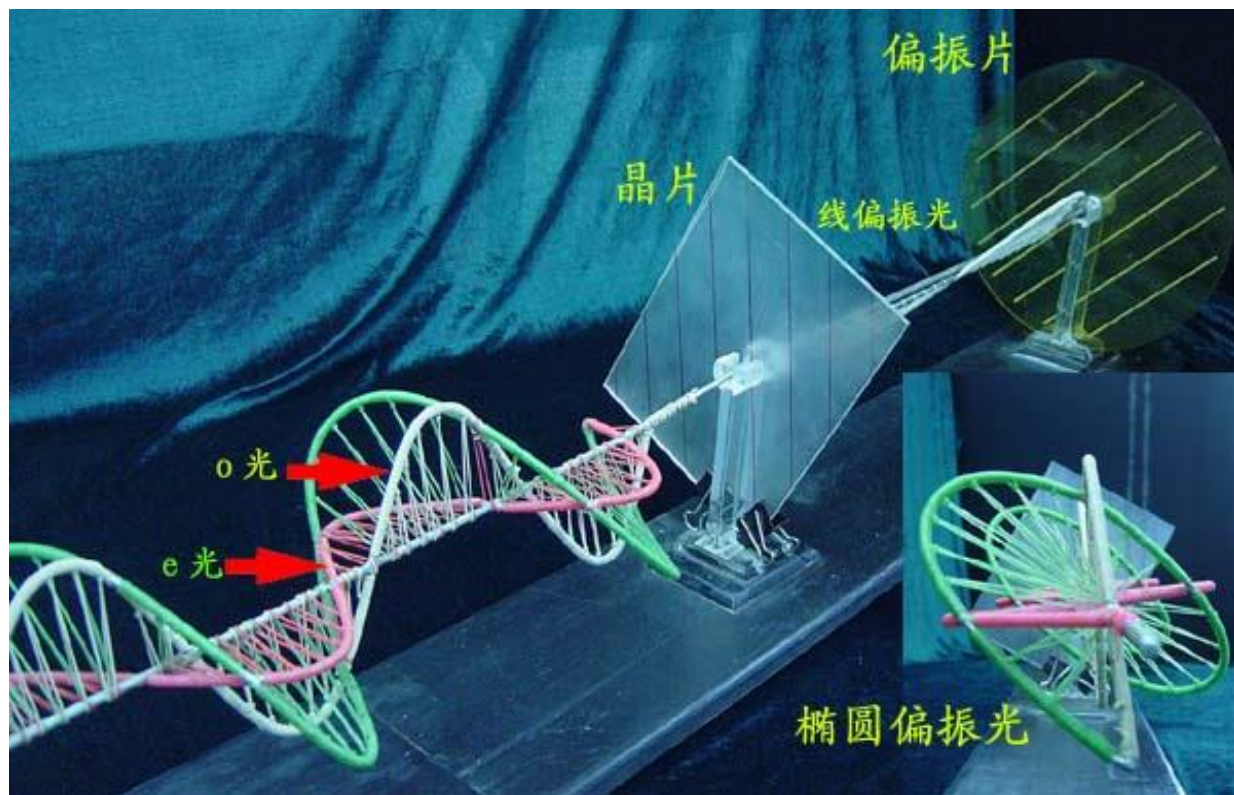


同学们好



相关回顾

一、偏振现象 波振动对传播方向非对称分布, 区分横波和纵波的标志.

二、光的偏振态

三、起偏方法及规律

利用光在两种介质界面上的反射和折射

利用光在各向异性介质中的传播: 偏振片, 双折射

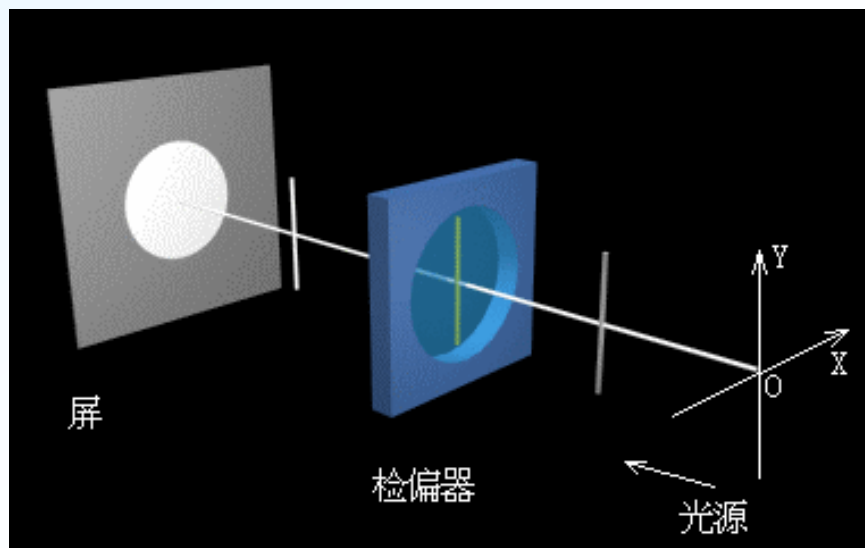
- 布儒斯特定律
- 马吕斯定律
- 双折射起偏

1) 光在晶体内沿光轴传播, 无双折射.

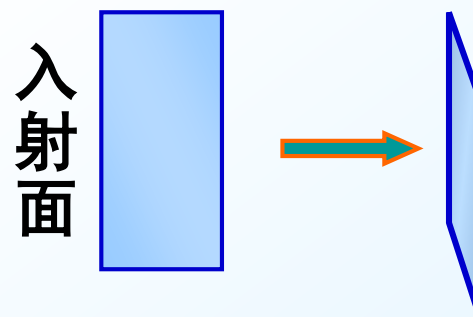
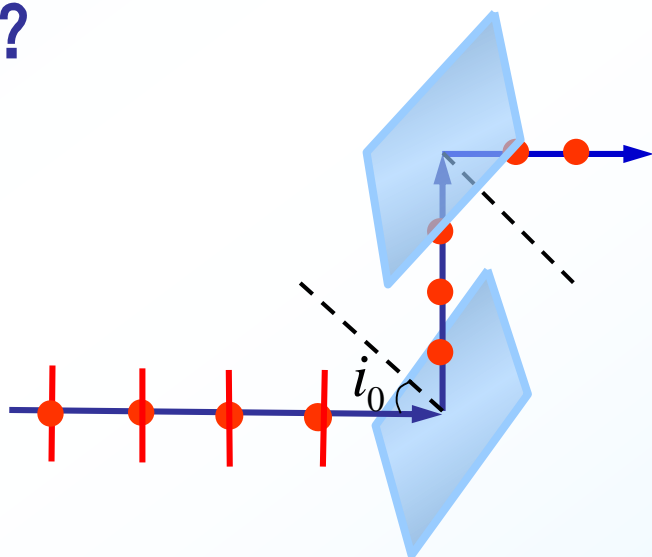
2) $i = 0$, 且 \perp 光轴入射, o、e 光有相位差, 传播方向相同.

3) 其余情况均得两束分开的线偏振光.

四、检偏方法



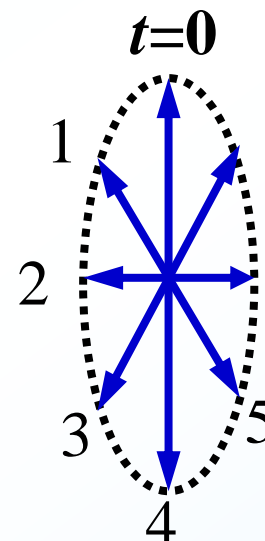
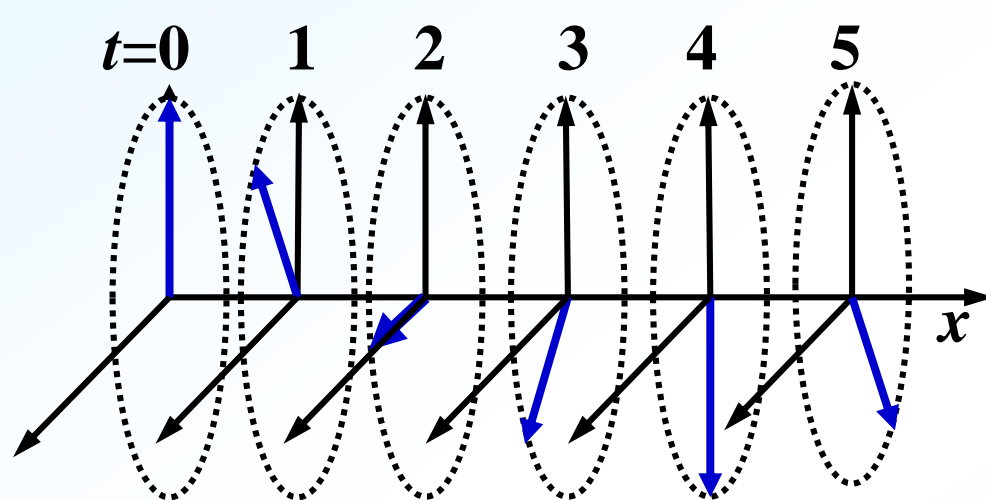
如何检查一束自然光入射到介质分界面而反射的光的偏振状态？



将上面的玻璃片，
绕竖直轴旋转

椭圆偏振光和圆偏振光 波片

一、椭圆偏振光和圆偏振光



1. 条件

两同向传播、振向垂直、相差恒定、同频率偏振光的合成。

2. 获得？

由自然光分成的o、e光重叠而成？相位差不恒定。

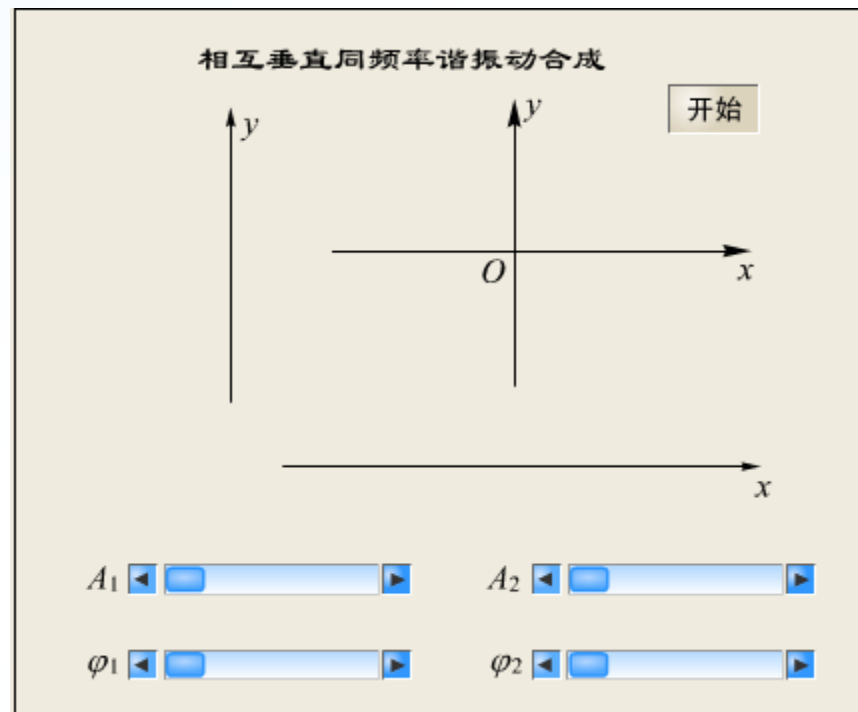
由单色线偏振光垂直入射晶面(光轴//晶面)分成的o、e光重叠而成。

两个同频率相互垂直简谐振动的合成：

$$x = A_1 \cos(\omega t + \varphi_1)$$

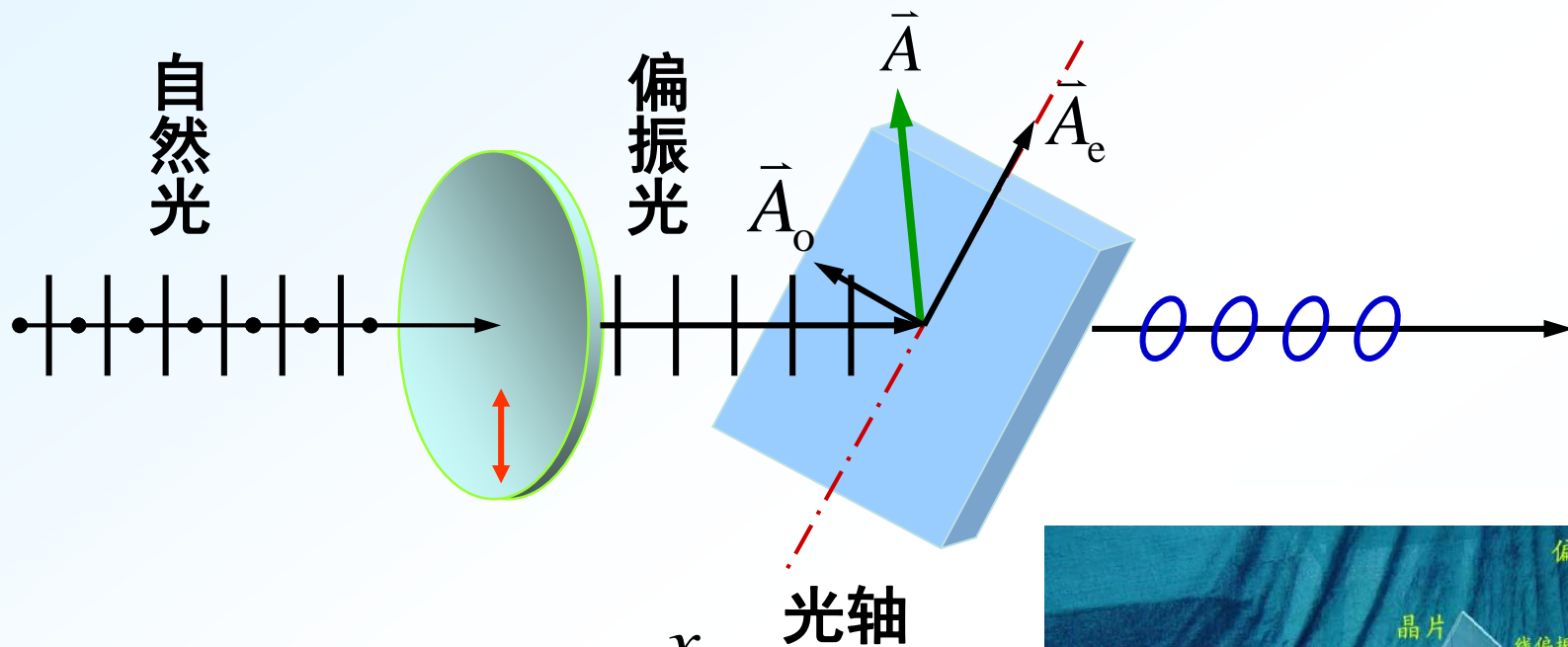
$$y = A_2 \cos(\omega t + \varphi_2)$$

合成以后为
椭圆轨迹方程



$$\frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} - \frac{2xy}{A_1 A_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1) = \sin^2(\varphi_2 - \varphi_1)$$

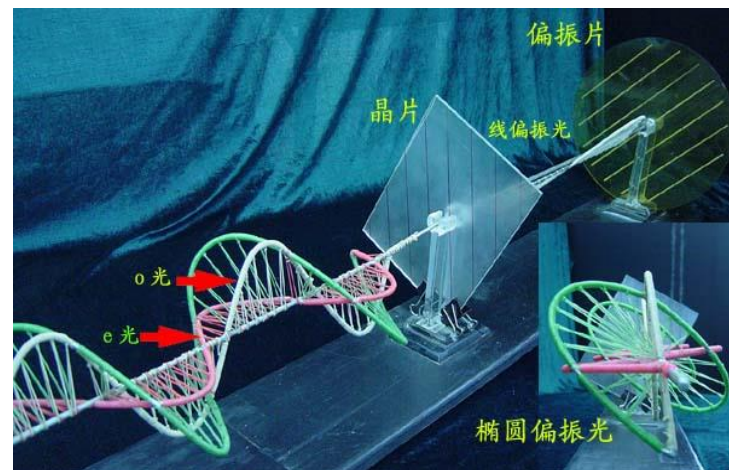
$$\varphi_2 - \varphi_1 = (2k + 1)\frac{\pi}{2} \Rightarrow \frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} = 1 \quad \text{正椭圆}$$



$$y_e = A_e \cos \omega \left(t - \frac{x}{u_e} \right)$$

$$y_o = A_o \cos \omega \left(t - \frac{x}{u_o} \right)$$

$$\Delta\varphi = \omega \left(t - \frac{x}{u_e} \right) - \omega \left(t - \frac{x}{u_o} \right) = \omega \left(\frac{x}{u_o} - \frac{x}{u_e} \right)$$



点击放大

$$\Delta\varphi = \omega\left(t - \frac{x}{u_e}\right) - \omega\left(t - \frac{x}{u_o}\right) = \omega\left(\frac{x}{u_o} - \frac{x}{u_e}\right)$$

$$\because \frac{c}{u_o} = n_o, \frac{c}{u_e} = n_e \rightarrow \frac{c}{n_o} = u_o, \frac{c}{n_e} = u_e$$

$$\Delta\varphi = \frac{\omega x}{c}(n_o - n_e) = \frac{2\pi}{\lambda} x(n_o - n_e)$$

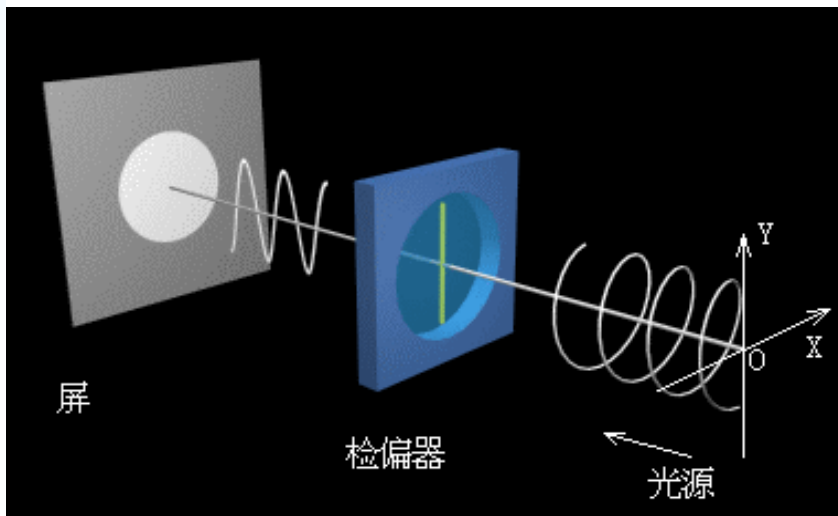
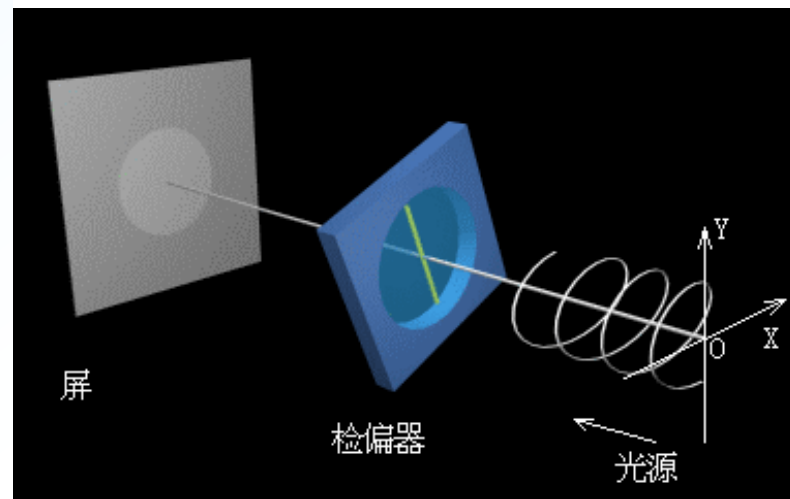
$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} d(n_o - n_e) = \begin{cases} (2k+1)\frac{\pi}{2} & \text{正椭圆} \\ (2k+1)\pi & \text{线偏振光} \end{cases}$$

圆偏振光为**正椭圆偏振光** $A_o=A_e$ 之特例.

椭圆偏振光

(elliptically polarized light)

光矢量端点在垂直于光传播方向的截面内描绘出椭圆轨迹. 检偏器旋转一周, 光强两强两弱.

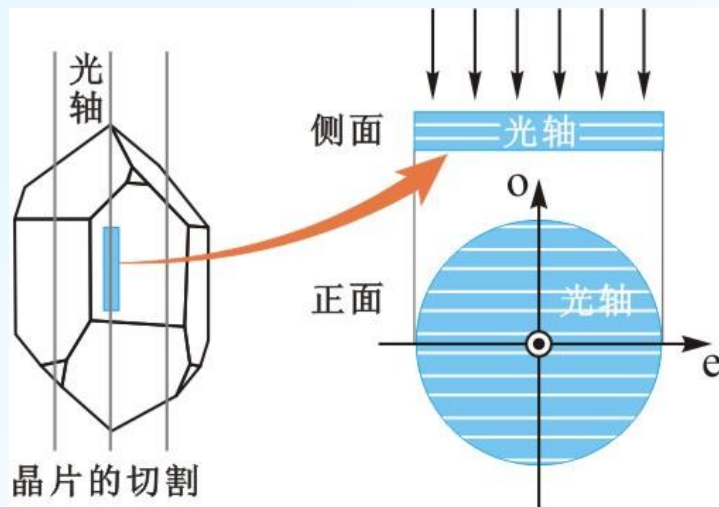


圆偏振光

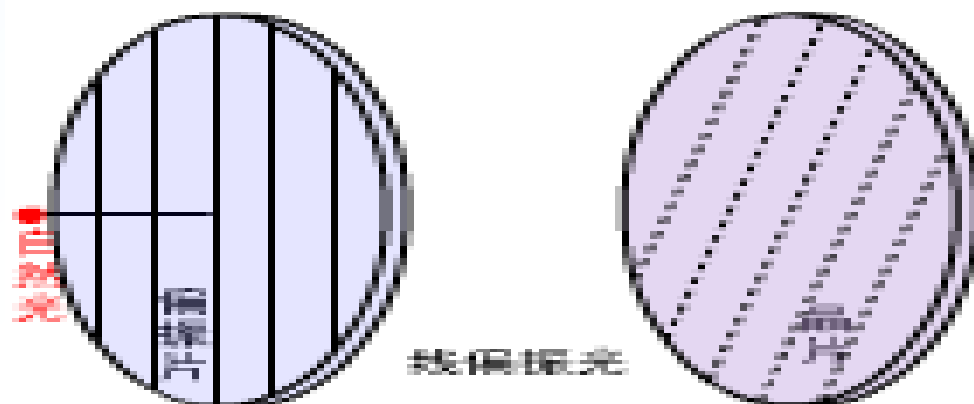
(circularly polarized light)

光矢量端点在垂直于光传播方向的截面内描绘出圆形轨迹. 检偏器旋转一周, 光强无变化.

点击图片放大



晶片是从单轴晶体中切割下来的平行平板, 其表面与晶体的光轴平行.



二、波片

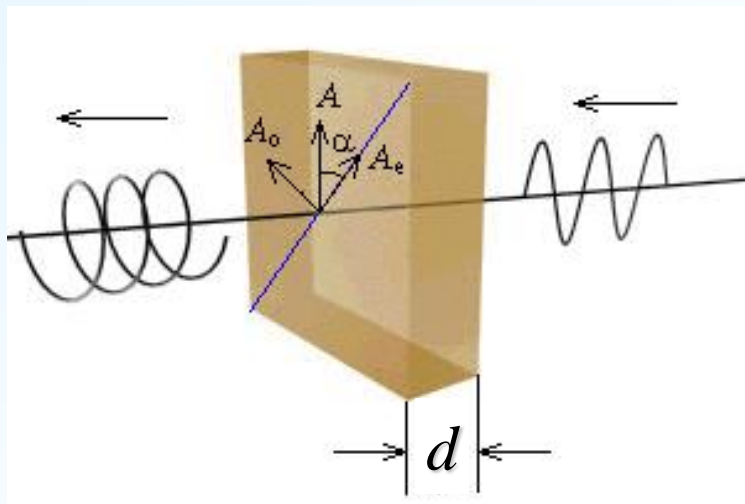
$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} d(n_o - n_e) = \begin{cases} (2k+1)\frac{\pi}{2} & \text{正椭圆} \\ (2k+1)\pi & \text{线偏振光} \end{cases}$$

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

四分之一波片(quarter-wave plate): 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.

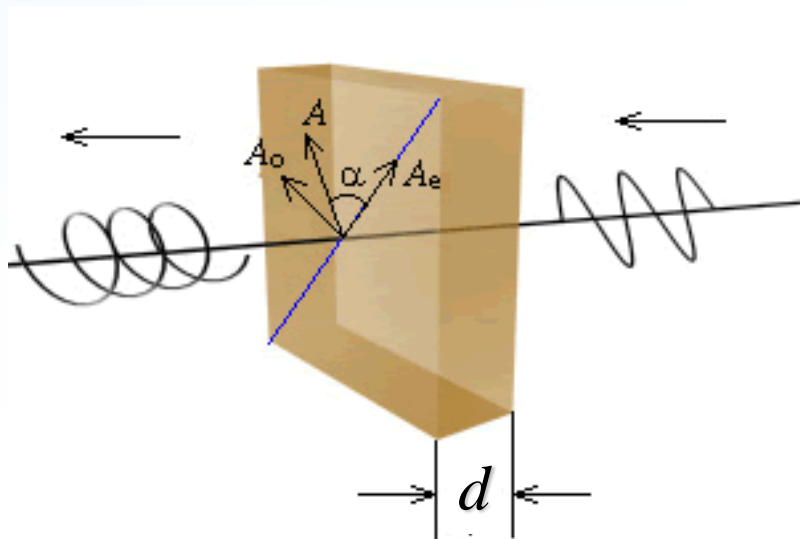
四分之一波片的最小厚度: $d_{\min} = \frac{\lambda}{4(n_o - n_e)}$

四分之一波片



强度 $A_e = A \cos \alpha$, $A_o = A \sin \alpha$

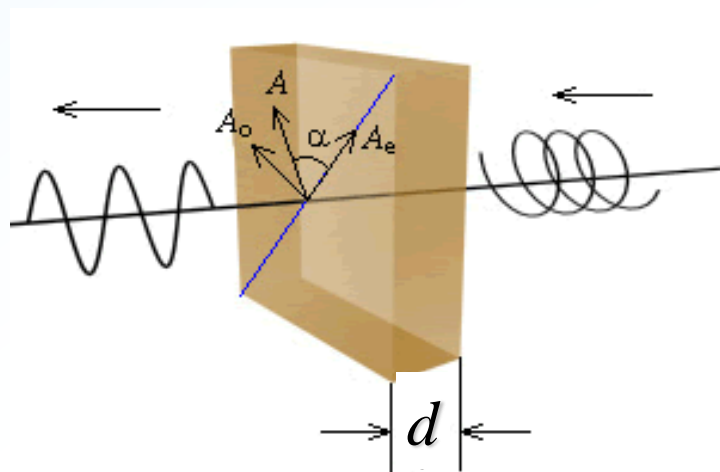
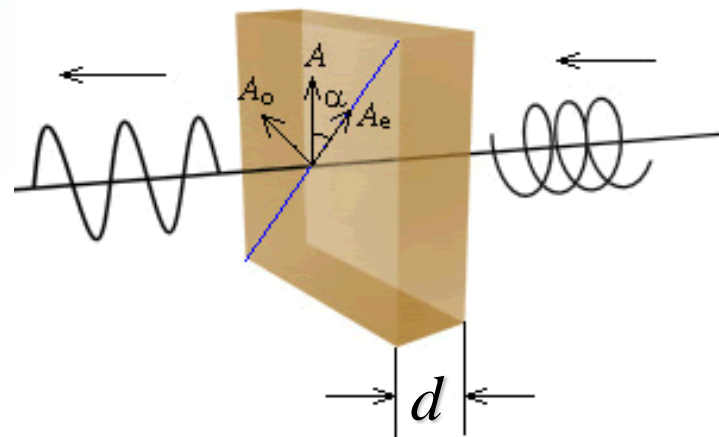
线偏振光振动方向与四分之一波片的光轴方向成 45° 角时, 通过后线偏振光变为**圆偏振光**.



线偏振光振动方向与四分之一波片的光轴方向的夹角不为 45° 角时, 则通过后线偏振光变为**椭圆偏振光**.

四分之一波片

圆偏振光通过四分之一波片后, 变为线偏振光, 其振动方向与光轴方向成 45° 角.



椭圆偏振光长轴或短轴与四分之一波片的光轴平行时, 通过后椭圆偏振光变为线偏振光, 其振动方向与光轴方向的夹角不等于 45° 角.

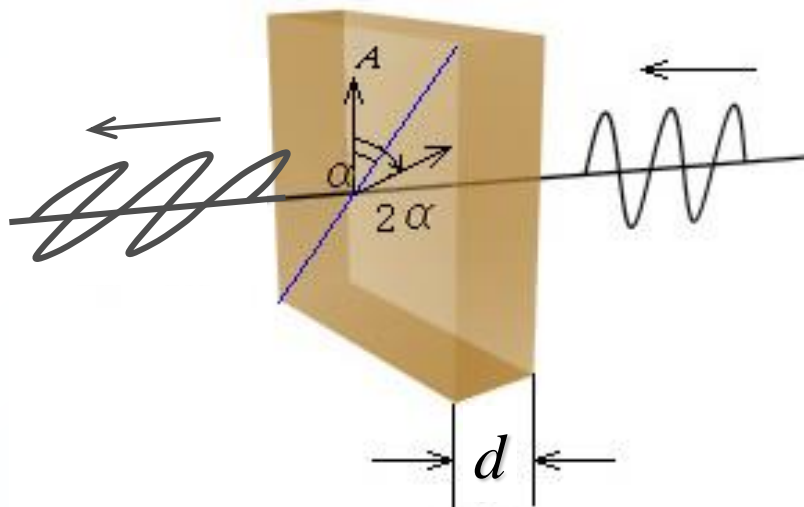
$$\Delta = d(n_o - n_e) = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$$

线偏振光

半波片(half-wave plate): 偏振光通过此波片后, 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:

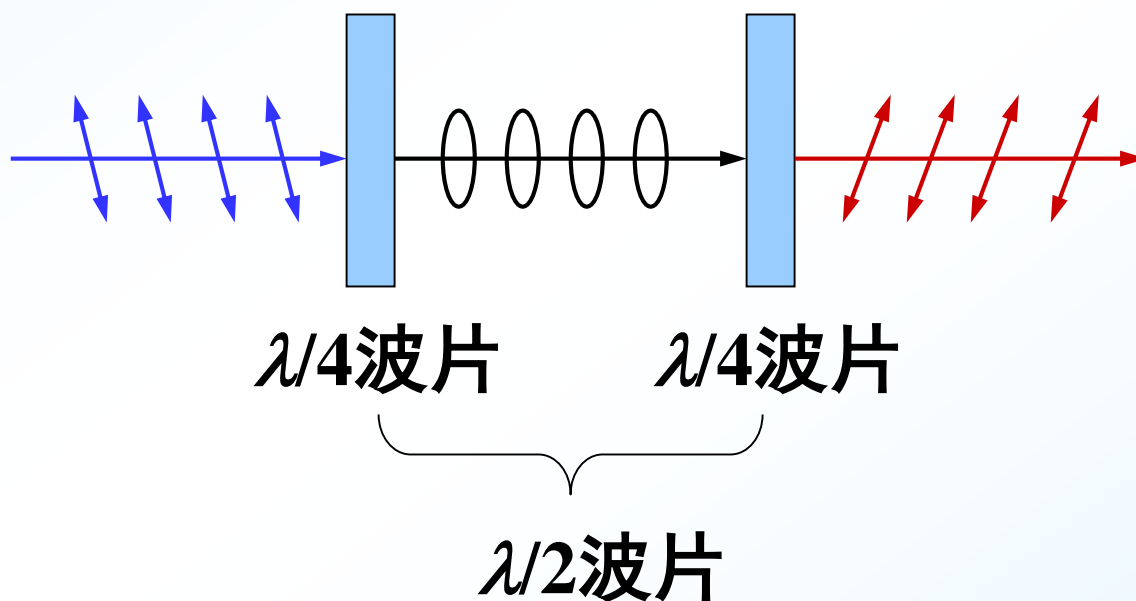
$$d_{\min} = \frac{\lambda}{2(n_o - n_e)}$$



线偏振光通过半波片后仍是线偏振光, 只是振动方向转过了 2α .

全波片： $\Delta = k\lambda$ 出射光与入射光相同

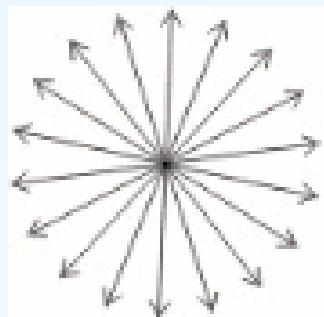
适当选取厚度 d 可将线偏振光转化为椭圆偏振光或
将椭圆偏振光转化为线偏振光



圆偏振镜(CPL镜): 由一片线偏振镜(PL)与一片四分之一波片(为特殊双折射材料), 彼此胶合而成. 该四分之一波片的光轴与线偏振镜的偏振光振动方向之间成 45° 夹角. 光线自线偏振镜一端射入为正向, 自四分之一波片一端射入为反向. 正向射向圆偏振镜的自然光, 先后通过线偏振镜和四分之一波片后, 即成为圆偏振光.



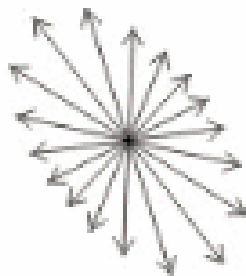
各种光的偏振特性



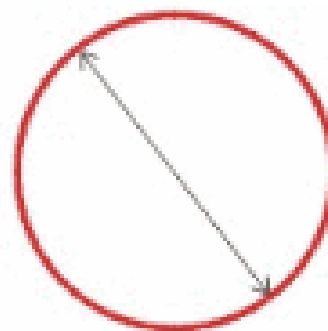
自然光



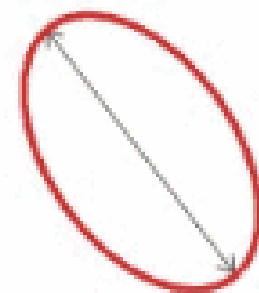
线偏振光



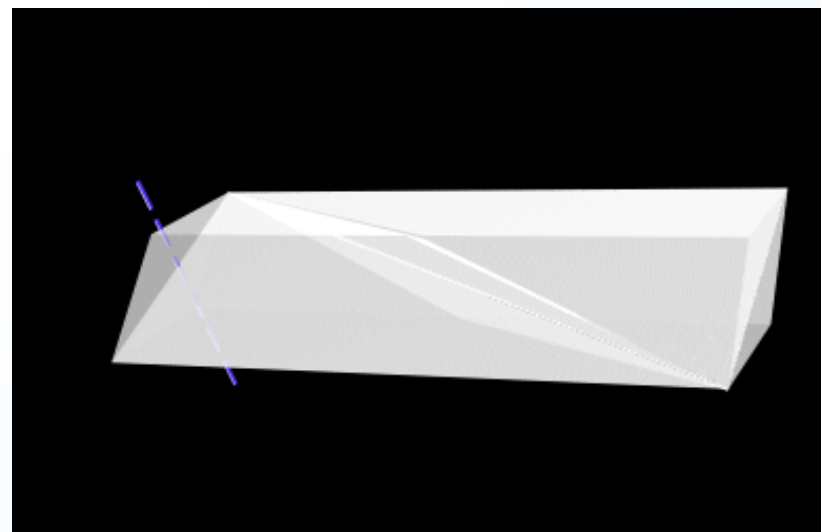
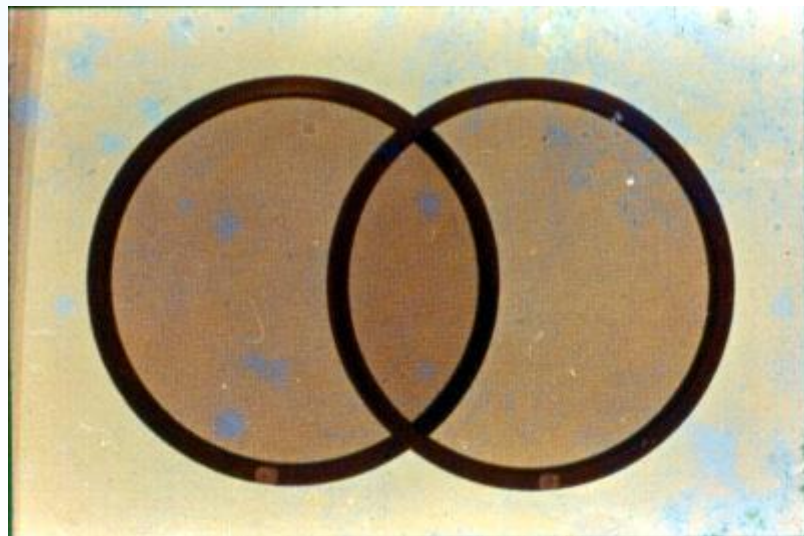
部分偏振光



圆偏振光

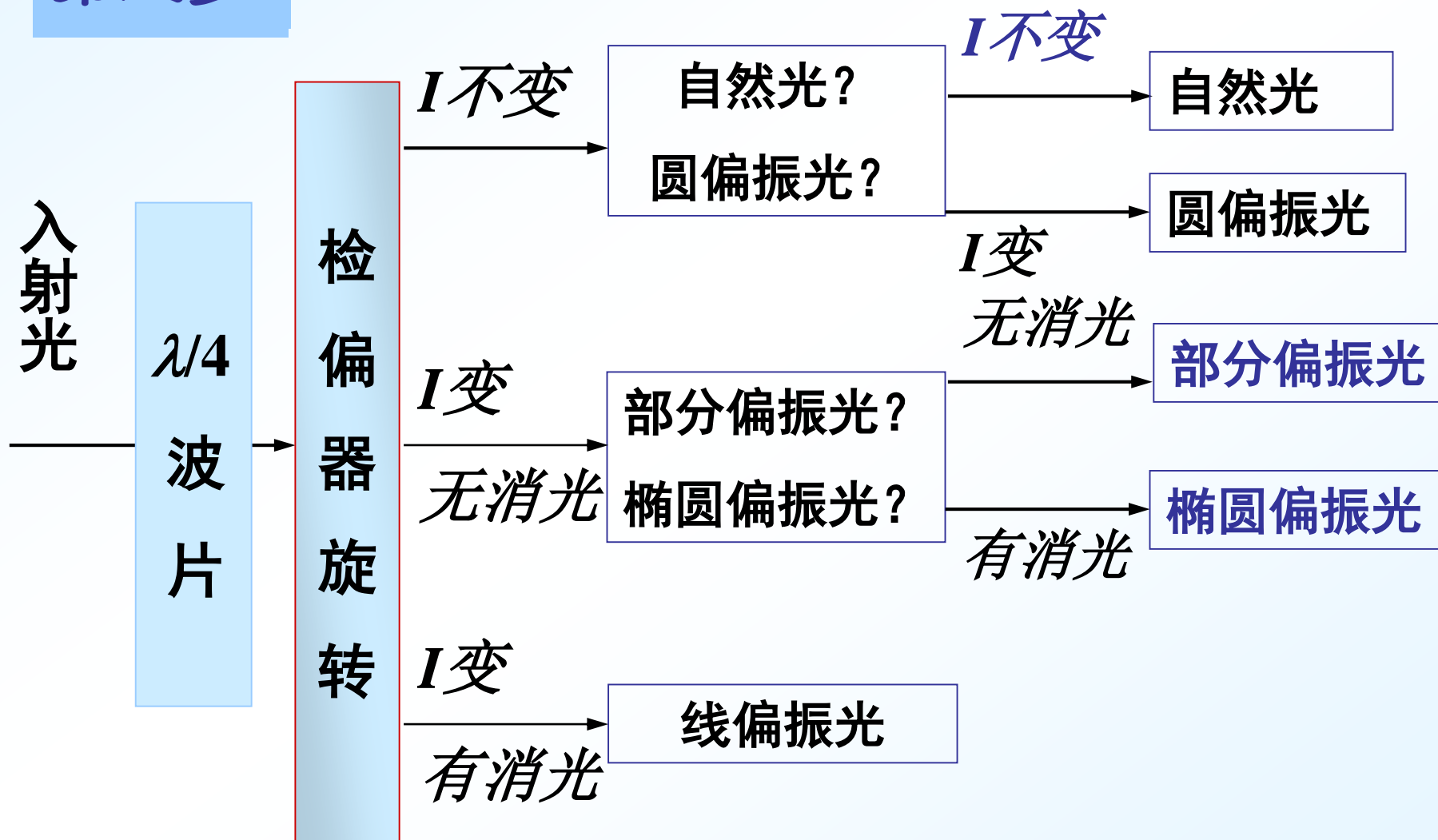


椭圆偏振光



光振动状态的实验区分

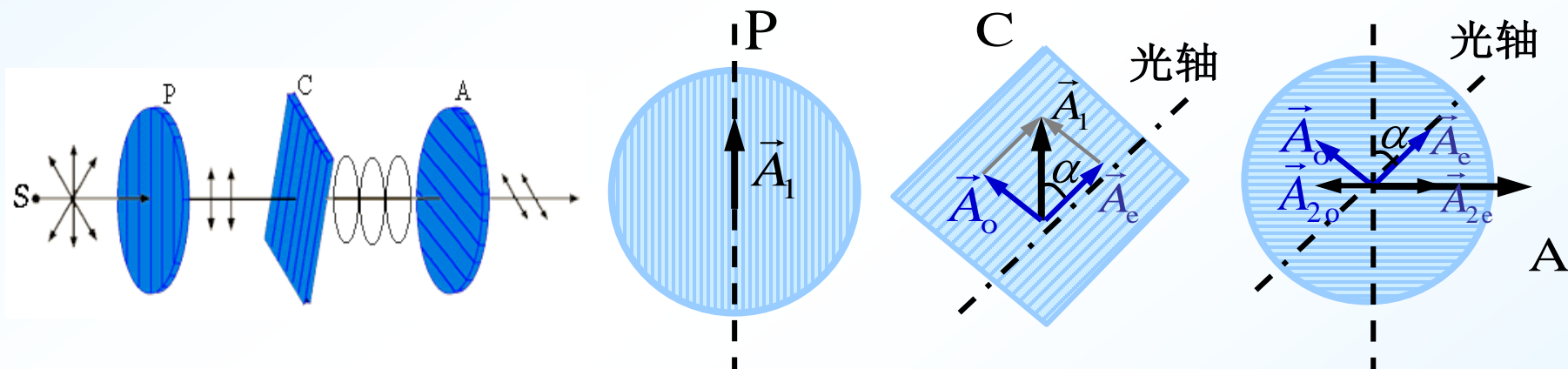
第二步



偏振光的干涉 人为双折射现象 旋光现象

一、偏振光干涉

从偏振片P得到的线偏振光经过晶片C后, 成为两束相互之间有相位差而振动方向互相垂直的o光和e光. (相位差不等于 π 的整数倍时, 构成椭圆偏振光.)



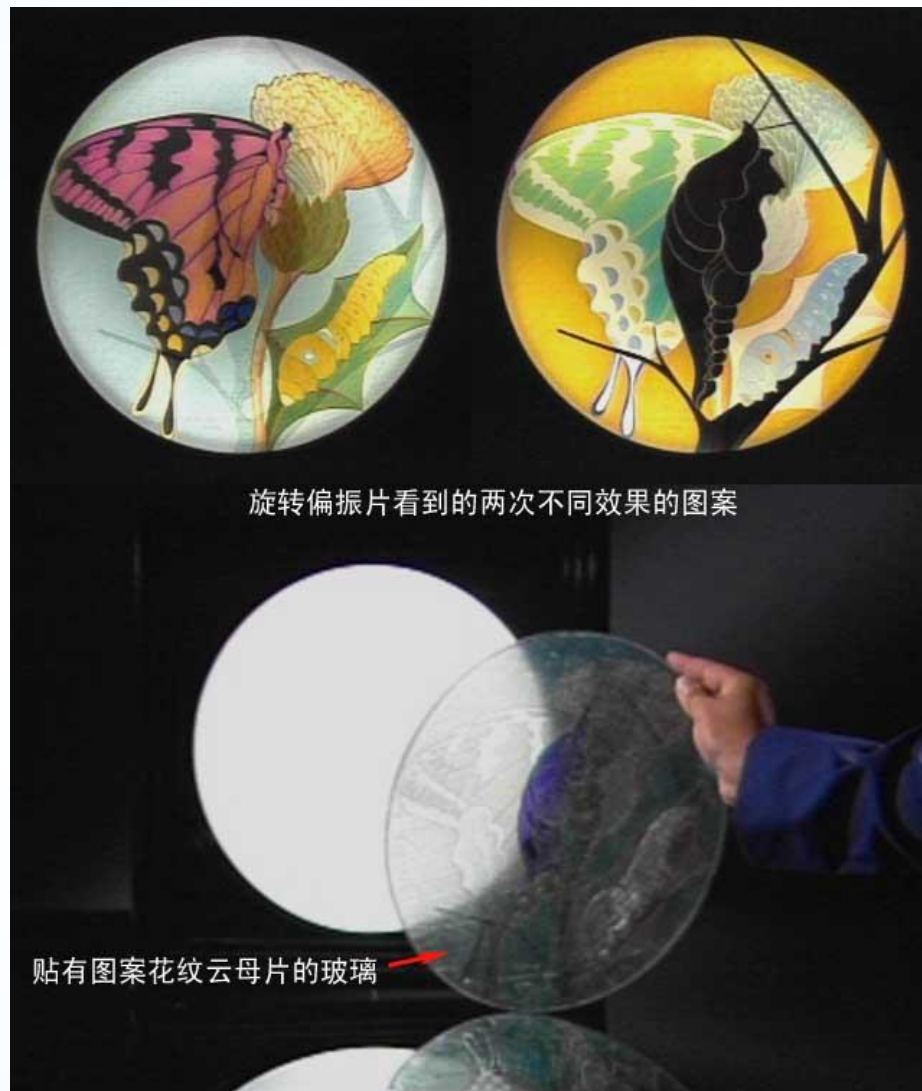
圆偏振光再穿过一个偏振片A后, 由于偏振片只有一个偏振化方向, 所以通过偏振片后, 这两束互相垂直的同频率、相位差恒定的光, 具有了同一个振动方向, 因此这两束光成了相干的偏振光.

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} (n_o - n_e) d + \underline{\pi} \quad A_{2o} \text{ 与 } A_{2e} \text{ 方向相反导致}$$

若复色光入射时，晶体对不同波长的光干涉条件各不相同，因此在检偏器后应看到不同的颜色，这种情况称之为**色偏振** (chromatic polarization)。

色偏振

取不同厚度的云母片将它们以各种图案贴在玻璃板上，并将其放在两个用白光照明的偏振片之间，出射光的颜色和亮度会发生变化。旋转上面的偏振片，可呈现彩色斑斓的图案花纹。

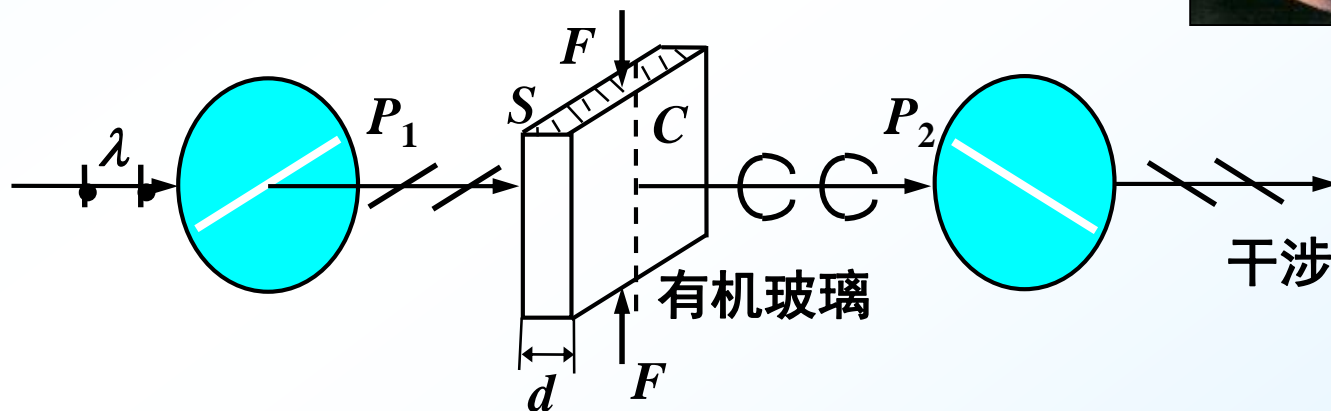
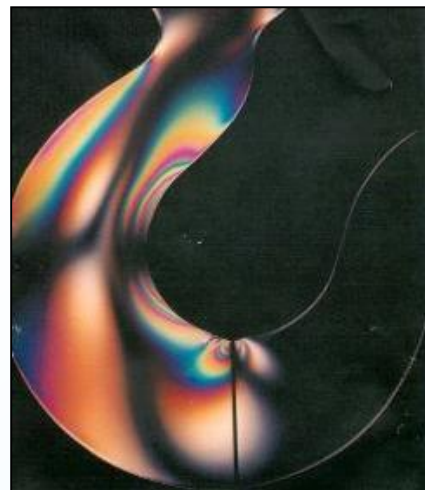


二、人为双折射

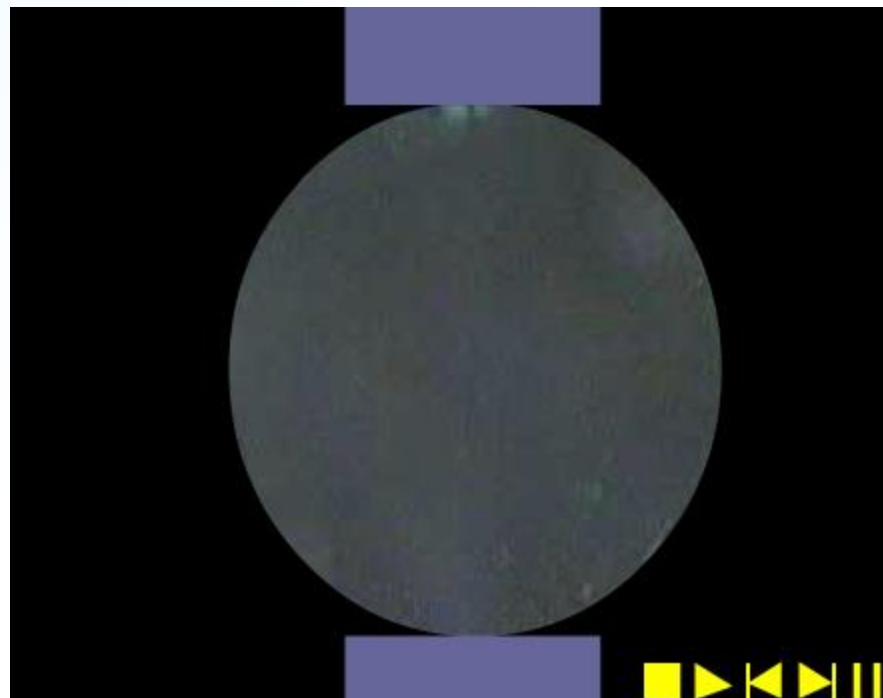
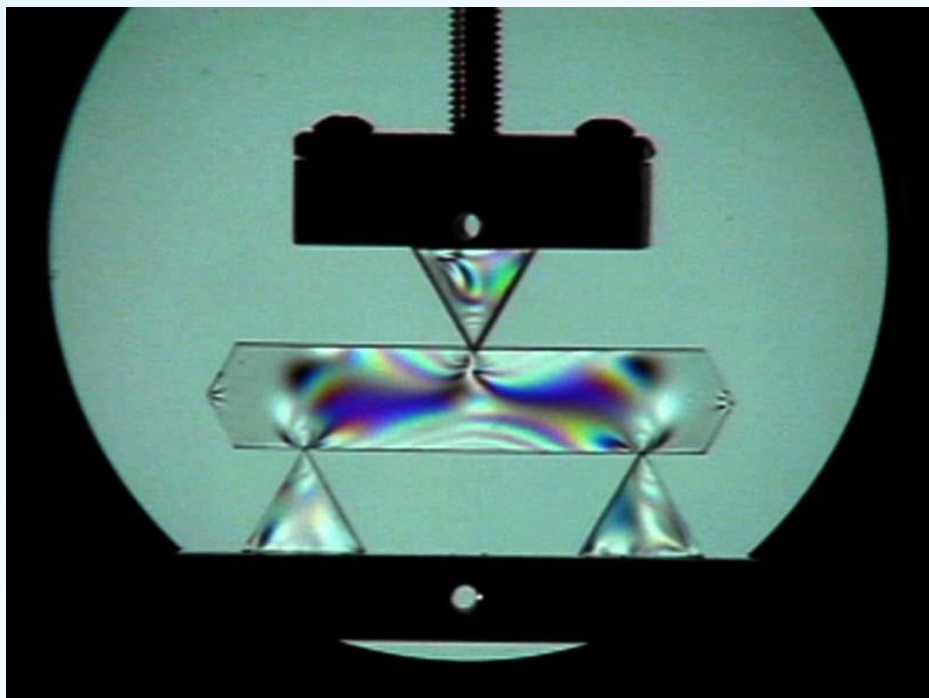
有些各向同性的非晶体或液体, 受外界的人为因素影响而转变为各向异性, 呈现出双折射现象——称为**人为双折射**.

光弹性效应(photoelastic effect)

某些非晶态透明物质(如玻璃、塑料等), 在机械外力的作用下发生形变时, 其内部会产生应力分布, 从而导致光学上的各向异性, 也能呈现出双折射现象. 这种现象称为**光弹效应**.



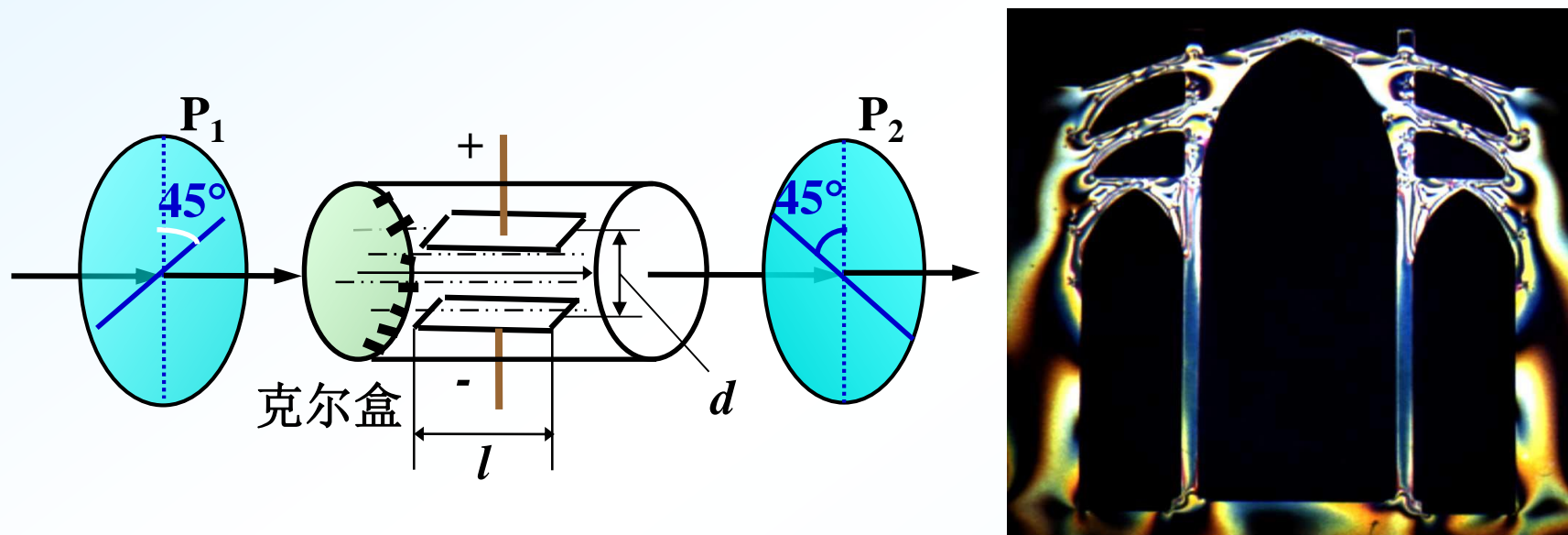
应力 → 各向异性 → v 各向不同 → n 各向不同 → 出现干涉条纹



透明介质插在两偏振片之间, 不同地点因o光和e光的折射率不同会引起o光和e光间不同的相位差, 图片将呈现出反映这种差别的干涉图样. 应力越集中地方, 各向异性越强, 干涉条纹越细密. 在白光照射下, 则显示出彩色的干涉图样.

电光效应(electrooptical effect)(克尔效应) (1875年)

某些各向同性的非晶体或液体等透明物质, 在强电场作用下, 能变为各向异性而显示双折射现象.

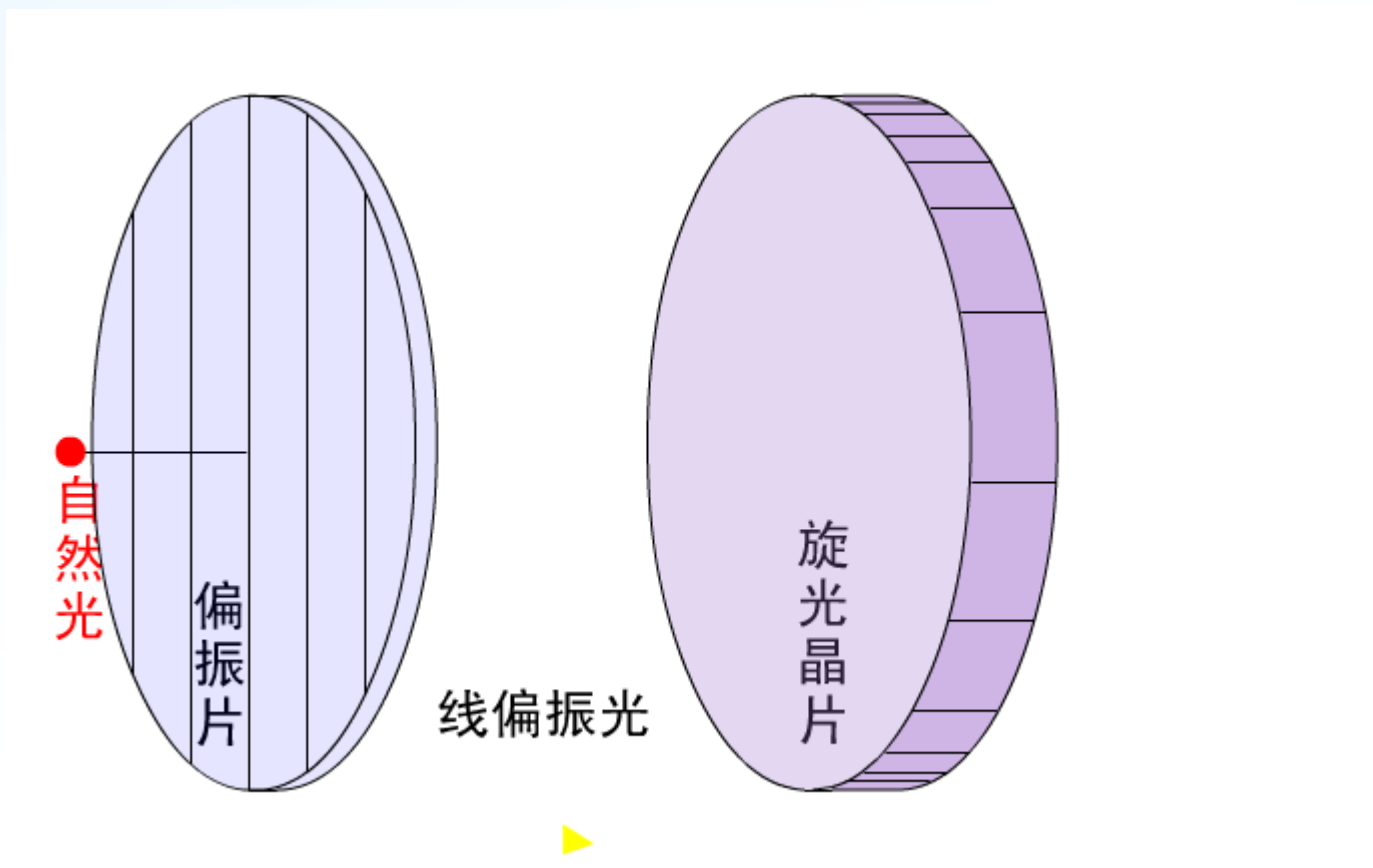


不加电场→液体各向同性→ P_2 不透光

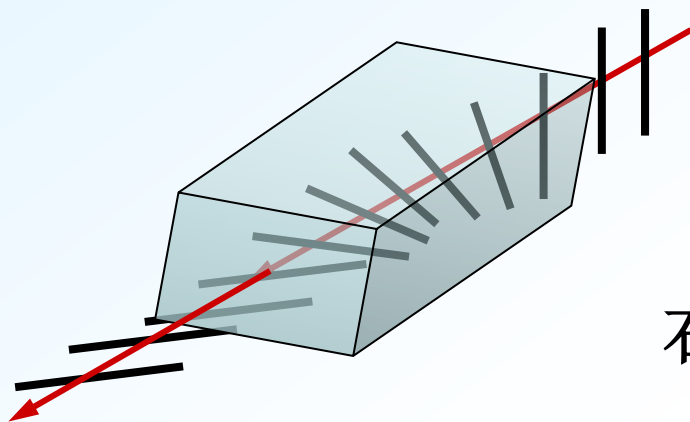
加电场→液体呈单轴晶体性质, 光轴平行 \vec{E} → P_2 透光

三、物质的旋光性(optical activity)

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(optical active substance): 具旋光性的物质



左旋物质: 逆时针旋转

右旋物质: 顺时针旋转

石英晶体、葡萄糖、果糖（右旋）

旋光度(θ): 偏振光通过旋光物质后, 其振动面转过的角度. 它与偏振光通过旋光晶体的距离 d 成正比

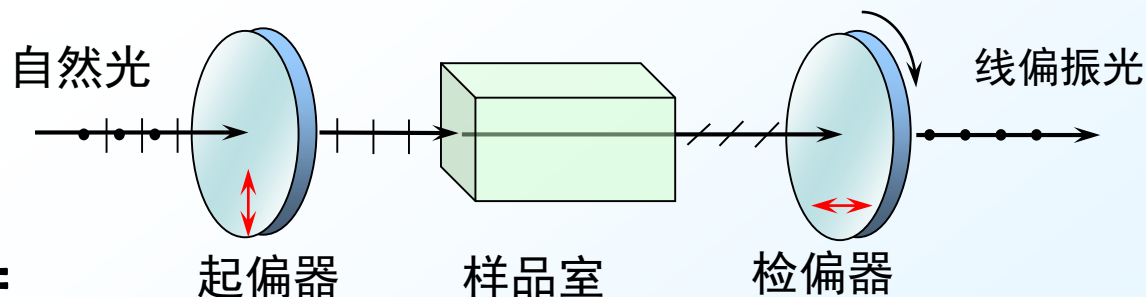
$$\theta = \alpha d$$

α 称为**介质的旋光率**

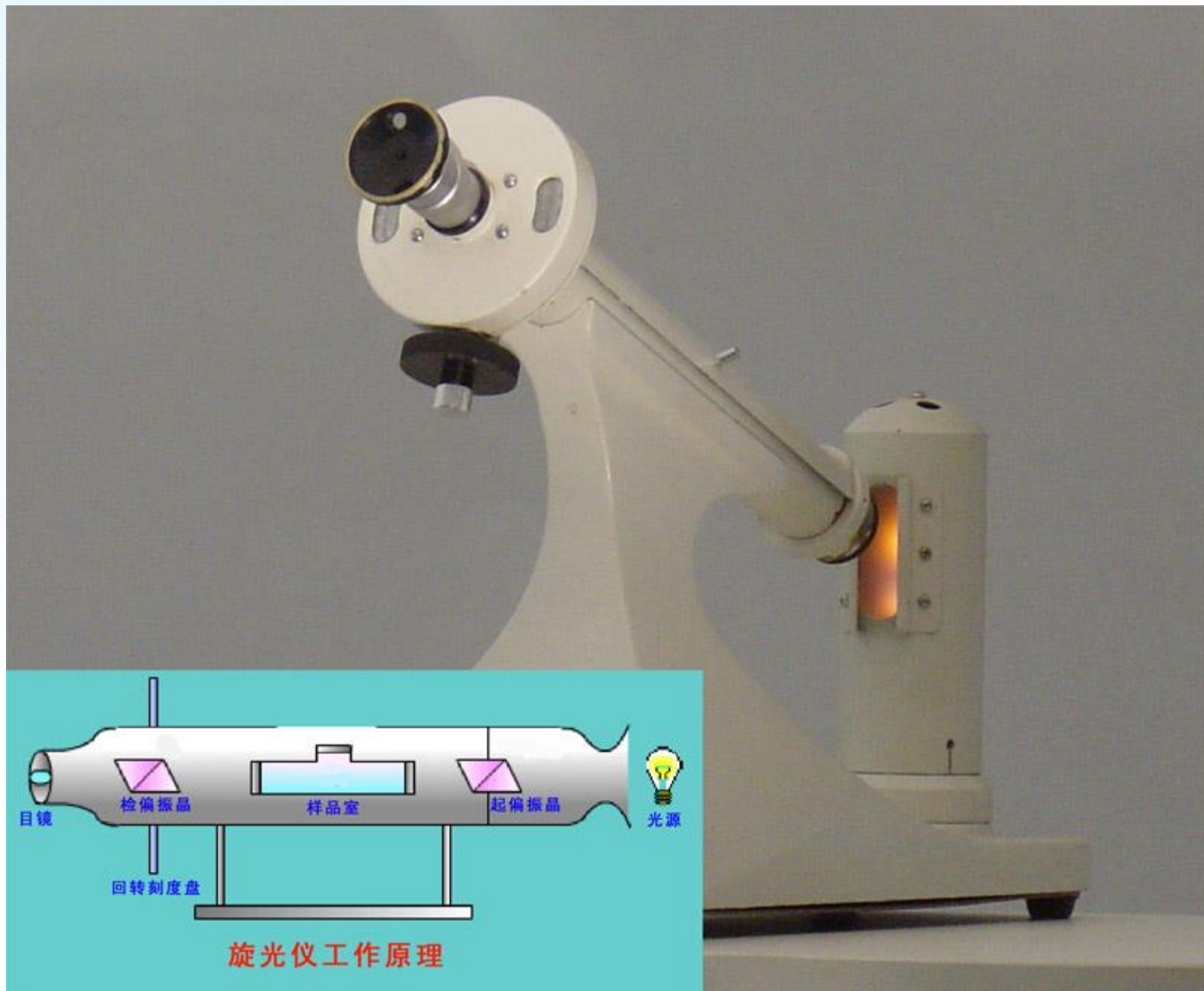
对于旋光溶液:

$$\theta = \alpha c d$$

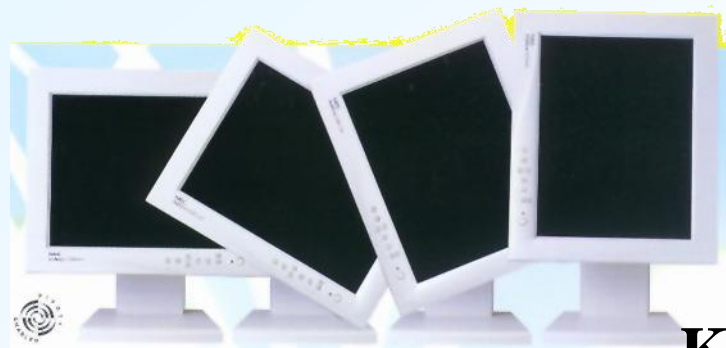
c 为溶液的浓度



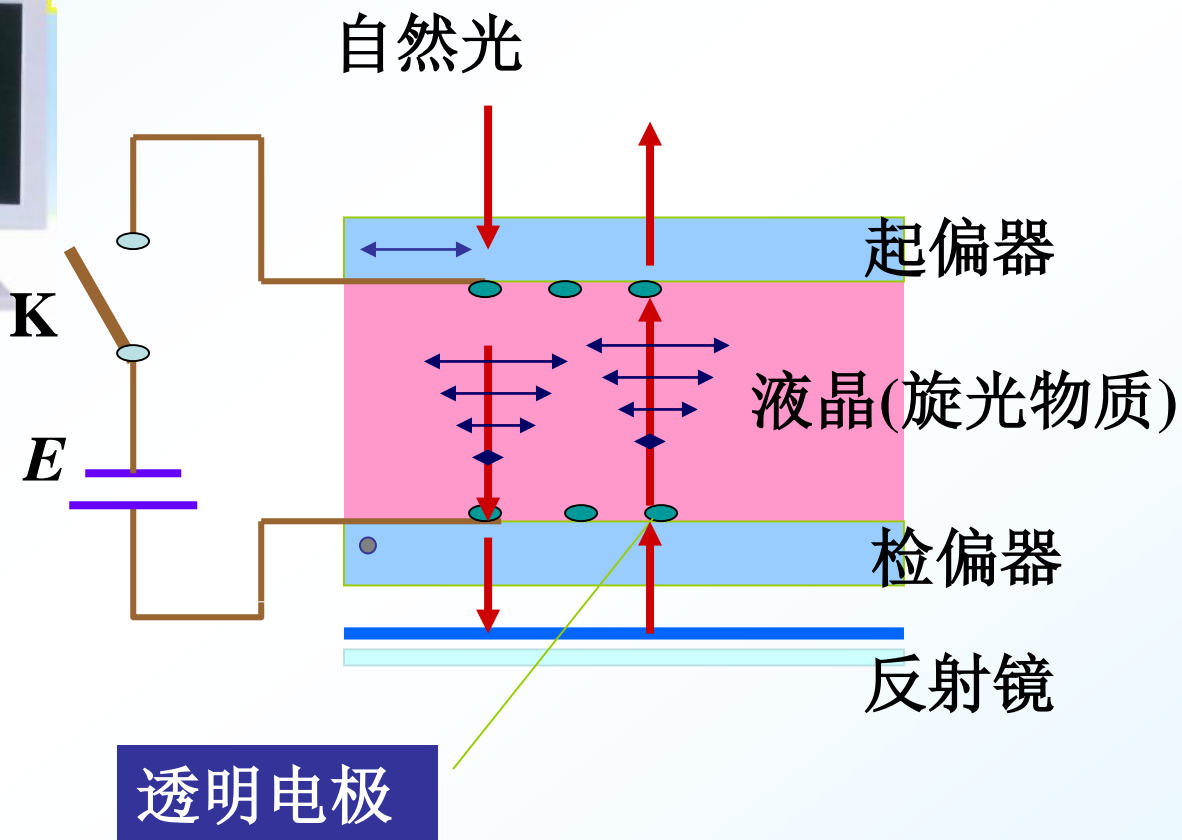
旋光仪



液晶显示器



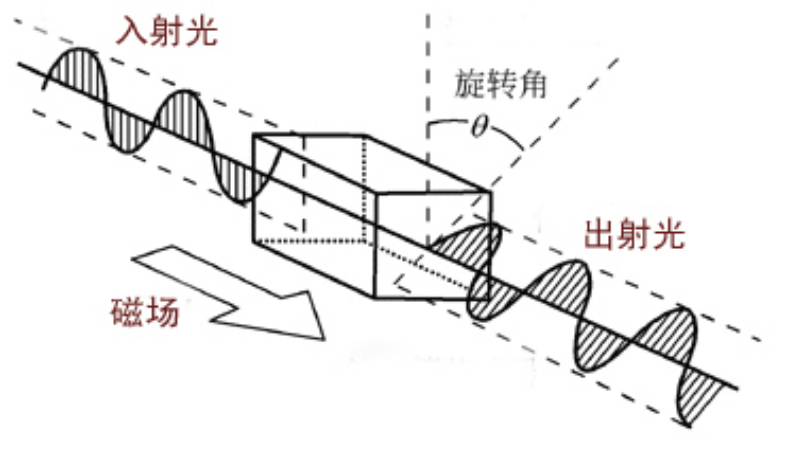
合上开关K：偏振光经过液晶使偏振化方向旋转 90° ，正好通过检偏器，反射后显示亮块。



足够大的电压又可以使得液晶方向与电场方向平行，这样光的偏极性就不会改变，光就可通过第二个偏光片。于是，可以控制光的明暗。

磁致旋光(法拉第旋光效应)

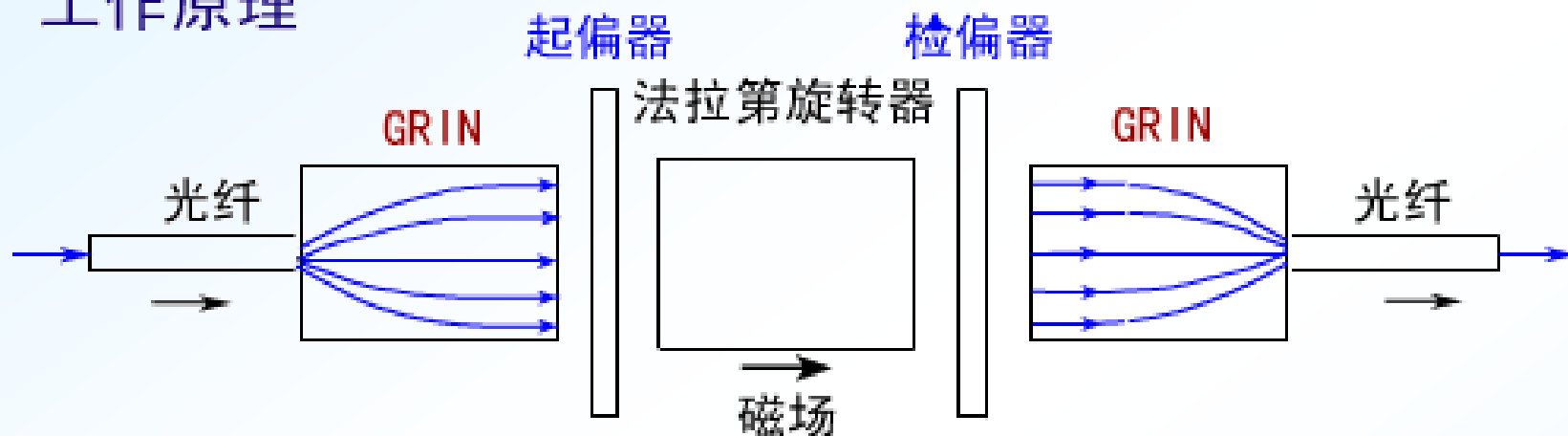
磁旋光玻璃



磁旋光玻璃又叫法拉第旋光玻璃,是一种新颖的高科技领域中重要的透明光学功能材料,它能使一束平行于磁场的线偏振光的偏振面发生旋转,磁旋光玻璃广泛地应用于光学、电学、磁学等高科技领域.是高新技术密集产品的核心材料.利用这种材料可以制作光纤通信中的光隔离器,磁光调制器,磁光开关.

光隔离器

工作原理



复习: § 13.15, § 13.16

练习: 思考题 13-28~13-33

习题 13-40~13-41

预习: § 14.1 § 14.2