

光的偏振

11-12 自然光和偏振光

11-13 起偏和检偏 马吕斯定律

11-14 反射和折射起偏 布儒斯特定律

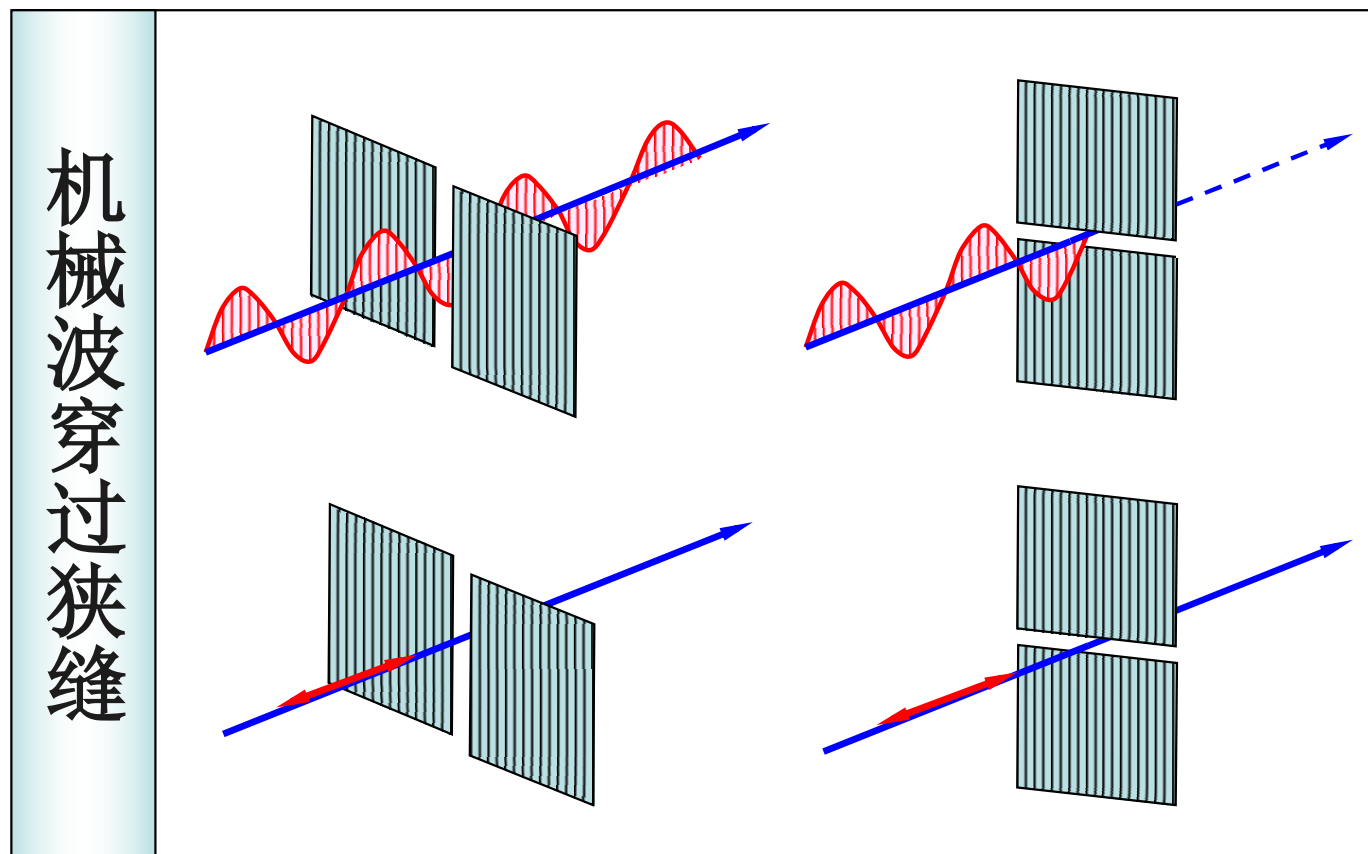
11-15 晶体双折射

11-16 椭圆偏振光和圆偏振光 偏振光的干涉

11-12 自然光与偏振光

光的干涉、衍射 \longrightarrow 光的波动性.

光的偏振 \longrightarrow 光波是横波.

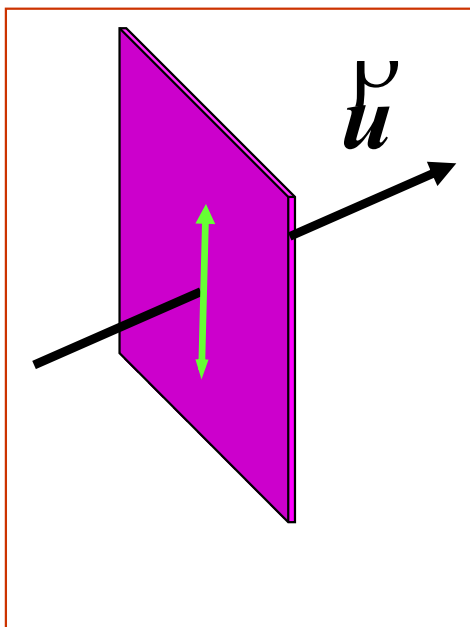


波的振动方向对传播方向的不对称性，称为偏振。

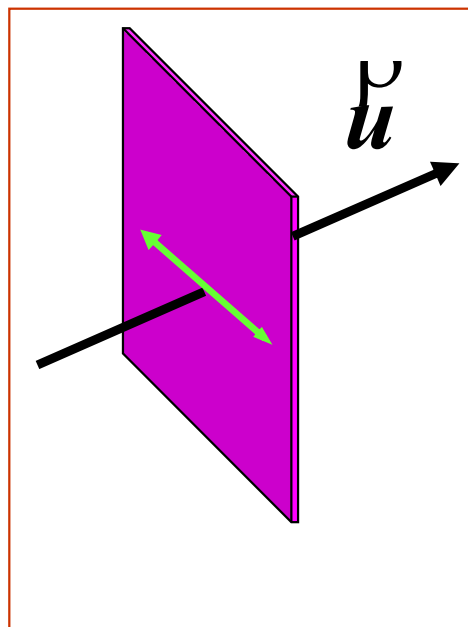
只有横波才有偏振特性

波的振动方向对传播方向的不对称性，称为偏振。

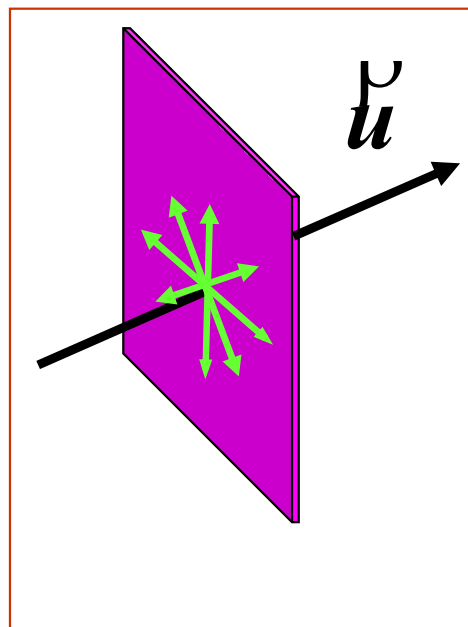
只有横波才有偏振特性



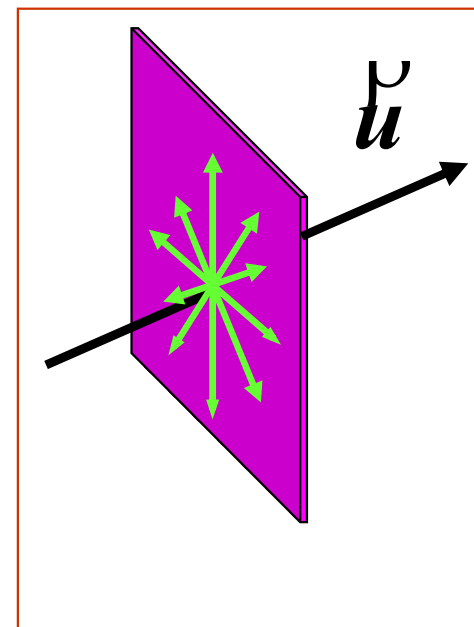
偏振



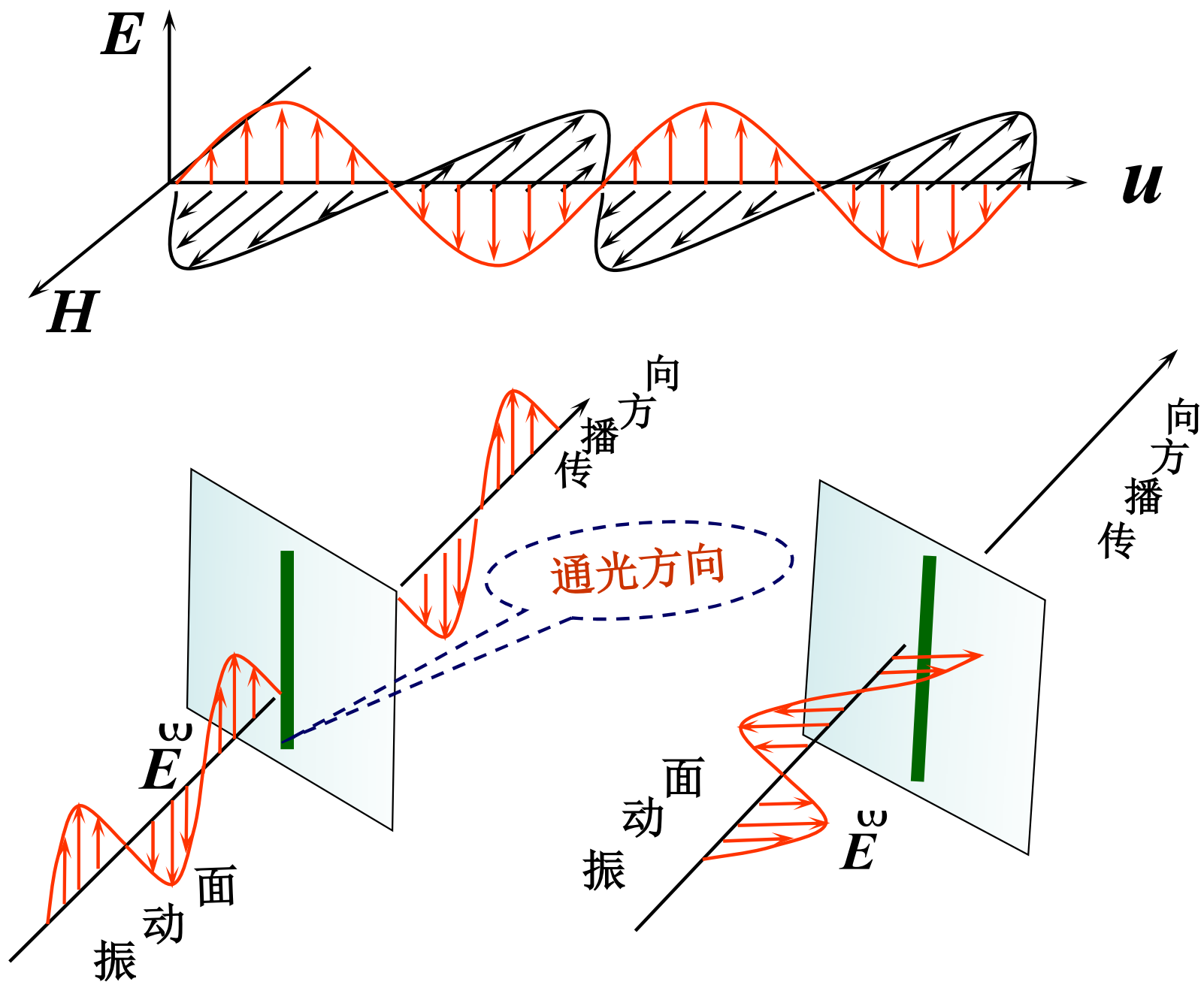
偏振



无偏振



偏振



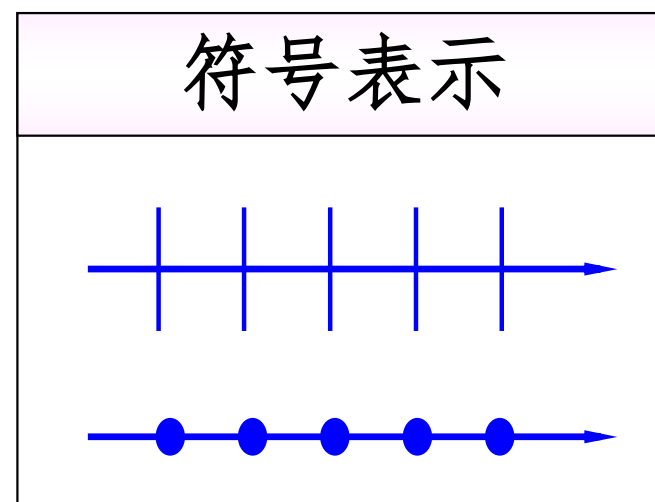
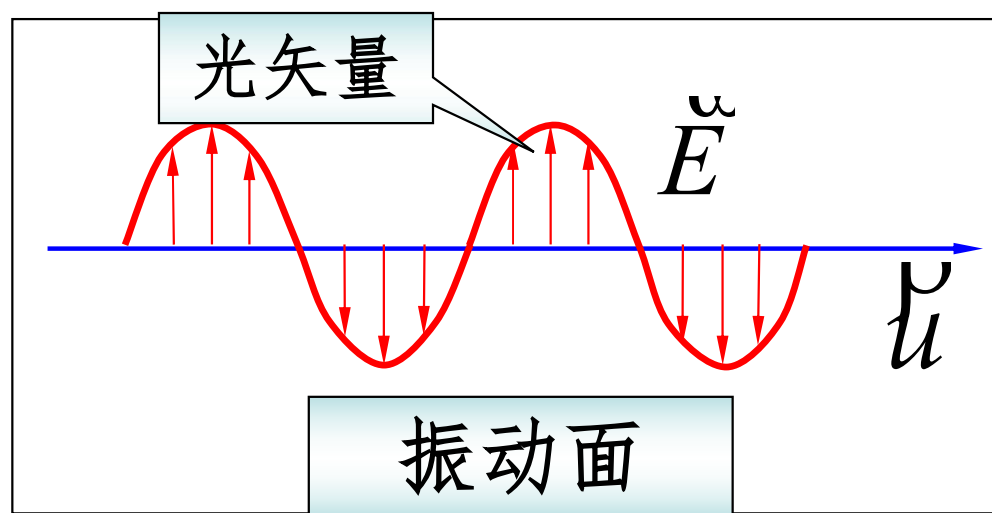
光矢量 E 的振动方向对传播方向具有不对称性

----光的偏振。

光的几种偏振态

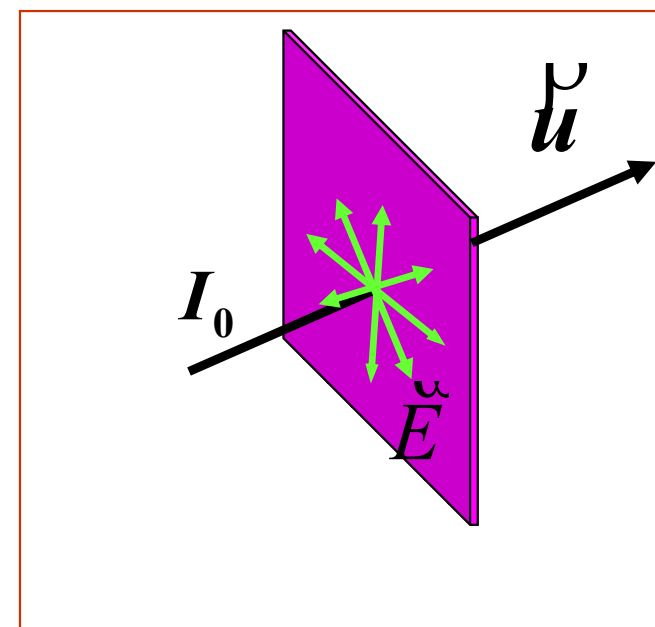
1. 线偏振光(平面偏振光)

光矢量只沿某一固定方向振动。又称平面偏振光



2. 自然光(完全非偏振光)

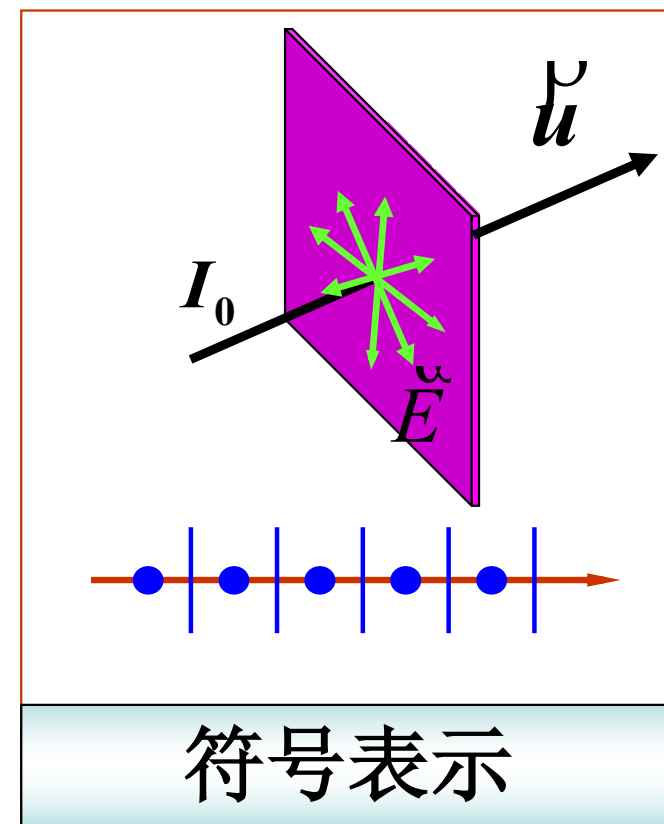
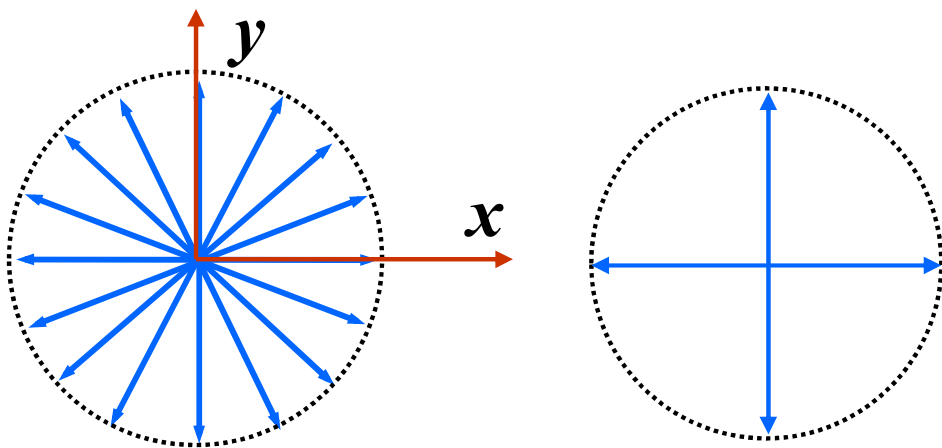
- 无穷多个振幅相等，振动方向各异，彼此间无固定的相位关系的光振动的组合。



2.自然光(完全非偏振光)

☞ 无穷多个振幅相等，振动方向各异，彼此间无固定的相位关系的光振动的组合。

☞ 可用振幅相等，振动方向相互垂直，互不相干的两个线偏振光来表示。



$$\begin{cases} I_x = \sum I_{ix} \\ I_y = \sum I_{iy} \end{cases}$$

$$I_x = I_y = \frac{1}{2} I_0$$

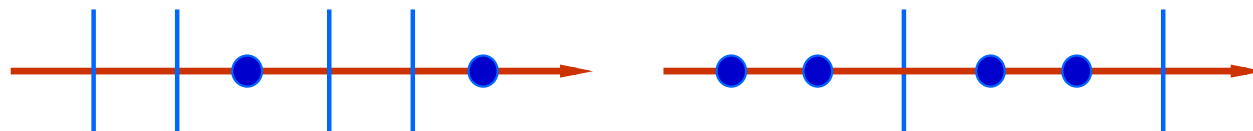
3. 部分偏振光

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。

可看成

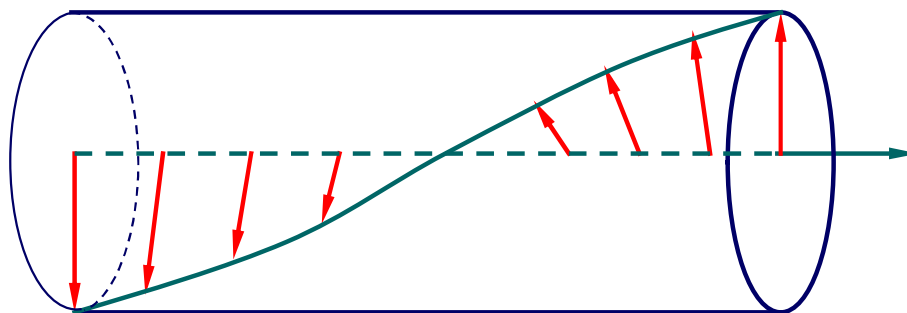
自然光和线偏振光的混合。

符号表示



4. 椭圆偏振光和圆偏振光

光矢量在沿着光的传播方向前进的同时，还绕着传播方向均匀旋转。

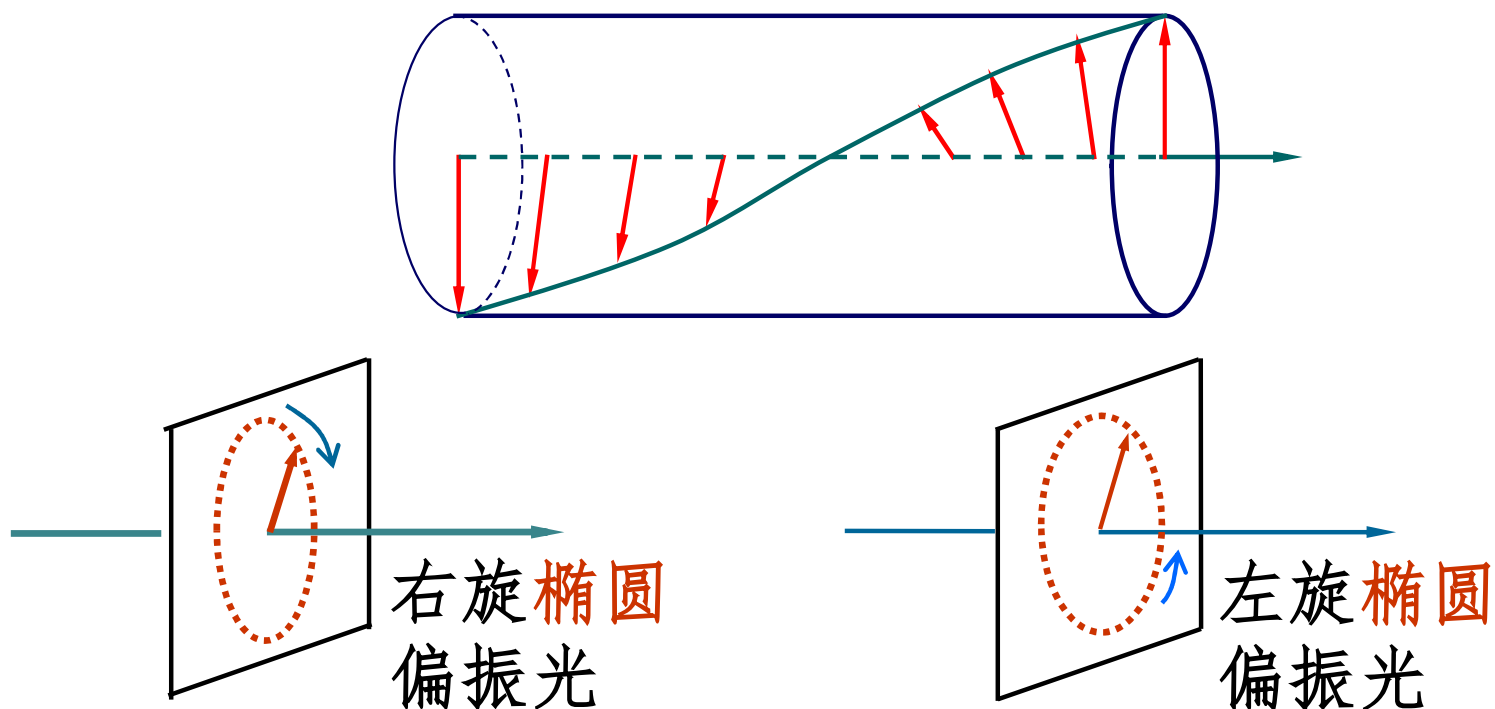


4. 椭圆偏振光和圆偏振光

光矢量在沿着光的传播方向前进的同时，还绕着传播方向均匀旋转。

若光矢量大小不断改变，其端点在垂直传播方向的平面内的投影为椭圆，这种光叫椭圆偏振光。

若光矢量大小不变，椭圆偏振光就变成了圆偏振光。



11-13 偏振片的起偏与检偏 马吕斯定律

偏振光获得方法：

- ① 利用偏振片
- ② 利用反射和折射
- ③ 利用双折射现象

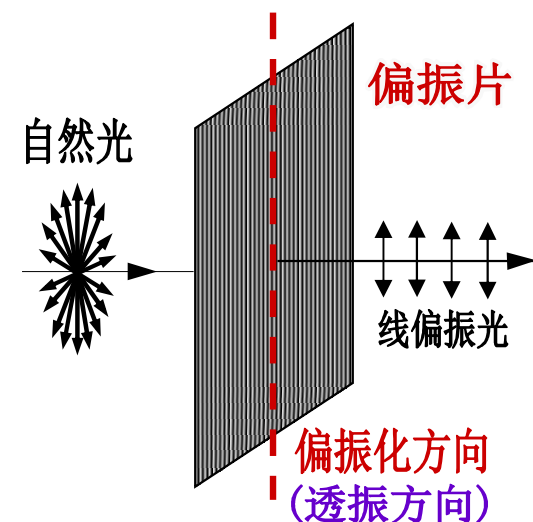
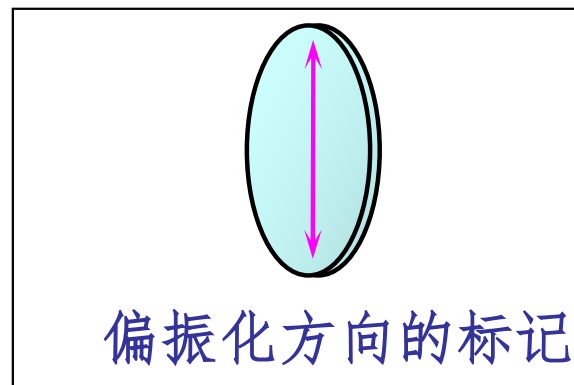
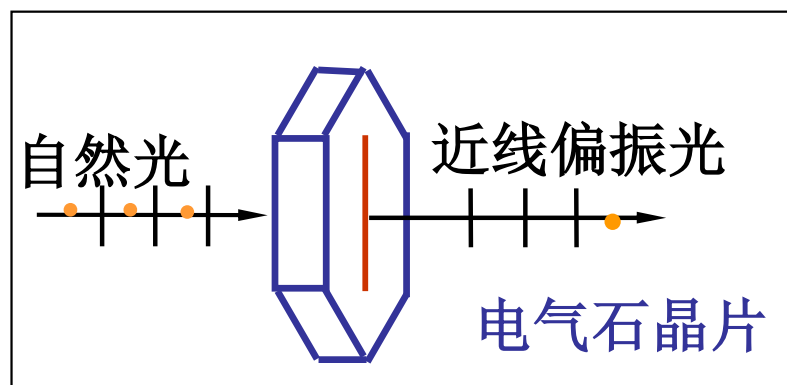
一. 偏振片起偏与检偏 ——产生线偏振光的方法之一

1928年，一位19岁的美国大学生（E.H.Land）发明了一种由自然光获得线偏振光的平面片状器件，称为偏振片。

✿ **二向色性**：某些晶体对某一方向的光振动有强烈吸收，而只让与该方向垂直的光振动通过-----**二向色性**。

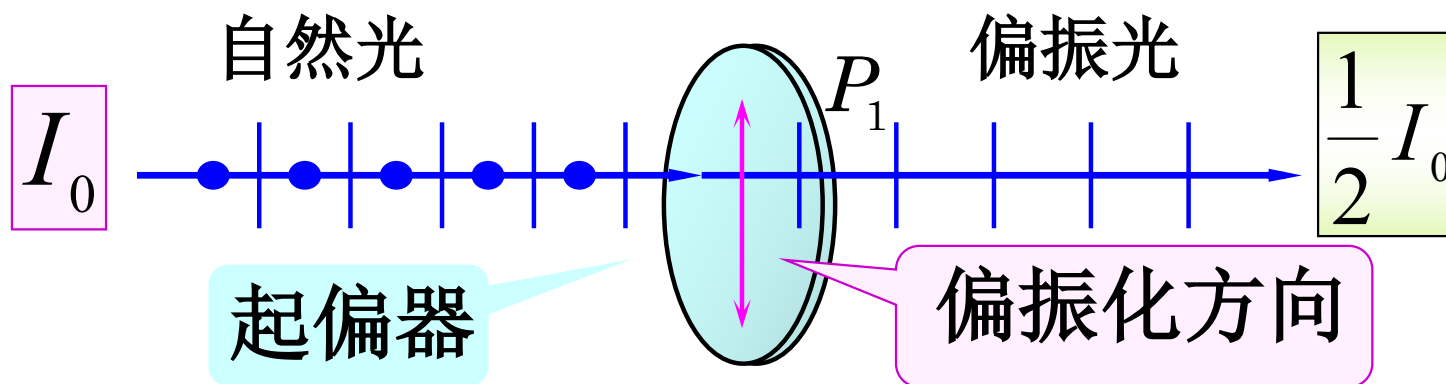
■ **偏振片（P片）**：利用具有二向色性的物质（如：聚乙烯醇）制成的薄片。

● **偏振化方向**：自然光照射P片时，它只让某一特定方向的光振动通过，该方向称为**偏振化方向**。（**透振方向**）

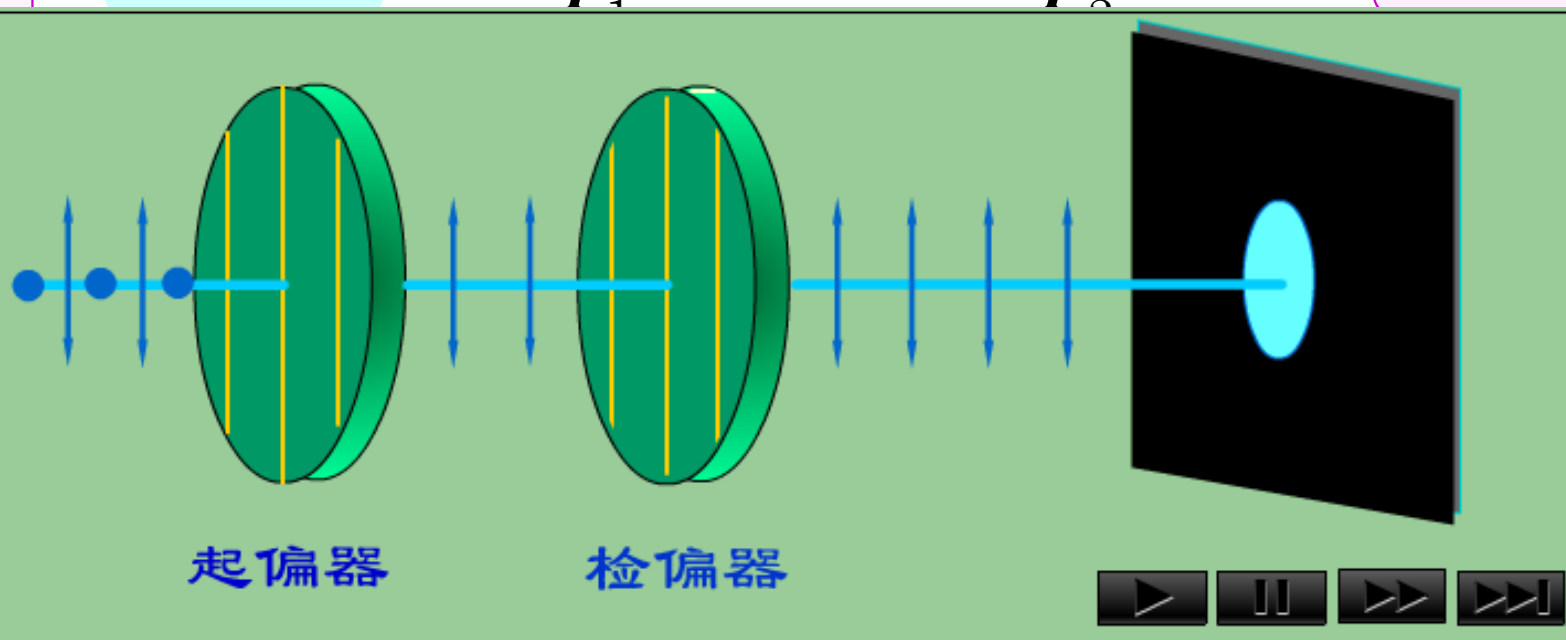
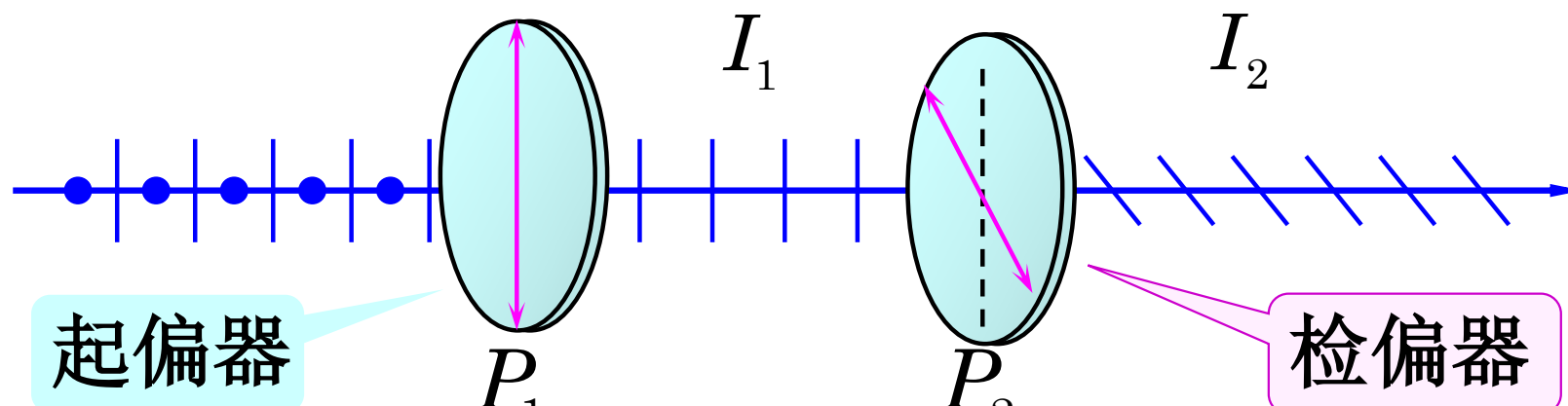


偏振光的获得与检验

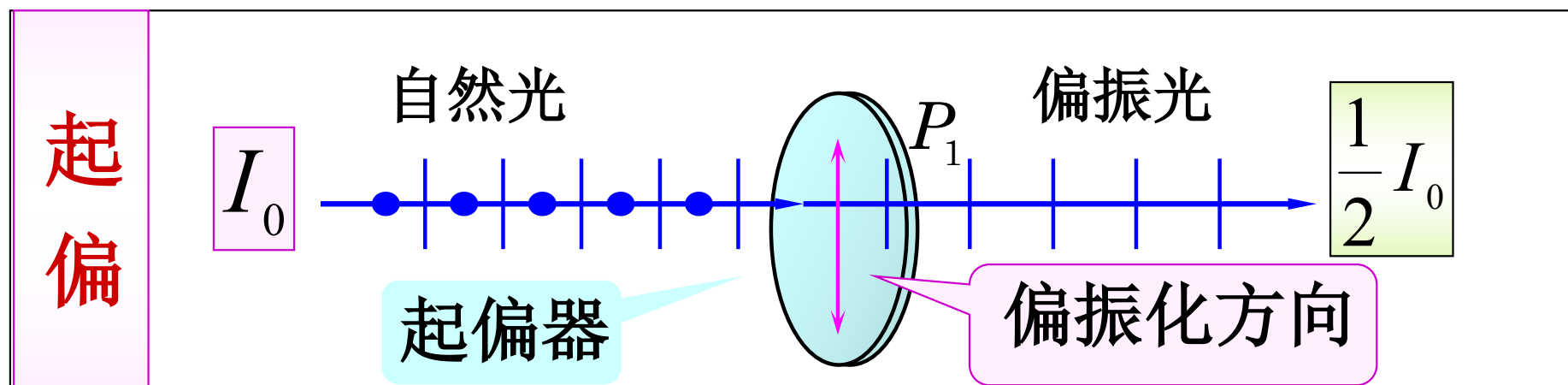
起偏

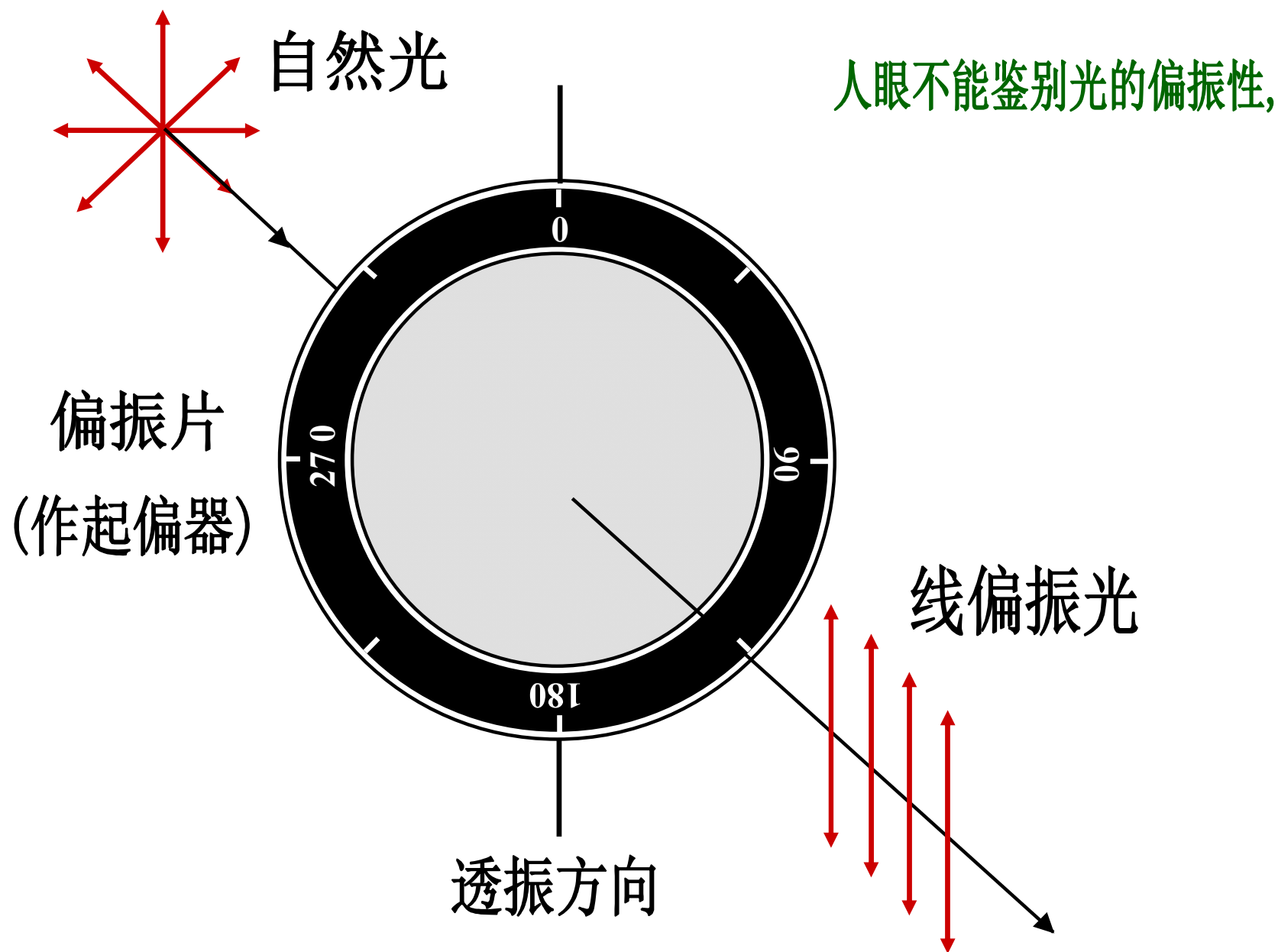


检偏

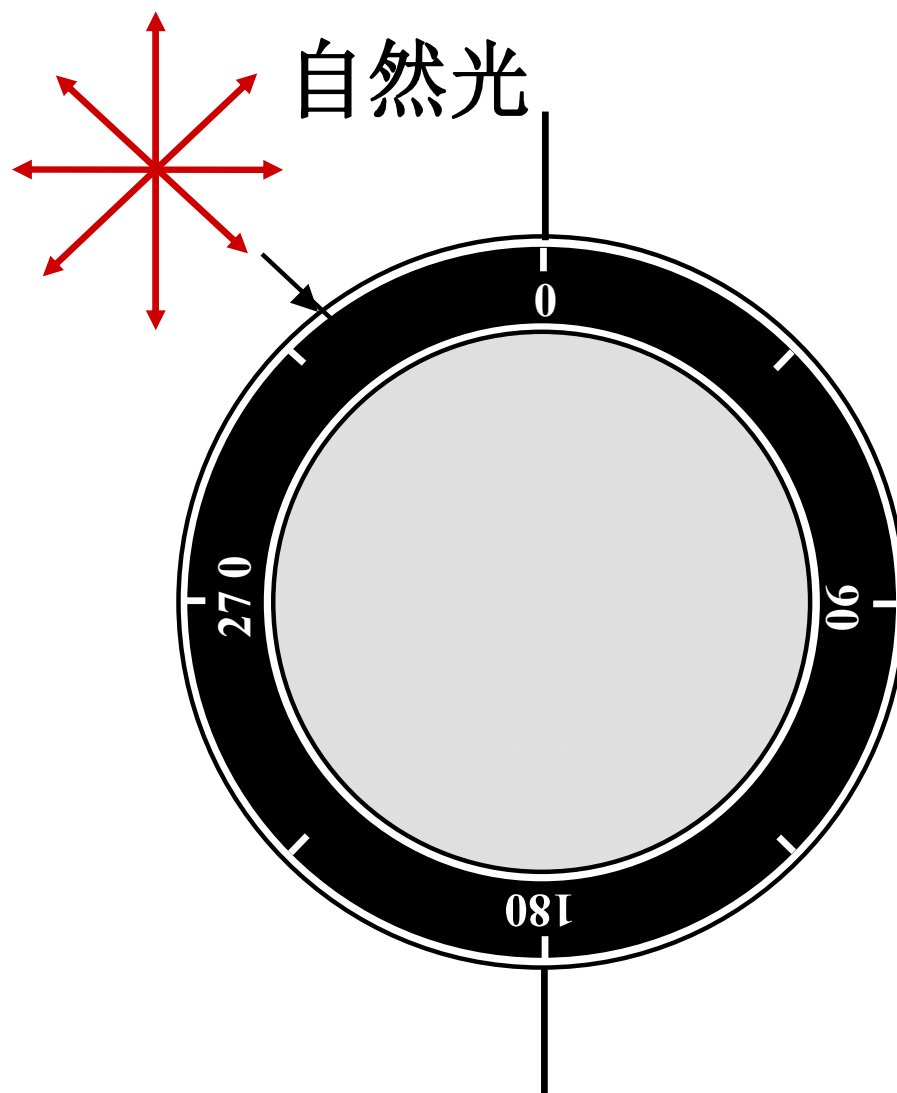


偏振光的获得与检验



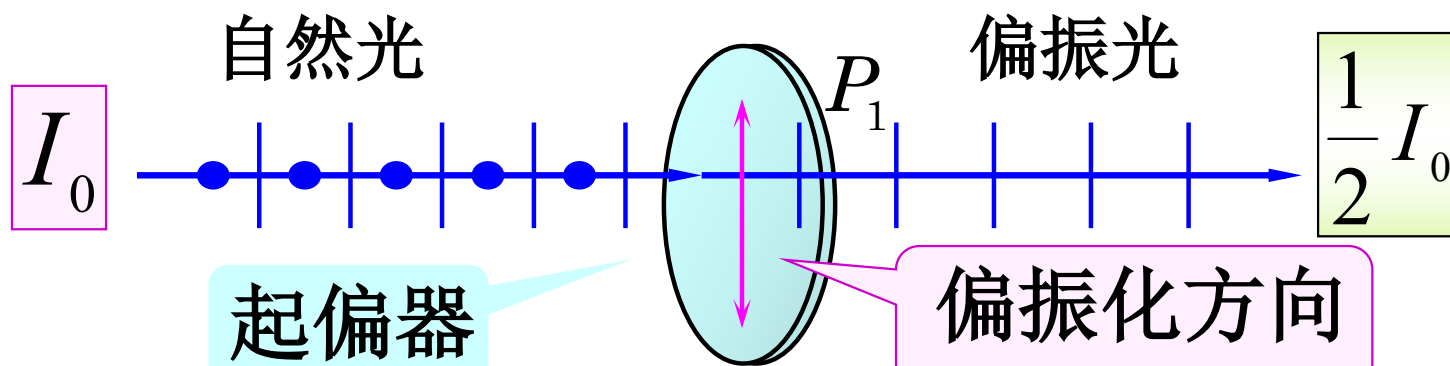


自然光通过旋转的检偏器，光强不变

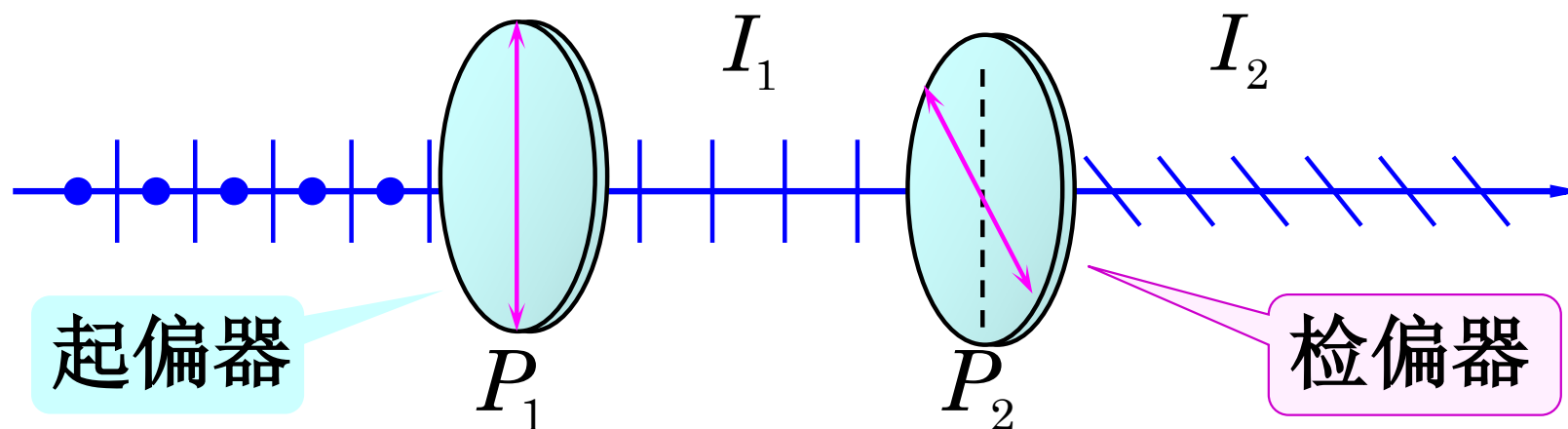


偏振光的获得与检验

起偏

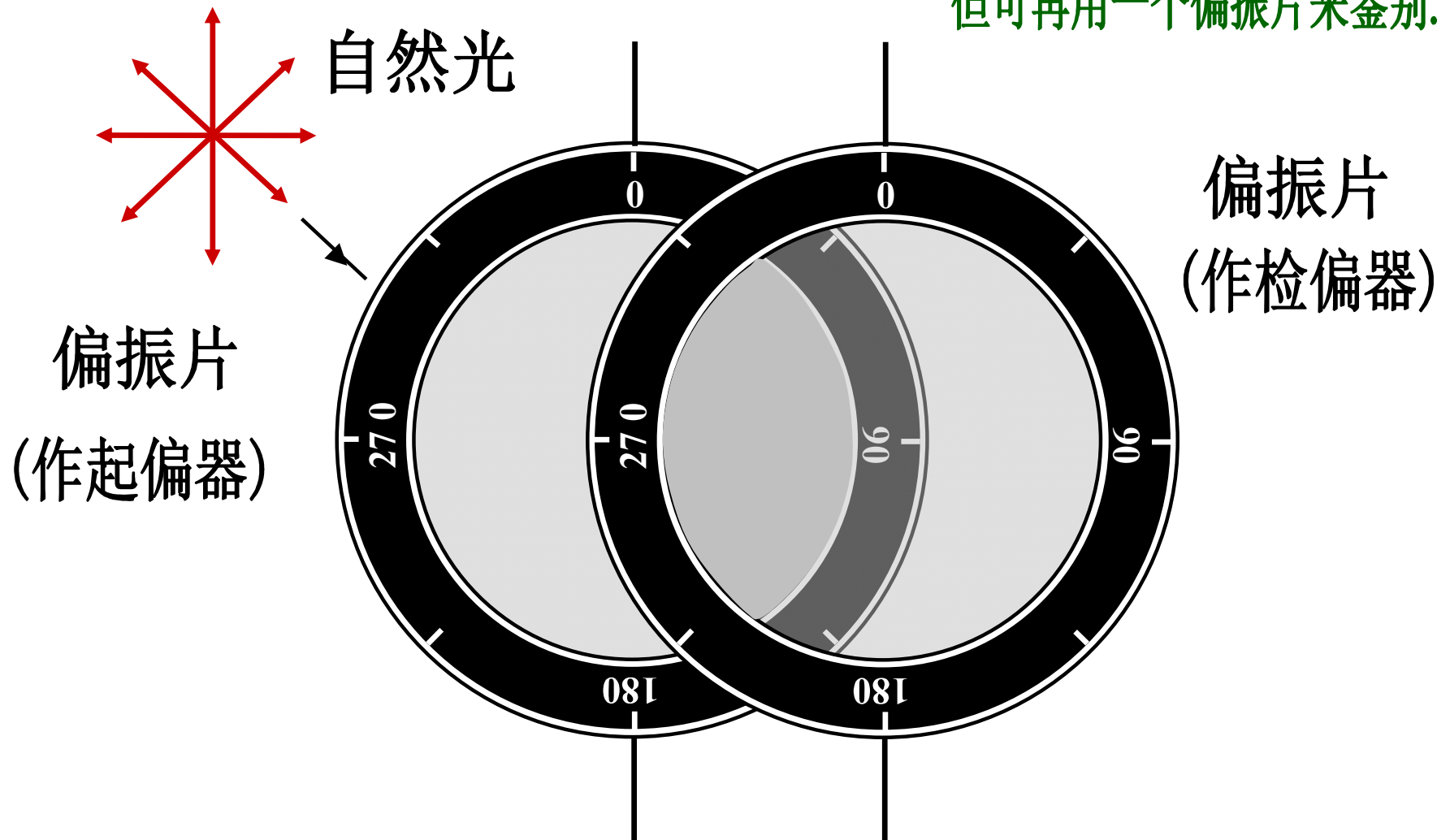


检偏



线偏振光通过旋转的检偏器，
光强发生变化

人眼不能鉴别光的偏振性，
但可再用一个偏振片来鉴别。



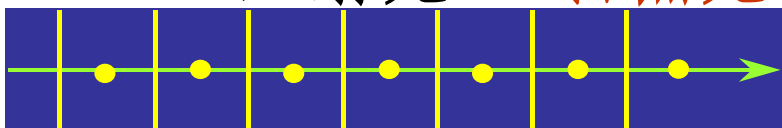
检偏器旋转一周，两次光强最大，两次消光。

讨论:

入射光 线偏振



入射光 自然光



入射光 部分偏振

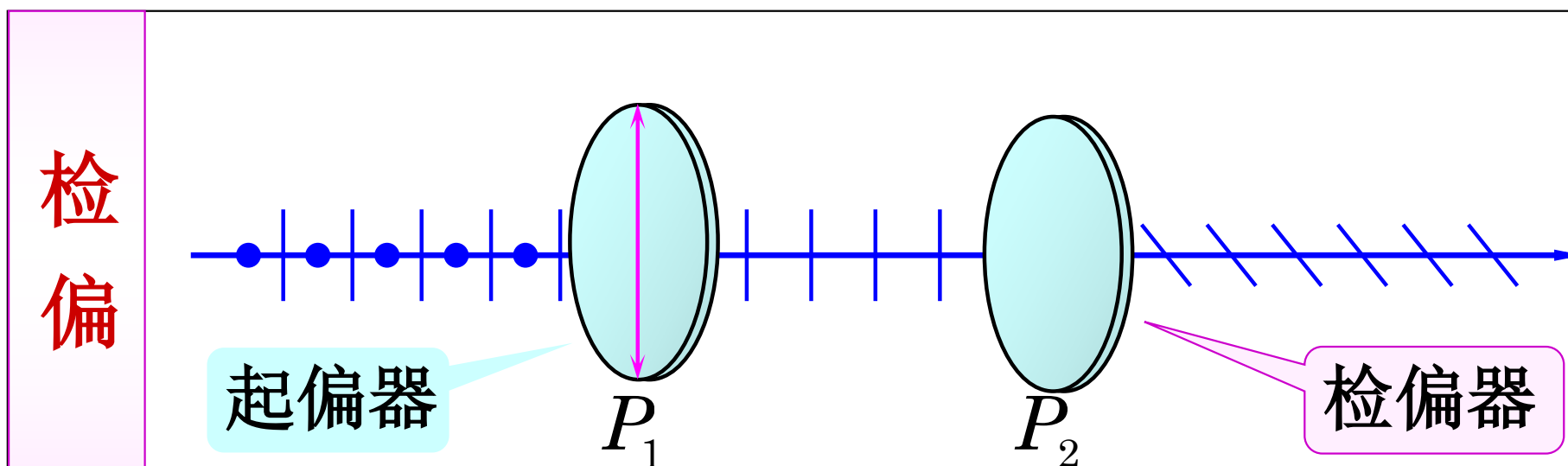


光强变化(转动偏振片)

$$I_{\max} \quad I_{\min} = 0 \quad \text{消光}$$

$$I = \frac{1}{2} I_0 \quad \text{不变}$$

$$I_{\max} \quad I_{\min} \neq 0 \quad \text{不消光}$$



二.马吕斯定律

(1808年)

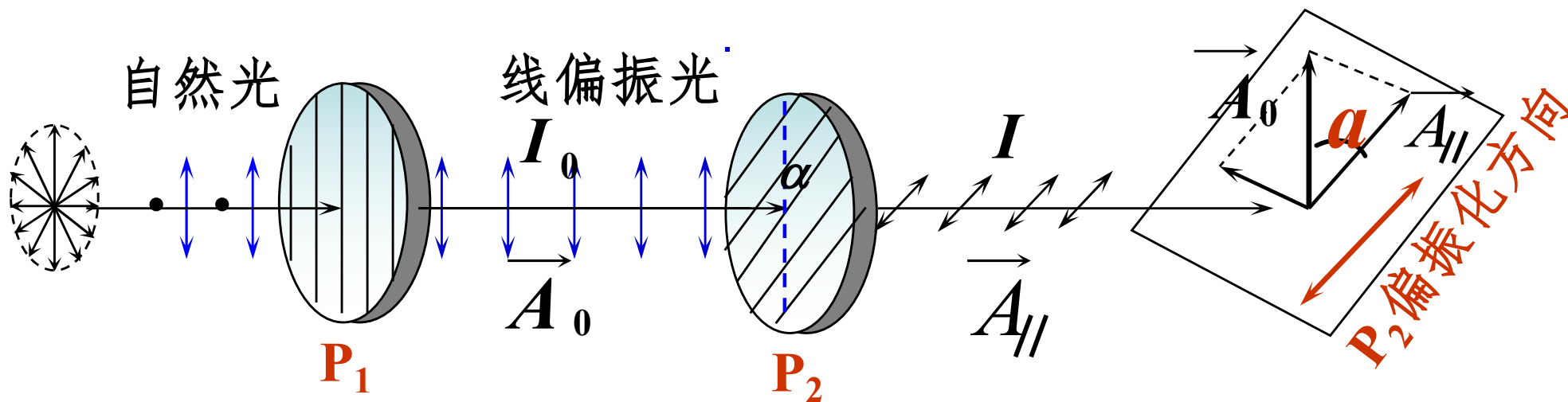
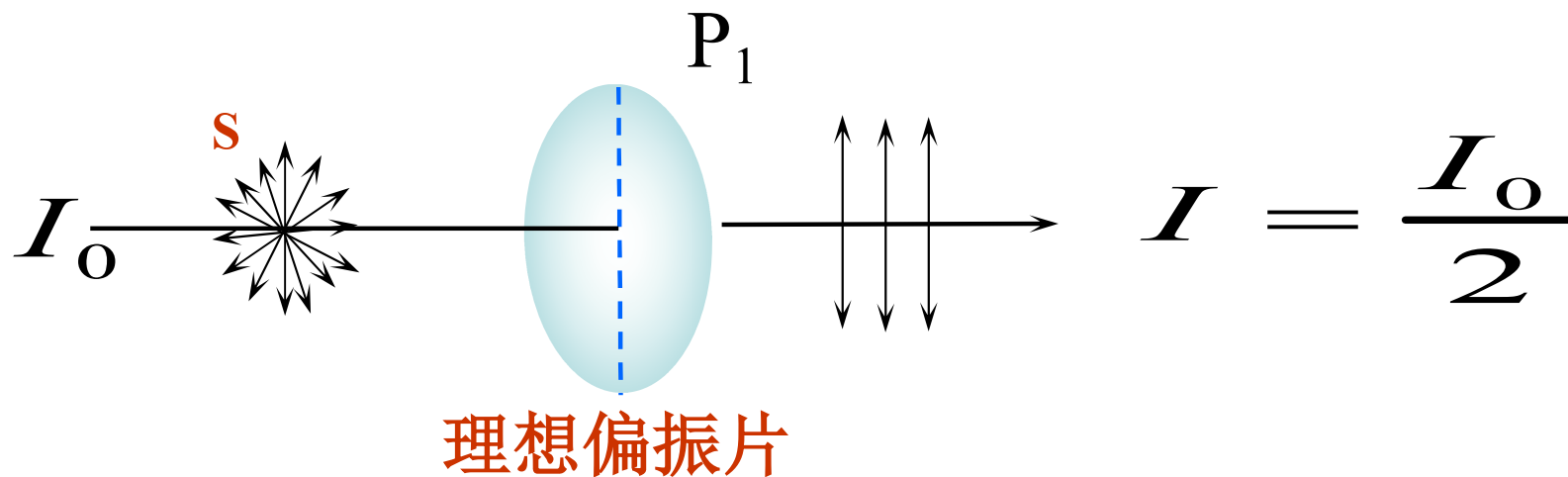
关于线偏振光通过偏振片后的光强变化

马吕斯 (Etienne Louis Malus 1775-1812)

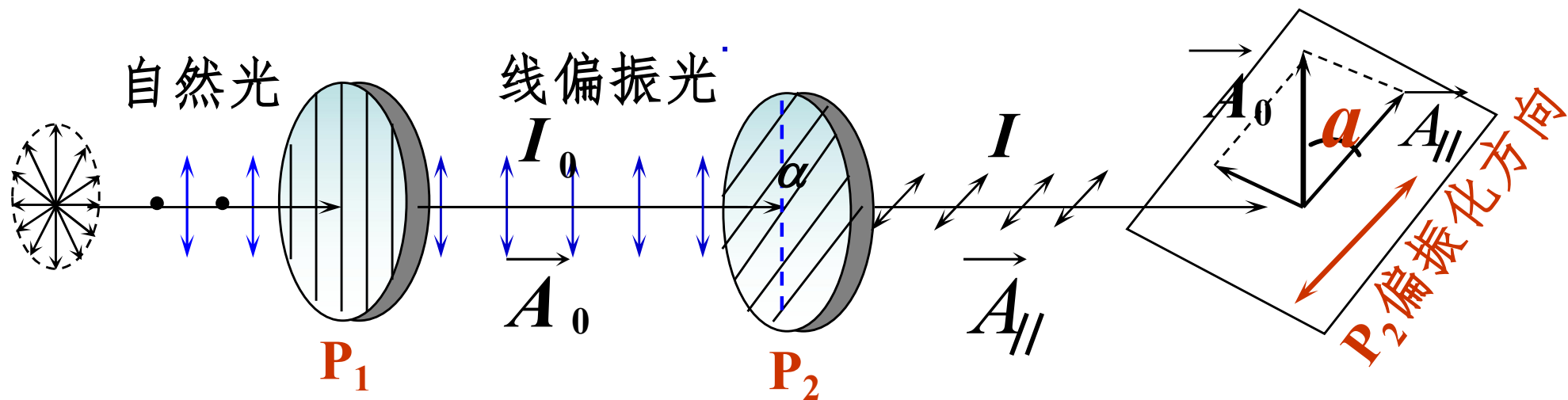


- ✓ 法国物理学家及军事工程师。出生于巴黎
- ✓ 1808年确定了偏振光强度变化的规律
- ✓ 1810年被选为巴黎科学院院士，曾获得过伦敦皇家学会奖章
- ✓ 1811年，发现了折射光的偏振

关于线偏振光通过偏振片后的光强变化



α ———→ 偏振光 I_0 振动方向与 P_2 偏振化方向之间的夹角



α ———> 偏振光 I_0 振动方向与 P_2 偏振化方向之间的夹角

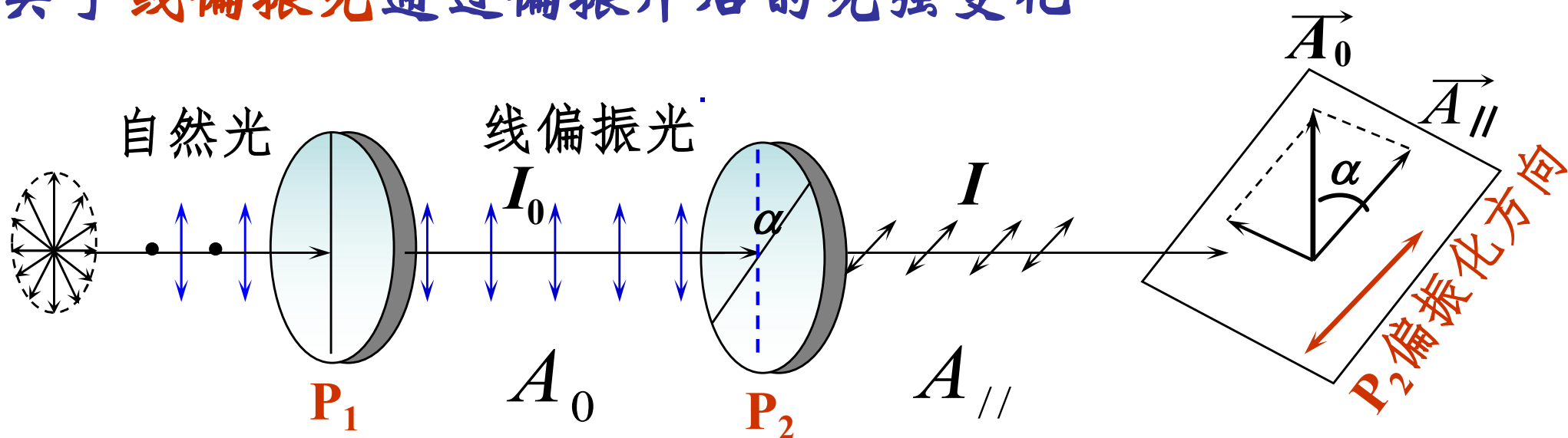
$$A_{//} = A_0 \cos \alpha$$

$$I = A_0^2 \cos^2 \alpha$$

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

—————马吕斯定律

关于线偏振光通过偏振片后的光强变化



α —— 偏振光 I_0 振动方向与 P_2 偏振化方向之间的夹角

$$A_{//} = A_0 \cos \alpha$$

$$I = A_0^2 \cos^2 \alpha$$

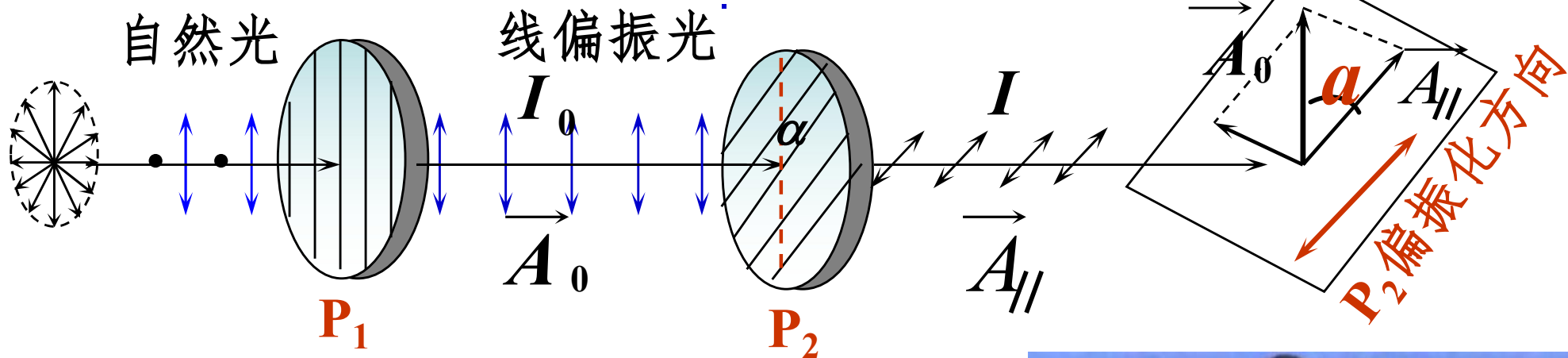
$\alpha = 0$ 或 $\alpha = 180^\circ$ 时, $I = I_0$ 光强最强
 $\alpha = 90^\circ$ 或 $\alpha = 270^\circ$ 时, $I = 0$ 消光

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

-----马吕斯定律

反映出光矢量的振动方向

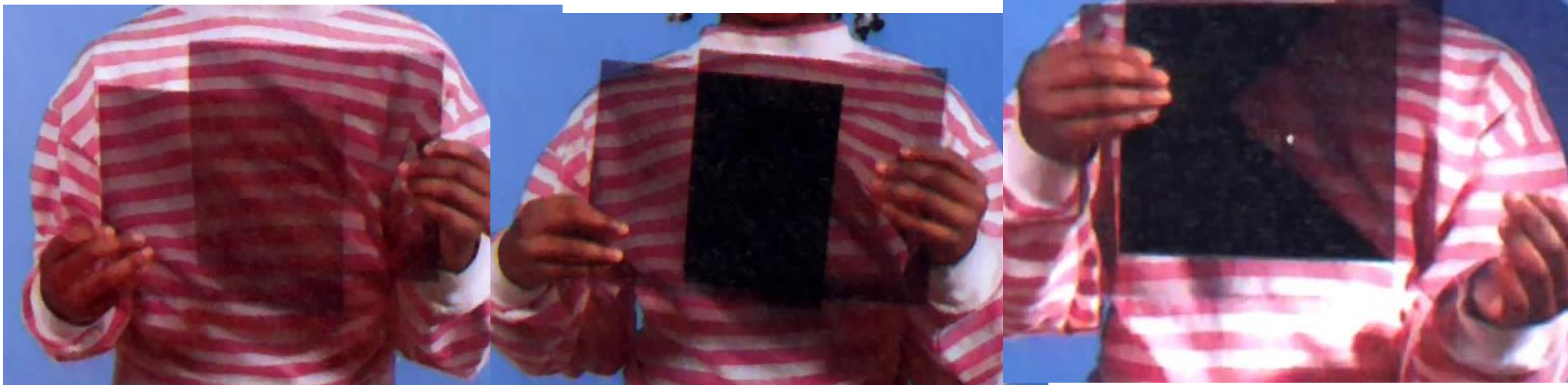
对传播方向的不对称性



$$I = I_0 \cos^2 \alpha \text{ ----- 马吕斯定律}$$

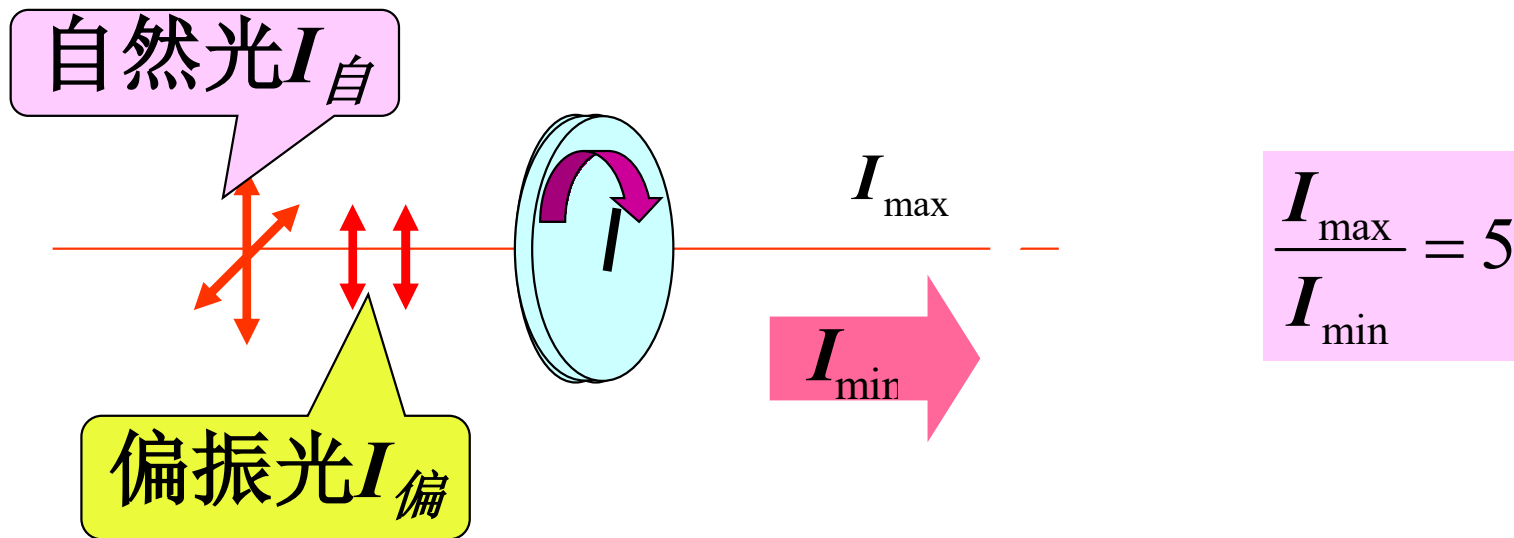
↘ $\alpha = 0$ 或 $\alpha = 180^\circ$ 时, $I = I_0$ 光强最强

✂ $\alpha = 90^\circ$ 或 $\alpha = 270^\circ$ 时, $I = 0$ 消光



反映出光矢量的振动方向对传播方向的不对称性

例1.一束光是自然光和线偏振光的混合光，让它垂直通过一偏振片，若以此入射光束为轴旋转偏振片，测得透射光强度最大值是最小值的5倍，那么入射光中自然光与线偏振光的光强比值为_____。



$$\begin{aligned} I_{\text{max}} &= \frac{I_{\text{自}}}{2} + I_{\text{偏}} \\ I_{\text{min}} &= \frac{I_{\text{自}}}{2} \end{aligned} \quad \longrightarrow \quad \frac{I_{\text{自}}}{I_{\text{偏}}} = \frac{1}{2}$$

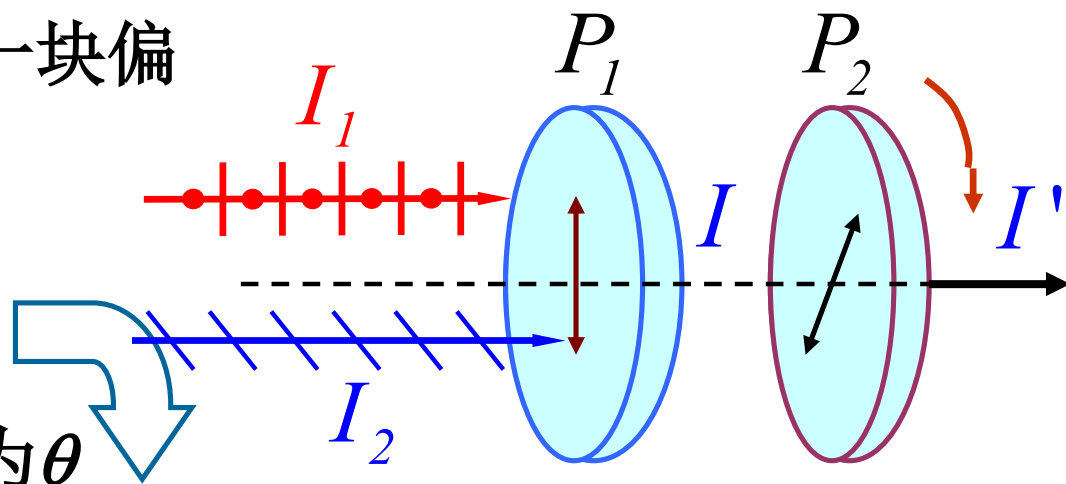
例2. 将两块理想的偏振片 P_1, P_2 共轴放置，用强度为 I_1 的自然光和强度为 I_2 的线偏振光同时垂直入射到 P_1 上，从 P_1 透射之后，又入射到 P_2 上， 设线偏振光与 P_1 成 α 角。

求 将 P_2 转动一周，系统透射光强的变化？

解： 自然光与偏振光通过第一块偏振片的光强为：

$$I = \left(\frac{I_1}{2} + I_2 \cos^2 \alpha \right)$$

设 P_1, P_2 偏振化方向的夹角为 θ



$$I' = I \cos^2 \theta = \left(\frac{I_1}{2} + I_2 \cos^2 \alpha \right) \cos^2 \theta$$

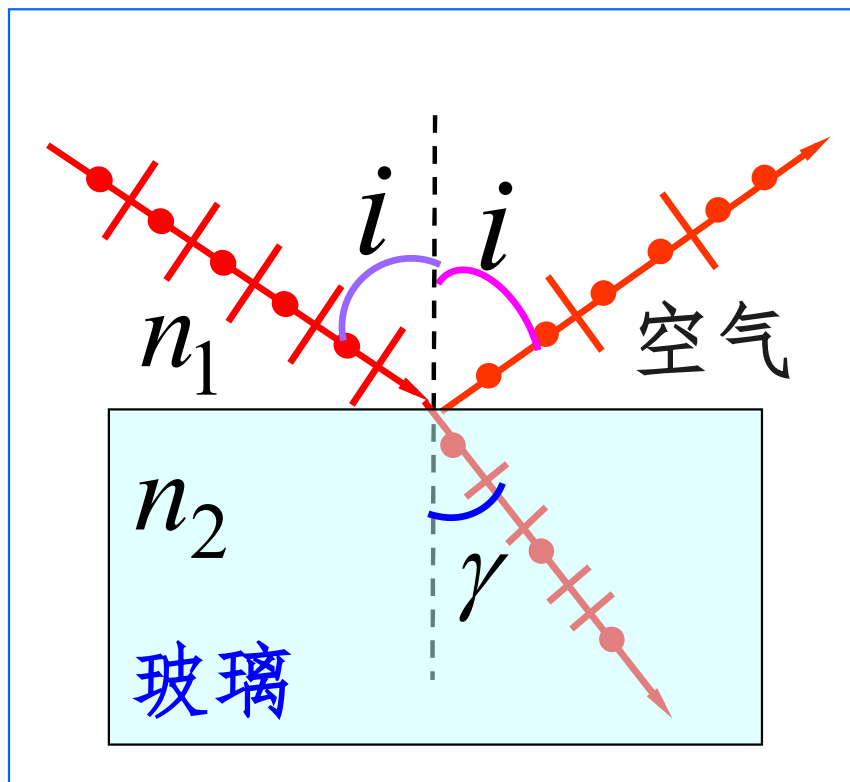
$$\left\{ \begin{array}{l} \theta = 0, 180^\circ \Rightarrow I_{\max} = \frac{I_1}{2} + I_2 \cos^2 \alpha \\ \theta = 90^\circ, 270^\circ \Rightarrow I_{\min} = 0 \quad \text{—— 消光位置} \end{array} \right.$$

11-14 反射和折射起偏 布儒斯特定律

——产生线偏振光的方法之二

一.布儒斯特定律

(1815年)



自然光入射到两种介质分界面

观察反射光 折射光线的偏振状态

1.一般情况

反射光 折射光都是部分偏振光

● 反射光：垂直于入射面的光振动占优。

● 折射光：平行于入射面的光振动占优

2. 特殊入射角的情况

入射角满足

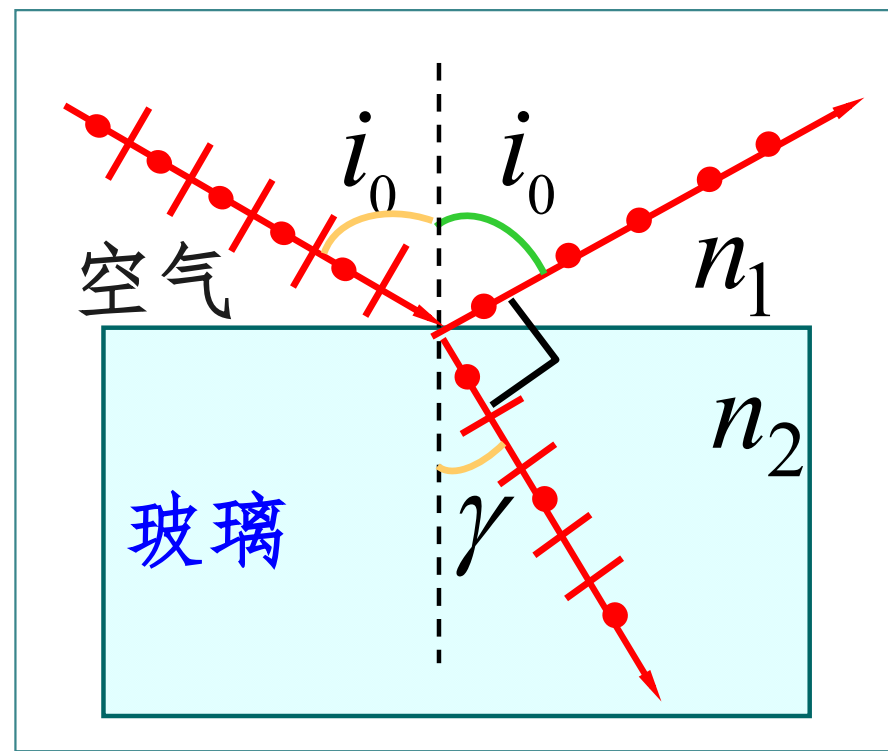
$$\tan i_0 = \frac{n_2}{n_1}$$

----- 布儒斯特定律

(i_0 称为起偏角或布儒斯特角)

反射光 -- 完全线偏振光，且光振动方向垂直于入射面

折射光 -- 部分偏振光



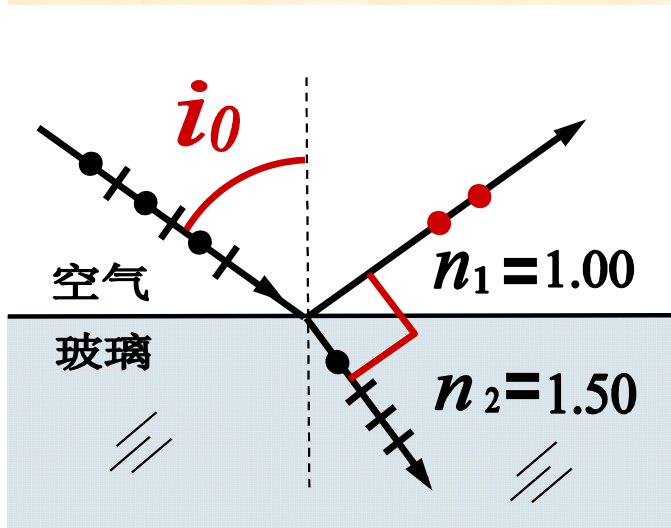
推论

当以起偏角 i_0 入射时，反射光与折射光垂直

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

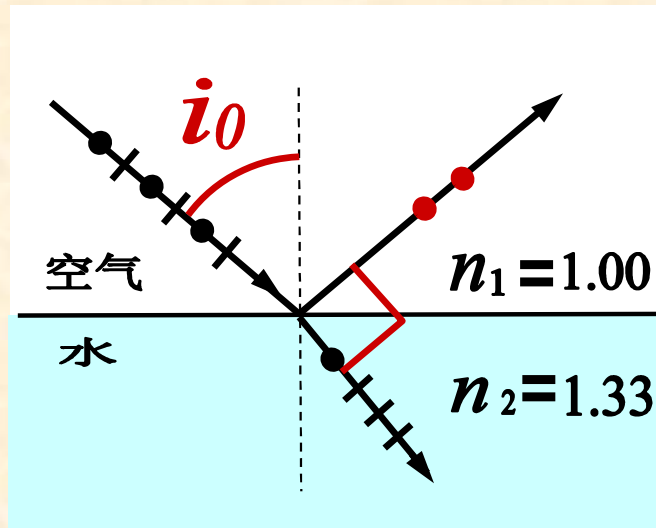
证明（由布儒斯特定律和折射定律）

布儒斯特角 $i_0 = \arctan \frac{n_2}{n_1}$



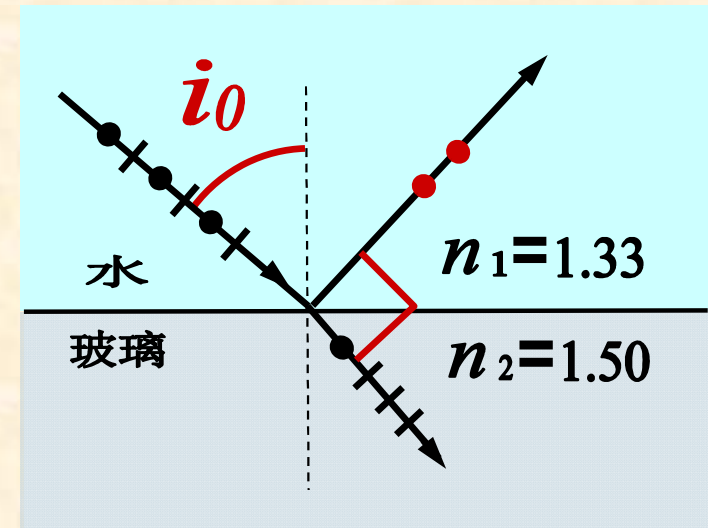
空气 → 玻璃

$$i_0 = \arctan \frac{1.50}{1.00}$$
$$= 56.3^\circ$$



空气 → 水

$$i_0 = \arctan \frac{1.33}{1.00}$$
$$= 53.1^\circ$$

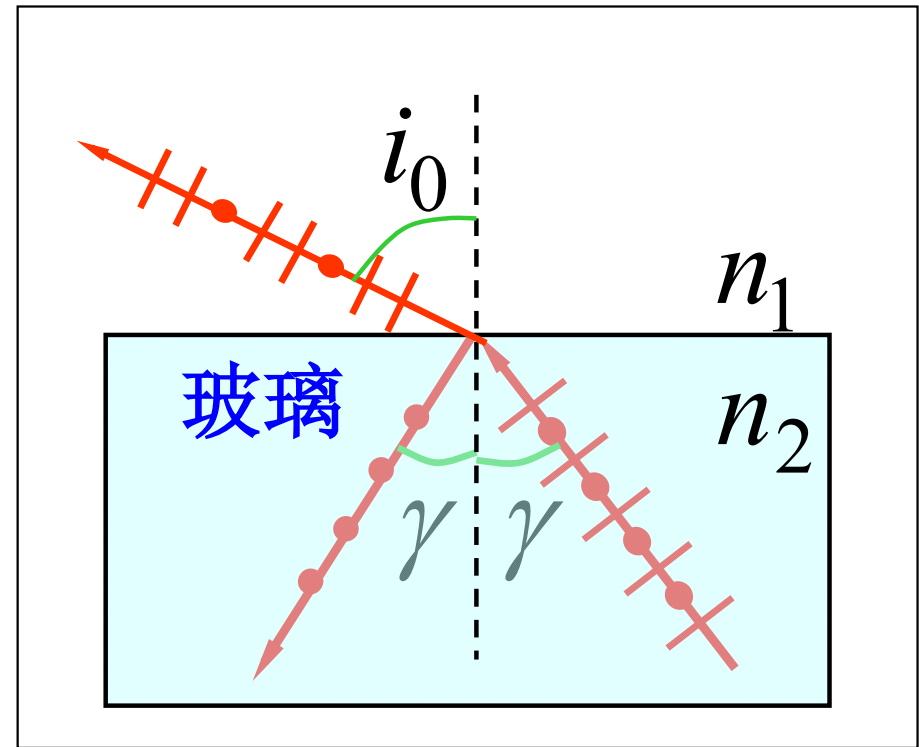
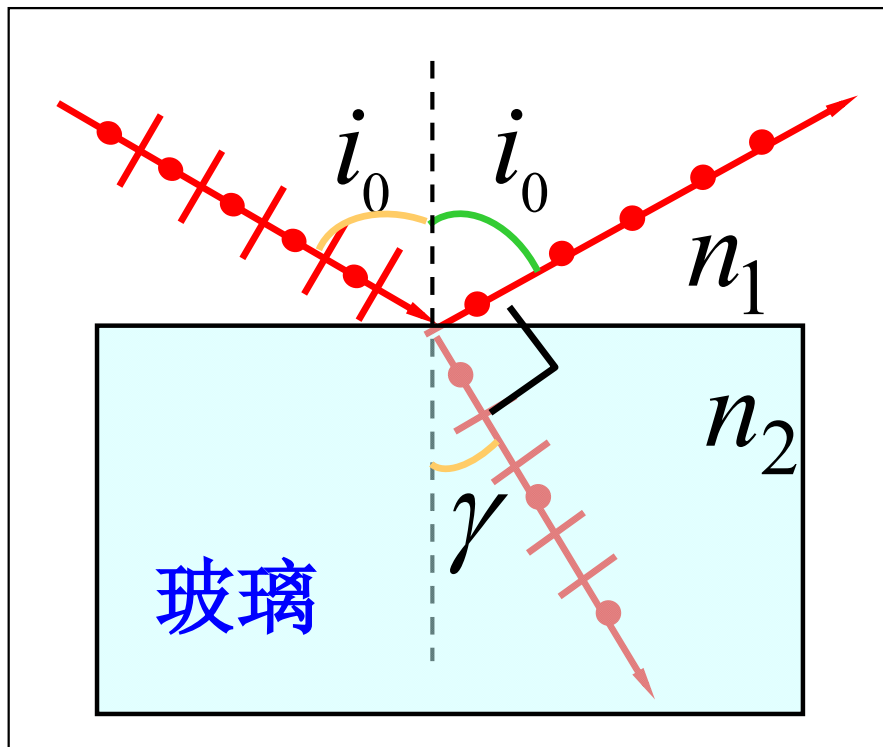


水 → 玻璃

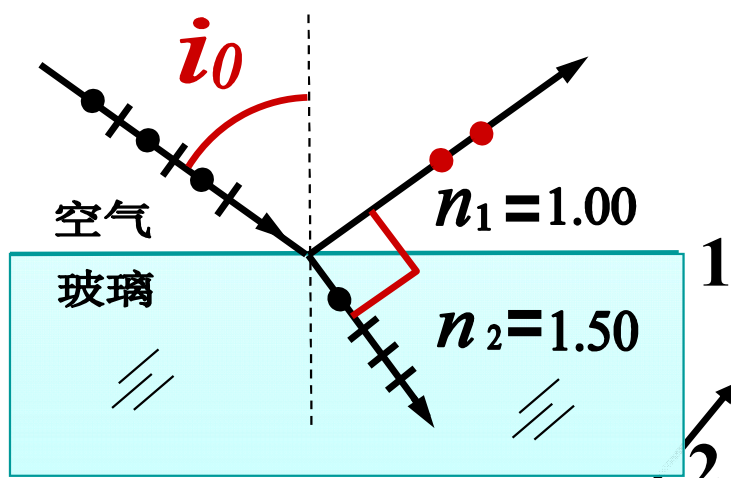
$$i_0 = \arctan \frac{1.50}{1.33}$$
$$= 49.2^\circ$$

例.若 $n_1=1.00$ (空气), $n_2=1.50$ (玻璃)。

$$\left. \begin{array}{l} \text{空气} \rightarrow \text{玻璃} \quad i_0 = \tan^{-1} \frac{1.50}{1.00} = 56^\circ 18' \\ \text{玻璃} \rightarrow \text{空气} \quad i_0 = \tan^{-1} \frac{1.00}{1.50} = 33^\circ 42' \end{array} \right\} \text{互余}$$

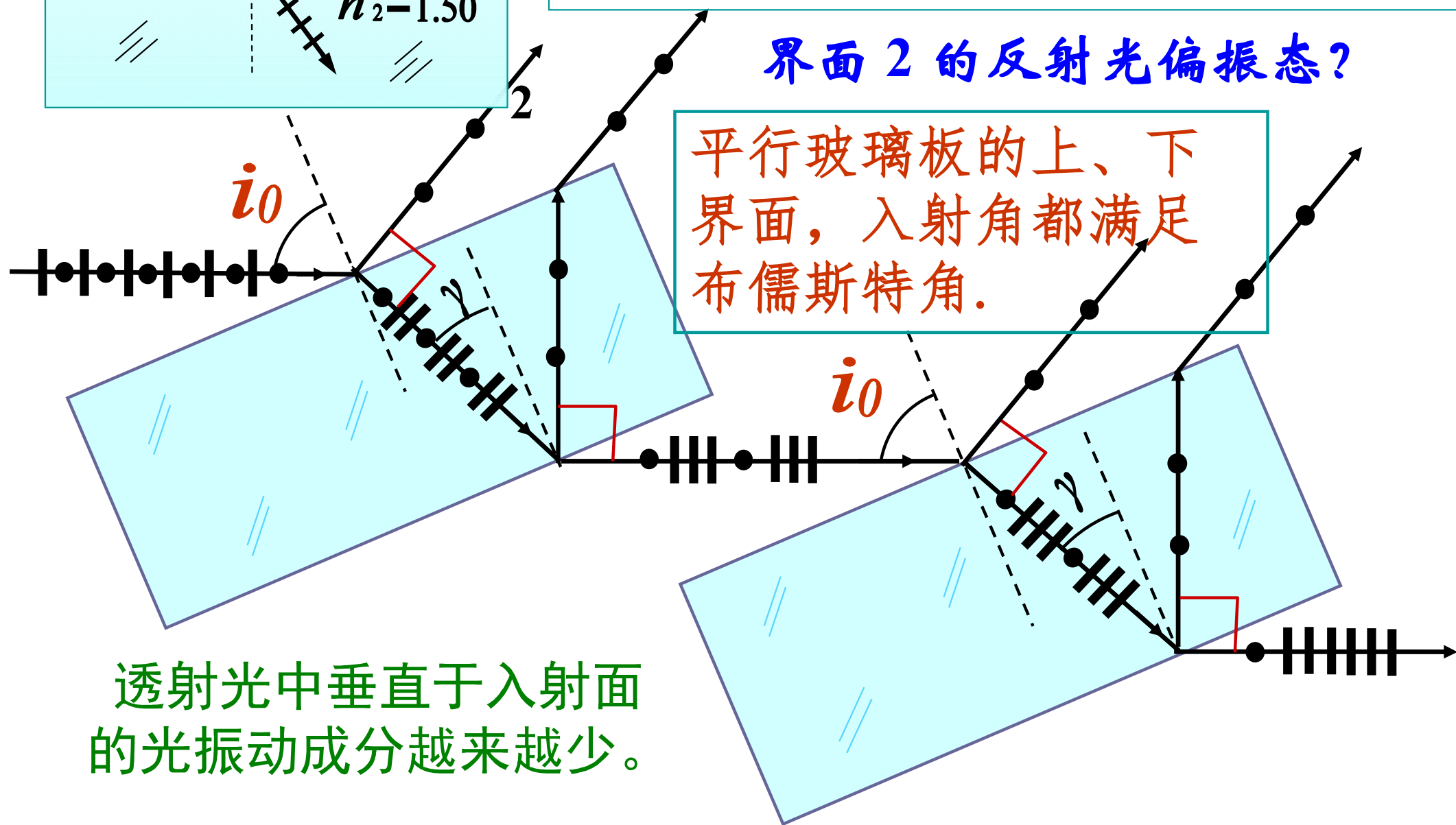


根据光路的可逆性，当入射光以 γ 角从 n_2 介质入射于界面时，此 γ 角即为布儒斯特角。



自然光以起偏角 i_0 入射时，
反射光：线偏振光，
但光强只占入射光强的15%。

界面 2 的反射光偏振态？

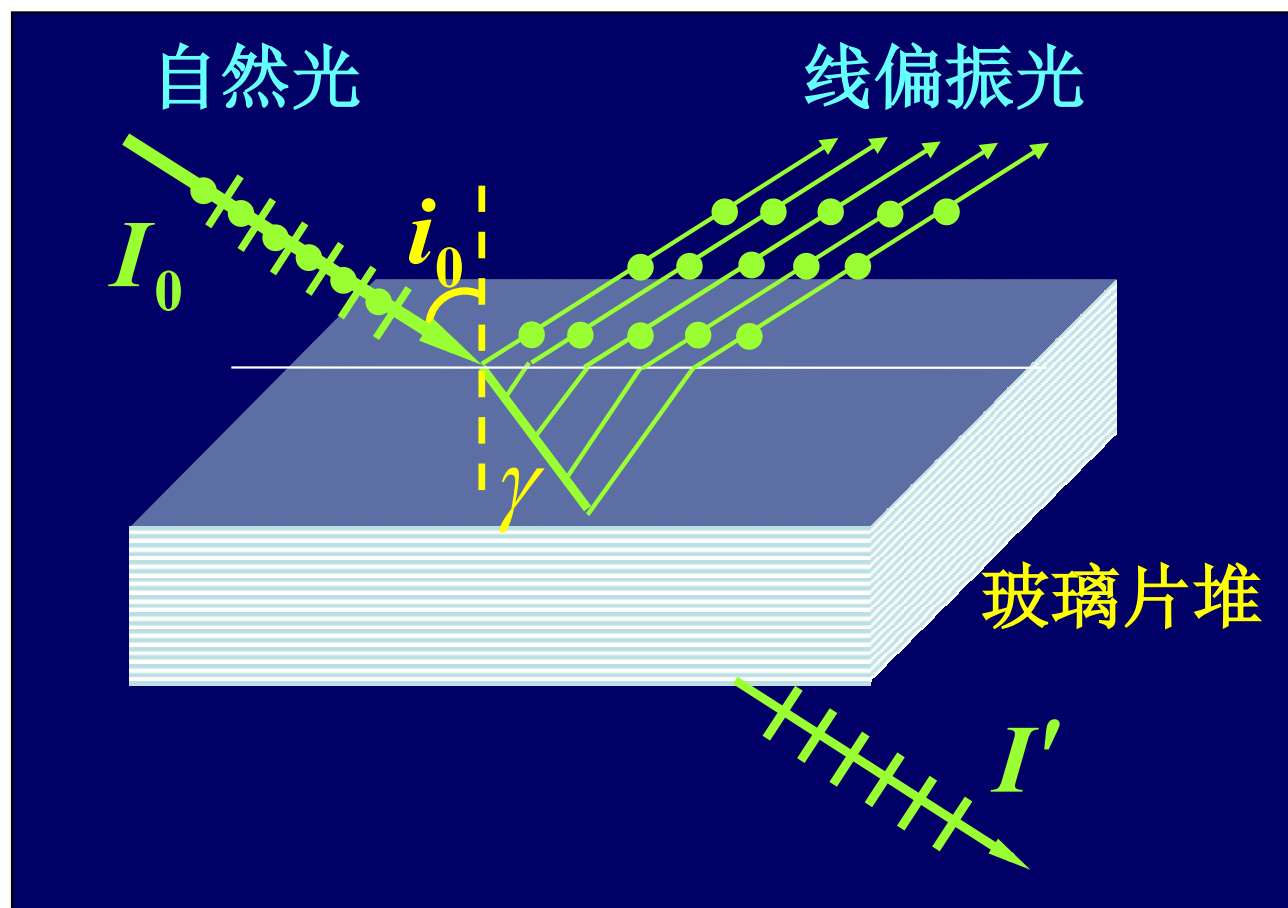


平行玻璃板的上、下
界面，入射角都满足
布儒斯特角。

透射光中垂直于入射面
的光振动成分越来越少。

要提高反射偏振光的强度，及透射光的偏振度
可利用**玻璃片堆**的多次反射。

3. 玻璃片堆



(反射光是完全线偏振光，
强度几乎50%)

(透射光接近完全线偏振光，
强度几乎50%)

二. 反射偏振的应用

1. 测量不透明介质的折射率。

利用布儒斯特定律 $\tan i_0 = \frac{n_2}{n_1}$



未加偏振片

2. 拍摄景物时，加偏振片可去掉反射光的干扰。



加偏振片后



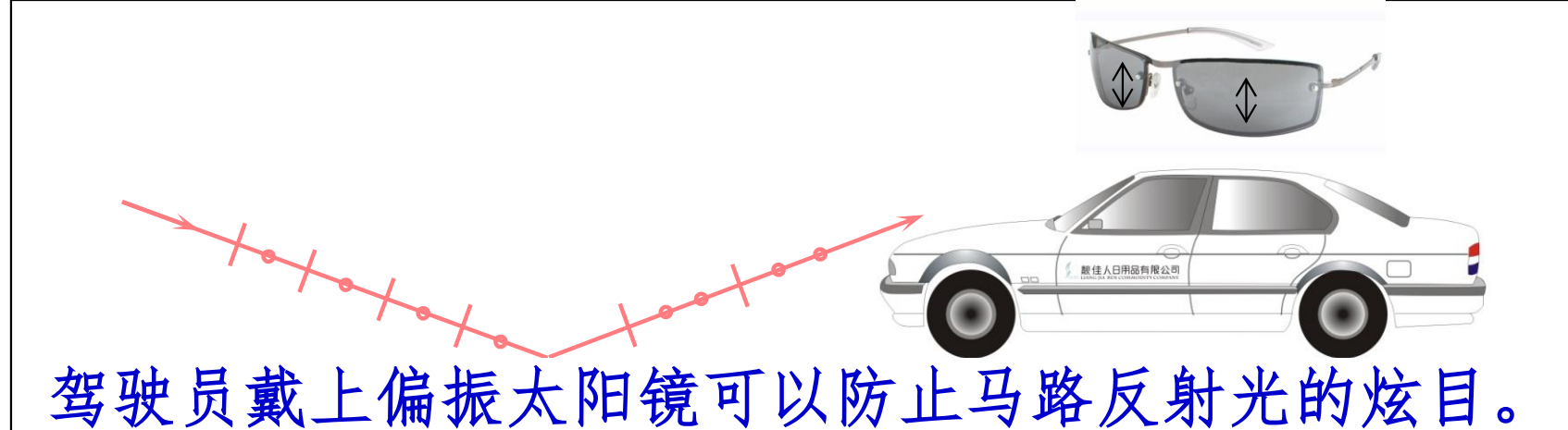
不帶偏光前:



帶上超强偏光镜后
给人一种清凉感觉使万物更清晰明快

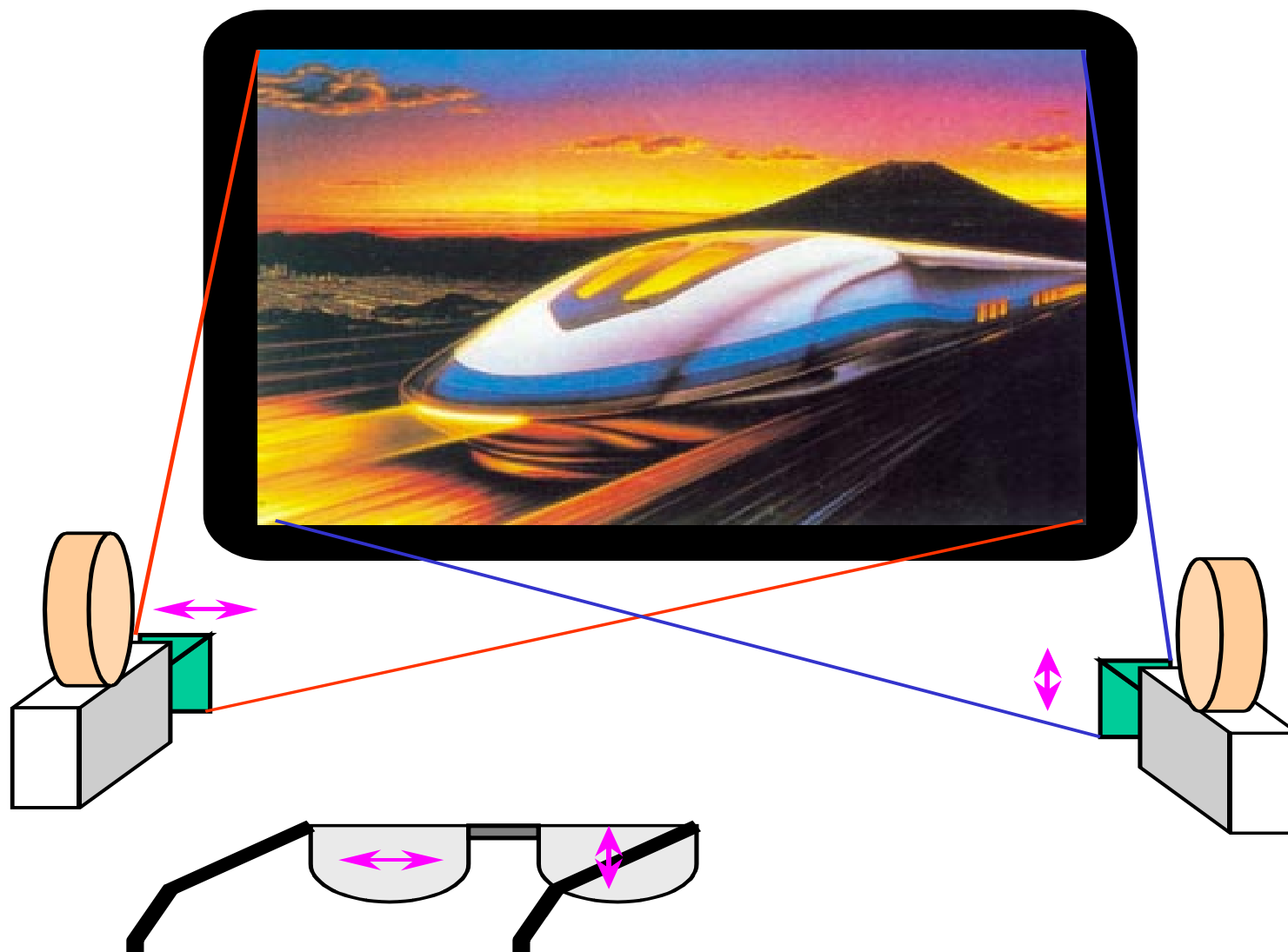




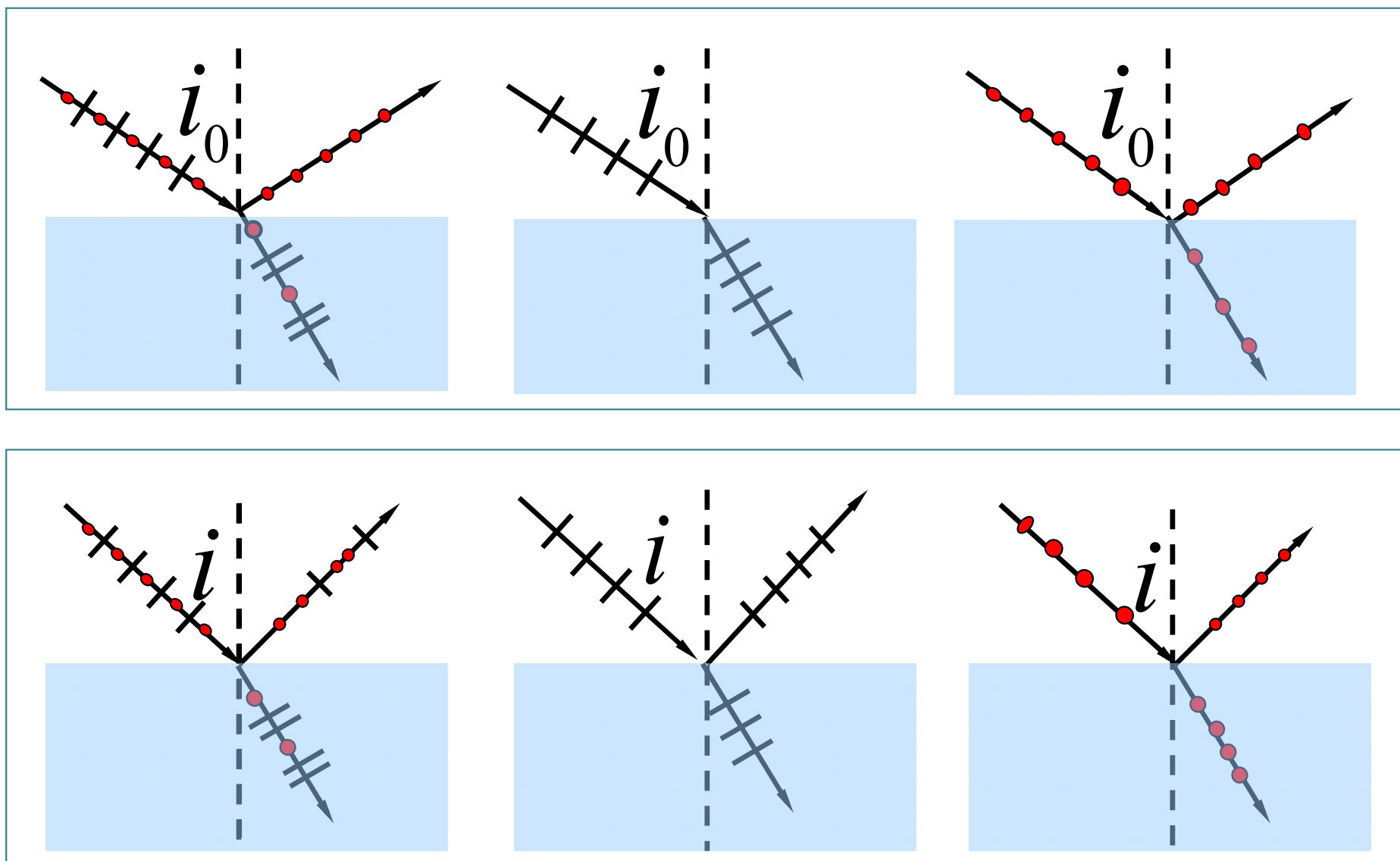


偏光镜头

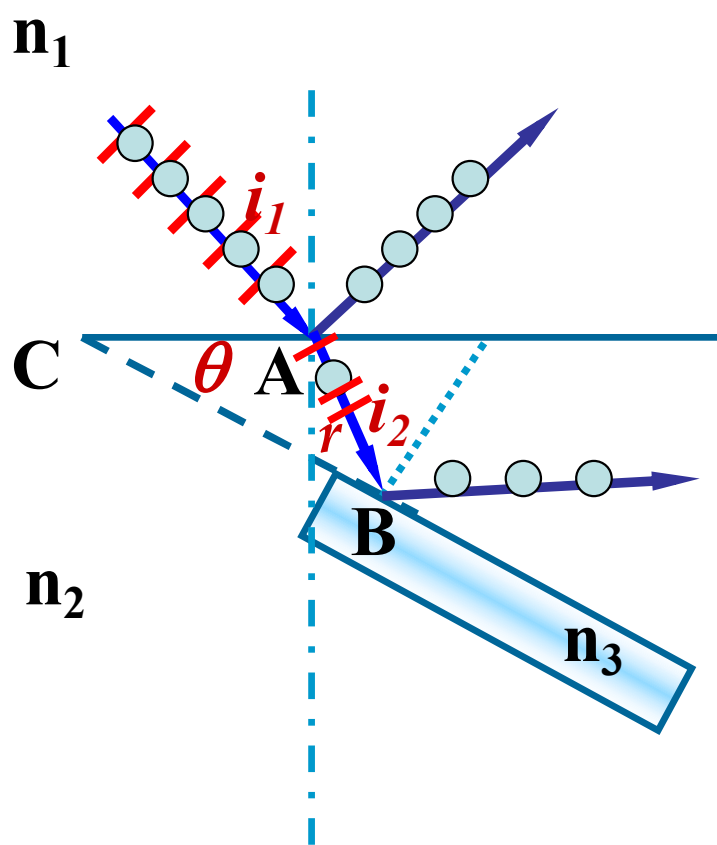
立体电影



例1 画出下列反射光和折射光的偏振化状态。
 (i_0 为布儒斯特角, i 为一般入射角)



例2. 有一平面玻璃板放在水中，板面与水面夹角为 θ ，设水和玻璃的折射率分别为1.333和1.517。欲使图中水面和玻璃板面的反射光都是完全线偏振光， θ 角应是多大？



解:

$$\tan i_1 = \frac{n_2}{n_1} = 1.333 \Rightarrow i_1 = 53^{\circ}7'$$

$$\tan i_2 = \frac{n_3}{n_2} = \frac{1.517}{1.333} \Rightarrow i_2 = 48^{\circ}42'$$

$$\gamma = \frac{\pi}{2} - i_1$$

在三角形ABC中:

$$\theta + \left(\frac{\pi}{2} + \gamma\right) + \left(\frac{\pi}{2} - i_2\right) = \pi$$

$$\theta = i_2 - \gamma = i_2 + i_1 - \pi / 2 = 11.8^{\circ}$$