



第四篇 波动光学

第10章

光的偏振



# 光偏振(1)

主要内容:

- 自然光和偏振光
- 起偏和检偏 马吕斯定律
- 反射和折射时光的偏振

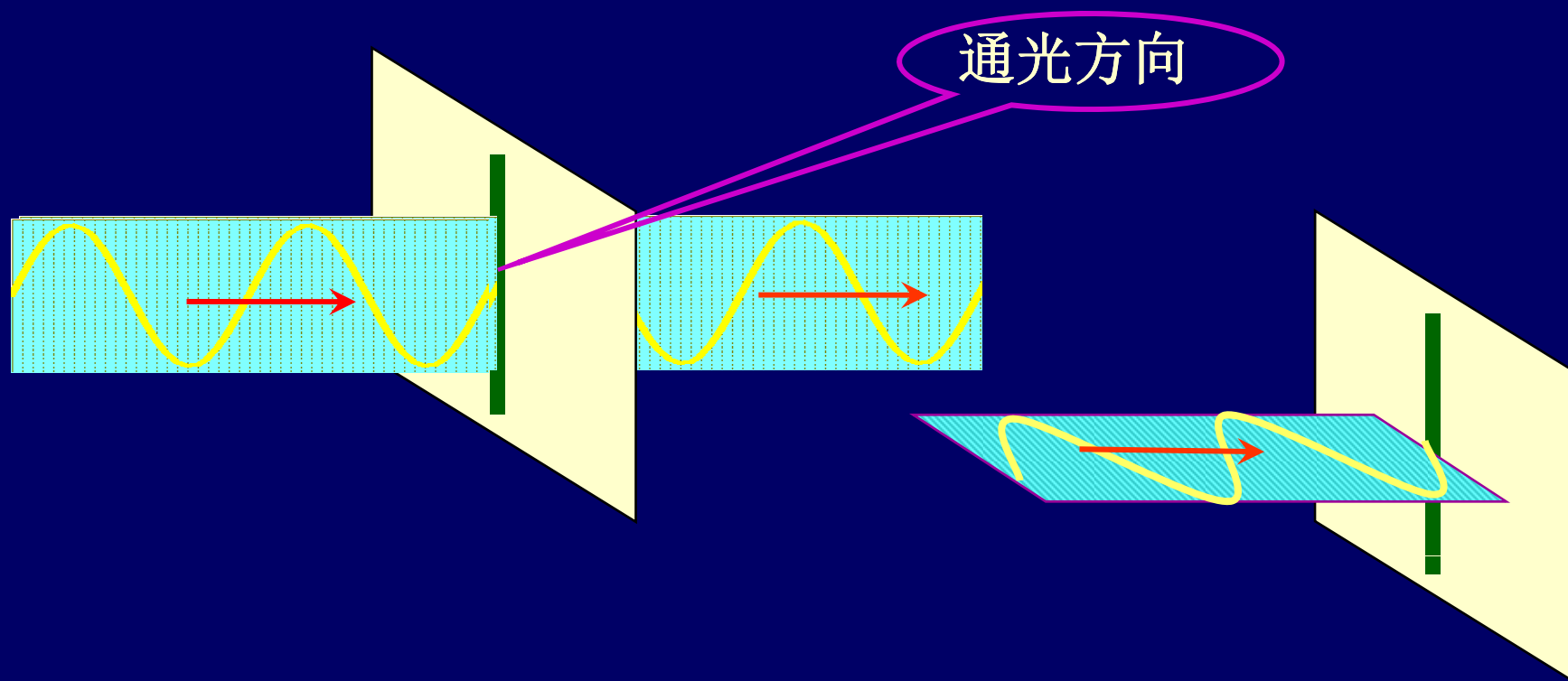


## § 10.1 自然光和偏振光

光是电磁波, 包含  $\vec{E}$  和  $\vec{H}$ 。

起光作用的是电场强度矢量, 称  $\vec{E}$  为 **光矢量(light vector)**。

光矢量的振动方向与光的传播方向垂直, 这一特征称为 **光的偏振**  
横波有偏振(**polarization**)现象 纵波无偏振问题。

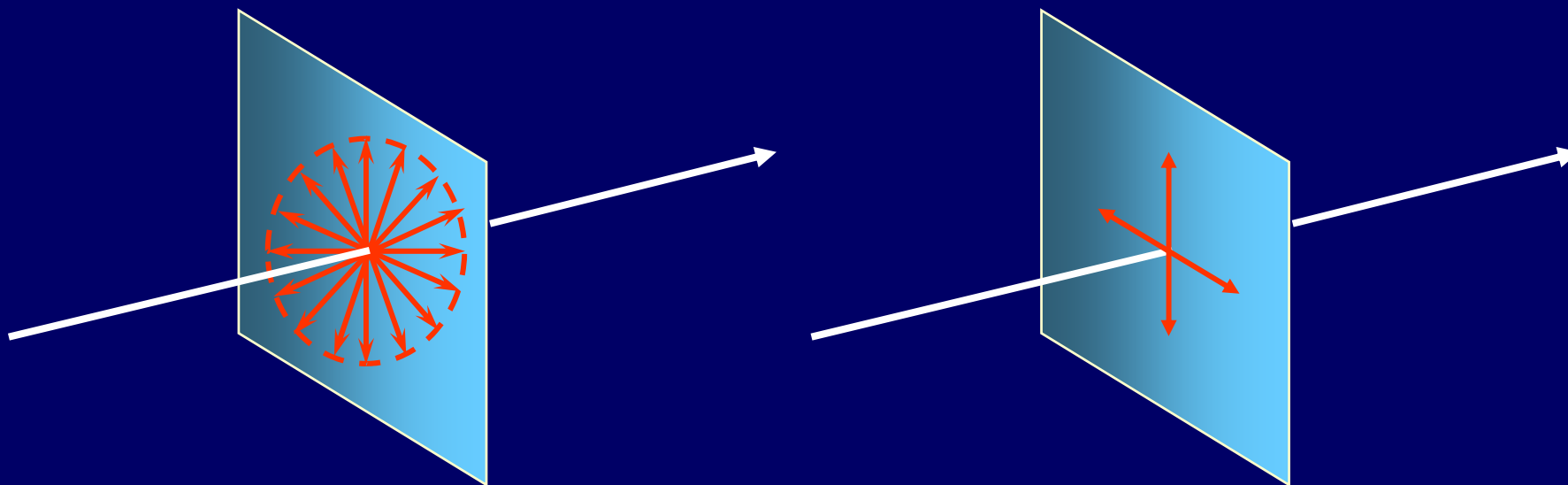




## 1、自然光

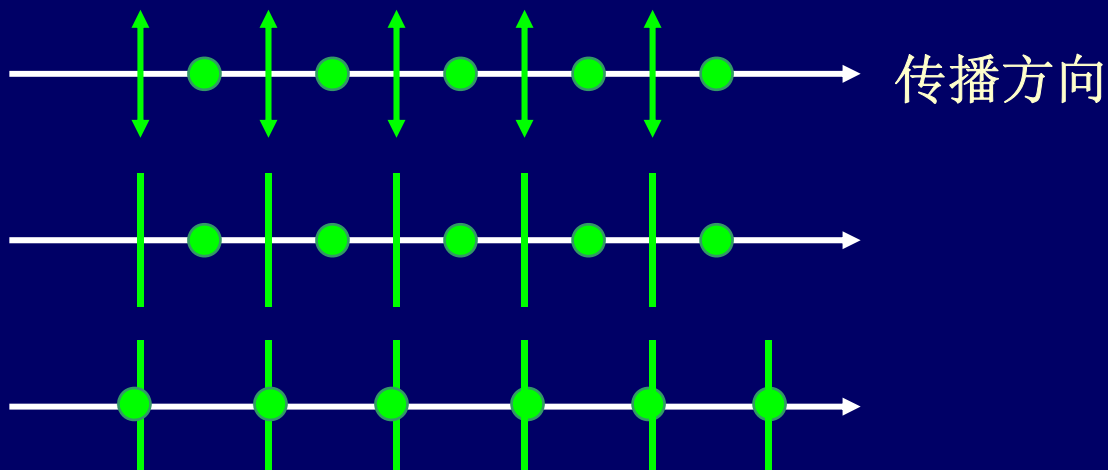
由于原子发光的独立性与随机性，普通光源所发的光，光矢量振幅沿各个方向均等。称为自然光(natural light)

各个方向的光振动无固定的相位关系。





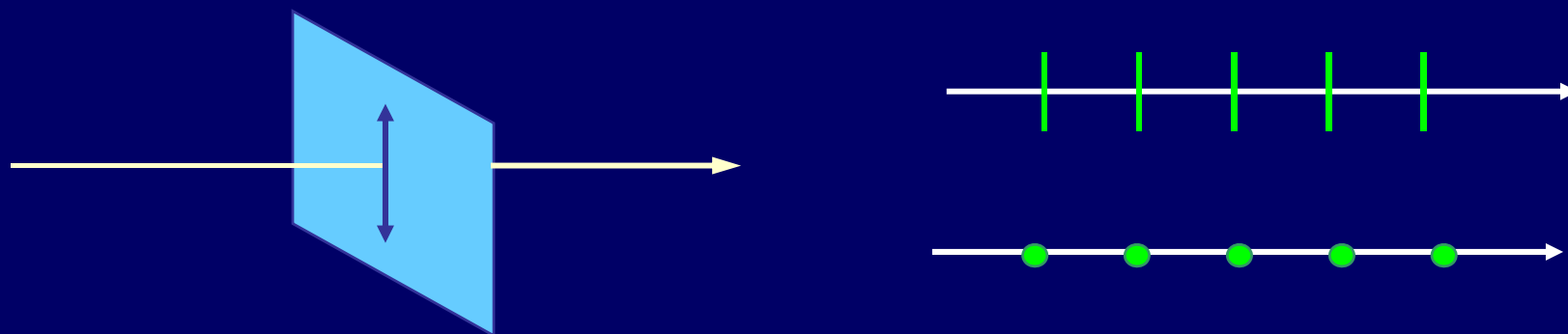
# 自然光的平面表示法



## 2、偏振光

### 1) 线偏振光(linearly polarized light) (完全偏振光)

—— 只含某一方向的光振动。

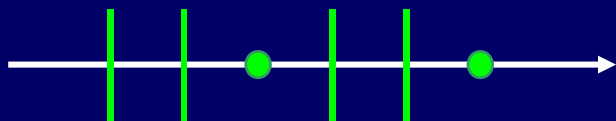


偏振光的振动方向与光的传播方向构成的平面称为振动面。

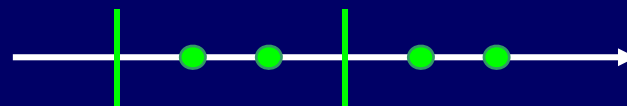


## 2) 部分偏振光(partial polarized light)

一个方向的光振动较另一个与之垂直方向的光振动占优。



平行纸面的光振动占优



垂直纸面的光振动占优

## 3) 椭圆偏振光和圆偏振光

这种偏振光的光矢量在沿光的传播方向前进的同时, 还绕传播方向匀速旋转。

如果光矢量的大小不断改变, 使光矢量的末端在垂直传播方向的平面上描绘出一个椭圆, 这种偏振光就叫椭圆偏振光; 如果光矢量的大小保持不变, 使其末端在垂直传播方向的平面上描绘出一个圆, 这种偏振光就叫圆偏振光。根据光矢量旋转方向的不同, 还分左旋光和右旋光。



## § 10.2 起偏 检偏 马吕斯定律

### 1、起偏与检偏

把自然光变成线偏振光的过程叫起偏。所用的光学元件称为起偏器。

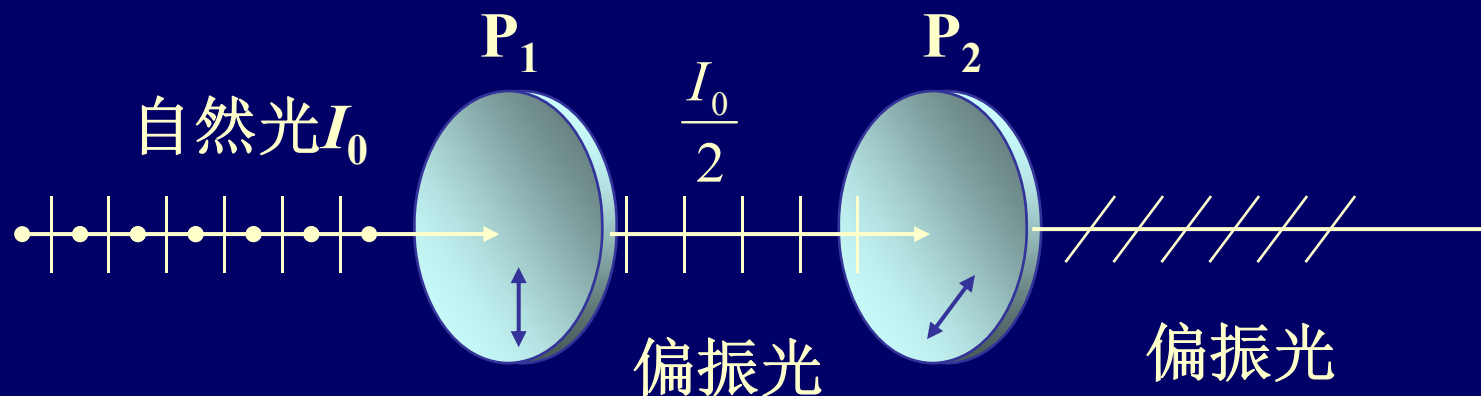
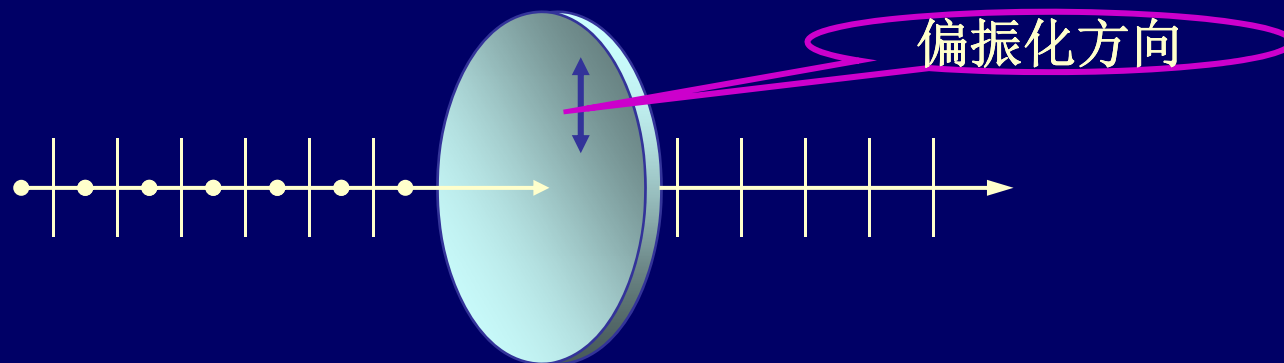
检验某光是否是线偏振光的过程叫检偏。所用的光学元件称为检偏器。

某些物质对不同方向的光振动有选择吸收的性质（也叫二向色性），如天然的电气石晶体，硫酸碘奎宁晶体等，它们能吸收某方向的光振动能量，而仅让与此方向垂直的光振动能量通过。将硫酸碘奎宁晶粒蒸镀于透明薄片上并使晶粒定向排列，这样便制成了人造偏振片(polaroid)。偏振片容许通过的光振动方向称为偏振片的偏振化方向(polarizing direction)。

同一偏振片既可用于作起偏振器，也可用作检偏振器。



## 起偏



图中 $P_1$ 用作起偏振器， $P_2$ 用作检偏振器。

## 问题：

某光可能是自然光，线偏振光，部分偏振光，如何检验？

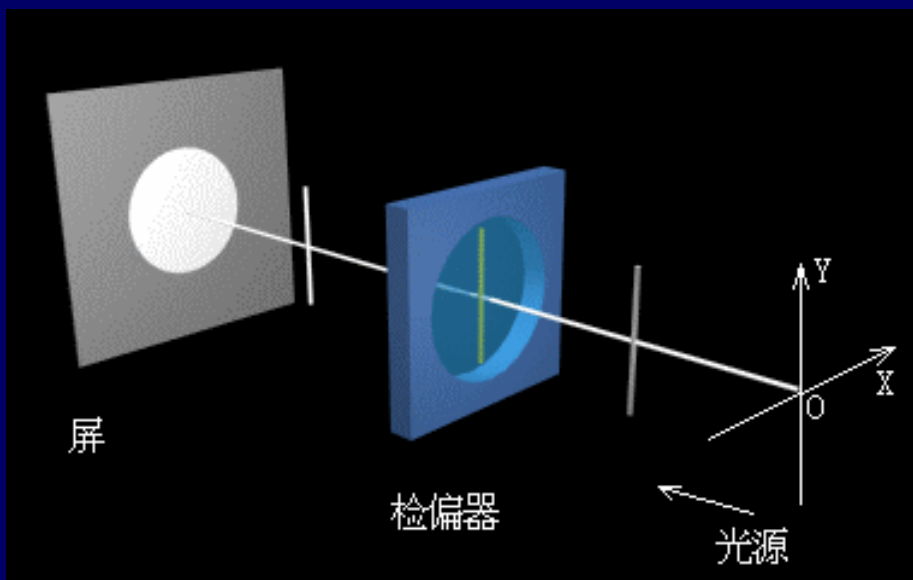
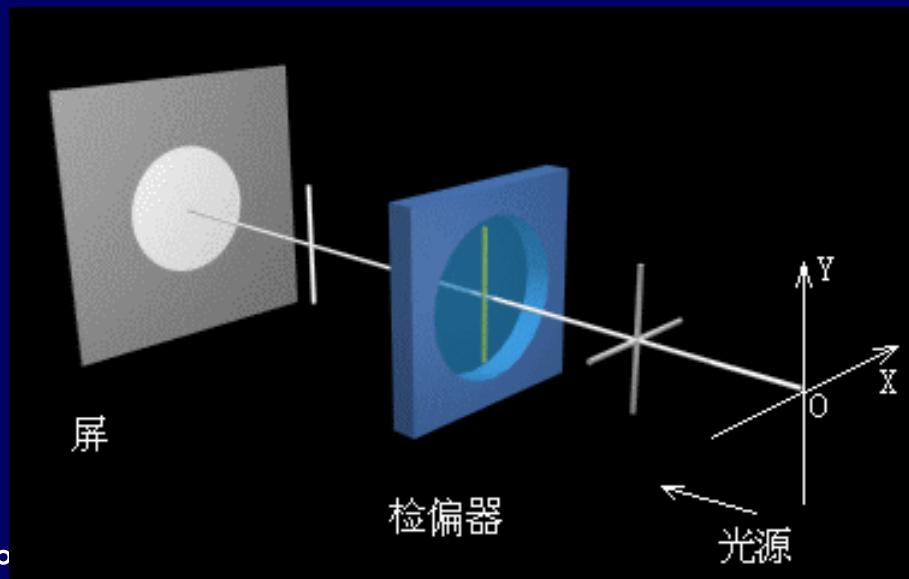




(1) 自然光强  $I_0$   
通过起偏振器后成为线偏振光，光强为原来的一半。

$$I = \frac{I_0}{2}$$

旋转起偏器，屏幕上光强不变。



(2) 线偏振光强  $I_0$   
通过检偏器后仍为线偏振光，其光强为

$$I = I_0 \cos^2 \alpha$$

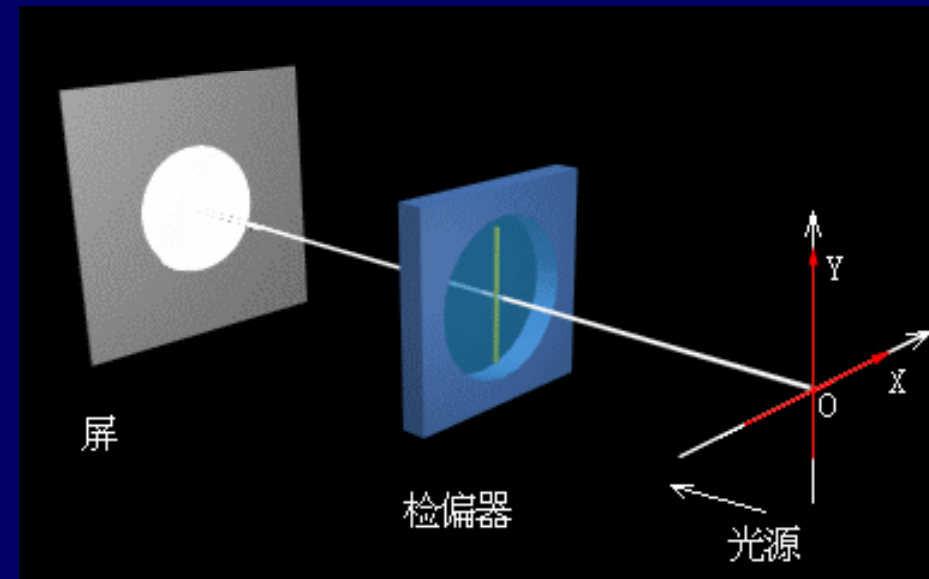
旋转检偏器一周，透射光光强出现两次最强，两次消光。



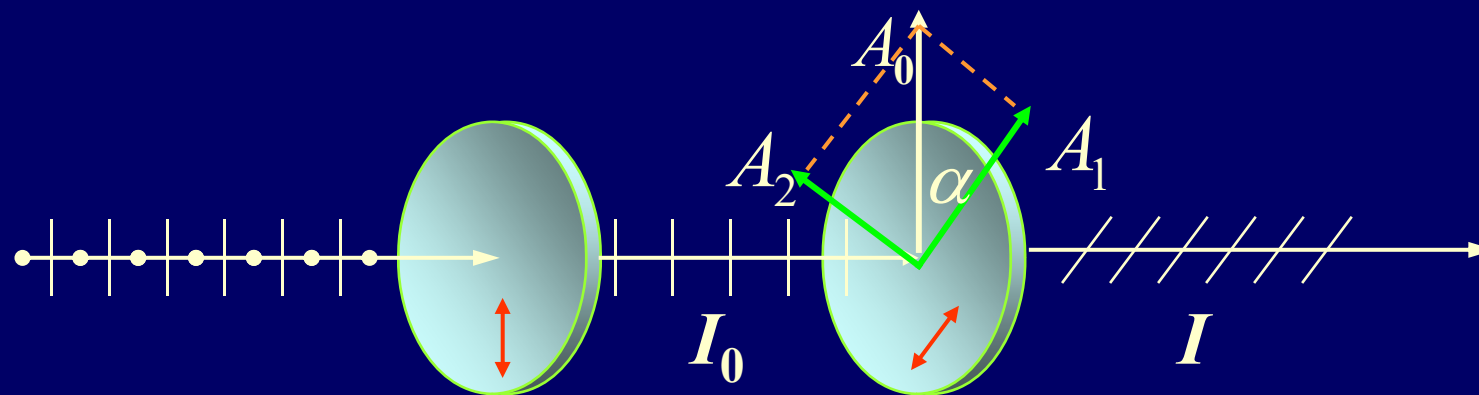
### (3) 部分偏振光

通过检偏振后为线偏振光。

旋转检偏器一周，出现两次极大和两次极小，不出现消光现象。



## 2、马吕斯定律(Malus law)

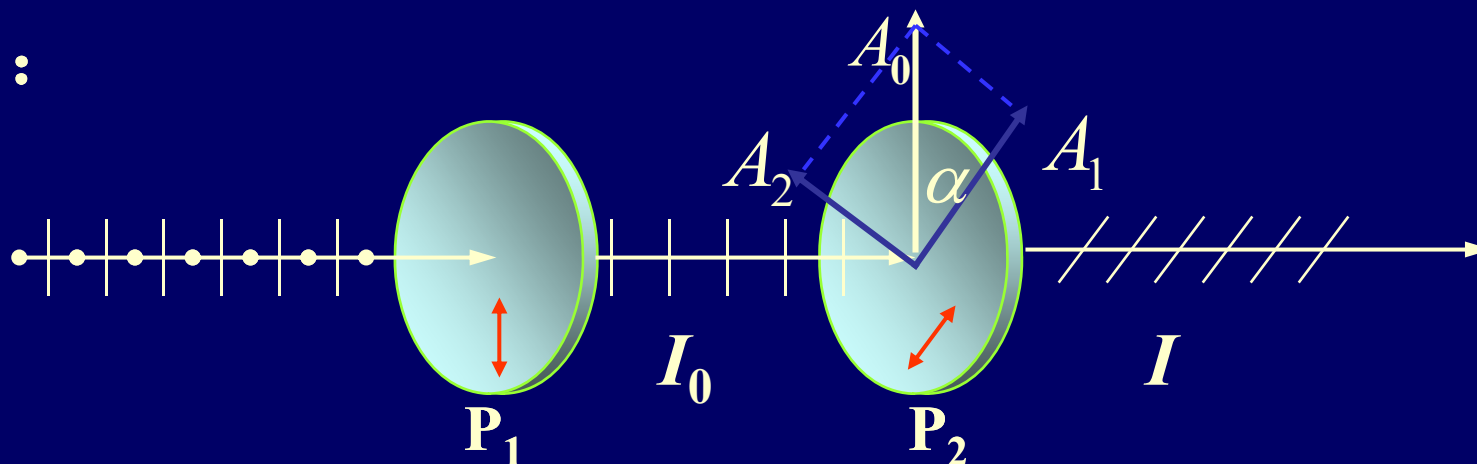


光强为 $I_0$ 的线偏振光，透过偏振片后，透射光强度为：

$$I = I_0 \cos^2 \alpha$$



证明:



设入射 $P_2$ 的线偏振光振幅为 $A_0$ , 则  $A_1 = A_0 \cos \alpha$

$$\because I_0 \propto A_0^2, \quad I \propto A_1^2$$

$$\therefore \frac{I}{I_0} = \frac{A_1^2}{A_0^2} = \cos^2 \alpha$$

$$I = I_0 \cos^2 \alpha$$

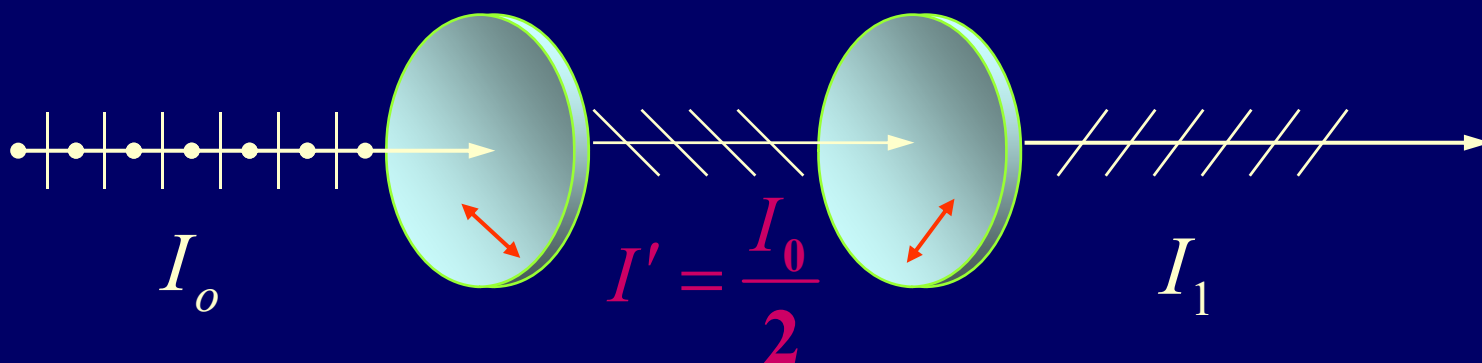
当:  $\alpha = 0, \pi \rightarrow I = I_0$  光强最大

当:  $\alpha = \pi/2, 3\pi/2 \rightarrow I = 0$  消光



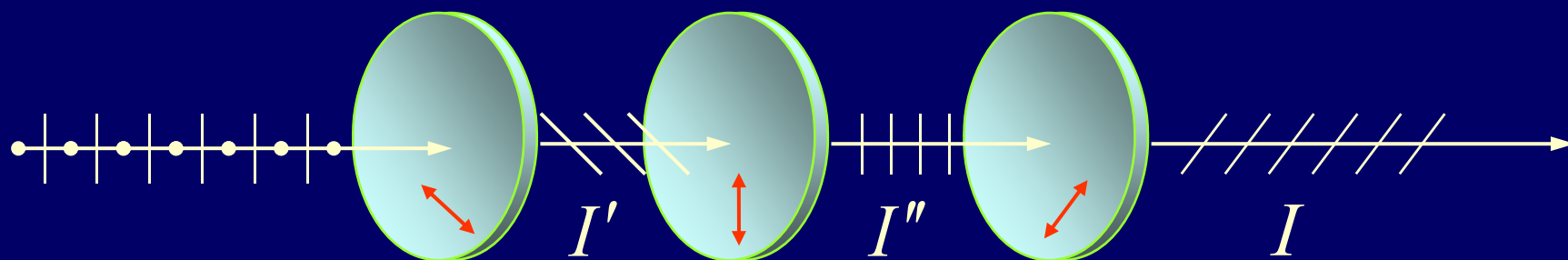
**例1** 自然光通过两个偏振化方向的夹角为  $60^\circ$  的偏振片后，透射光强为  $I_1$ 。若在两偏振片间再插入另一偏振片，它与前两者的偏振化方向的夹角均为  $30^\circ$ ，则此时透射光光强为多少？

解：



$$I_1 = I' \cos^2 \alpha = I' \cos^2 60^\circ = \frac{1}{4} I'$$

$$\rightarrow I' = 4I_1$$



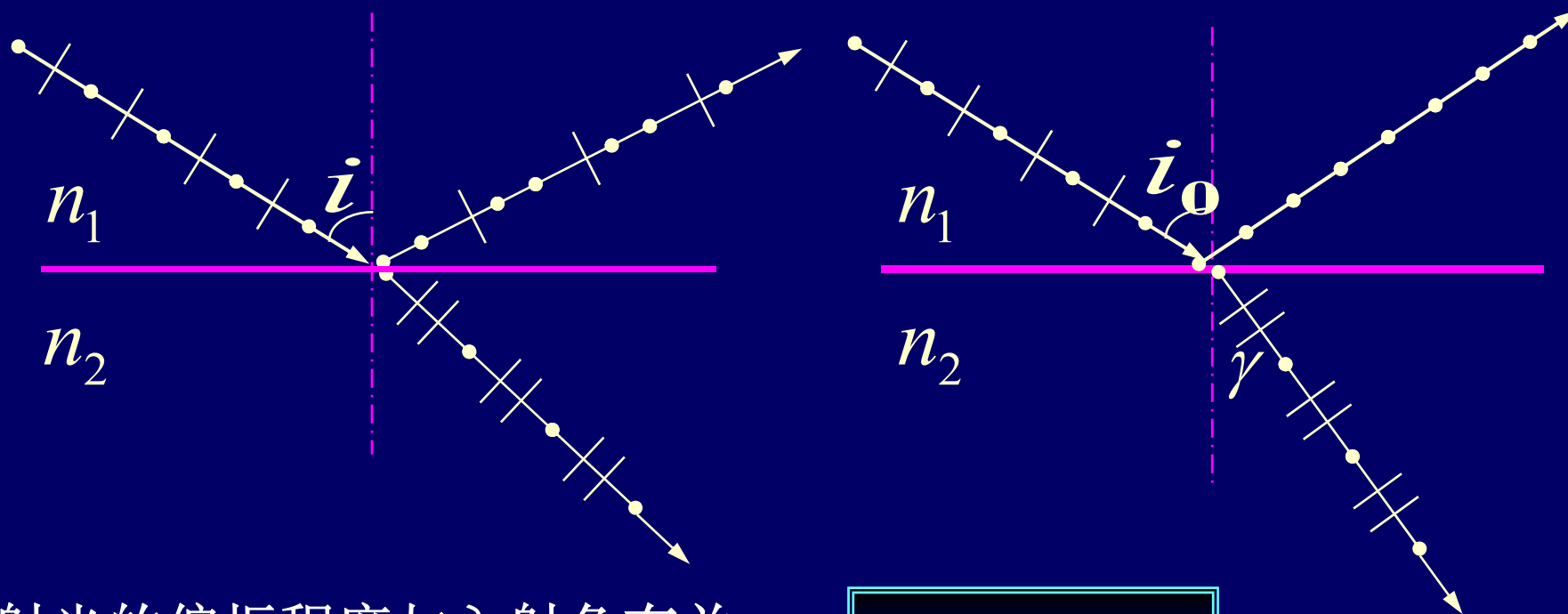
$$I'' = I' \cos^2 30^\circ = 4I_1 \cos^2 30^\circ = 3I_1$$

$$I = I'' \cos^2 30^\circ = 3I_1 \left( \frac{3}{4} \right) = \frac{9}{4} I_1$$



## § 10.3 反射和折射时光的偏振

自然光在两种各向同性媒质界面反射和折射后成为部分偏振光；反射光中，垂直入射面的光振动占优，折射光中，平行入射面的光振动占优。



反射光的偏振程度与入射角有关，  
当入射角  $i = i_0$ ，且  $i_0$  满足

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

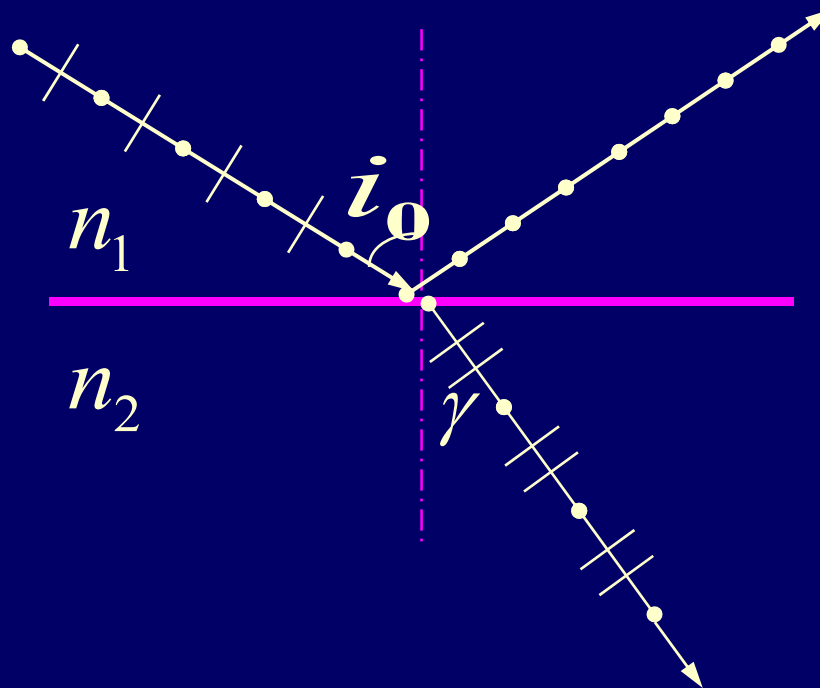


$$\tan i_0 = \frac{n_2}{n_1}$$

### 布儒斯特定律 (Brewster law)

反射光成为垂直入射面振动的线偏振光。但折射光仍为部分偏振光。

光。上式称为布儒斯特定律， $i_0$ 为起偏振角或布儒斯特角。



$$\therefore \frac{\sin i_0}{\sin \gamma} = \frac{n_2}{n_1} \quad \text{有} \quad \sin \gamma = \cos i_0 = \sin\left(\frac{\pi}{2} - i_0\right)$$

$$\gamma = \frac{\pi}{2} - i_0 \quad \text{或} \quad i_0 + \gamma = \pi/2 \quad \text{反射光与折射光垂直}$$



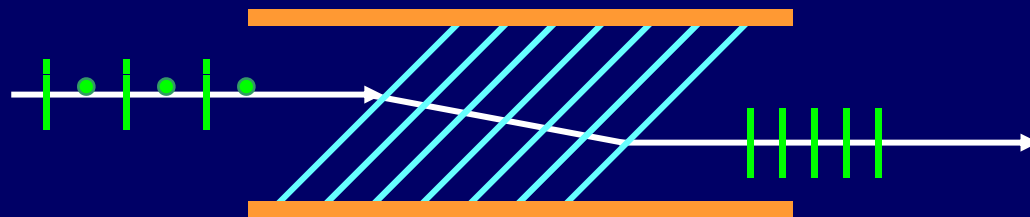
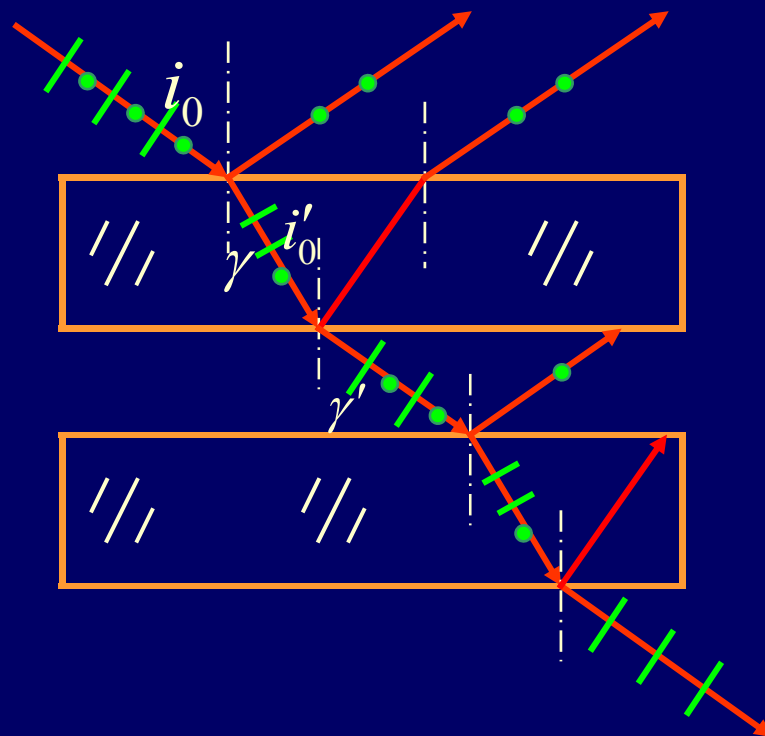
自然光自空气射向玻璃时，

$$i_0 = 56.3^\circ, \gamma = 33.7^\circ$$

反之，光线由玻璃射向空气时，

$$i'_0 = 33.7^\circ, \gamma' = 56.3^\circ$$

利用玻璃片堆，可使透射光也成为线偏振光。



玻璃片堆