



中原工学院

Zhongyuan University of Technology

# 14 波动光学

任课教师 [曾灏宪](#)

中原工学院 理学院

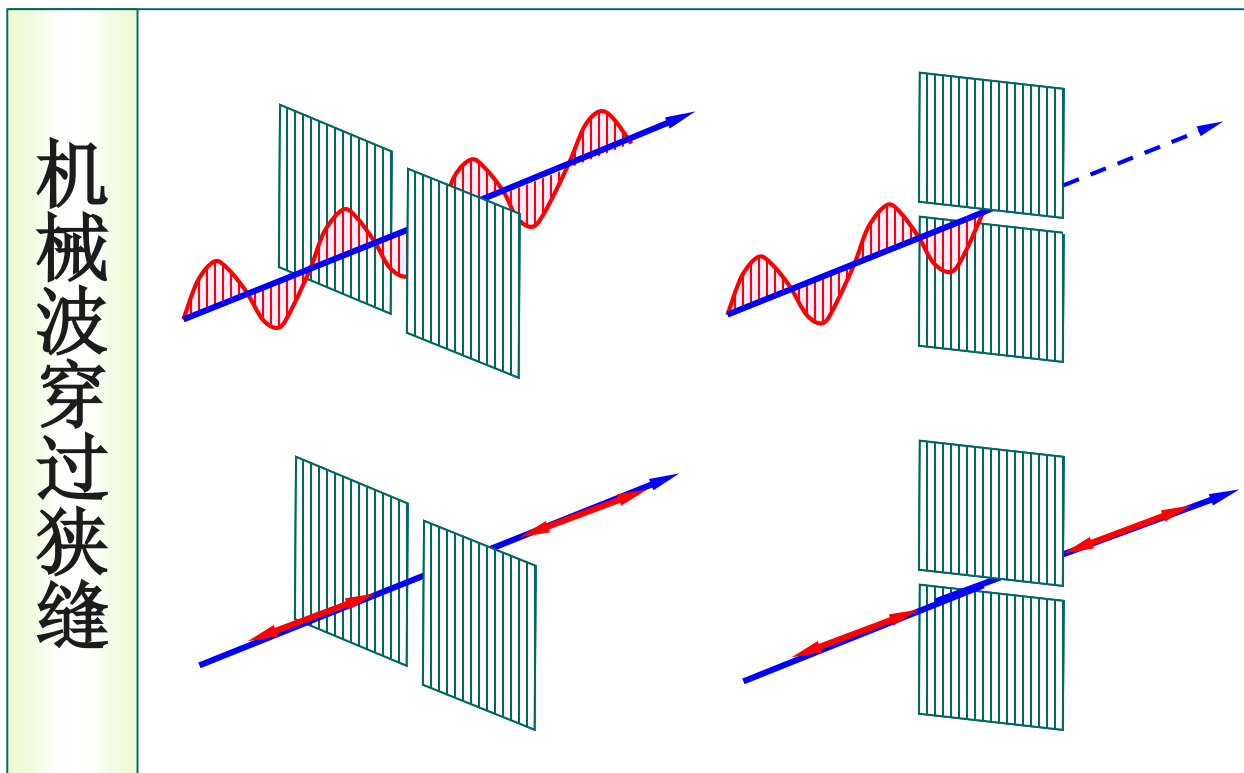
大学物理（下）

14 波动光学

## 14.9 光的偏振 马吕斯定律

# 一 何谓偏振？

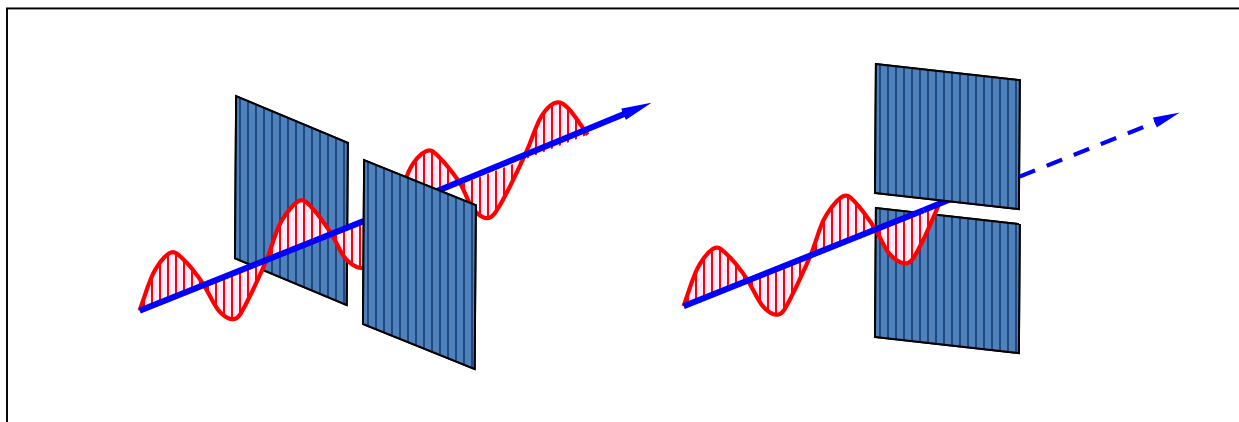
## 机械波 横波与纵波 的区别





说明：**对纵波而言**，包含传播方向与振动方向所构成的面，哪一个都一样，没有一个显示出与另一个有什么区别或不同。称之为：**波的振动方向对传播方向具有对称性**。

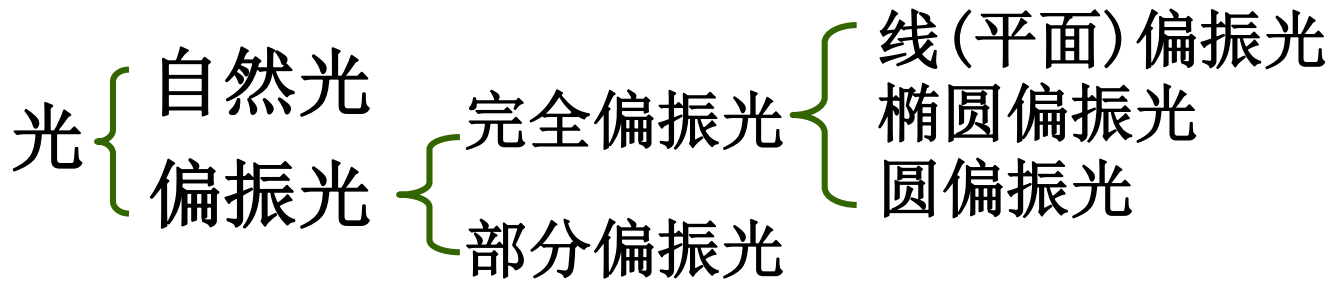
说明：**对横波而言**，由传播方向与振动方向所构成的平面，与包含传播方向而不包含振动方向的其它平面有区别。这种区别与不同称为：**波的振动方向对传播方向不具有对称性**。这种不对称性称为偏振。

**偏振**：波振动方向对传播方向不具有对称性。  
是区别横波和纵波的重要标志。

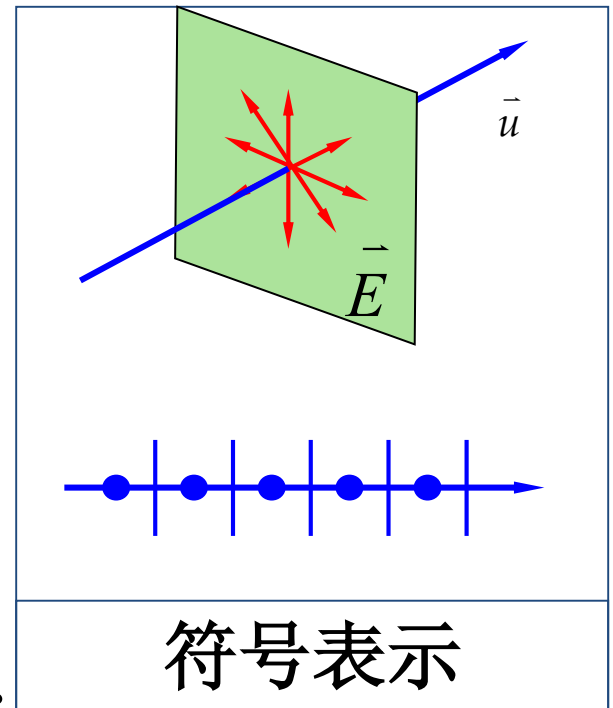


光的**波动性**        光的干涉、衍射。  
光波是**横波**        光的偏振。

## 二 自然光 偏振光



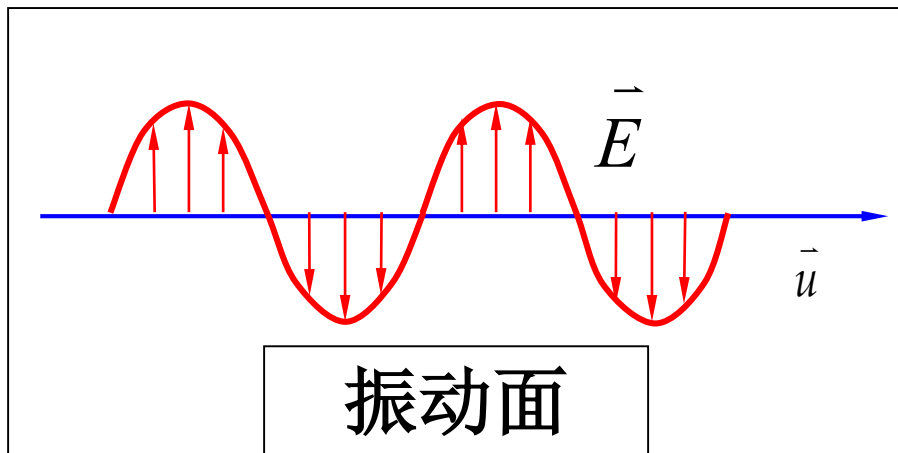
**1 自然光**：一般光源发出的光中，包含着各个方向的光场电矢量在所有的方向上的振幅都相等（轴对称）这样的光叫自然光。



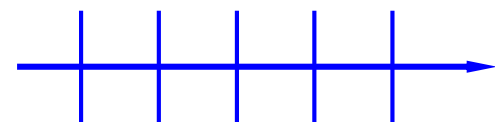
- 注意：**
- 1) 二互相垂直方向是任选的。
  - 2) 各矢量间无固定的相位关系。

## 2 偏振光（线偏振光）

光振动只沿某一固定方向的光。



符号表示



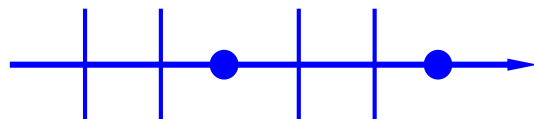
光振动平行板面



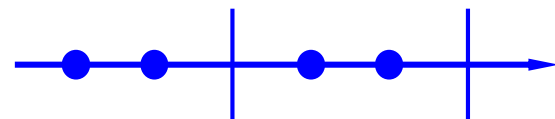
光振动垂直板面

3 部分偏振光：某一方向的光振动比与之垂直方向上的光振动占优势的光为部分偏振光。

符号表示



平行板面的  
光振动较强



垂直板面的  
光振动较强

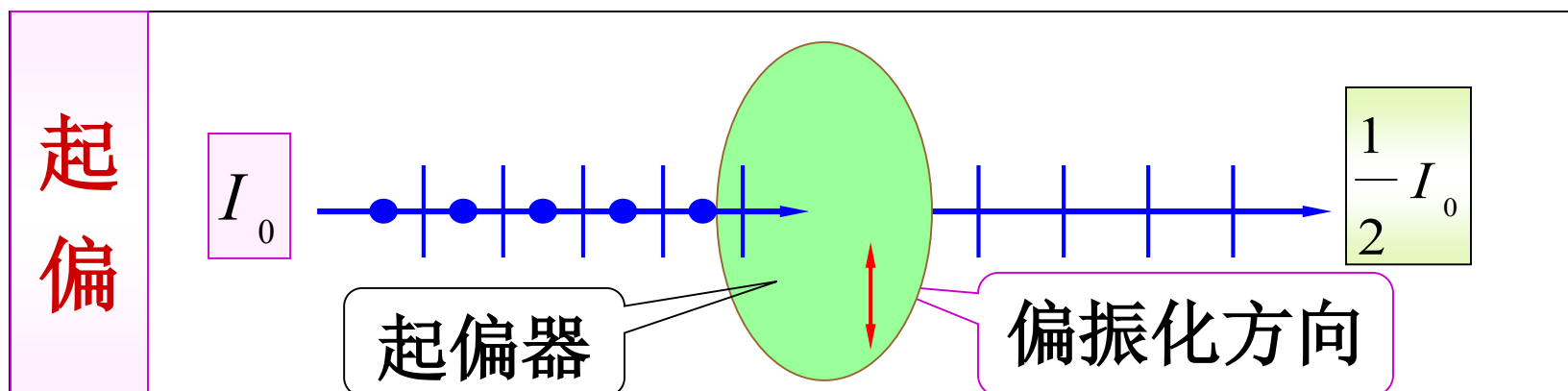
### 三 偏振片 起偏与检偏

**二向色性**：某些物质能吸收某一方向的光振动，而只让与这个方向垂直的光振动通过，这种性质称二向色性。

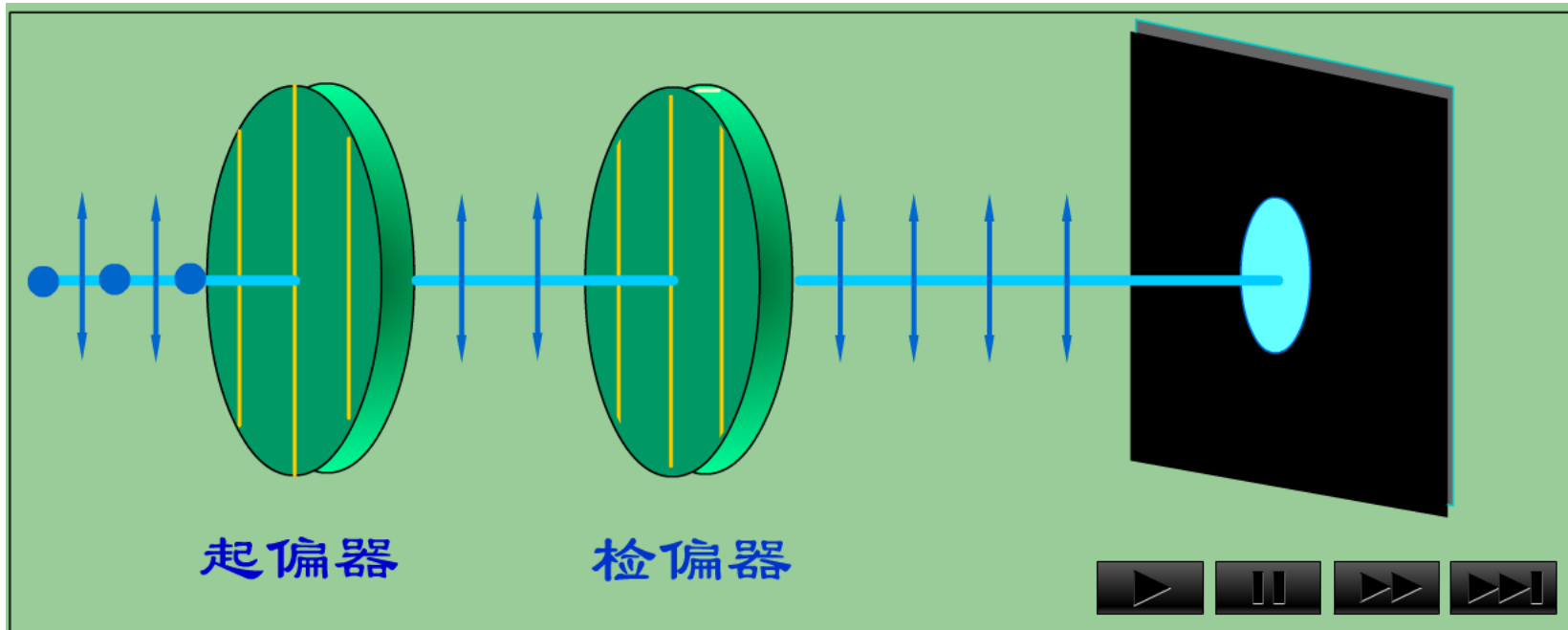
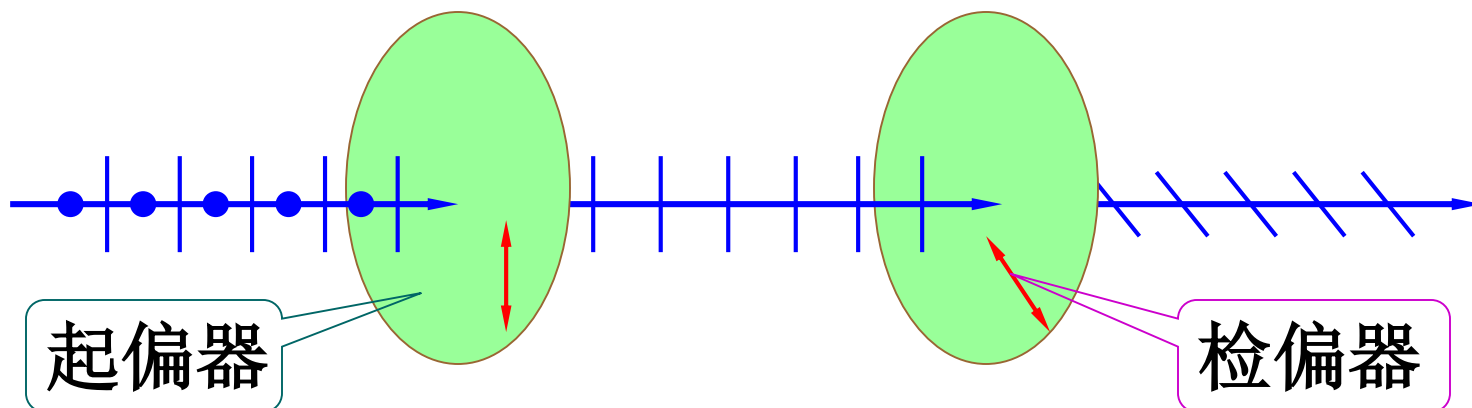
**偏振片**：涂有二向色性材料的透明薄片。

**偏振化方向**：自然光照射在偏振片上时，只有某一特定方向偏振的光能通过，这个方向叫此偏振片的偏振化方向。

**起偏**：使自然光（或非偏振光）变成线偏振光的过程。

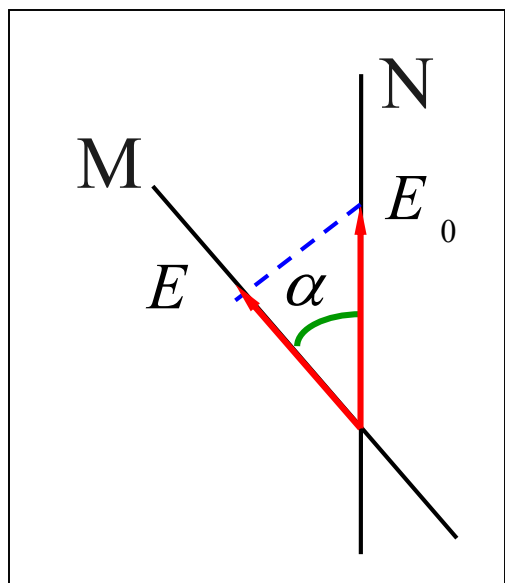
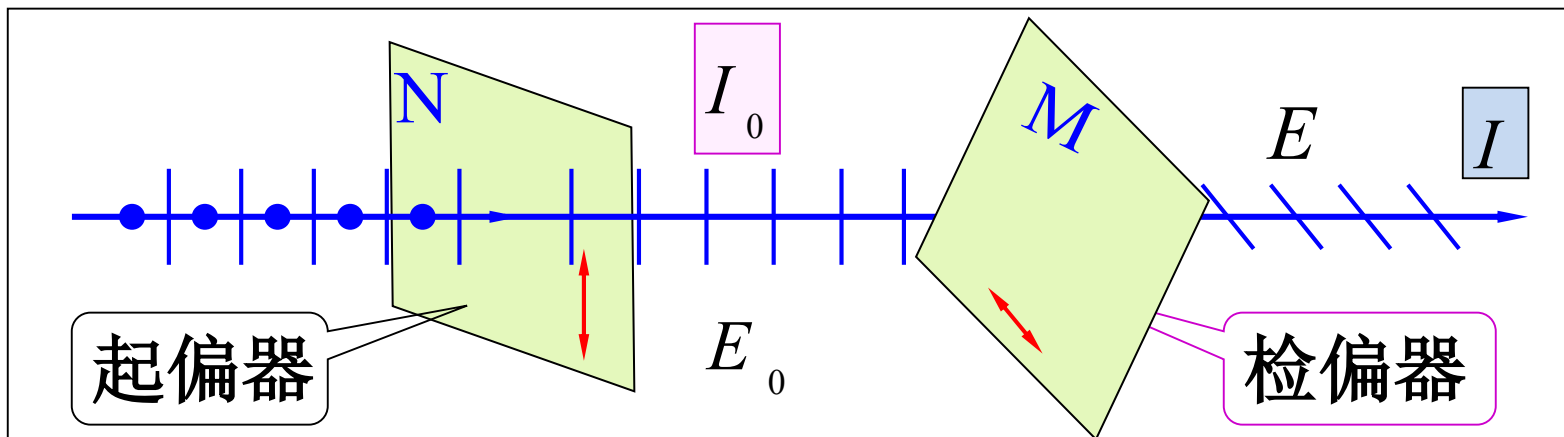


# 检偏





## 四 马吕斯定律 (1880年)



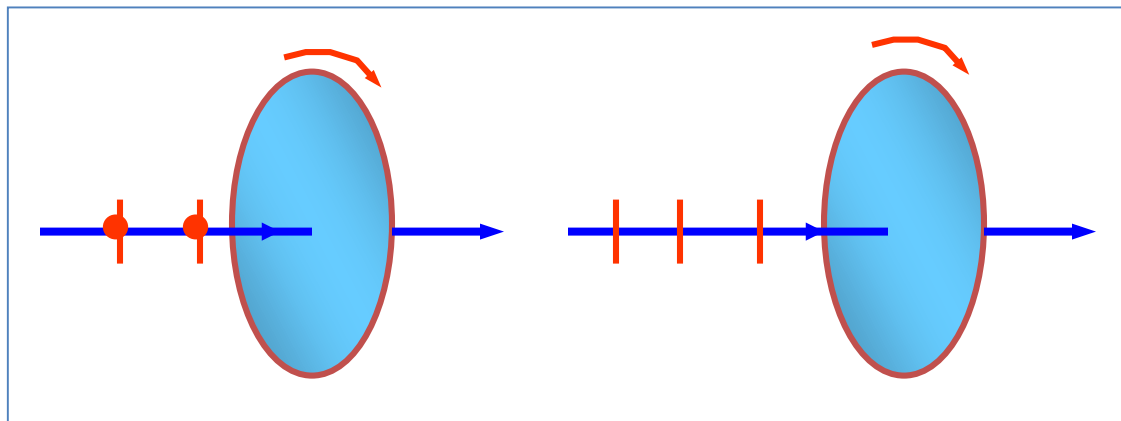
$$E = E_0 \cos \alpha \quad \frac{I}{I_0} = \frac{E^2}{E_0^2}$$

**马吕斯定律** 强度为  $I_0$  的偏振光通过检偏振器后，出射光的强度为

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

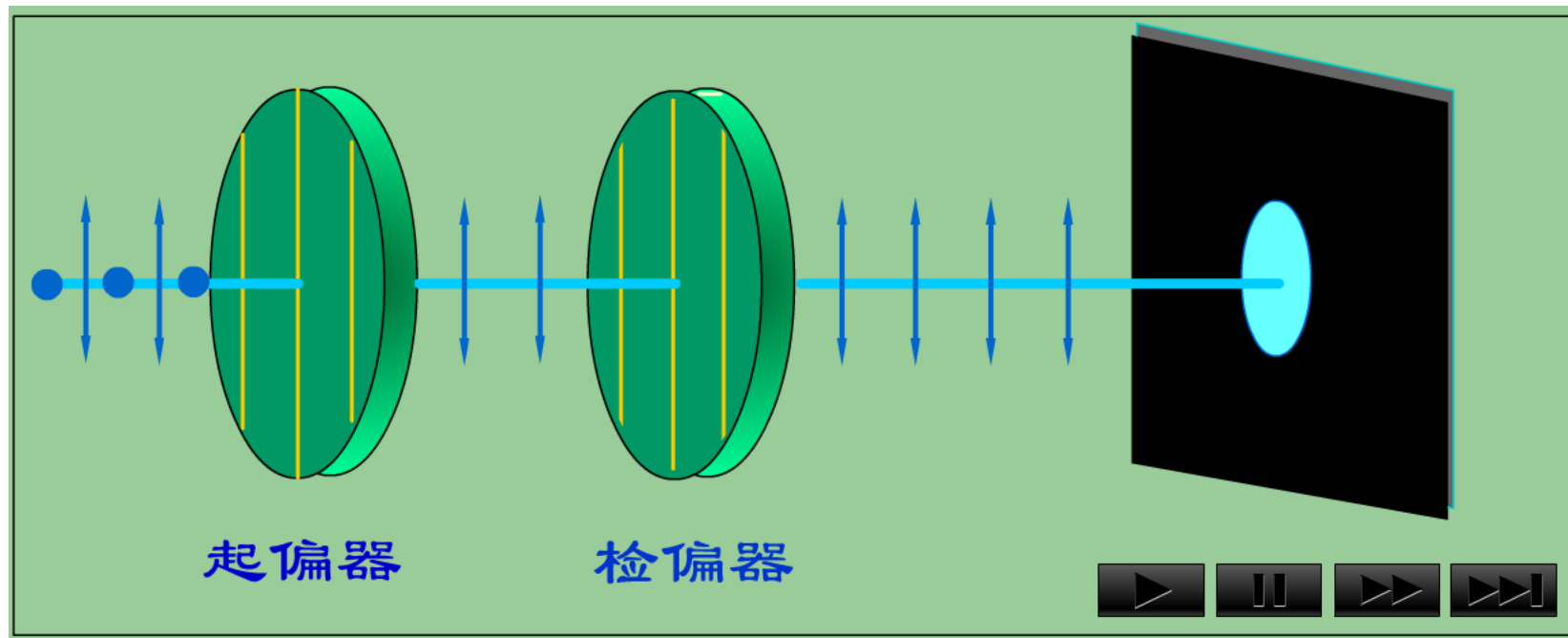
( $\alpha$ 为入射的偏振光的振动方向与偏振片的偏振化方向间的夹角。)

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



$$\left. \begin{array}{l} \alpha = 0, \pi \\ \alpha = \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2} \end{array} \right\} \begin{array}{l} I = I_0 \\ I = 0 \end{array}$$

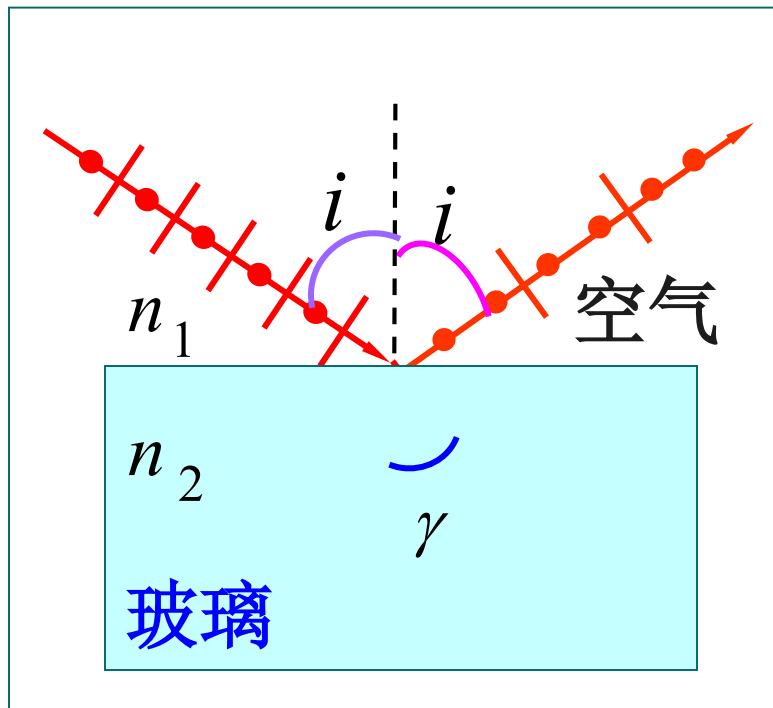
每旋转检偏器一周，出射光



大学物理（下）

14 波动光学

## 14.10 反射光和折射光的偏振



**入射面** 入射光线和法线所成的平面。

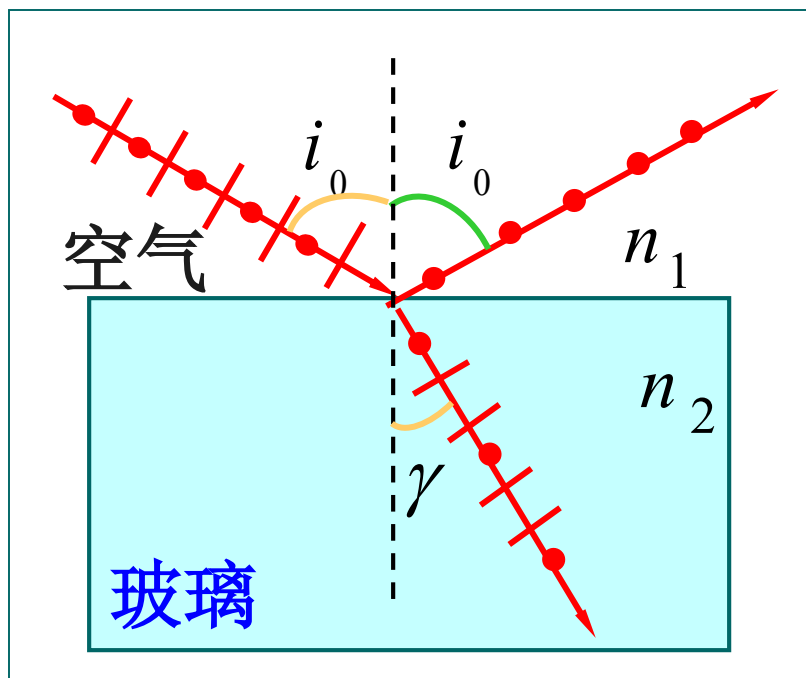
**反射光** 部分偏振光，垂直于入射面的振动大于平行于入射面的振动。

**折射光** 部分偏振光，平行于入射面的振动大于垂直于入射面的振动。

**理论和实验证明：** 反射光的偏振化程度与入射角有关。

# 布儒斯特定律

( Brewster 1812年)



$$\text{当 } \tan i_0 = \frac{n_2}{n_1} \text{ 时,}$$

反射光为完全偏振光，且  
振动面垂直入射面，折射  
光为部分偏振光。

这个角度  $i_0$  称为起偏角，也叫布儒斯特角，

常常记为  $i_B$

## 讨论:

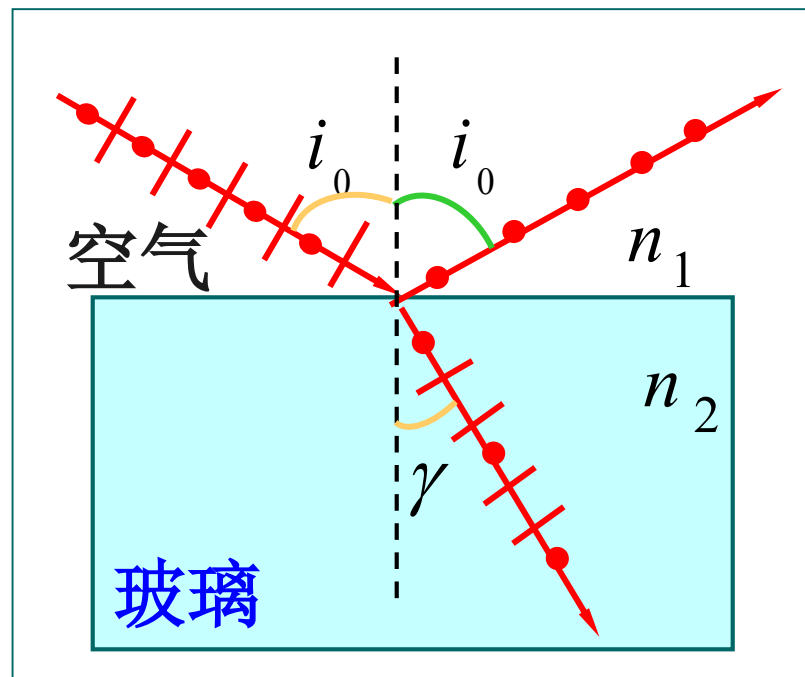
### 1) 反射光和折射光互相垂直.

$$\frac{\sin i_0}{\sin \gamma} = \frac{n_2}{n_1}$$

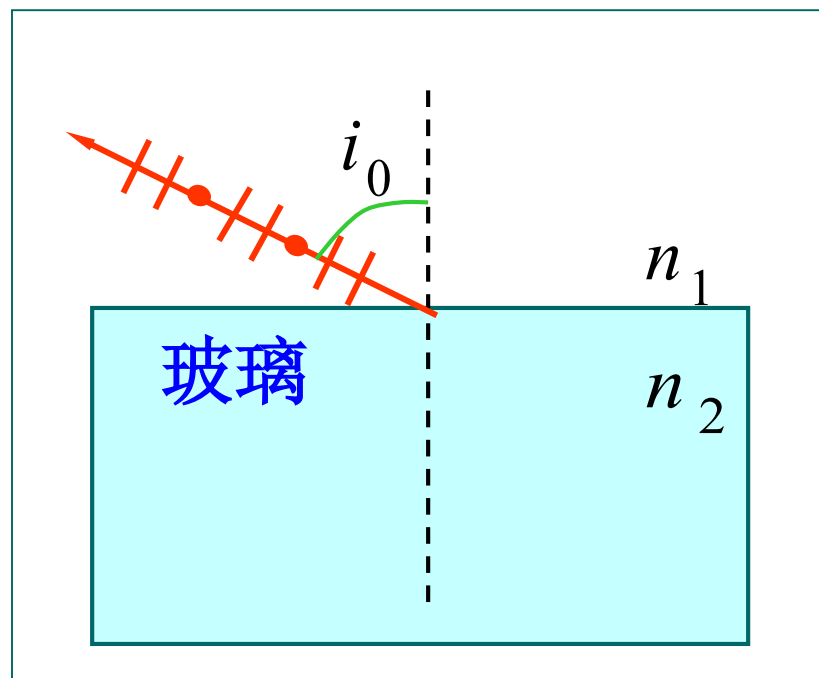
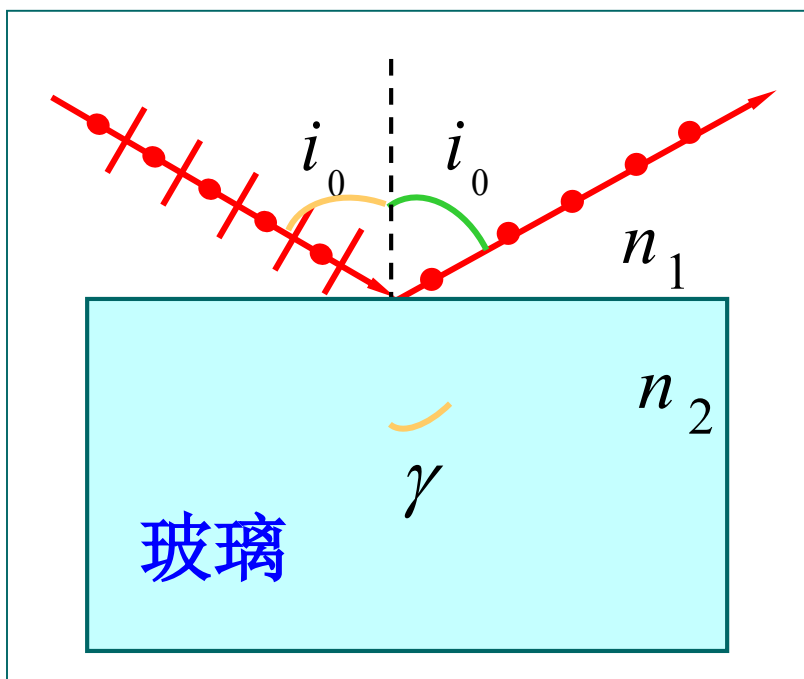
$$\sin \gamma = \frac{n_1}{n_2} \sin i_0$$

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

$$\cos i_0 = \sin \gamma = \cos\left(\frac{\pi}{2} - \gamma\right)$$



$$i_0 + \gamma = \frac{\pi}{2}$$



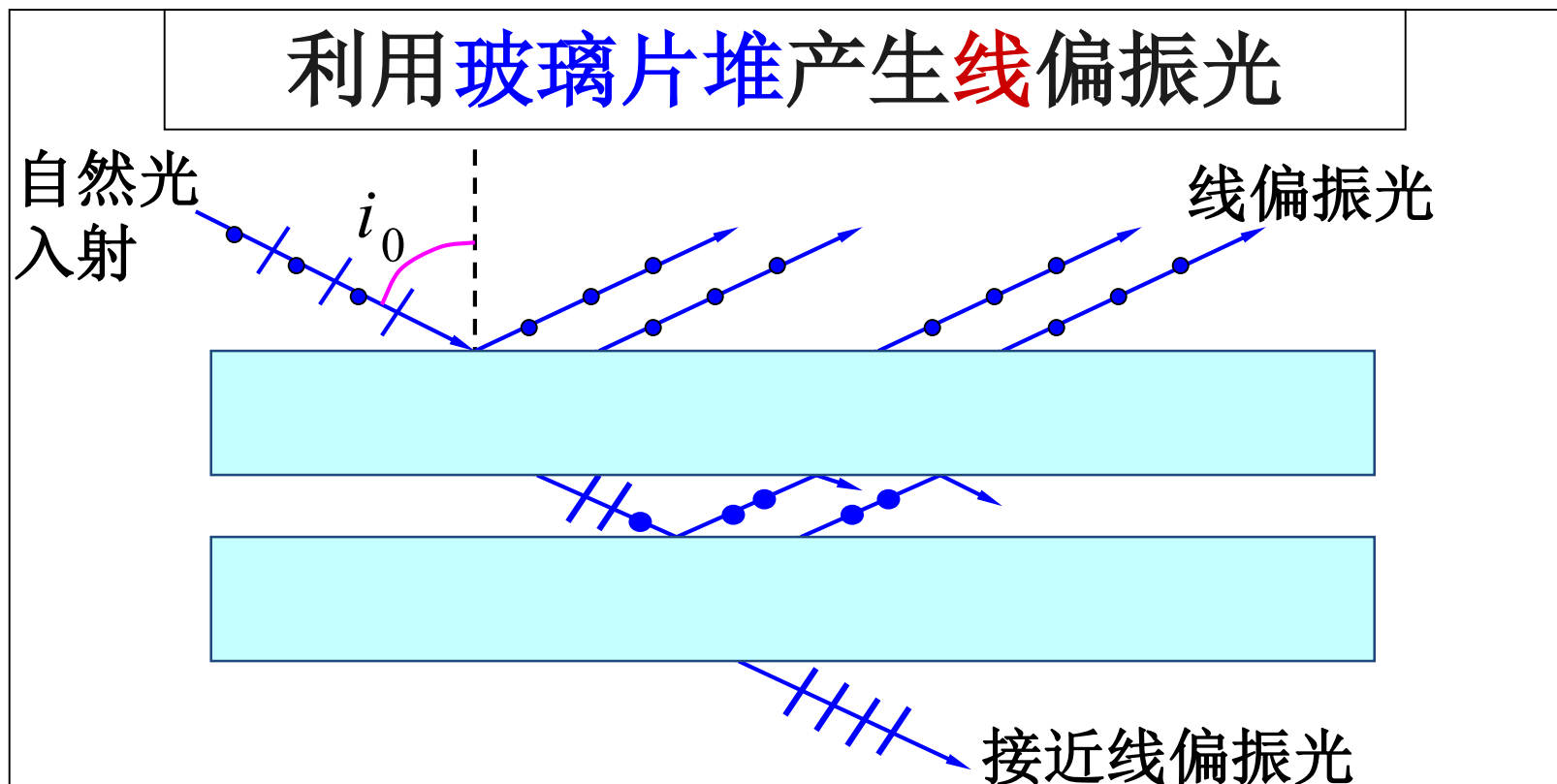
2) 根据光路的**可逆性**，当入射光以  $\gamma$  角从  $n_2$  介质入射于界面时，此  $\gamma$  角即为此时的布儒斯特角。

$$\tan i_0 = \frac{n_2}{n_1} \quad \cot i_0 = \frac{n_1}{n_2} = \tan\left(\frac{\pi}{2} - i_0\right) = \tan \gamma$$

## 应用：

光以 $i = i_0$ 角入射，通过**玻璃片堆**折射

对于一般的光学玻璃，反射光的强度约占入射光强度的7.5%，大部分光将透过玻璃。



(垂直振动成分一次次被反射掉)



14-9 光的偏振 马吕斯定律

## 例题和练习

**例1** 有两个偏振片,一个用作起偏器,一个用作检偏器. 当它们偏振化方向间的夹角为  $30^\circ$  时,一束单色自然光穿过它们,出射光强为  $I_1$ ; 当它们偏振化方向间的夹角为  $60^\circ$  时,另一束单色自然光穿过它们,出射光强为  $I_2$ , 且  $I_1 = I_2$ . 求两束单色自然光的强度之比.

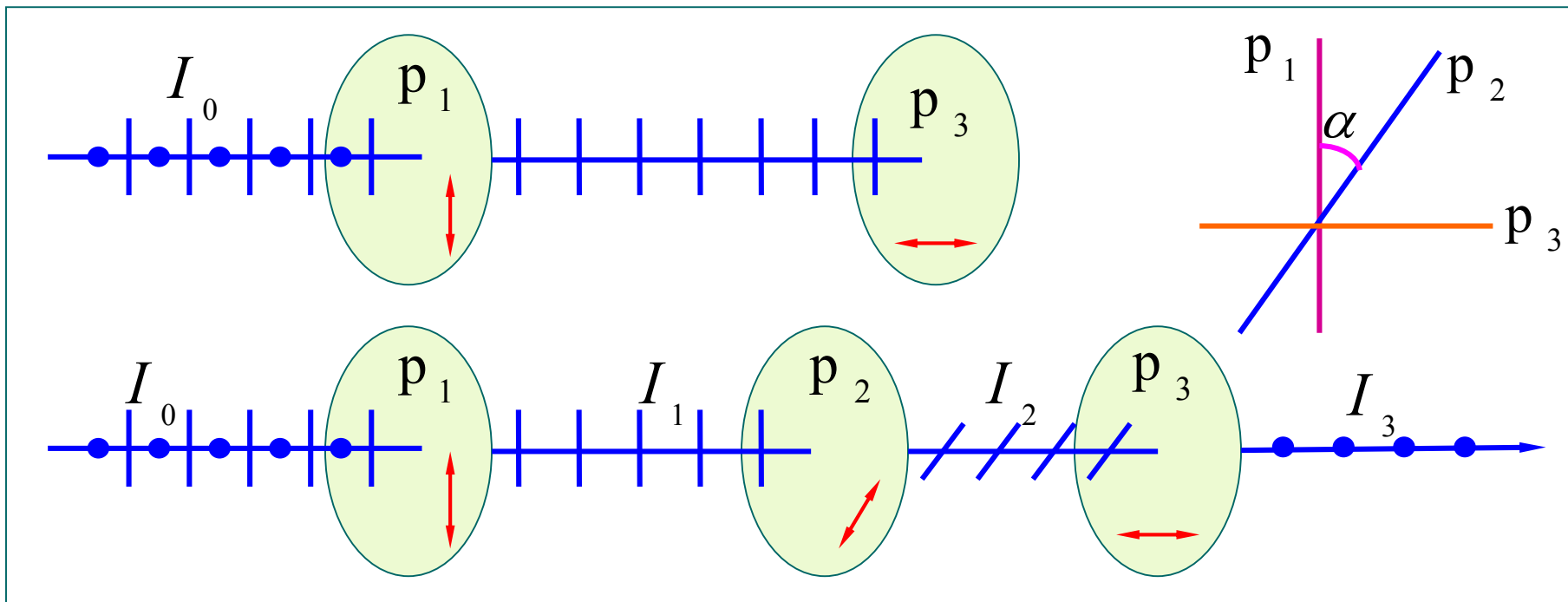
**解** 设两束单色自然光的强度分别为  $I_{10}$  和  $I_{20}$ .

经过起偏器后光强分别为  $\frac{I_{10}}{2}$  和  $\frac{I_{20}}{2}$ .

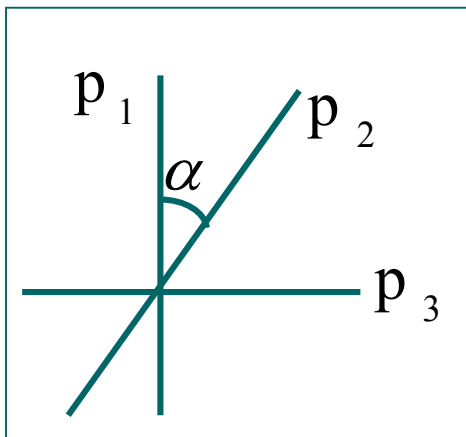
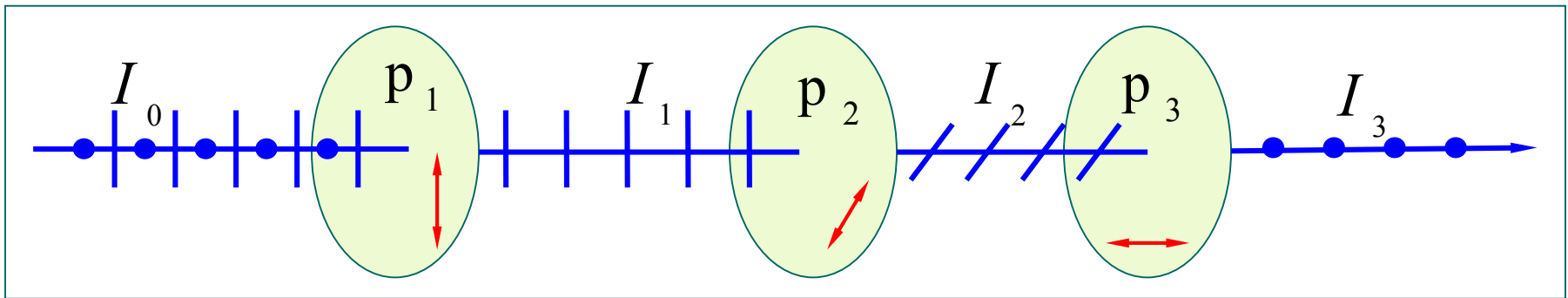
经过检偏器后  $I_1 = \frac{I_{10}}{2} \cos^2 30^\circ$   $I_2 = \frac{I_{20}}{2} \cos^2 60^\circ$

$$\because I_1 = I_2 \quad \therefore \frac{I_{10}}{I_{20}} = \frac{\cos^2 60^\circ}{\cos^2 30^\circ} = \frac{1}{3}$$

**讨论：** 在两块正交偏振片  $p_1, p_3$  之间插入另一块偏振片  $p_2$ ，光强为  $I_0$  的自然光垂直入射于偏振片  $p_1$ ，讨论转动  $p_2$  透过  $p_3$  的光强  $I$  与转角的关系。



$$I_1 = \frac{1}{2} I_0 \quad I_2 = I_1 \cos^2 \alpha = \frac{I_0}{2} \cos^2 \alpha$$



$$I_2 = \frac{I_0}{2} \cos^2 \alpha \quad I_3 = I_2 \cos^2 \left( \frac{\pi}{2} - \alpha \right)$$

$$I_3 = I_2 \sin^2 \alpha = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 \alpha \sin^2 \alpha$$

$$I_3 = \frac{1}{8} I_0 \sin^2 2\alpha$$

若  $\alpha$  在  $0 \sim 2\pi$  间变化,  $I_3$  如何变化?

$$\alpha = 0, \frac{\pi}{2}, \pi, \frac{3\pi}{2}, \quad I_3 = 0 \quad \alpha = \frac{\pi}{4}, \frac{3\pi}{4}, \frac{5\pi}{4}, \frac{7\pi}{4}, \quad I_3 = \frac{I_0}{8}$$

## 练习:

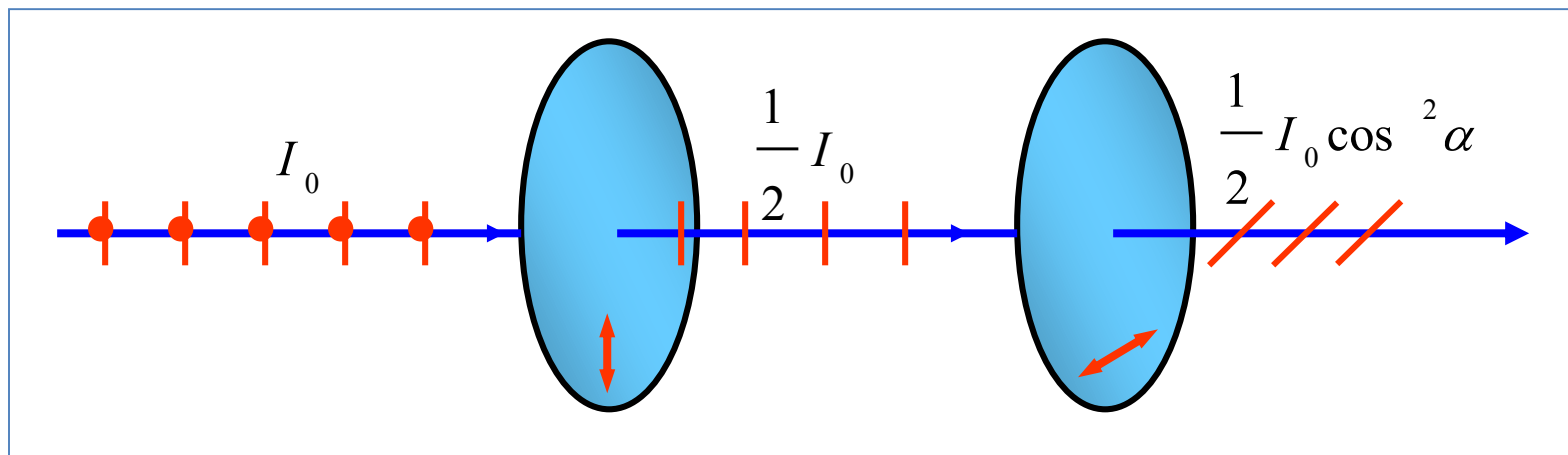
1) 一束光强为  $I_0$  的自然光通过两个偏振化方向成  $60^\circ$  的偏振片后, 光强为

①  $\frac{1}{2} I_0$

②  $\frac{1}{4} I_0$

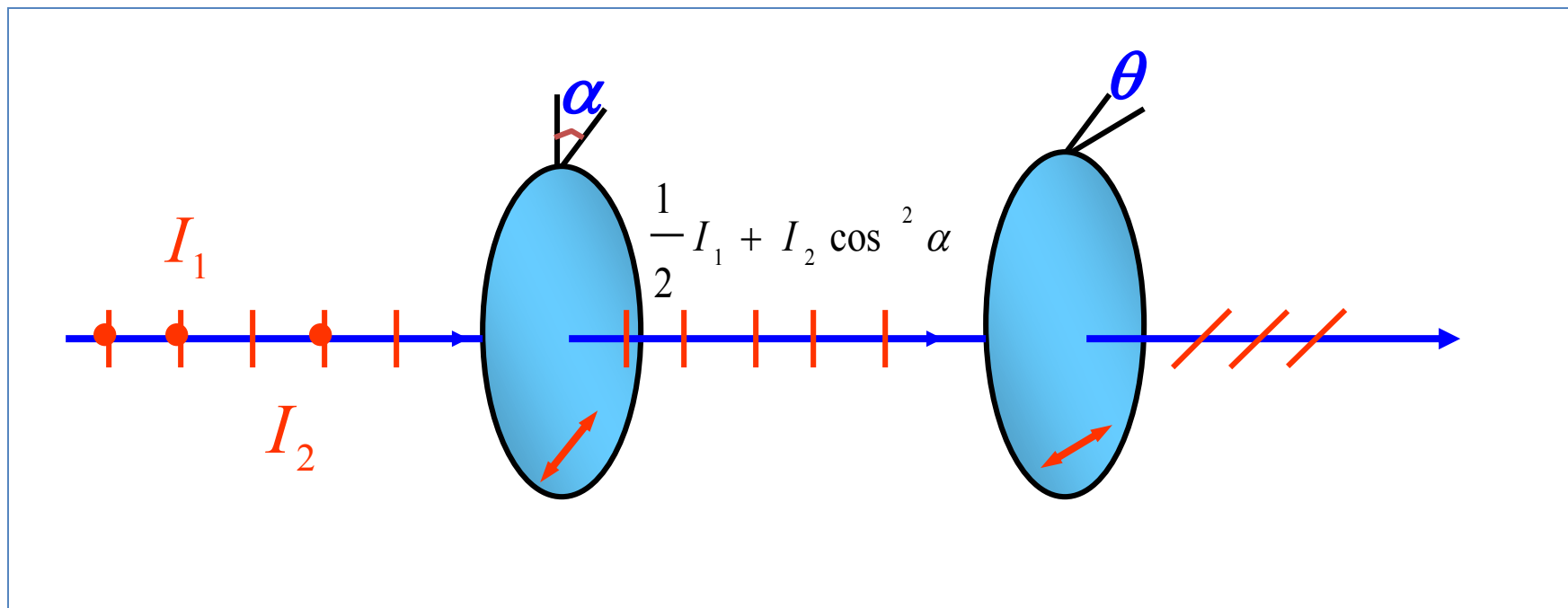
③  $\frac{1}{8} I_0$

④  $\frac{1}{16} I_0$



$$\frac{1}{2} I_0 \cos^2 \alpha = \frac{1}{2} I_0 \cdot \cos^2 60^\circ = \frac{1}{8} I_0$$

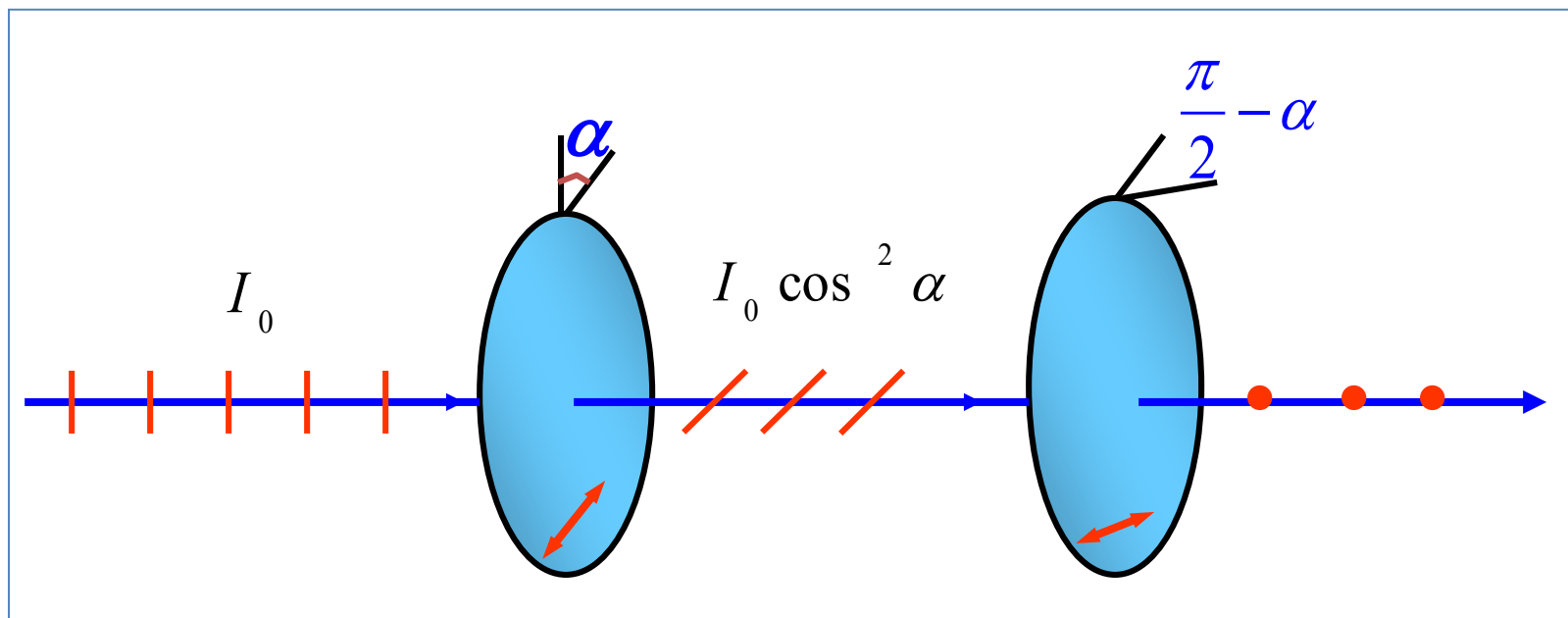
2) 一束部分偏振光可视为 由强度  $I_1$  的自然光和强度  $I_2$  的线偏振光组成，让它连续通过偏振片  $P_1$ 、 $P_2$ ，求出射光强。



$$\left( \frac{1}{2} I_1 + I_2 \cos^2 \alpha \right) \cdot \cos^2 \theta$$

3) 要让一束线偏振光的振动方向旋转 $90^\circ$ 至少要几块偏振片？如何放置？

至少两块偏振片，如图放置：



$$I_0 \cos^2 \alpha \cdot \cos^2 \left( \frac{\pi}{2} - \alpha \right) = I_0 \cos^2 \alpha \cdot \sin^2 \alpha = \frac{1}{4} I_0 \sin^2 2\alpha$$

当  $\alpha = 45^\circ$  时，出射光强最大： $\frac{1}{4} I_0$

14-10 反射光与折射光的偏振

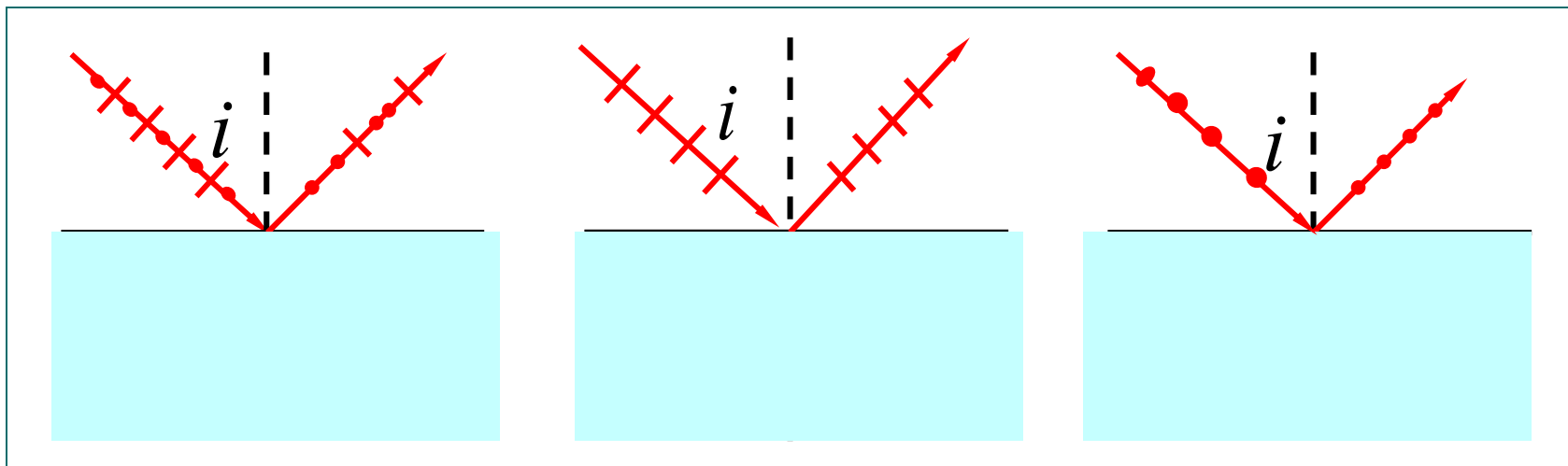
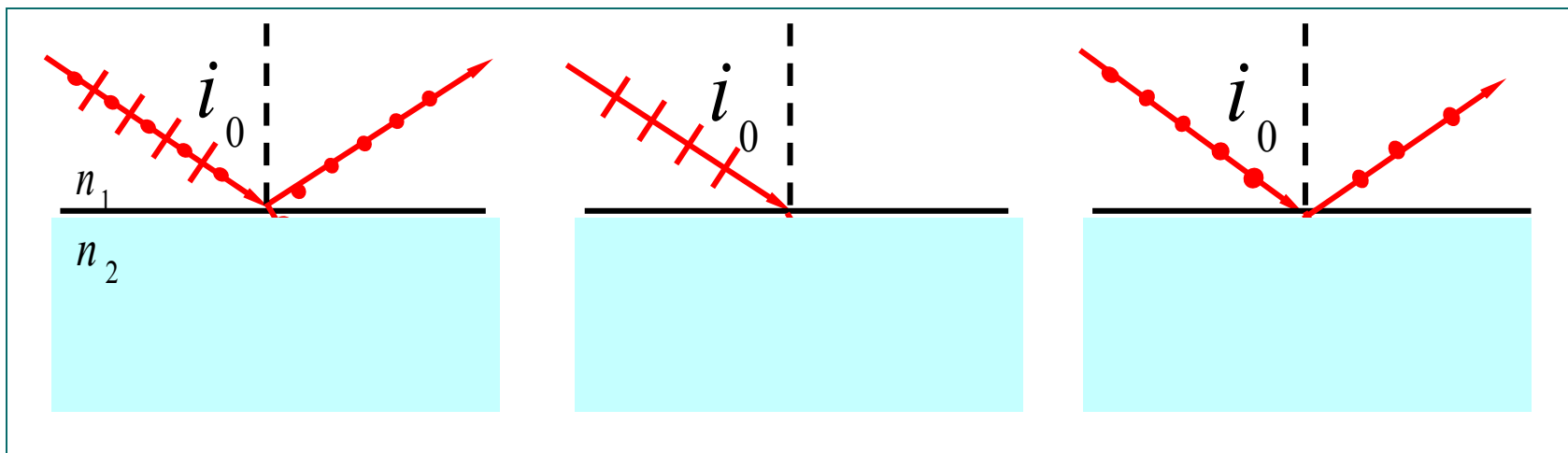
## 例题和练习



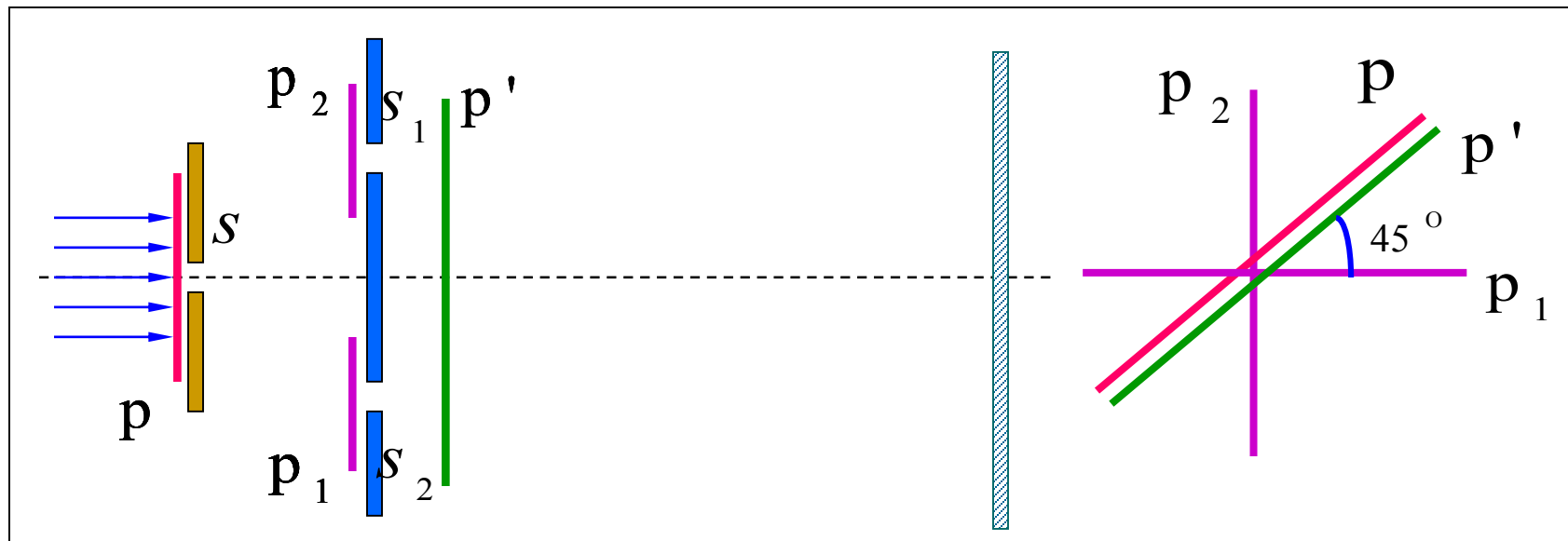
# 练习:

讨论下列光线的反射和折射（起偏角  $i_0$ ）。

$$i_0 = \arctg \frac{n_2}{n_1} \quad i \neq i_0$$



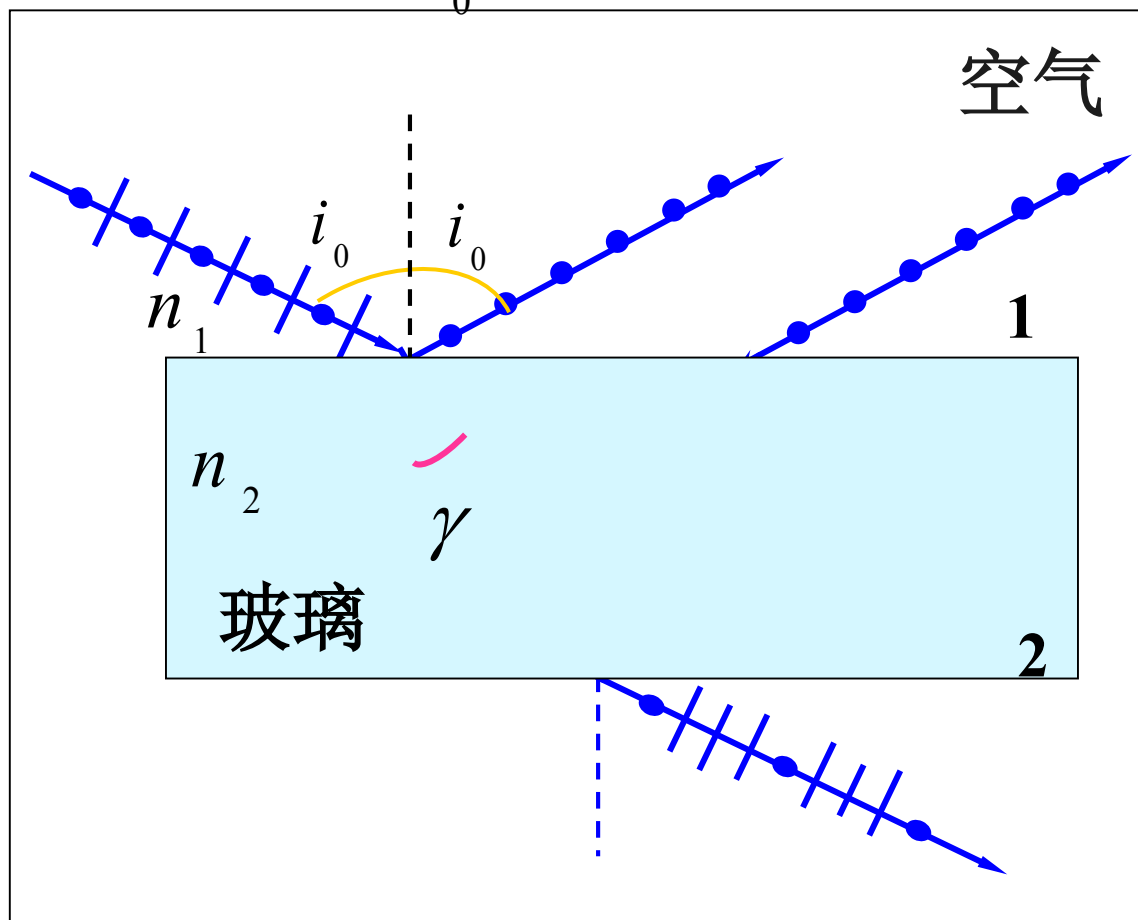
**讨论** 如图的装置  $p_1, p_2, p, p'$  为偏振片，问下列四种情况，屏上有没有干涉条纹？



- 1) 去掉  $p, p'$  保留  $p_1, p_2$
- 2) 去掉  $p'$  保留  $p, p_1, p_2$
- 3) 去掉  $p$  保留  $p', p_1, p_2$
- 4)  $p_1, p_2, p, p'$  都保留。

无（两振动互相垂直）  
 无（两振动互相垂直）  
 无（无恒定相位差）  
 有

**例** 一自然光自空气射向一块平板玻璃，入射角为布儒斯特角  $i_0$ ，问：在界面 2 的反射光是什么光？



**注意：**一次起偏垂直入射面的振动仅很小部分被反射，所以**反射偏振光很弱**。一般应用**玻璃片堆**产生偏振光。

# 作业

➤ **P209: 31;**

## 版权声明

本课件根据高等教育出版社《物理学教程（第二版）下册》（马文蔚 周雨青 编）配套课件制作。课件中的图片和动画版权属于原作者所有；部分例题来源于清华大学编著的“大学物理题库”。由 [Haoxian Zeng](#) 设计和编写的内容采用 [知识共享 署名-相同方式共享 3.0 未本地化版本 许可协议](#) 进行许可。详细信息请查看 [课件发布页面](#)。