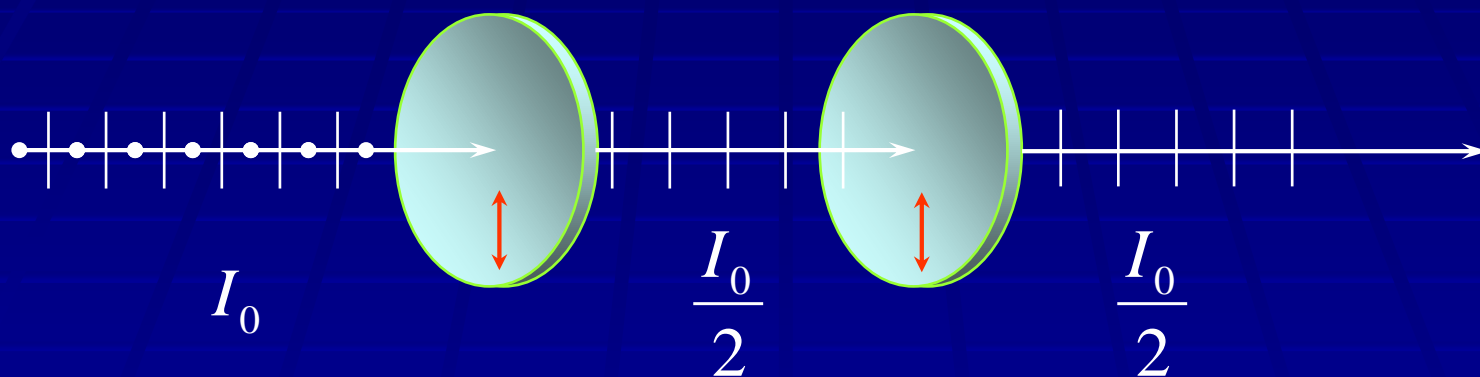
允许通过的光振动方向。



偏振片的用途：“起偏”和“检偏”

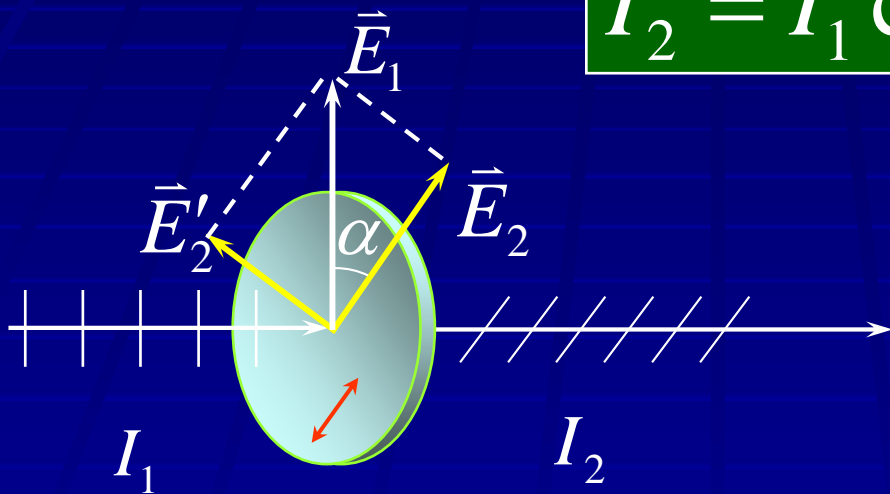


自然光 起偏 偏振光 检偏 偏振光



马吕斯定律：光强为 I_1 的线偏振光，透过偏振片后，其透射强度为：

$$I_2 = I_1 \cos^2 \alpha$$



$$E_2 = E_1 \cos \alpha$$

$$\because I_1 \propto E_1^2 \quad , \quad I_2 \propto E_2^2$$

$$\therefore \frac{I_2}{I_1} = \frac{E_2^2}{E_1^2} = \cos^2 \alpha \quad I_2 = I_1 \cos^2 \alpha$$

$$\text{当: } \alpha = 0, \pi \rightarrow I_2 = I_1$$

$$\text{当: } \alpha = \pi/2, 3\pi/2 \rightarrow I_2 = 0$$

结论：当旋转检偏器一周时，会出现两次全明和两次全暗。

例13 一束光由自然光和线偏振光混合组成，当它通过一偏振片时，发现透射光的强度随偏振片的转动可以变化到五倍。求入射光中自然光和线偏振光的强度各占入射光强度的几分之几？

解： 设入射光强度： I_0 ； 自然光强度： I_{10} ；
偏振光强度： I_{20}

$$I_o = I_{10} + I_{20}$$

设通过偏振片后的光强分别为： I ， I_1 ， I_2

$$I_1 = \frac{1}{2} I_{10} \qquad I_2 = I_{20} \cos^2 \alpha$$

$$I = I_1 + I_2 = \frac{1}{2} I_{10} + I_{20} \cos^2 \alpha$$

$$\alpha = 0 \text{ 时 } \rightarrow I = I_{\max} = \frac{1}{2} I_{10} + I_{20}$$

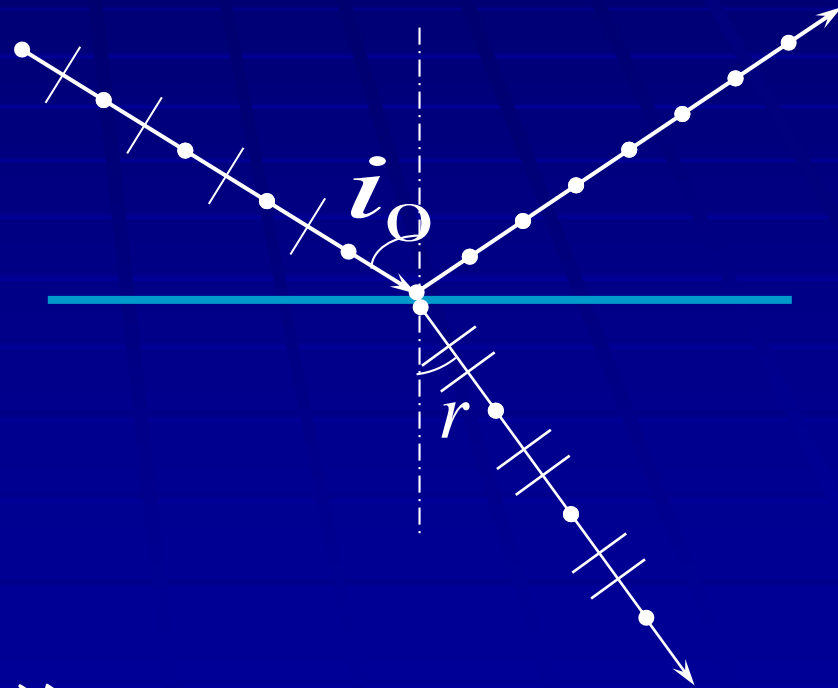
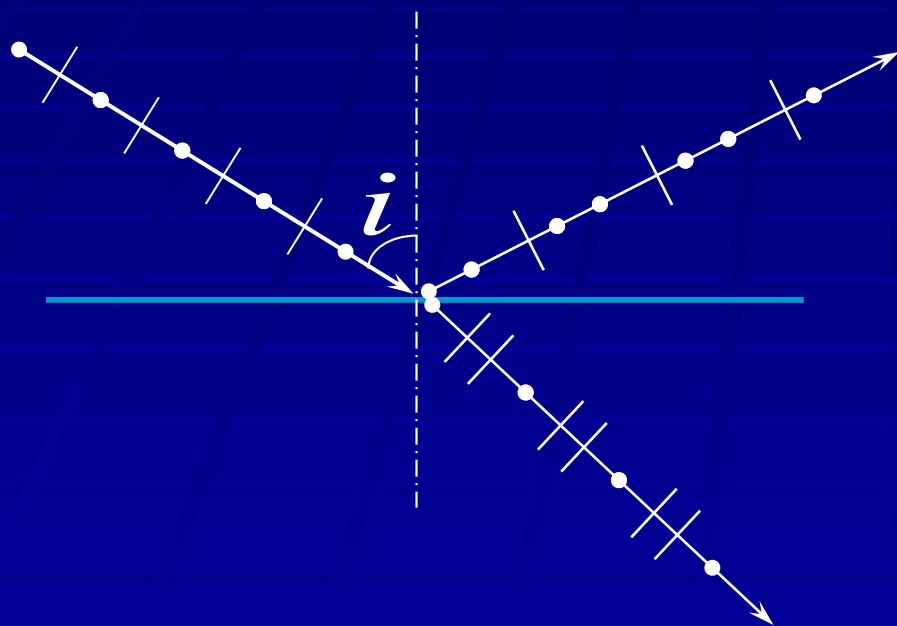
$$\alpha = 90^\circ \text{ 时 } \rightarrow I = I_{\min} = \frac{1}{2} I_{10}$$

$$I_{\max} = 5I_{\min} \rightarrow \frac{1}{2} I_{10} + I_{20} = 5 \times \frac{1}{2} I_{10}$$

$$I_{20} = 2I_{10} \quad \frac{I_{10}}{I_0} = \frac{I_{10}}{I_{10} + I_{20}} = \frac{1}{3} \quad \frac{I_{20}}{I_0} = \frac{2}{3}$$

12-5-3 反射光、折射光及散射光的偏振性

(1) 反射和折射光的偏振



反射光的偏振性与入射角有关。

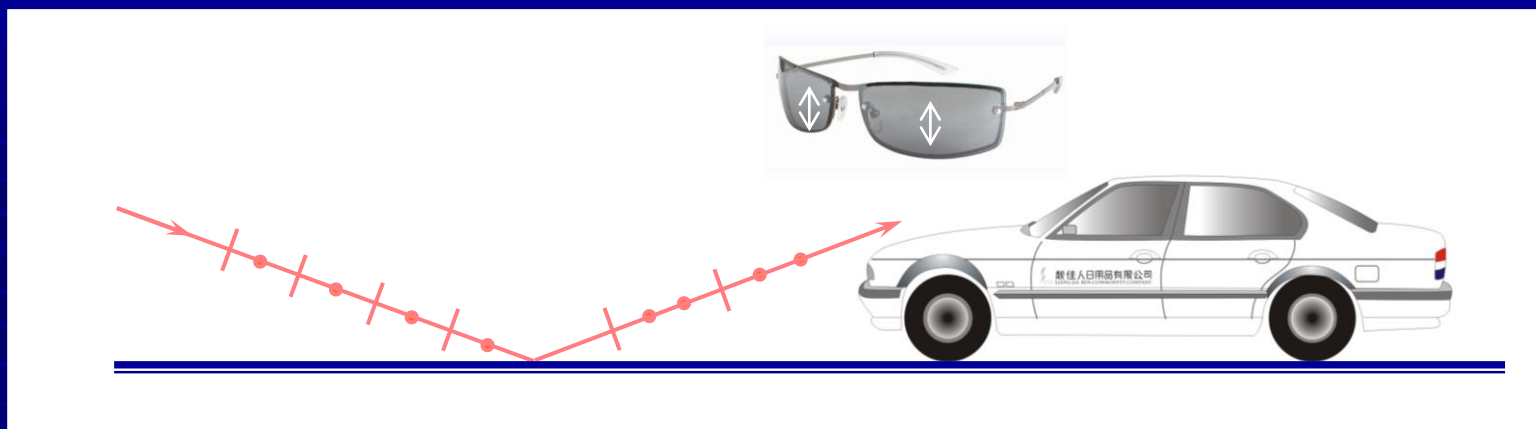
$$i_0 + r = 90^\circ$$

$$\tan i_0 = \frac{\sin i_0}{\cos i_0} = \frac{\sin i_0}{\cos(90^\circ - r)} = \frac{\sin i_0}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1}$$

布儒斯特定律：当自然光以布儒斯特角入射到两不同介质的表面时，其反射光为线偏振光，光振动垂直于入射面。

布儒斯特角：

$$\tan i_0 = \frac{n_2}{n_1}$$



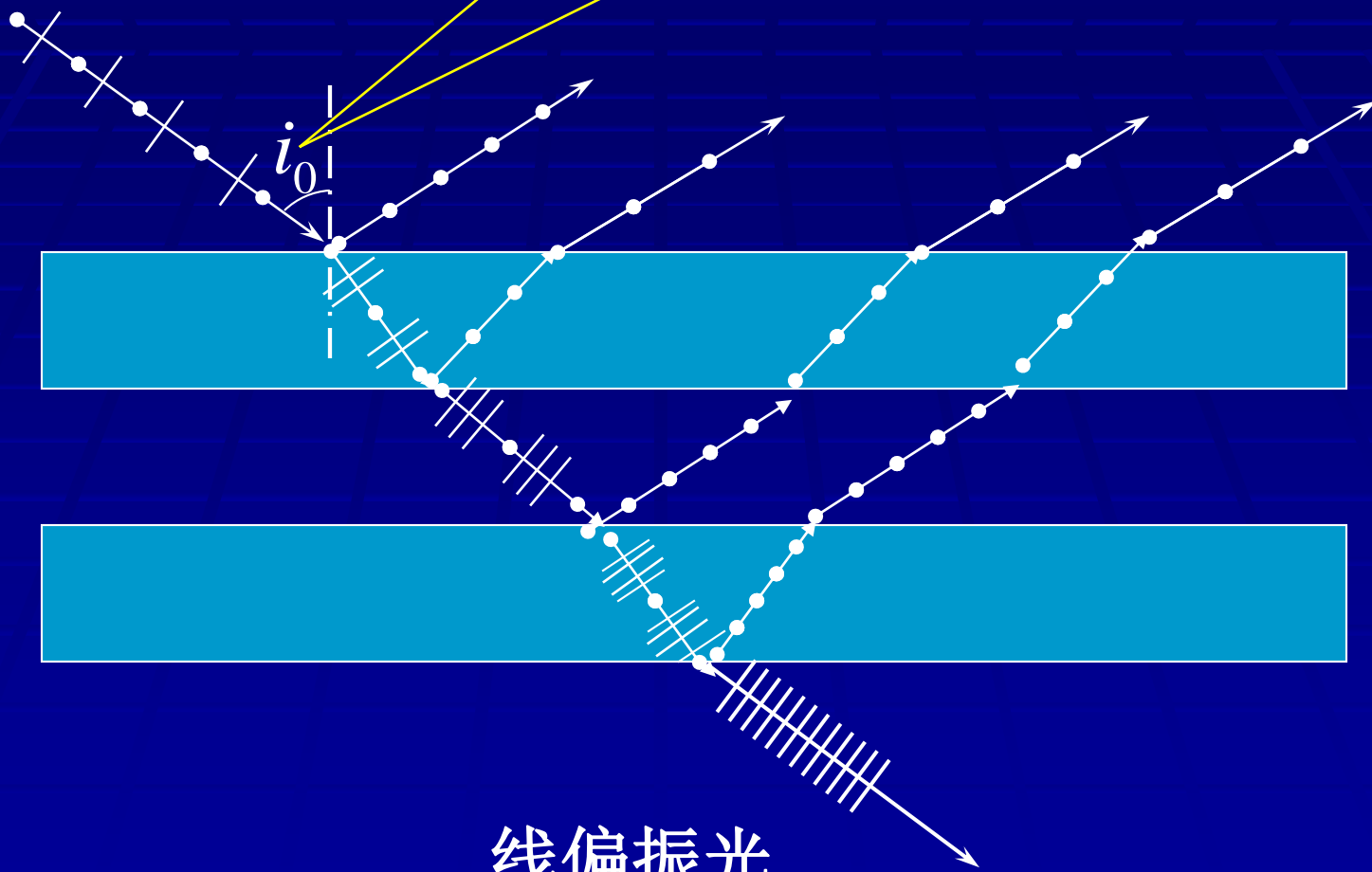
驾驶员戴上偏振太阳镜可以防止马路反射光的炫目。



照相机安上偏振镜可以产生不同的效果，看出来了吗？

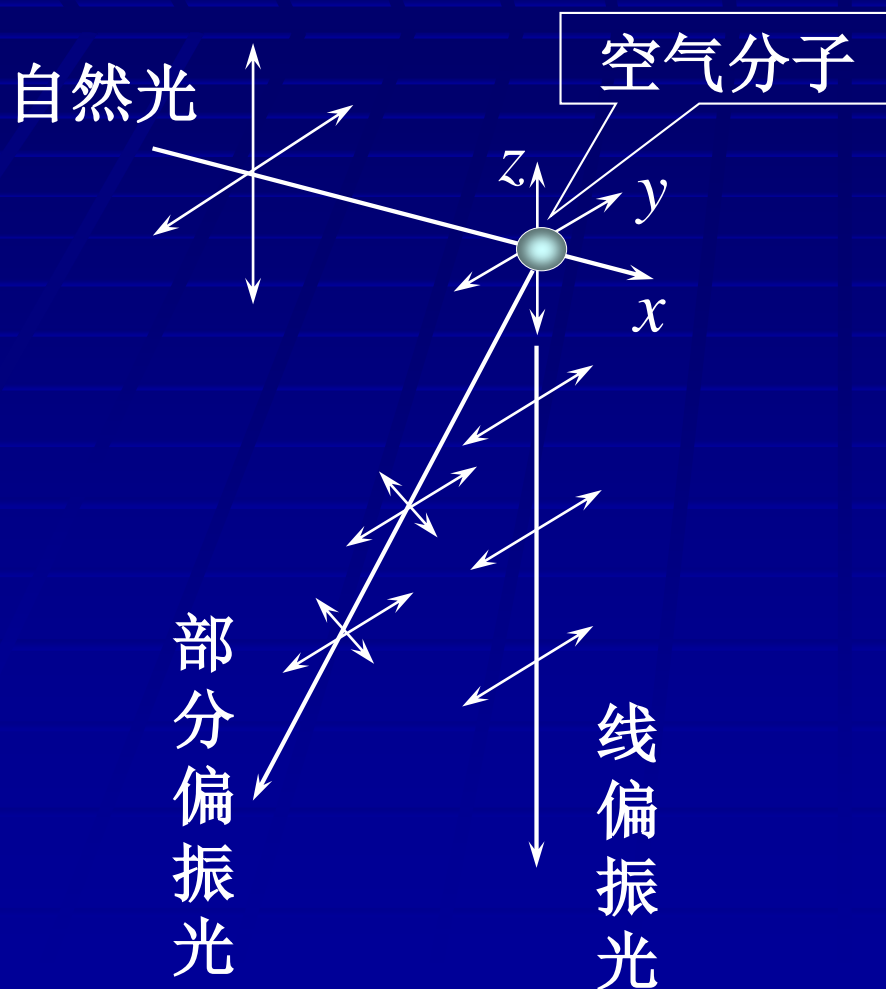
玻璃堆

布儒斯特角



线偏振光

(2) 散射光的偏振性



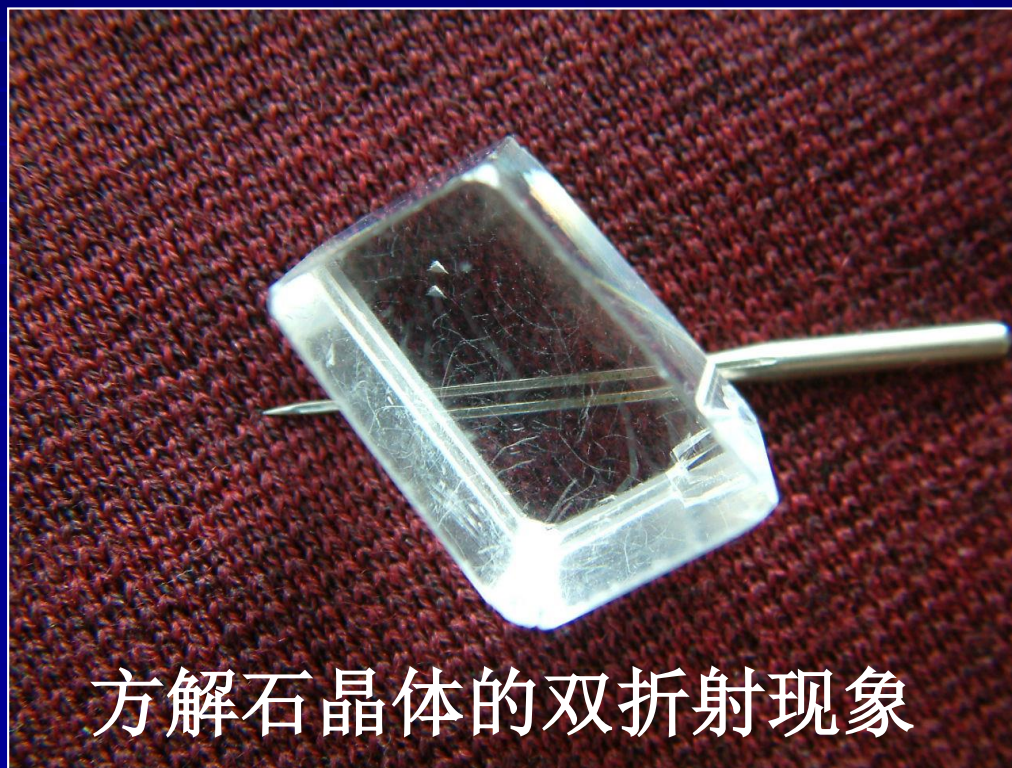
照相机安上偏振镜可以产生不同的效果。

§ 12-6 光的双折射

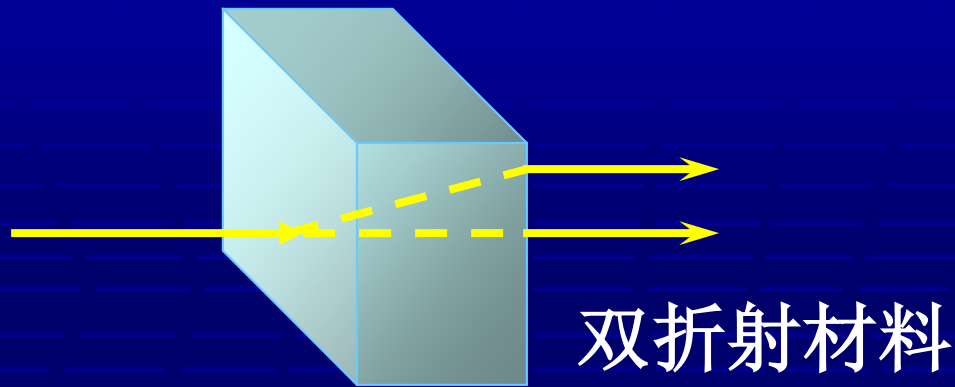
12-6-1 光在晶体中的双折射

双折射现象：

一束光进入某种晶体后会出现两束折射光的现象。



方解石晶体的双折射现象



寻常光线（o光）：恒遵守通常折射定律的光线。

非常光线（e光）：不遵守通常折射定律的光线。

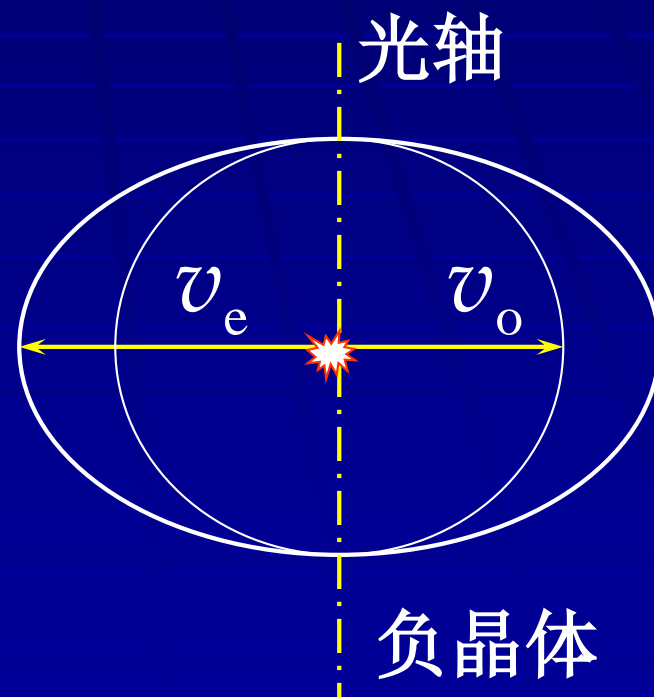
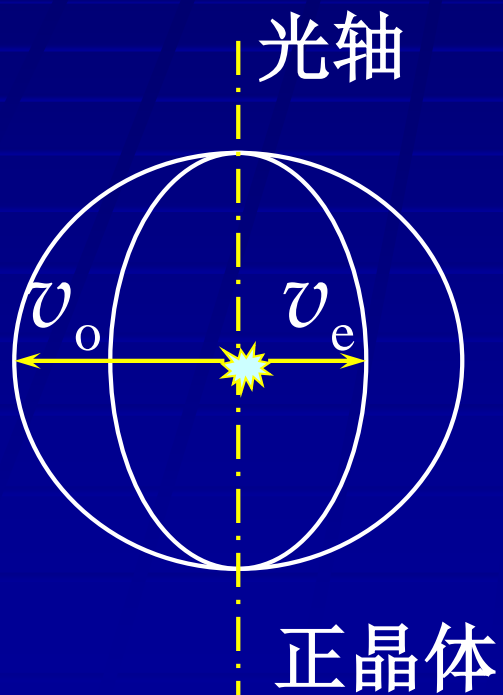
晶体的光轴：在晶体中的一个特殊的方向，沿该方向不会产生双折射现象。

单轴晶体：只有一个光轴的晶体。

双轴晶体：有两个光轴的晶体。

o 光在晶体中各个方向上的传播速度相同。

e 光在晶体中各个方向上的传播速度不同。



晶体对 e 光的主折射率：

$$n_e = \frac{c}{v_e}$$

晶体对 o 光的主折射率：

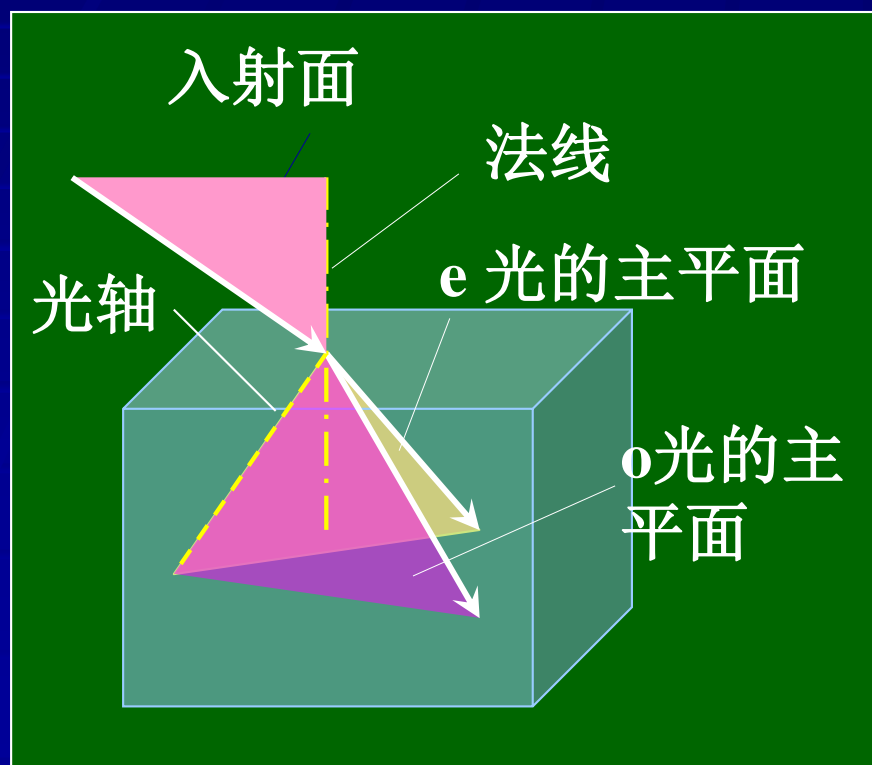
$$n_o$$

几种单轴晶体的折射率（对波长为589.3nm的钠光）

晶 体	n_o	n_e	晶 体	n_o	n_e
方解石	1.6584	1.4864	石英	1.5443	1.5534
电石气	1.669	1.638	冰	1.309	1.313
白云石	1.6811	1.500	硝酸钠	1.585	1.337

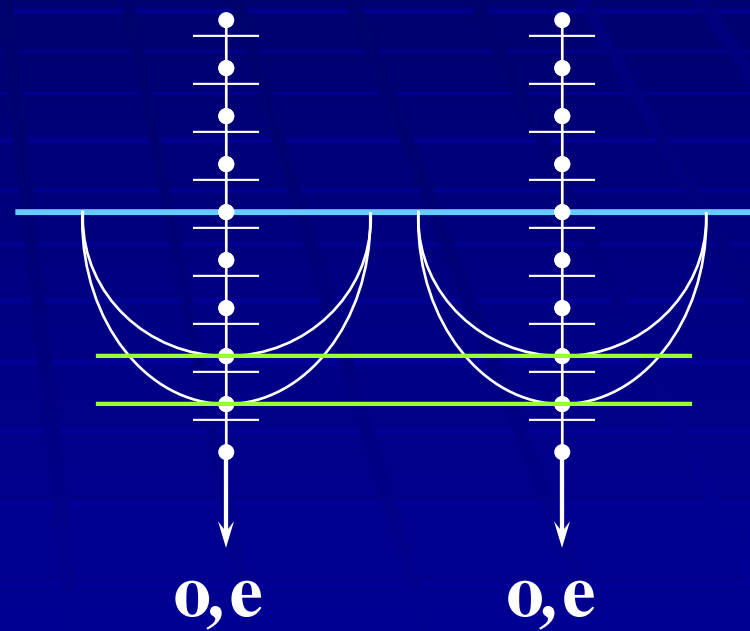
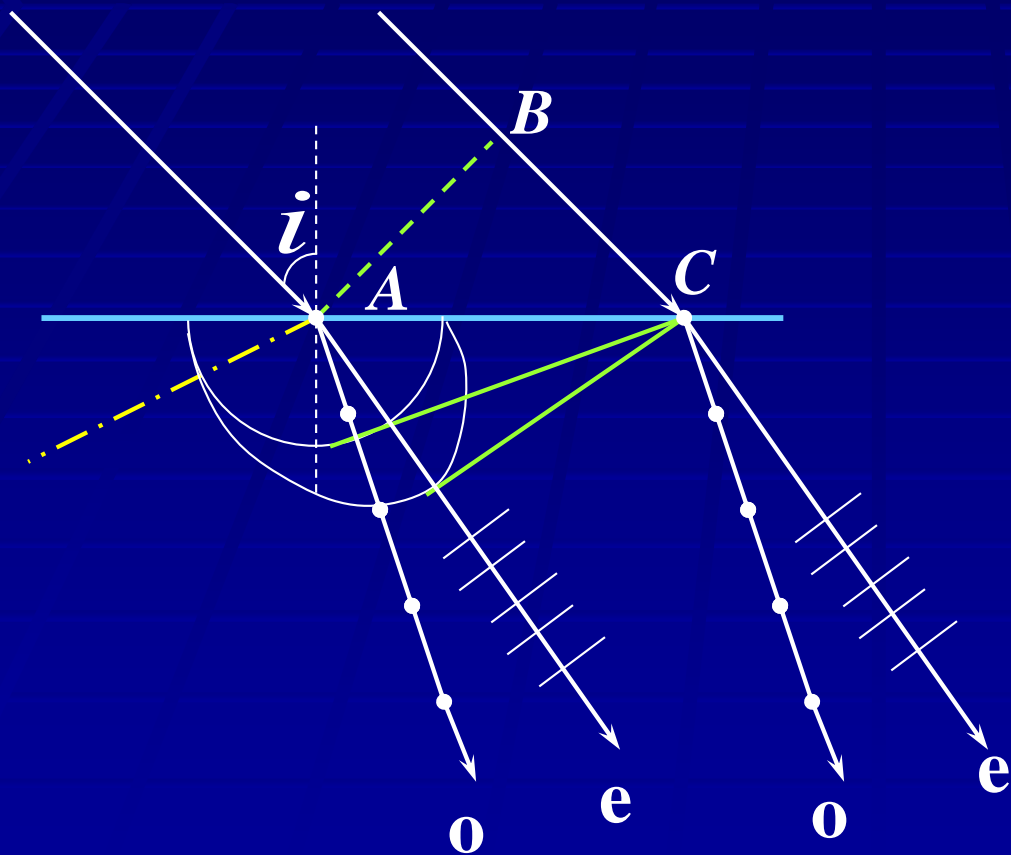
主平面：晶体中任意一条光线与光轴构成的平面。

实验表明：o 光的光振动垂直于它的主平面，e 光的光振动平行于它的主平面。



当入射光线正好在光轴与晶体表面法线所组成的平面内（即光轴位于入射面内）时，o 光和 e 光的主平面以及入射面三者重合，这个重合面称为**主截面**。

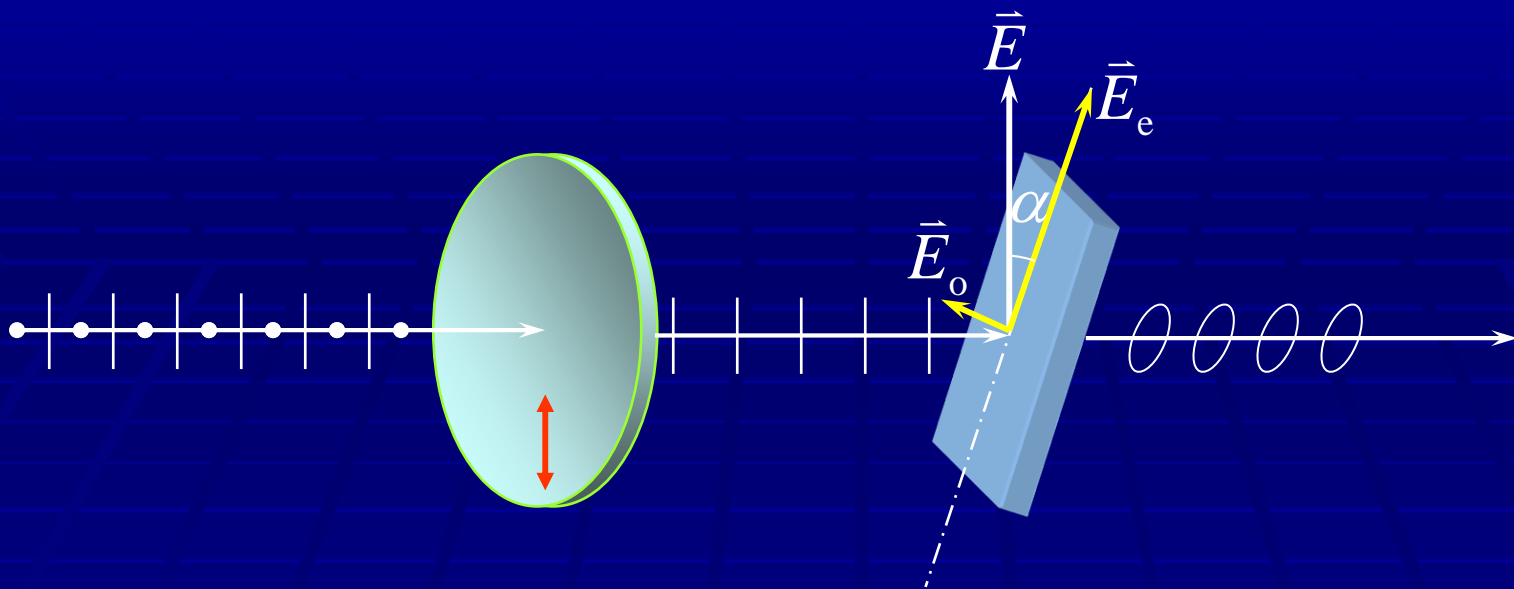
由惠更斯原理解释双折射现象：



12-6-2 椭圆偏振光和圆偏振光 波片

如果两个同频率的线偏振光，振动方向相互垂直，只要它们之间存在恒定的相位差，则在一般情况下两者叠加后其合振动光矢量的端点将描绘出一个椭圆，这样的光称为**椭圆偏振光**。

如果合振动光矢量的端点描绘出的是一个圆，则这样的光称为**圆偏振光**。



$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} d(n_o - n_e) = \begin{cases} (2k+1)\pi/2 & \text{正椭圆} \\ (2k+1)\pi & \text{线偏振光} \end{cases}$$

$$\delta = d(n_o - n_e) = \begin{cases} (2k+1)\lambda/4 & \text{正椭圆} \\ (2k+1)\lambda/2 & \text{线偏振光} \end{cases}$$

四分之一波片： 偏振光通过波片后，o光和e 光的光程差等于 $\lambda/4$ 的奇数倍。

四分之一波片的最小厚度：

$$d = \frac{\lambda}{4(n_o - n_e)}$$

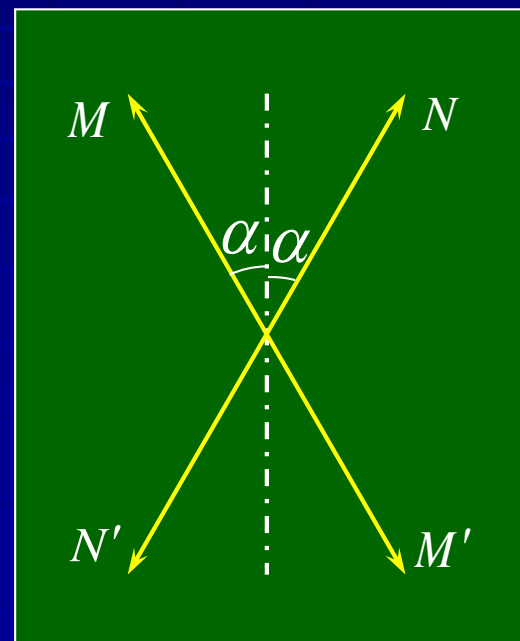
偏振光通过四分之一波片后出射的是正椭圆偏振光。

半波片： 偏振光通过波片后，o光和e 光的光程差等于 $\lambda/2$ 的奇数倍。

半波片的最小厚度：

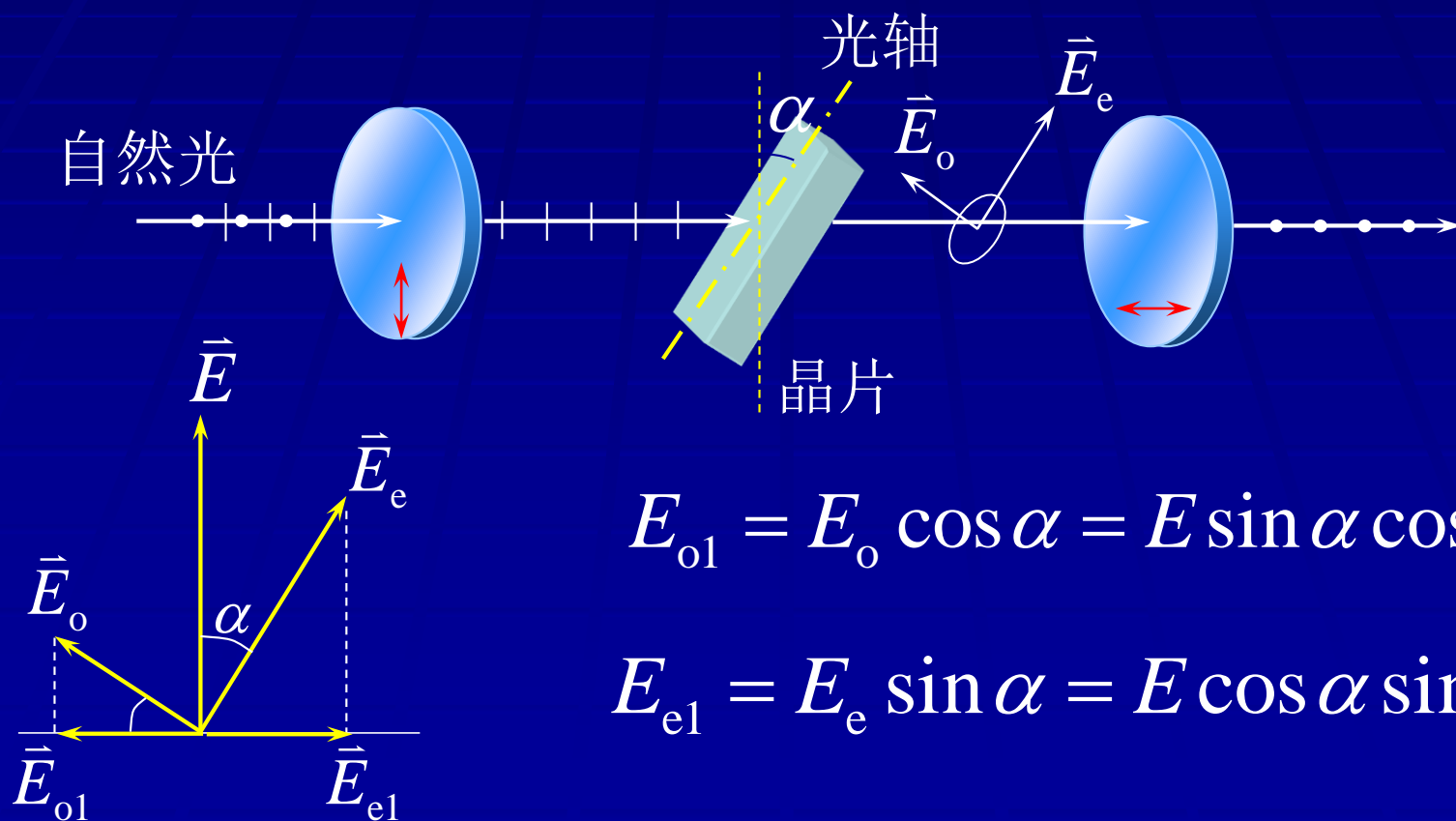
$$d = \frac{\lambda}{2(n_o - n_e)}$$

线偏振光通过半波片后出射的o光和e光正好反相位，合成后仍是线偏振光，只是振动方向转过了 2α 。



12-6-3 偏振光的干涉

光干涉的基本条件：频率相同、振动方向相同以及有恒定的相位差。



相位差：
$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(n_o - n_e)d + \pi$$

说明：第二项则是由于光矢量 \vec{E}_o 和 \vec{E}_e 的反向投影引起的附加相位差。

当 $\Delta\varphi = \pm 2k\pi$ ($k = 1, 2, \dots$) 时，干涉加强

当 $\Delta\varphi = \pm(2k + 1)\pi$ ($k = 1, 2, \dots$) 时，干涉减弱

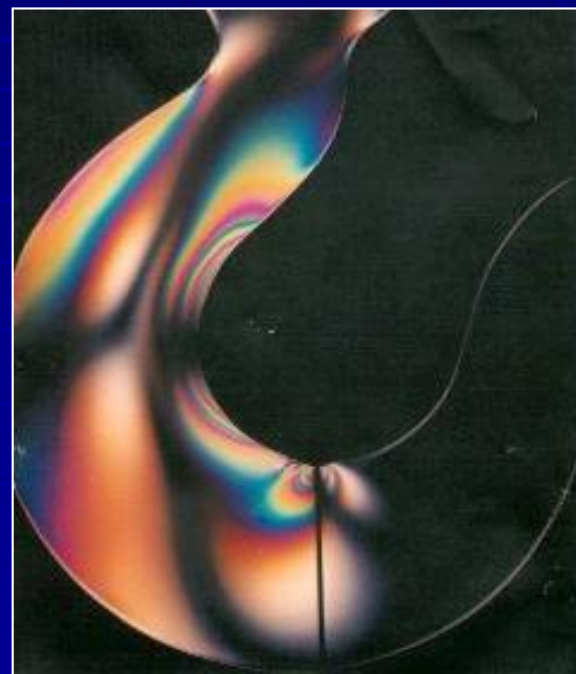
色偏振：当白光照射时，由于偏振光干涉而出现彩色花样的现象。



12-6-4 光弹效应与旋光现象

1. 光弹效应

有些各向同性的非晶体透明材料（如玻璃、塑料等）本无双折射性质，但是当它们在受到机械外力时，其内部会产生应力分布，从而导致光学上的各向异性，出现双折射性质，这种现象称为光弹效应。



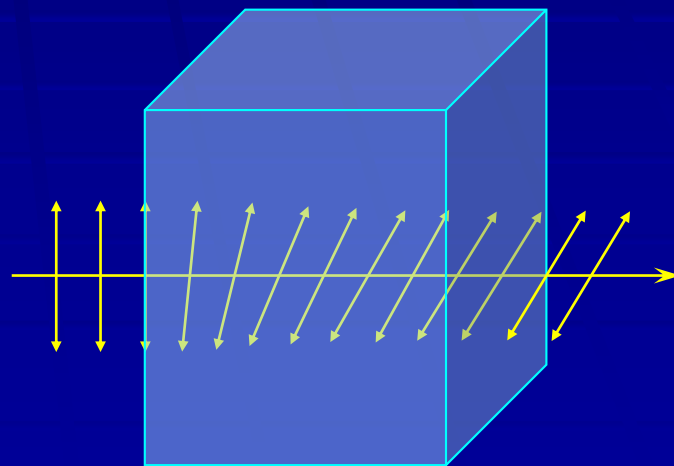
2. 旋光现象

旋光现象：偏振光在通过某些物质后，其振动面会以光的传播方向为轴转过一个角度的现象。

旋光物质：具有旋光性质的物质。

右旋物质：迎着光线射来的方向观察，振动面按顺时针方向旋转的物质。

左旋物质：振动面按逆时针方向旋转的物质。



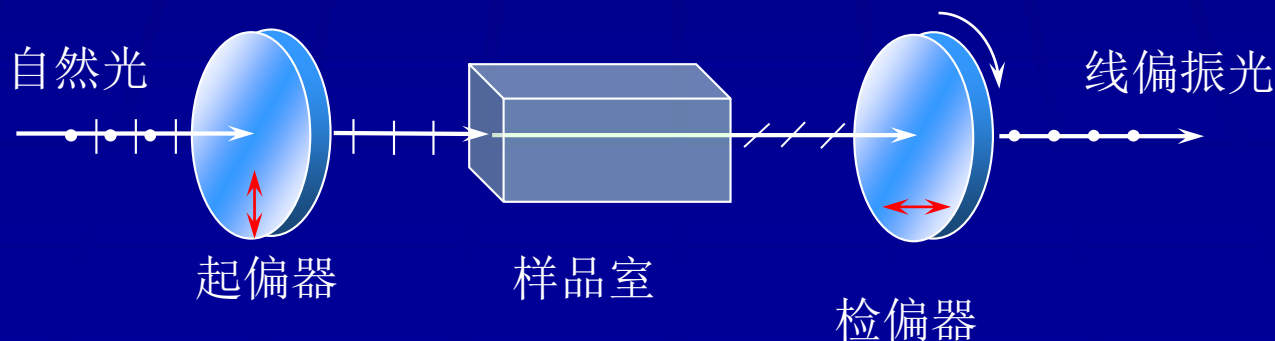
旋光度 (θ)：偏振光通过旋光物质后，其振动面转过的角度。

旋光度与偏振光通过旋光晶体的距离 d 成正比。

$$\theta = \alpha d \quad \alpha \text{ 称为介质的旋光率}$$

对于旋光溶液：

$$\theta = \alpha cd \quad c \text{ 为溶液的浓度}$$



磁致旋光：某些磁性物质在外磁场的作用下出现旋光现象，称为**法拉第磁旋效应**。

实验表明，磁致旋光度与样品的长度 l 、所加磁感应强度 B 成正比：

$$\theta = V l B$$

V 称为**费尔德常量**，与物质的性质、光的波长以及温度等有关。