

# 第三章 光的偏振

## § 3.1 光的偏振状态

干涉、衍射 —— 光是波动

偏振 —— 光是横波

光是横波， $\vec{E}$  的方向与光的传播方向垂直。

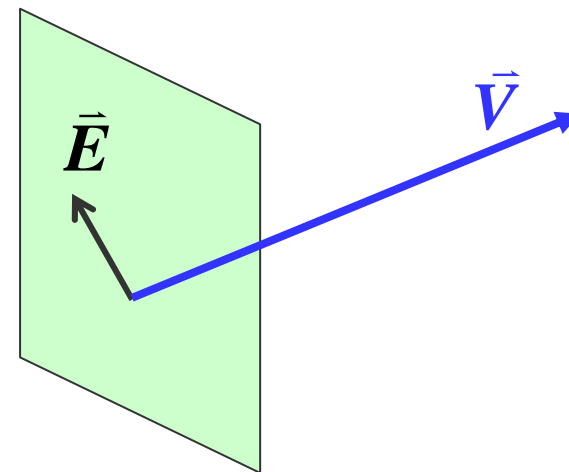
非偏振光（自然光）

完全偏振光

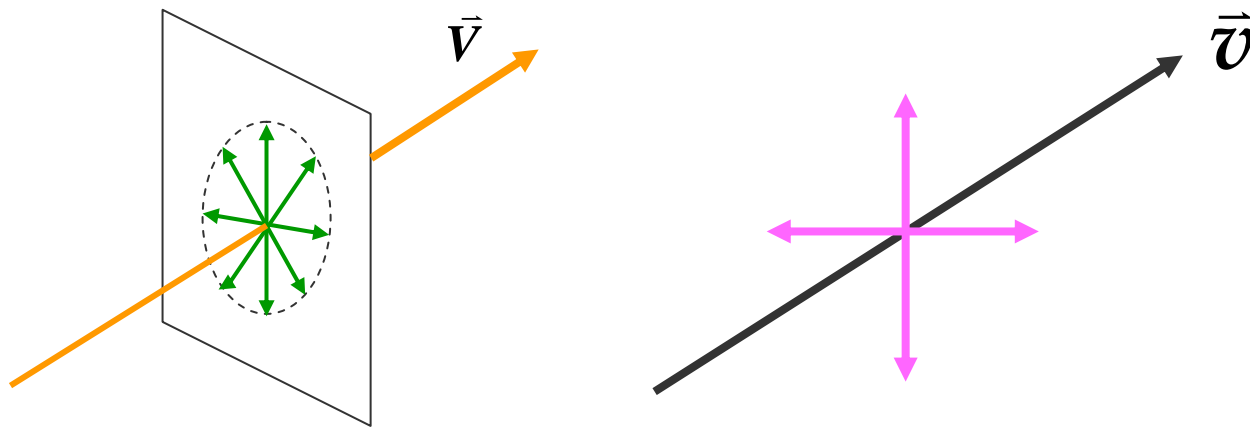
{ 线偏振光  
椭圆偏振光  
圆偏振光

部分偏振光

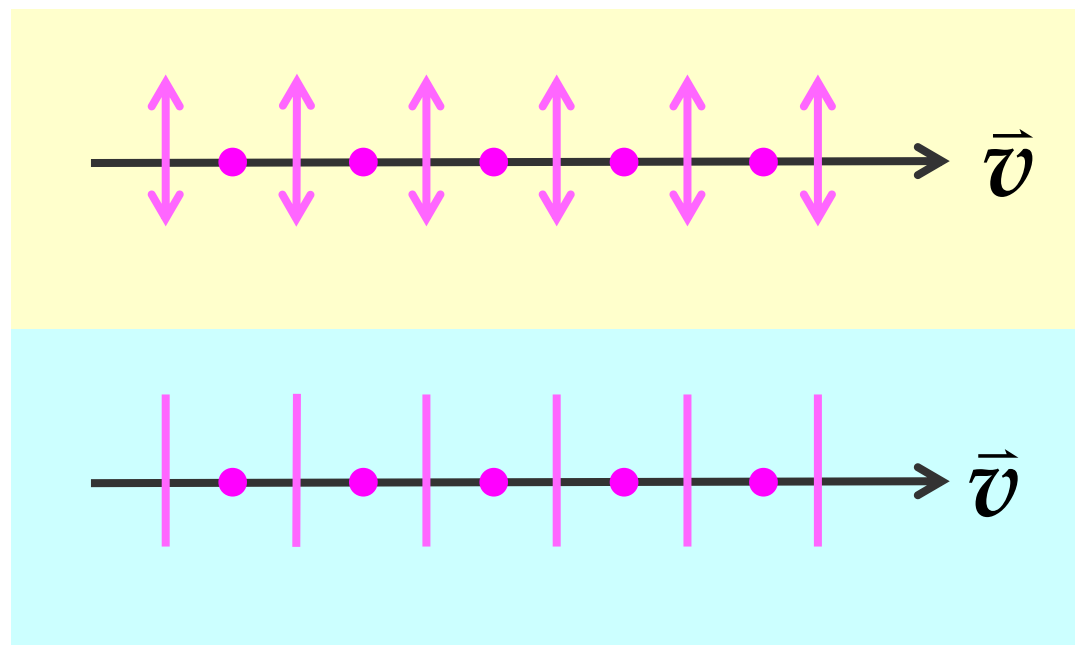
天光、湖光



# 一、非偏振光（自然光）



自然光表示法



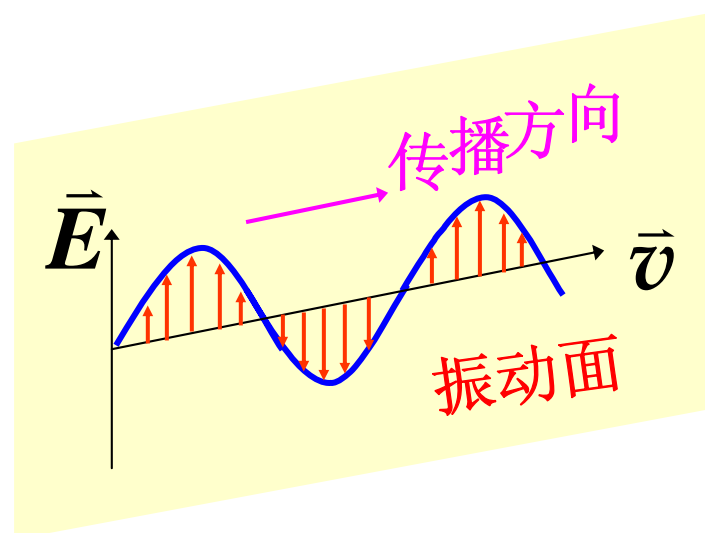
## 二、完全偏振光

### 1. 线偏振光（平面偏振光）

光矢量  $E$  只沿一个固定的方向振动。

振动面：

光矢量与光的传播方向构成的平面。

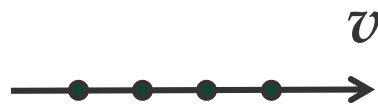


线偏振光 振动面固定不变。

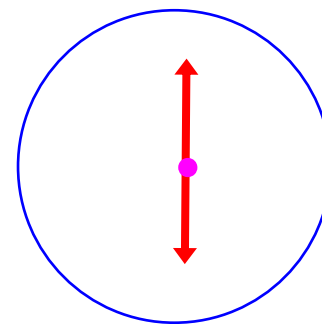
线偏振光表示法：



$E$  平行屏幕

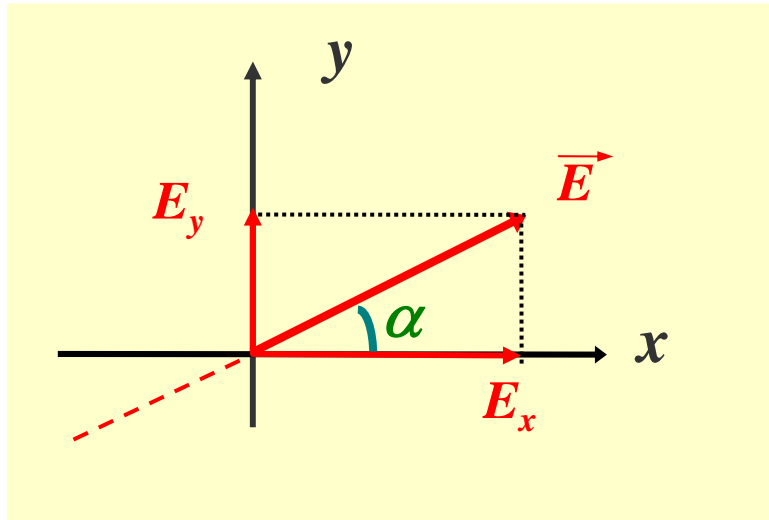


$E$  垂直屏幕



面对光的传播方向看

线偏振光可沿两个相互垂直的方向分解



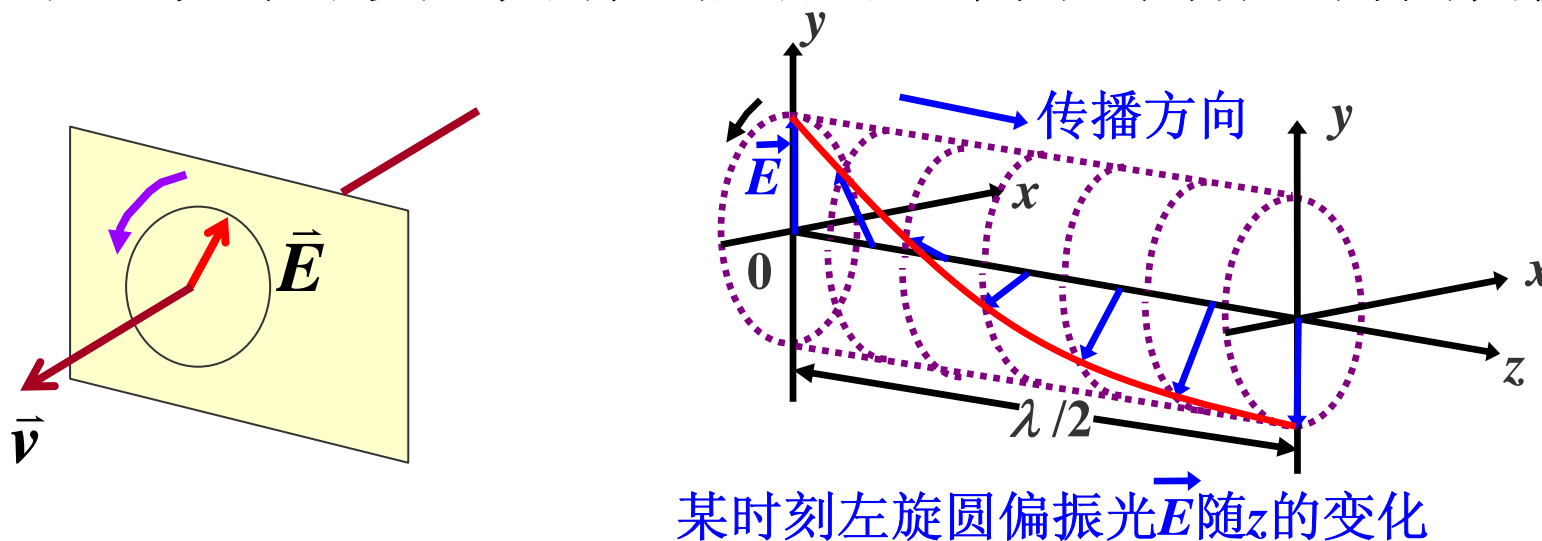
$$\begin{aligned} E_x &= E \cos \alpha \\ E_y &= E \sin \alpha \end{aligned}$$

一束自然光可分解为两束振动方向相互垂直的、等幅的、不相干的线偏振光。

## 2. 椭圆和圆偏振光

光矢量在沿光的传播方向前进的同时，还绕传播方向匀速转动，若其端点描绘出一个椭圆，则称之为椭圆偏振光。

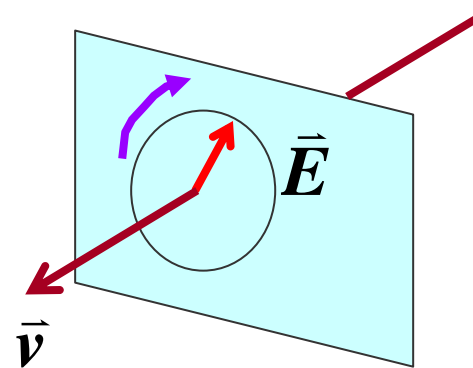
若光矢量大小不变，其端点描绘出一个圆，则称之为圆偏振光。



迎着光的传播方向看

光矢量 逆时针旋转 —— 左旋偏振光

光矢量 顺时针旋转 —— 右旋偏振光



### 三、 部分偏振光：

自然光和线偏振光的混合。

各方向光振动均有，某些方向光振动强，另一些方向振动弱。

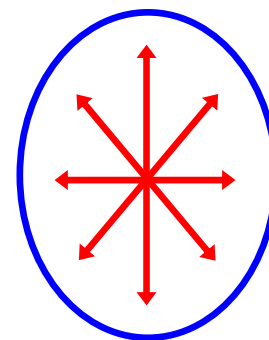
表示法：



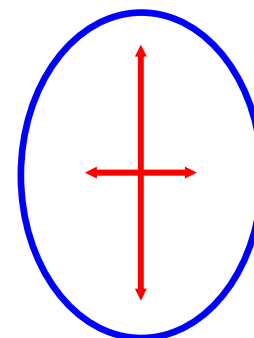
屏幕内的光振动较强。



垂直屏幕内的光振动较强。



部分偏振光



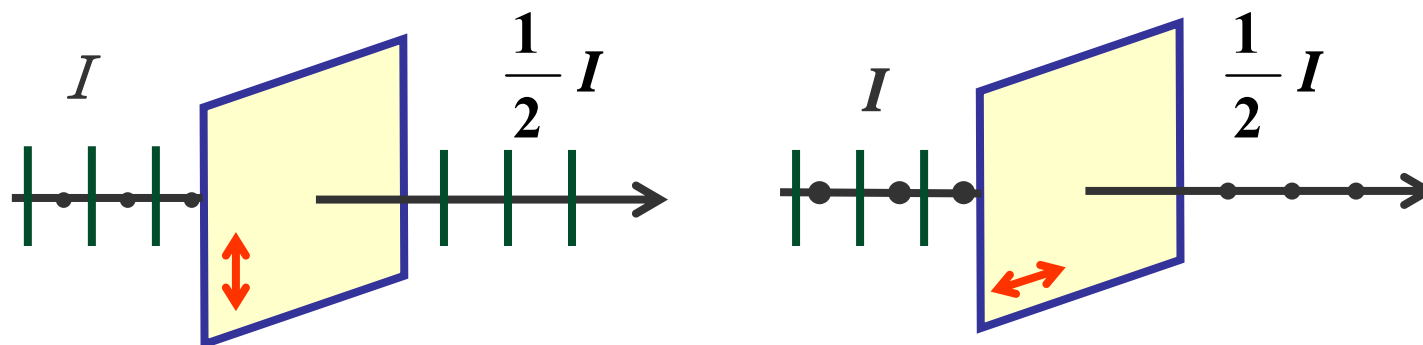
部分偏振光的分解

部分偏振光可分解为两束振动方向相互垂直的、不等幅的、不相干的线偏振光。

## § 3.2 起偏与检偏

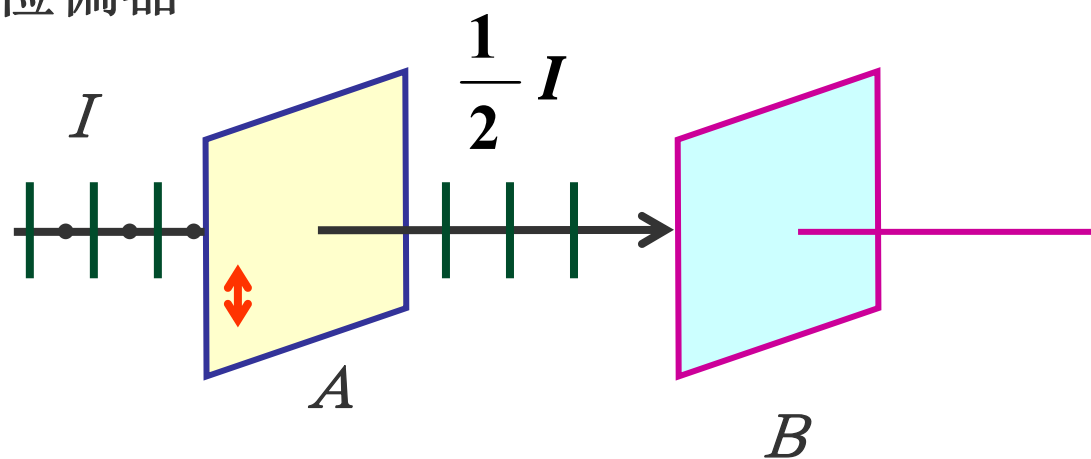
### 一、检偏与起偏

偏振片



起偏器

检偏器



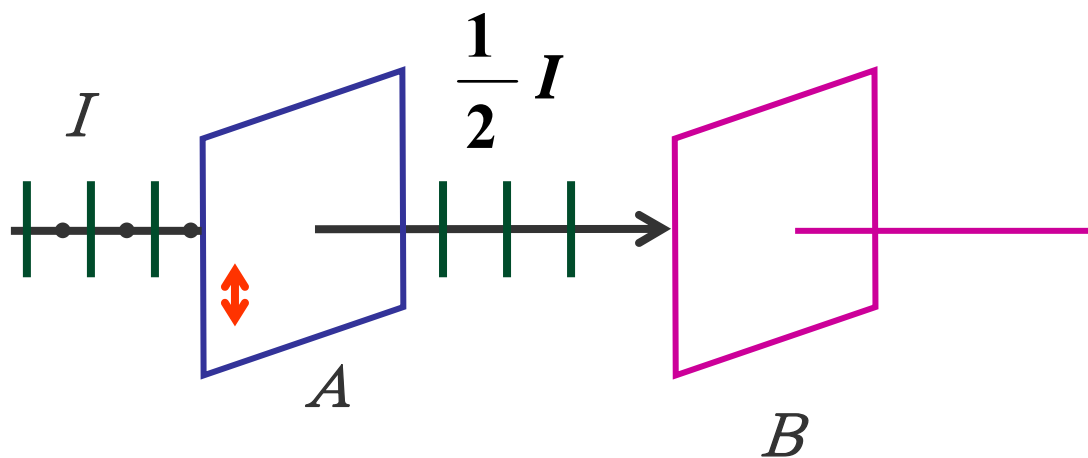
$\alpha$  为  $A$ 、 $B$  偏振化方向间的夹角

$\alpha$   $0^\circ$   $-90^\circ$   $-180^\circ$   $-270^\circ$   $-360^\circ$

最亮—暗—最亮—暗—最亮

两次消光

消光：透射光光强为零被称为消光。





## 二、马吕斯定律

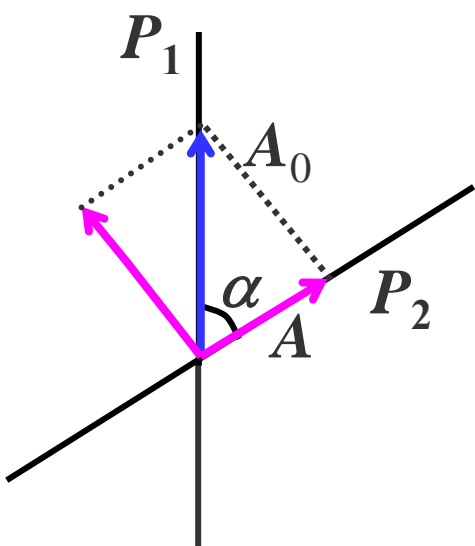
条件： **线偏振光**入射到检偏器上（不考虑吸收）

结论： 透射光强为  $I = I_0 \cos^2 \alpha$

$I_0$ ：入射光的强度。

$\alpha$ ：起偏器和检偏器偏振化方向间的夹角。

即入射光的光矢量振动方向和检偏器偏振化方向间的夹角。

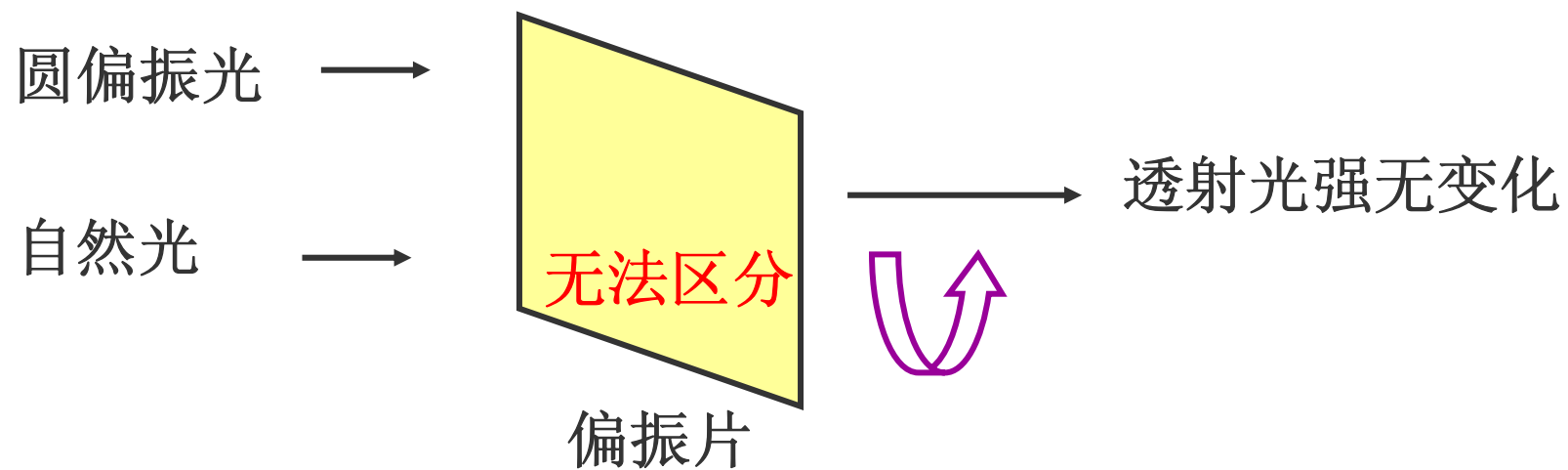
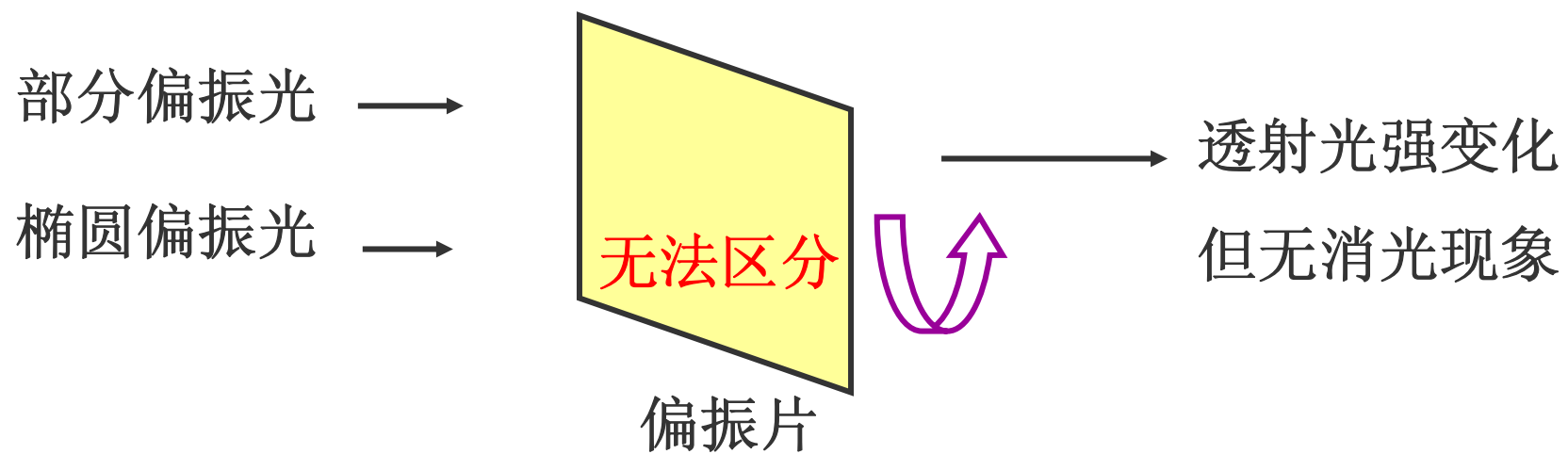


$$A = A_0 \cos \alpha \quad I = I_0 \cos^2 \alpha$$

$$\alpha = 0 \text{ 或 } \pi \text{ 时, } I_{\max} = I_0$$

$$\alpha = \frac{\pi}{2} \text{ 或 } \frac{3}{2}\pi \quad I_{\min} = 0$$

$$\alpha \text{ 为其它值, } 0 < I < I_0$$



液晶显示技术

A liquid crystal Display (LCD)



应用于：液晶显示的手表、笔记本、电视等。

例：强度为  $I_0$  的自然光入射到起偏器上，若起偏器与检偏的偏振化方向的夹角为  $30^\circ$ ，透射光强  $I_1 = ?$  若检偏器如图所示旋转  $45^\circ$ ，透射光强  $I_2 = ?$

解：自然光  $I_0 \longrightarrow$  起偏器  $\longrightarrow$  透射光强  $\frac{1}{2}I_0$  为线偏振光

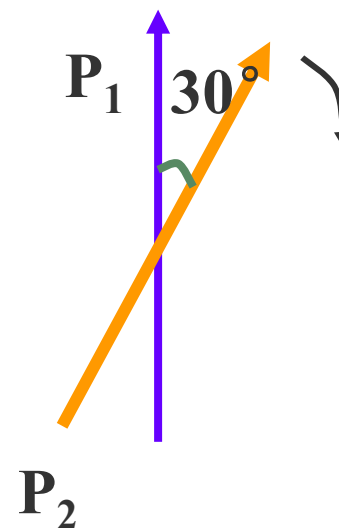
由马吕斯定律：  $I = I' \cos^2 \alpha$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$I_1 = \frac{1}{2}I_0 \cos^2 30 = \frac{1}{2}I_0 \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2 = \frac{3}{8}I_0$$

$$\beta = 30^\circ + 45^\circ$$

$$I_2 = \frac{1}{2}I_0 \cos^2 75^\circ = 0.033I_0$$



例：部分偏振光由自然光和线偏振光混合而成，用偏振片观察之，发现当偏针片由最大亮度转过  $60^\circ$  时，光束亮度减为一半，求：  $I_{\text{自}} : I_{\text{线}} = ?$

解：设入射光的强度为 1

$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{自然光 } 1-x & \xrightarrow{\text{偏振片}} \frac{1}{2}(1-x) \\ \text{偏振光 } x & \xrightarrow{\text{偏振片}} x \cos^2 \alpha \end{array} \right\}$$

两部分间无固定相位关系，透射光强为：

$$I'_{\text{总}} = I'_{\text{自}} + I'_{\text{线}} = \frac{1}{2}(1-x) + x \cos^2 \alpha$$



$$I'_{\text{总}} = \frac{1}{2}(1-x) + x \cos^2 \alpha$$

$$\alpha = 0^\circ$$

$$I'_{\text{max}} = \frac{1}{2}(1-x) + x = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}x$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$I'_{60} = \frac{1}{2}(1-x) + x \cos^2 60^\circ = \frac{1}{2}(1-x) + \frac{1}{4}x = \frac{1}{2} - \frac{1}{4}x$$

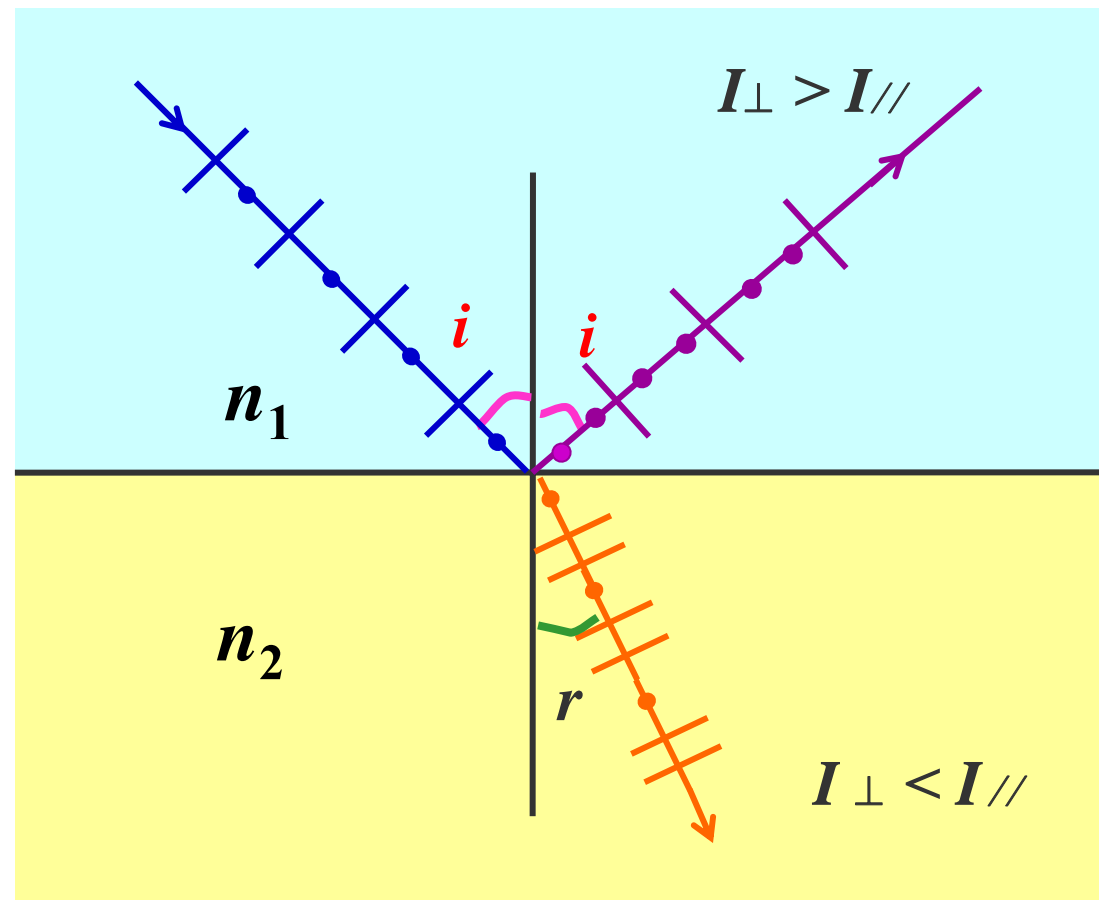
$$I'_{60} = \frac{1}{2}I'_{\text{max}} \qquad \frac{1}{2} - \frac{1}{4}x = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2}x\right)$$

$$x = 0.5$$

$$I_{\text{自}} : I_{\text{线}} = 1:1$$



### § 3.3 反射和折射光的偏振状态



## 布儒斯特角

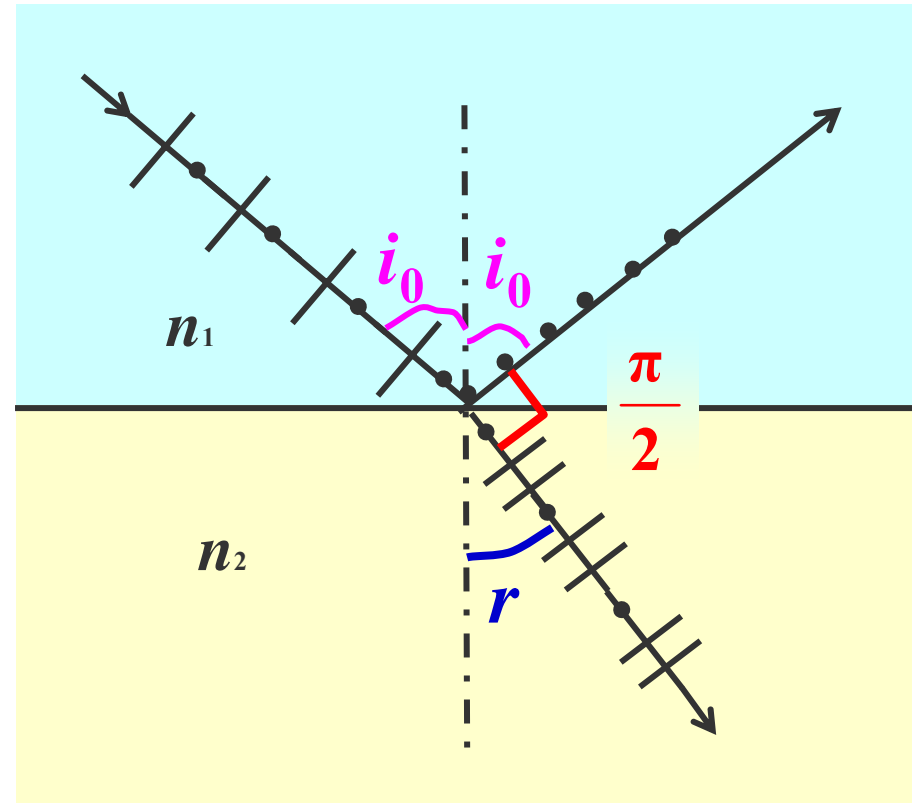
$i = i_0$  时，反射光为光振动面垂直入射面的线偏振光。

$i_0$  — 布儒斯特角 (起偏角)。此时  $r + i_0 = 90^\circ$

$$n_1 \sin i_0 = n_2 \sin r = n_2 \cos i_0$$

$$\tan i_0 = \frac{\sin i_0}{\cos i_0} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21}$$

$$\tan i_0 = n_{21}$$





$i = i_0$  时，入射光中平行入射面的光振动被全部折射

垂直入射面的光振动也大部分被折射

反射光为光振动面垂直入射面的线偏振光，但光强较**弱**。

折射光为部分偏振光，光强很**强**。

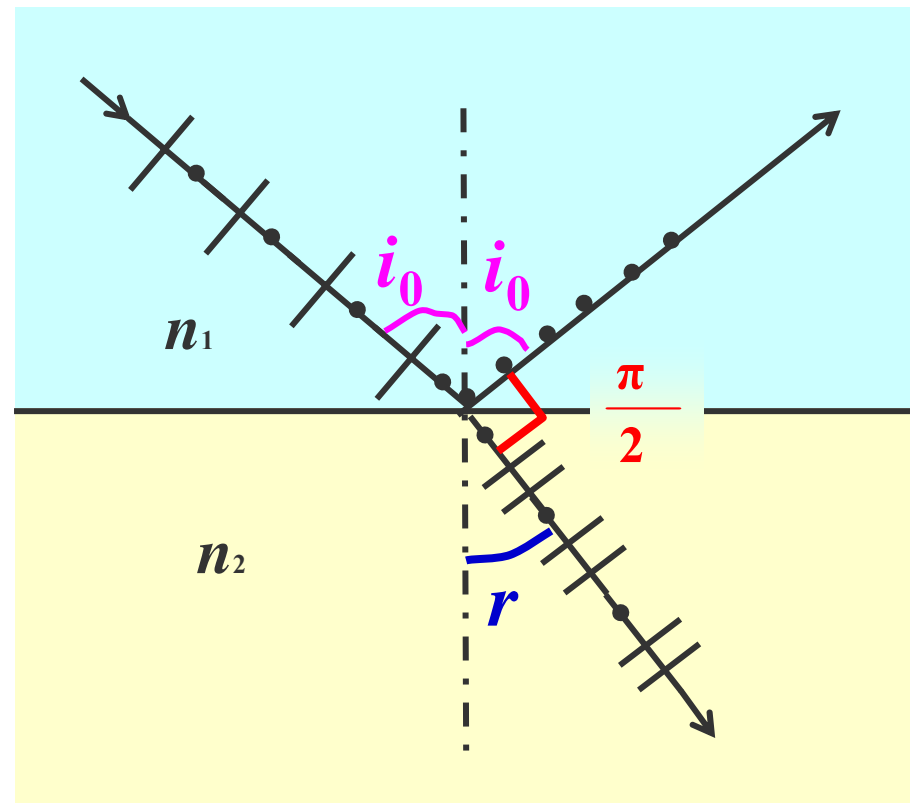
例：自然光照射玻璃， $n_{21}=1.50$

$$i_0 = 56^\circ$$

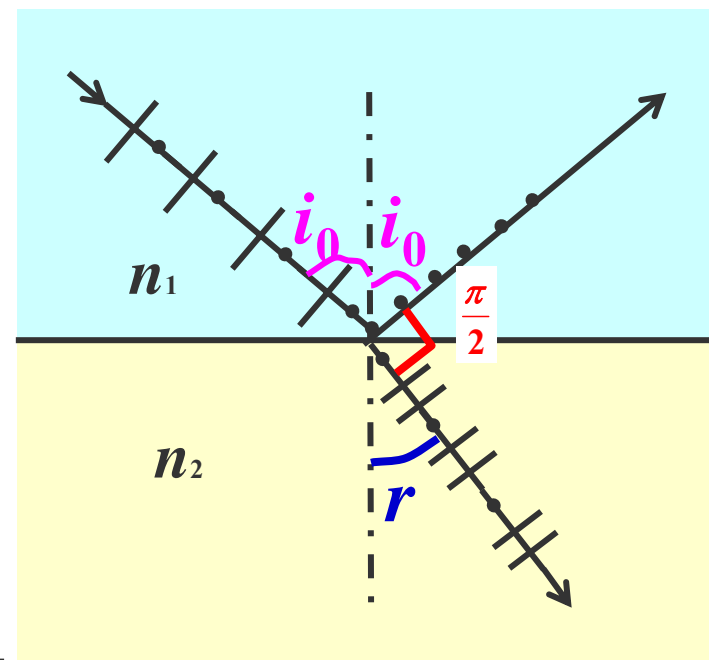
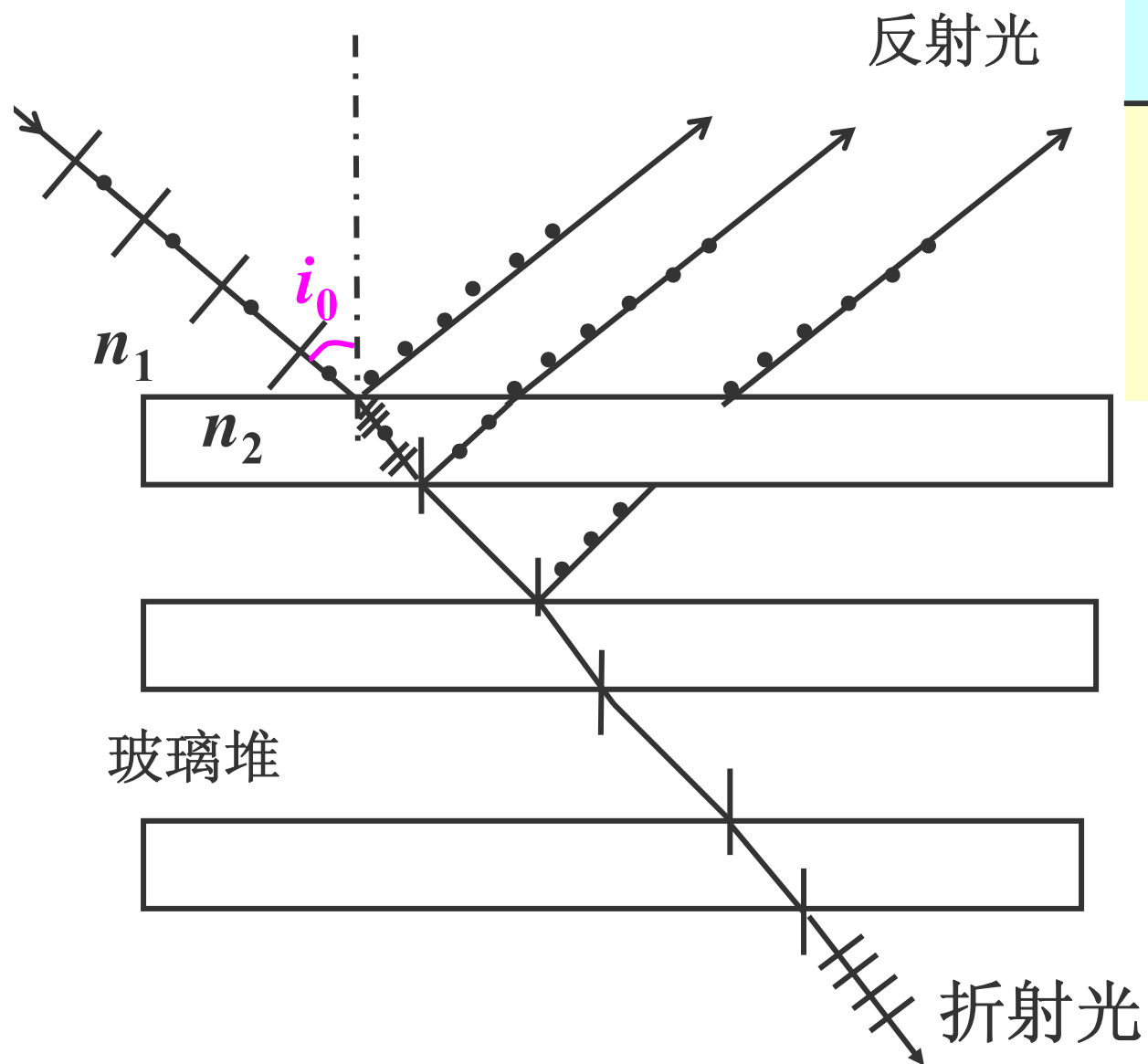
平行入射面的光振动 → 全部折射

垂直入射面的光振动

$\left\{ \begin{array}{ll} 85\% & \text{折射} \\ 15\% & \text{反射} \end{array} \right.$



提高反射光的强度和折射光的偏振化程度



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

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

光学部分结束！

大学物理（上）结束！

2013.06.06