

第十一章 波动光学



11.1 光的干涉

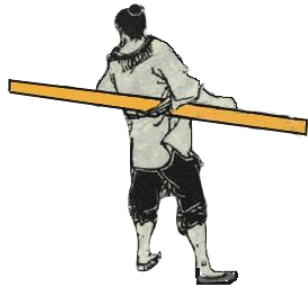
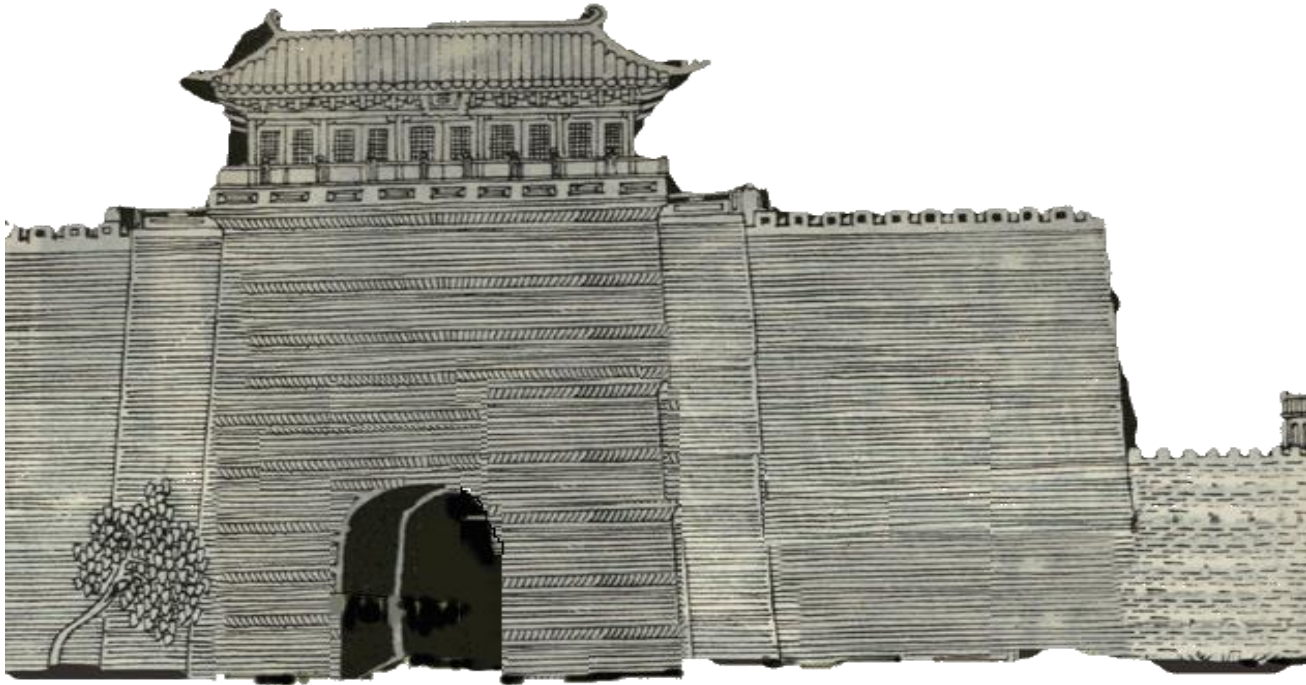
11.2 薄膜干涉

11.3 光的单缝衍射

11.4 光栅衍射

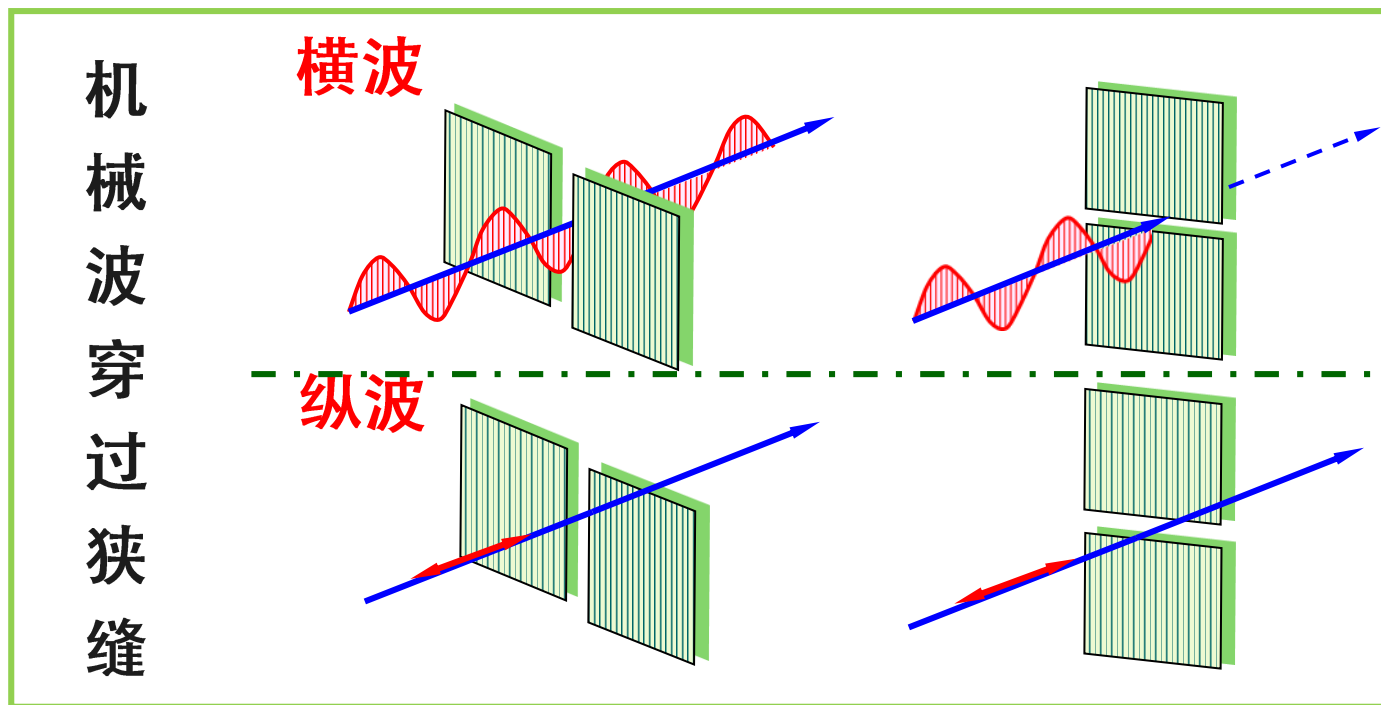
11.5 光的偏振

光的干涉、衍射  光的波动性
光的偏振  光波是横波



§ 5 光的偏振

一、光的偏振状态

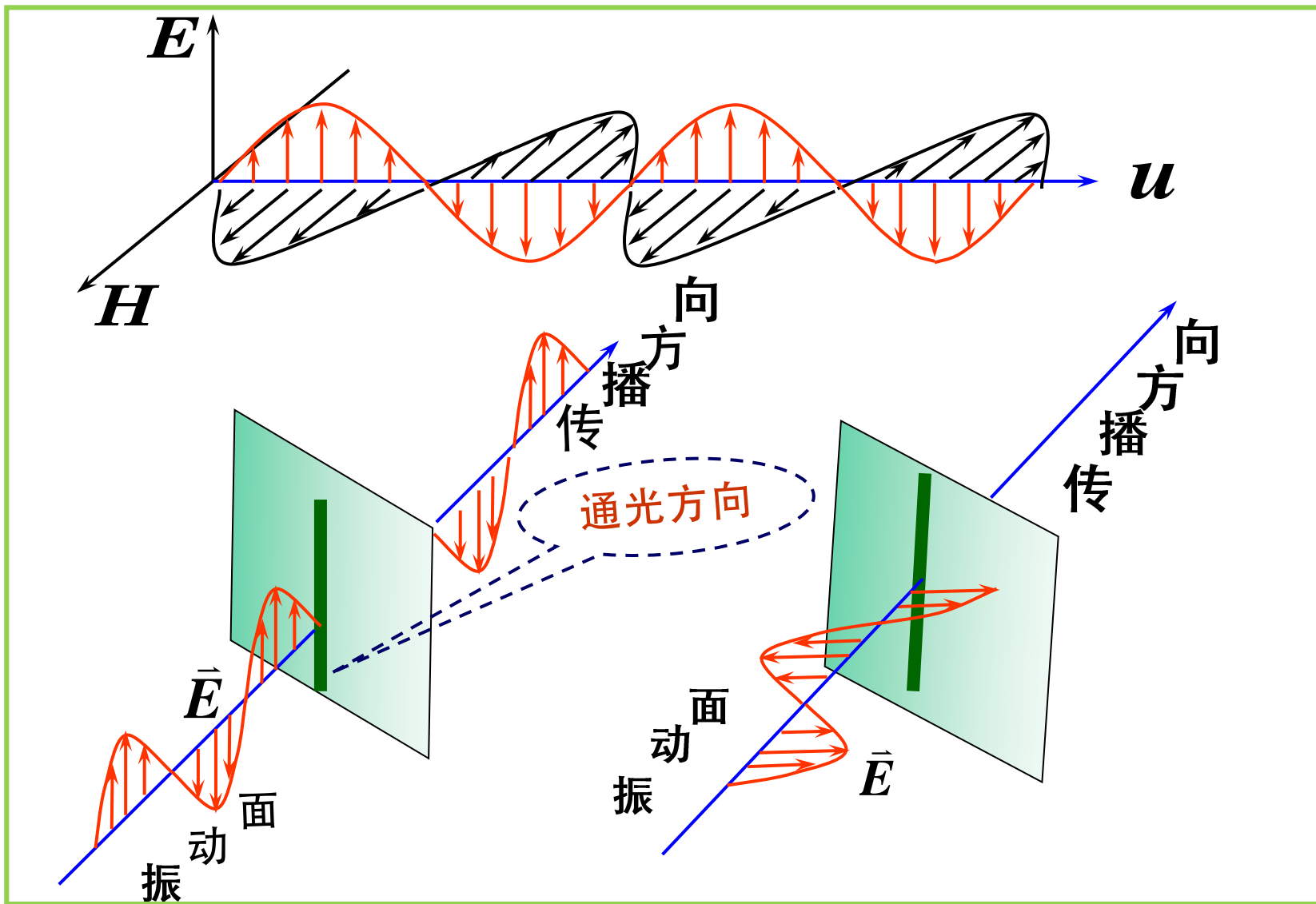


波的振动方向对传播方向的不对称性，称为偏振。
只有横波才有偏振特性

波的振动方向对传播方向的不对称性，称为偏振。

光的偏振：光矢量 \vec{E} 的振动方向相对于传播方向的**不对称性**

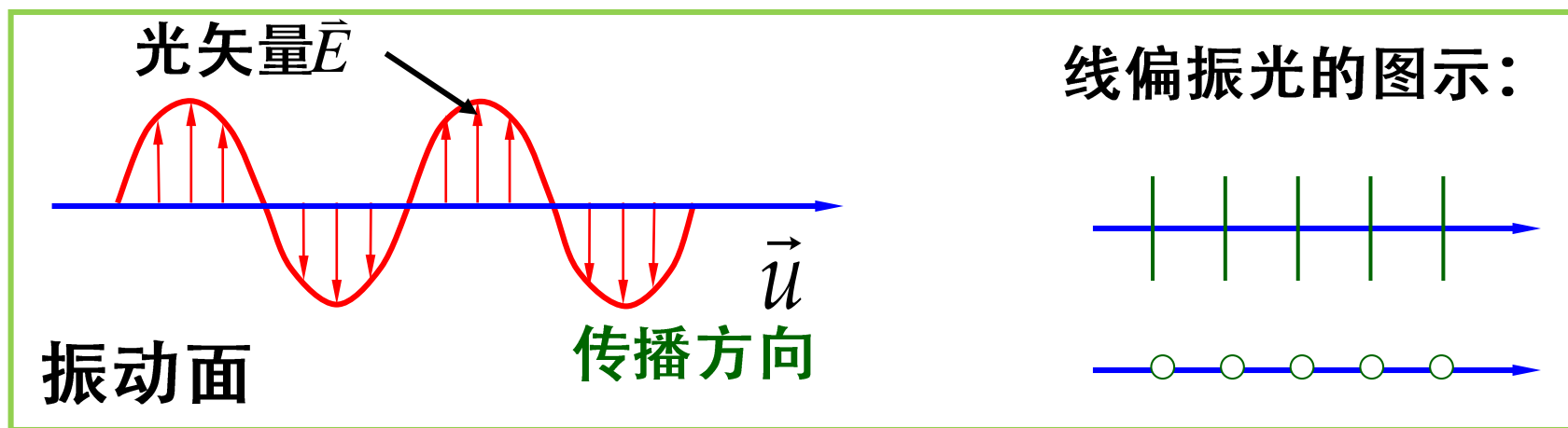
偏振态：在垂直于光的传播方向的平面内光矢量的各种**振动状态**



二、光的几种偏振态

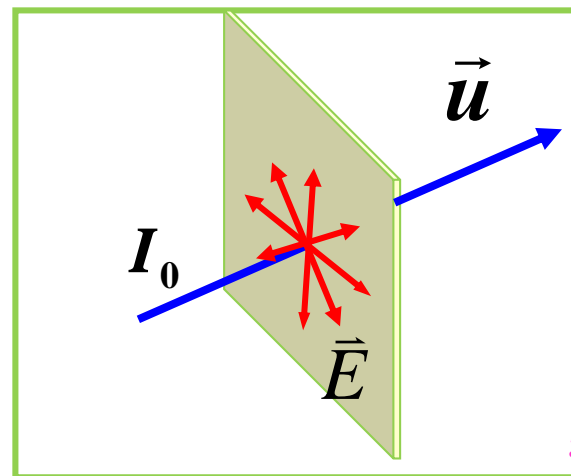
1. 线偏振光

光矢量只沿某一固定方向振动。又称平面偏振光



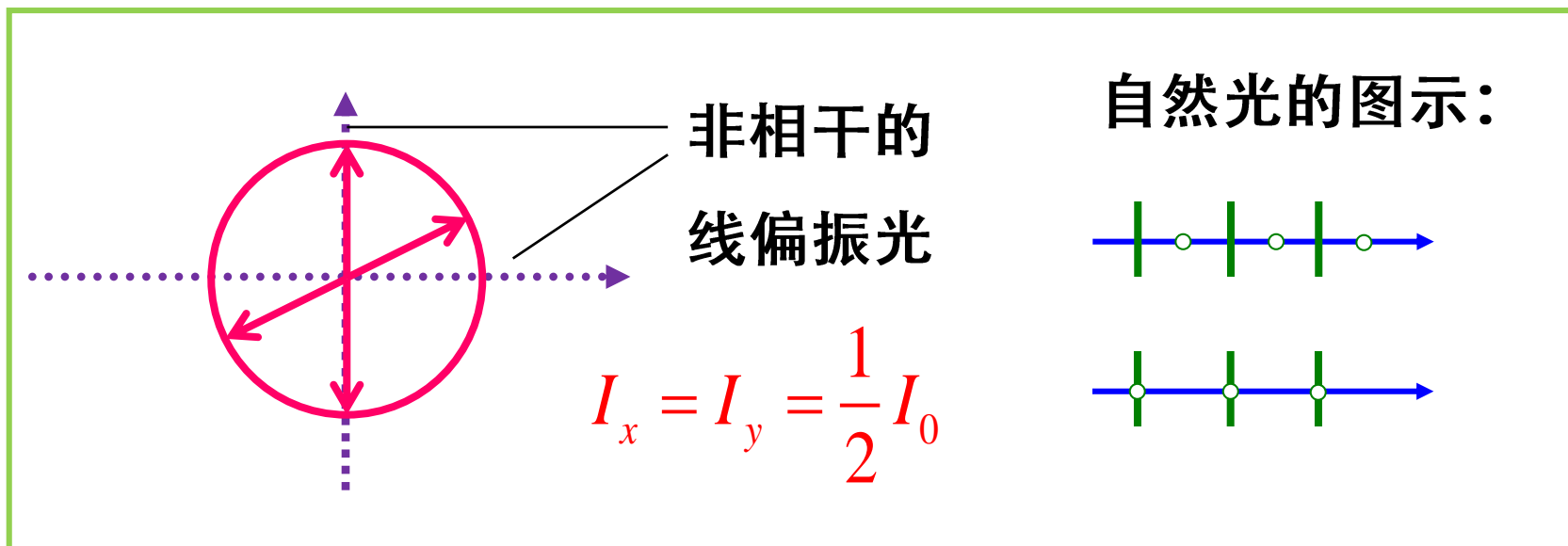
2. 自然光

在垂直光传播方向的平面内，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。



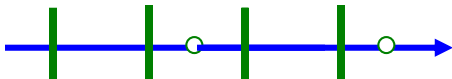
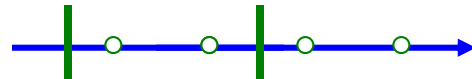
2. 自然光 ----完全非偏振光

在垂直光传播方向的平面内，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。



3. 部分偏振光

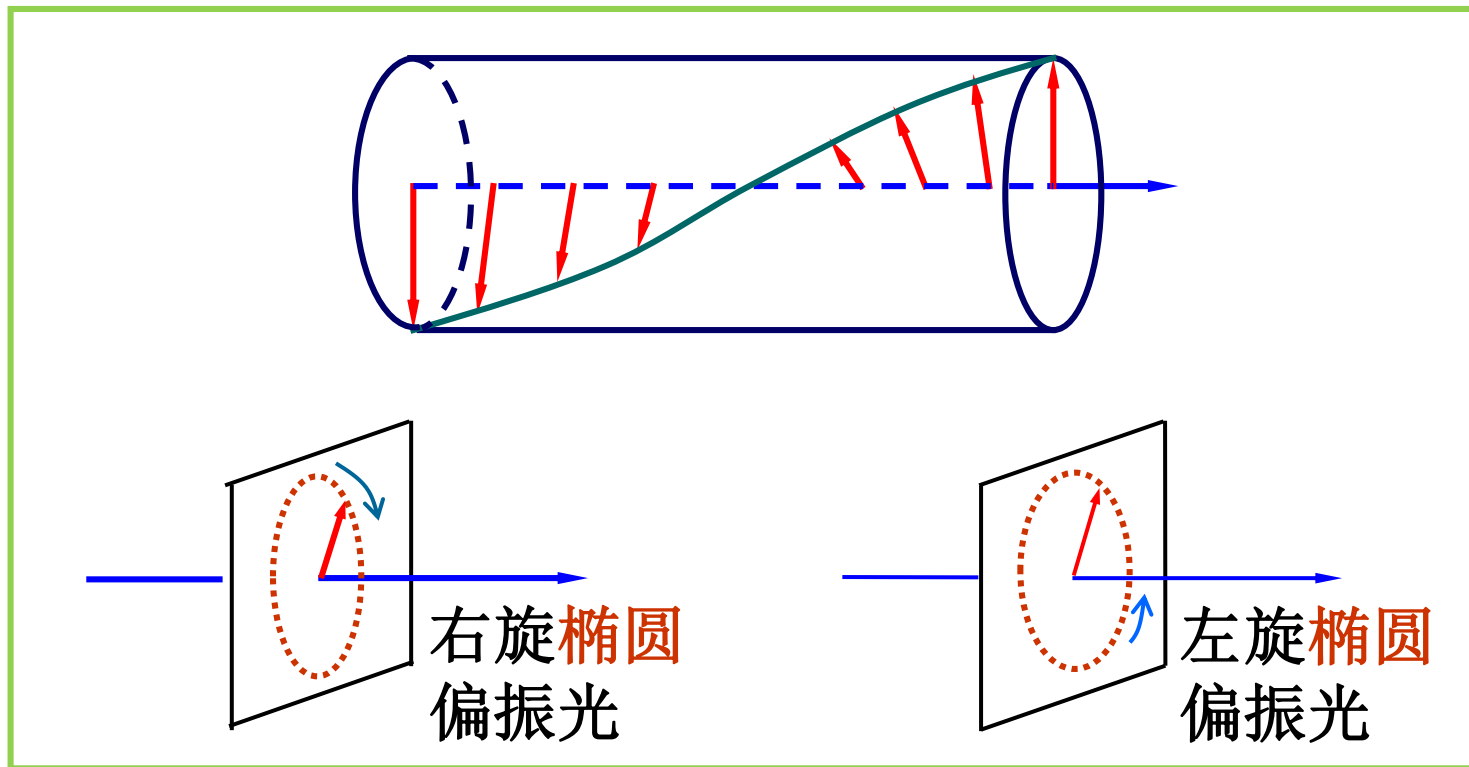
介于线偏振光和自然光之间的情形部分可看成自然光和线偏振光的混合。

部分偏振光图示:  或 

The diagram shows two ways to represent partially polarized light. The first way shows a horizontal blue arrow with three green vertical bars (representing linearly polarized light) and two green circles (representing natural light). The second way shows a horizontal blue arrow with two green circles (representing natural light) and three green vertical bars (representing linearly polarized light). The word '或' (or) is placed between the two diagrams.

4. 椭圆偏振光和圆偏振光

光矢量沿着传播方向前进的同时，还绕着传播方向匀速转动，



光矢量端点在垂直传播方向的平面内的投影为椭圆（或圆）
椭圆（或圆）偏振光可以看成两个相互垂直，且有一定相位差的线偏振光的合成。

三、偏振光的获得与检验 马吕斯定律

1. 起偏和检偏

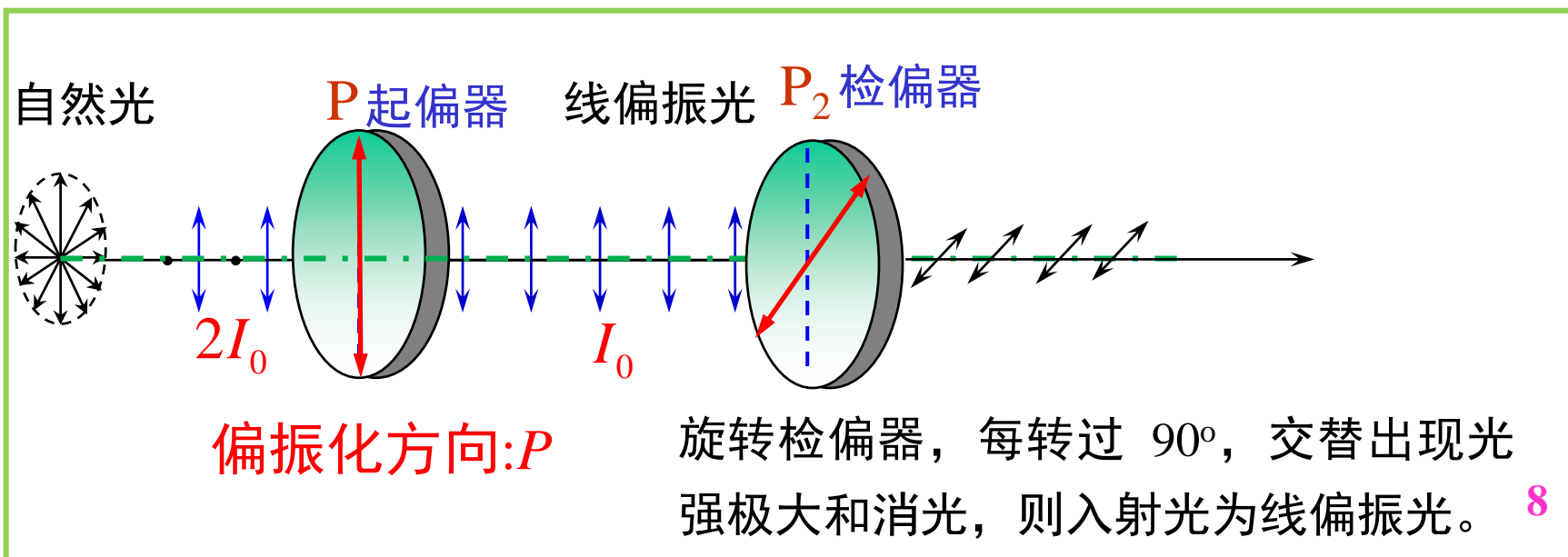
起偏器：能产生线偏振光的装置。用来起偏。

偏振片——

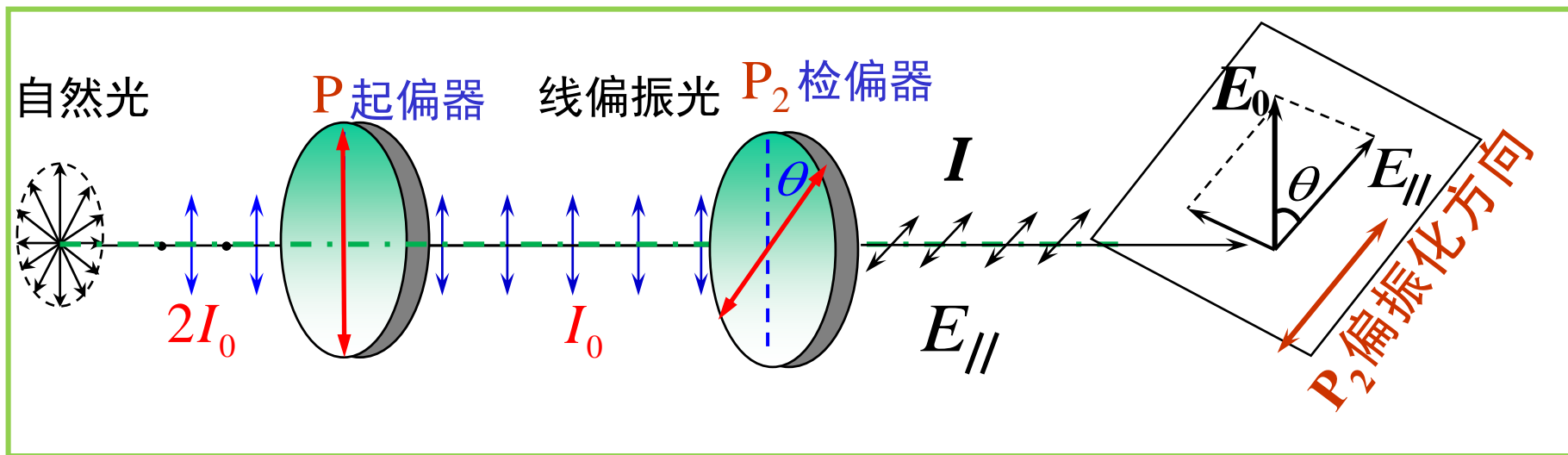
自然光入射到偏振片，透射光为线偏振光。透射线偏振光光矢量的振动方向为**通光方向**，或**透光轴**，也叫**偏振化方向**。

——产生线偏振光的方法之一

“**偏振片**”，既可以用来起偏，还可以用来检偏。



2.马吕斯定律 --关于线偏振光通过偏振片后的光强变化



θ → 偏振光 I_0 振动方向与 P_2 偏振化方向之间的夹角

$$E = E_0 \cos \theta \quad \Rightarrow \quad \boxed{I = I_0 \cos^2 \theta}$$

-----马吕斯定律

四、反射和折射时光的偏振，布儒斯特定律

1. 布儒斯特定律

* 一般情况：入射光、折射光都是部分线偏振光。

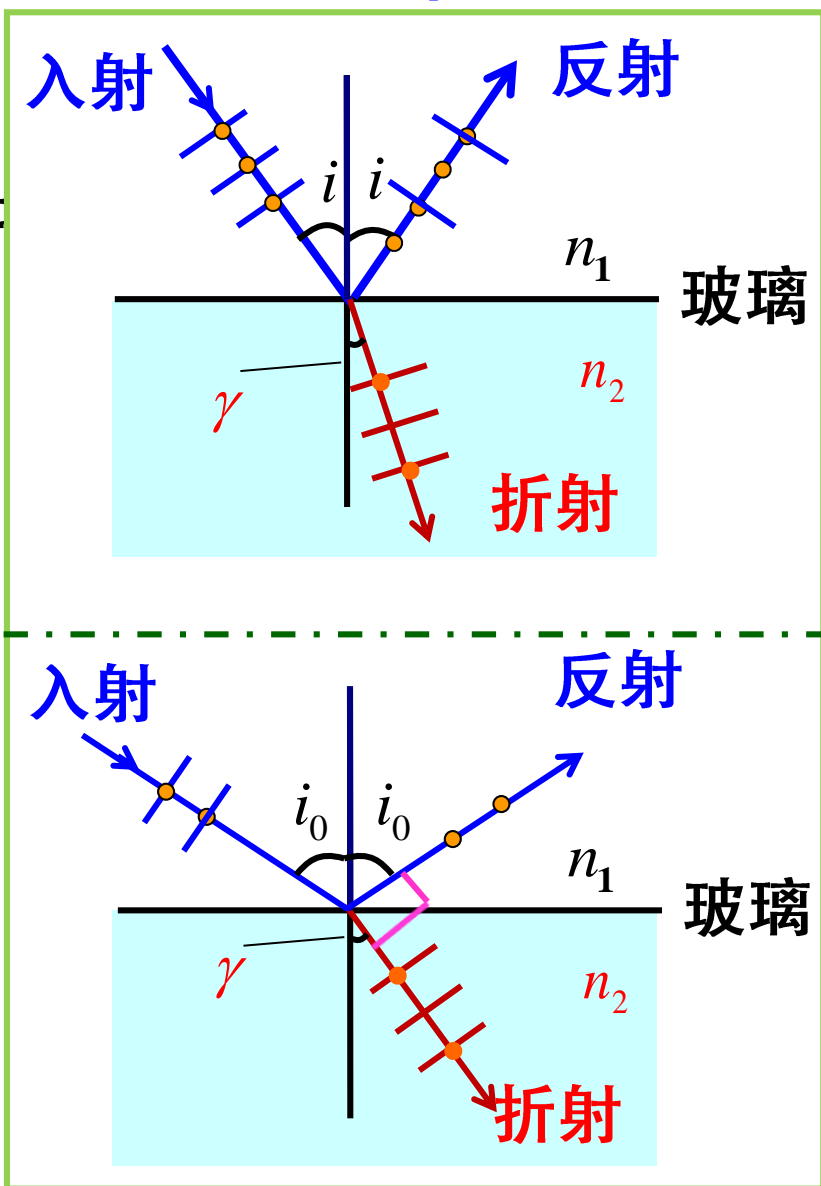
* 特殊入射角的情况：
入射角满足

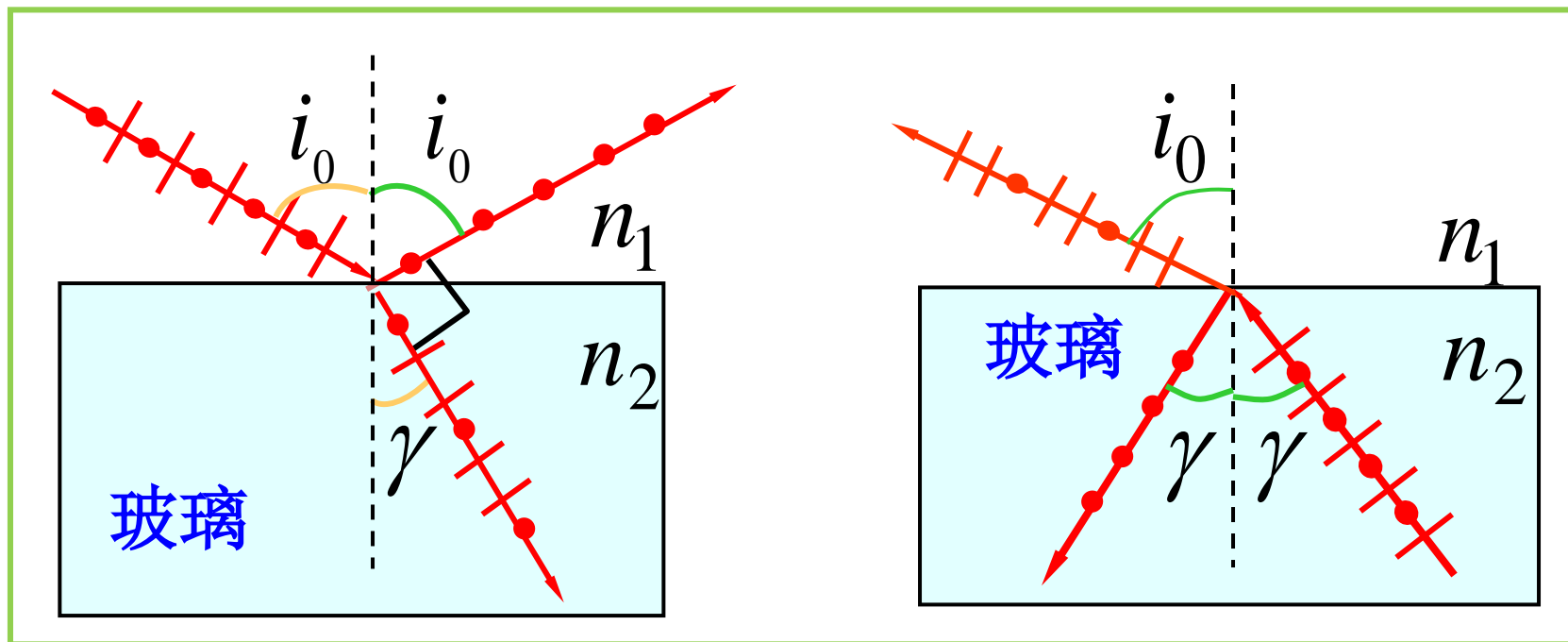
$$\tan i_0 = \frac{n_2}{n_1} \quad i_0 \text{ 为起偏角}$$

反射光 -- 完全线偏振光，
且光振动方向垂直于入射面

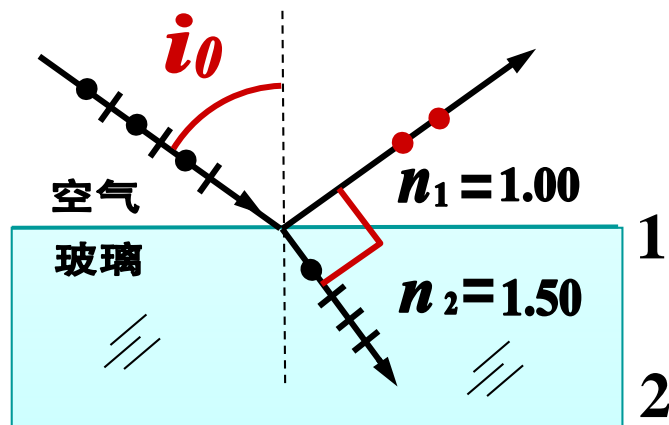
折射光 -- 部分偏振光

$\Rightarrow i_0 + \gamma = \frac{\pi}{2}$ 反射光线与折射光线垂直。





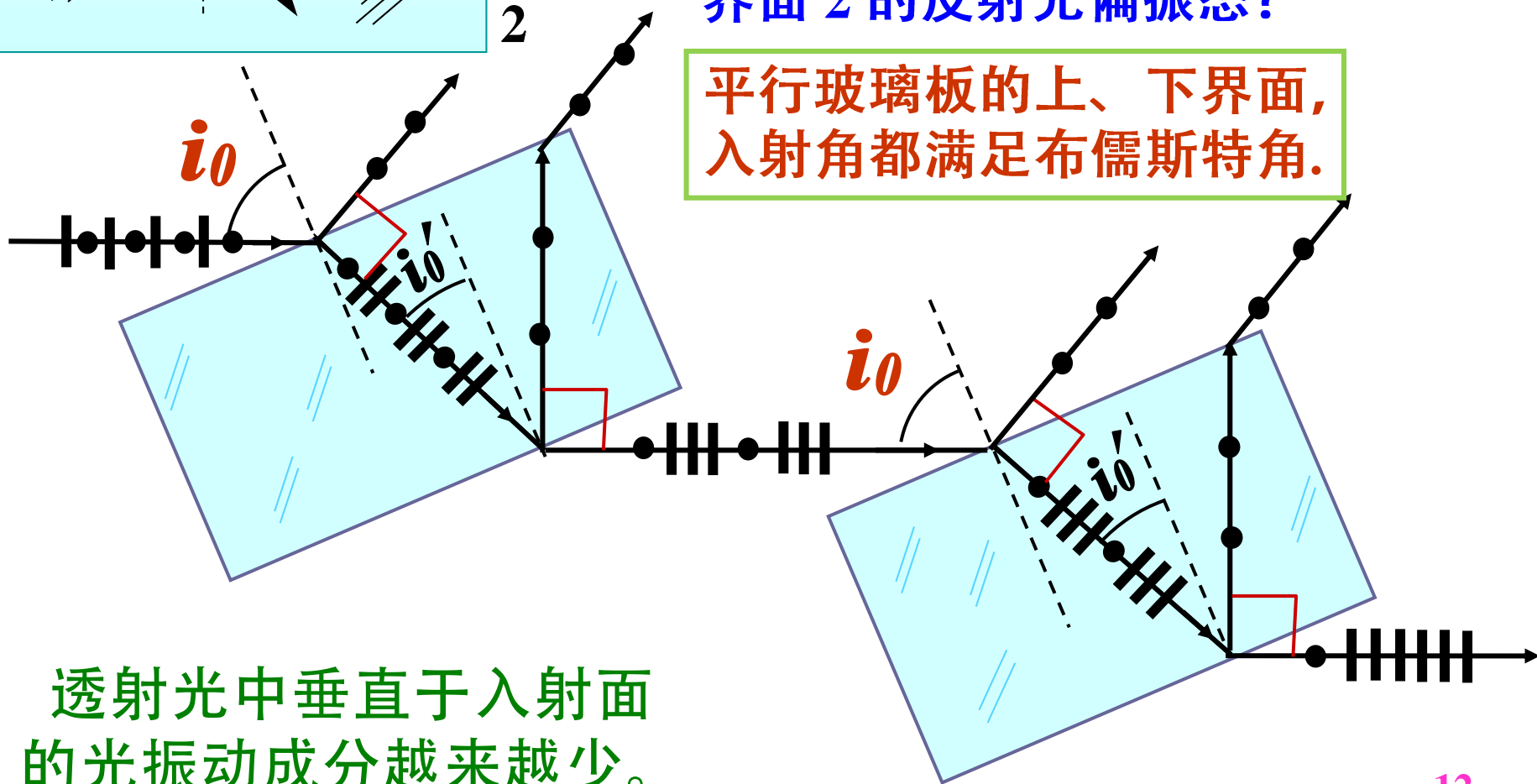
根据光的**可逆性**，当入射光以 γ 角从 n_2 介质入射于界面时，此 γ 角即为布儒斯特角。



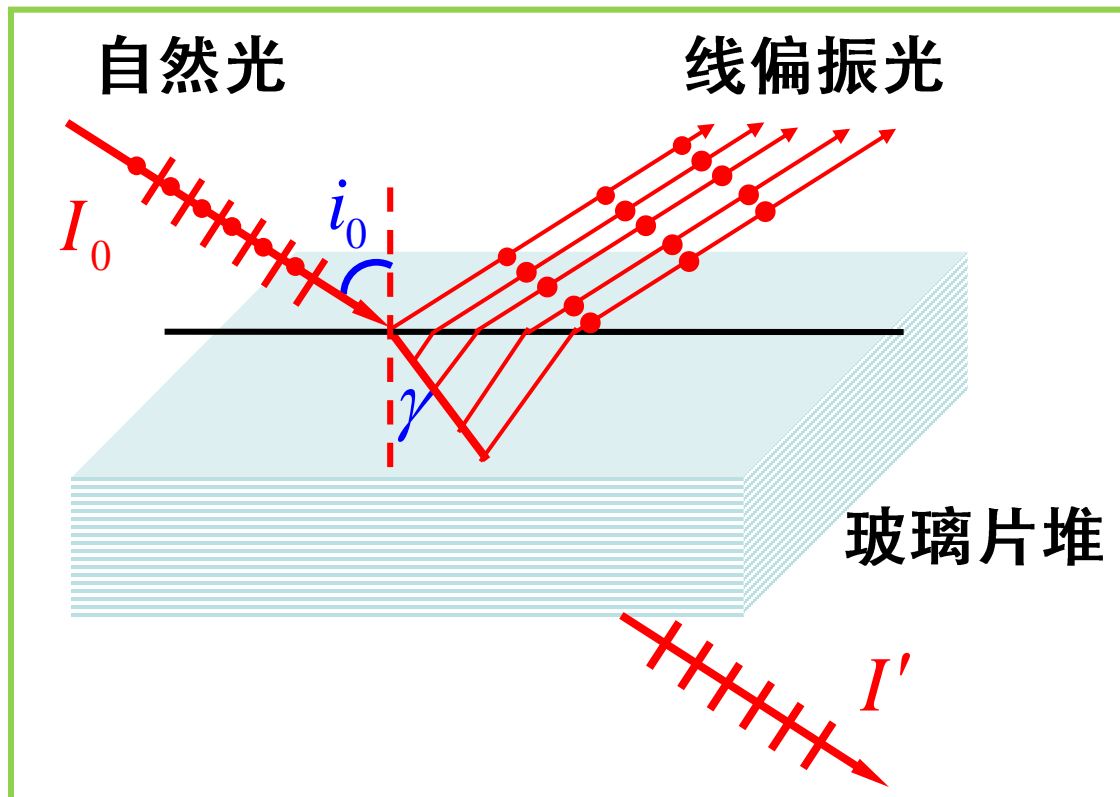
自然光以起偏角 i_0 入射时，
反射光：完全偏振光，
但光强只占入射光强的15%。

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。



玻片堆 多层玻璃片叠起来，折射光近似完全线偏振光，是平行于入射面振动。

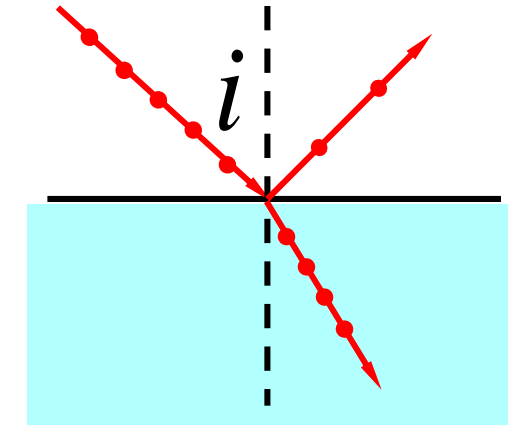
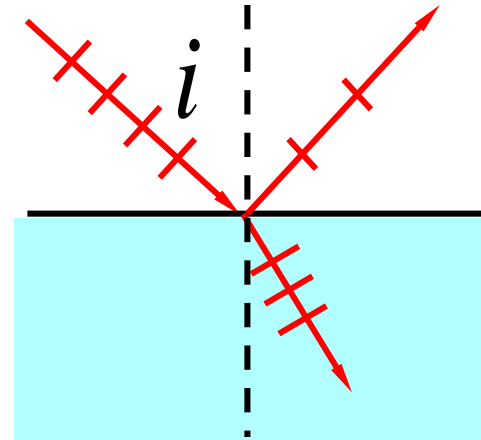
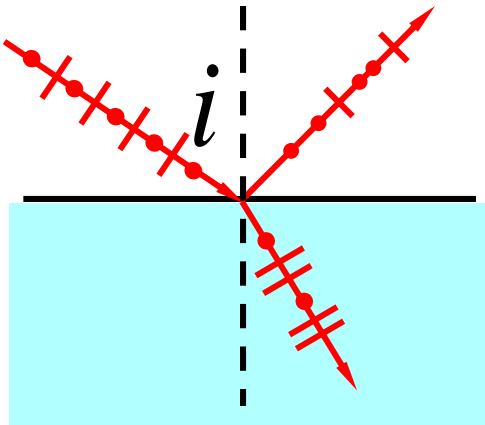
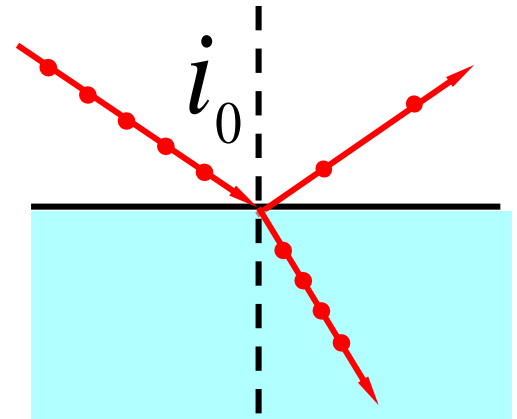
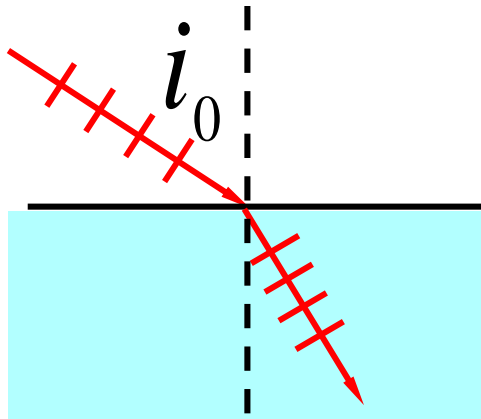
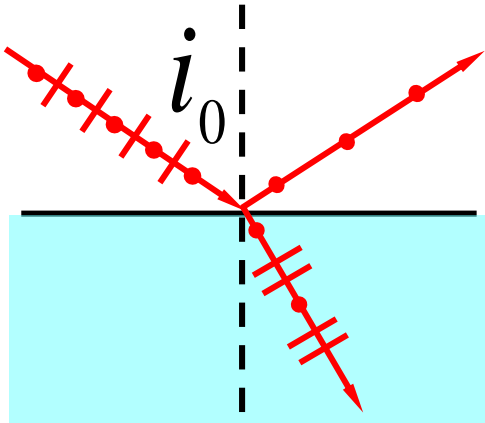


(反射光是完全线偏振光
强度几乎50%)

(透射光接近完全线偏振光
强度几乎50%)

——产生线偏振光的方法之二

例1： 讨论下列光线的反射和折射光的偏振态（起偏角 i_0 ）。



在拍摄玻璃窗内的物体时，**加偏振片**可去掉反射光的干扰。



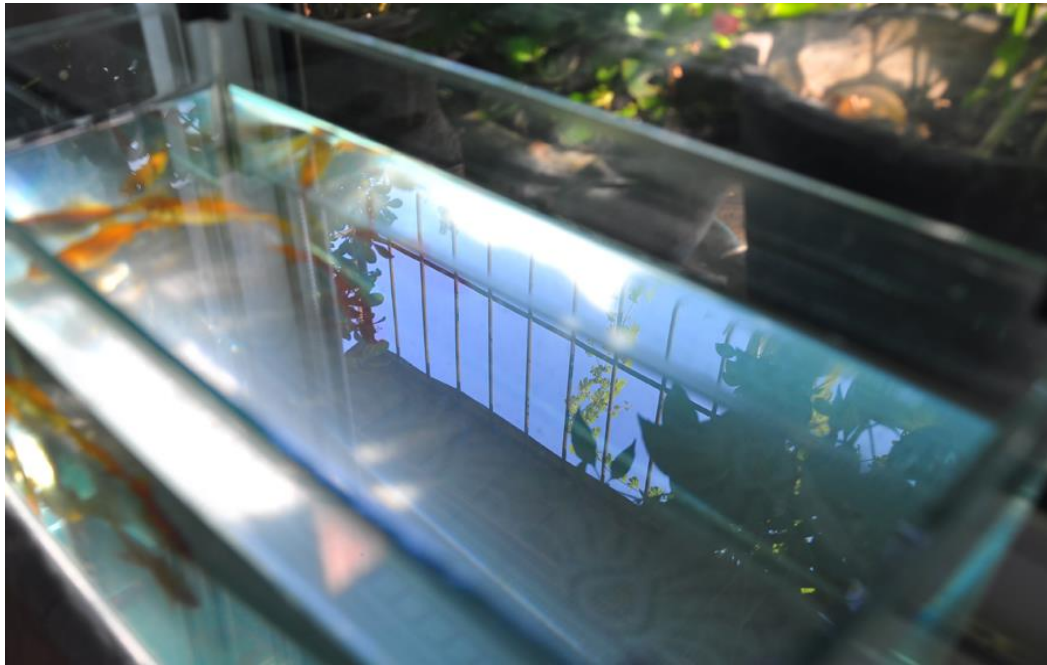
(A) 玻璃门表面的**反光很强**



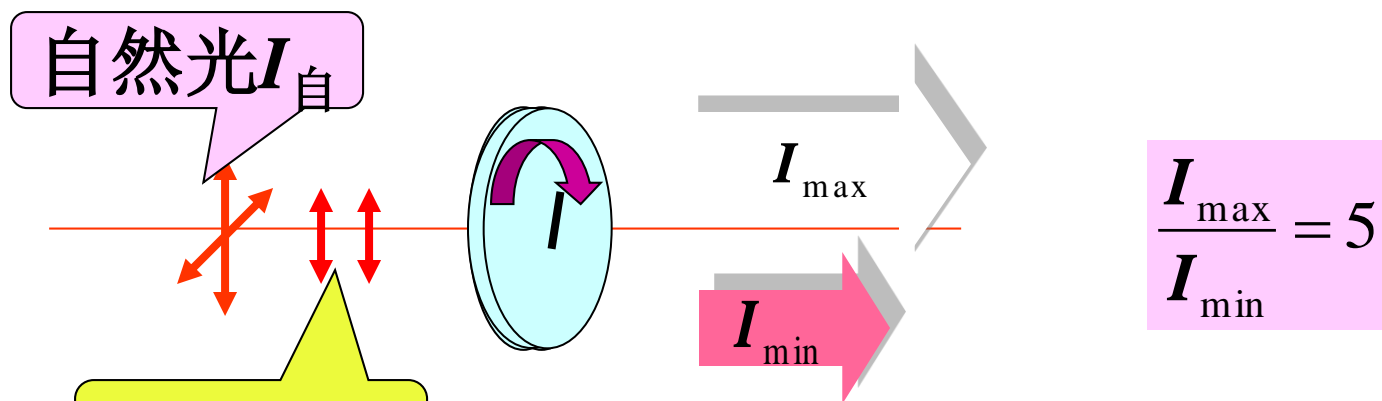
(B) 用偏光镜**减弱**了反射偏振光



(C) 用偏光镜**消除了**反射偏振光,使玻璃门内的人物清晰可见



例2.一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_____。



$$I_{\max} = \frac{I_{\text{自}}}{2} + I_{\text{偏}}$$

$$I_{\min} = \frac{I_{\text{自}}}{2}$$

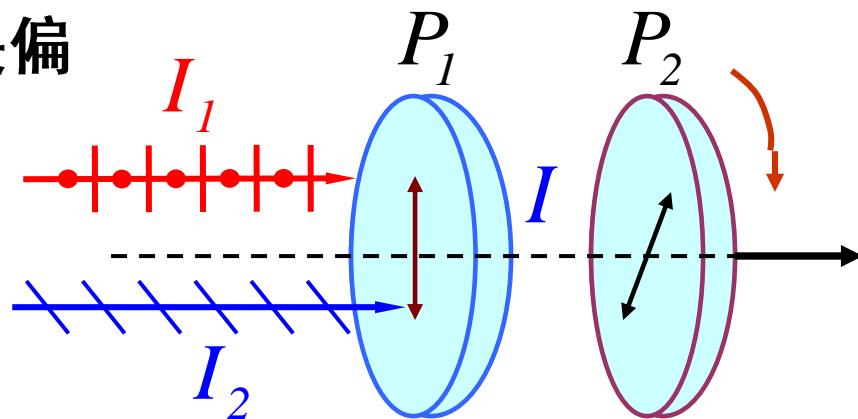
$$\frac{I_{\text{自}}}{I_{\text{偏}}} = \frac{1}{2}$$

例3. 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 以光线为轴转动一周，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：

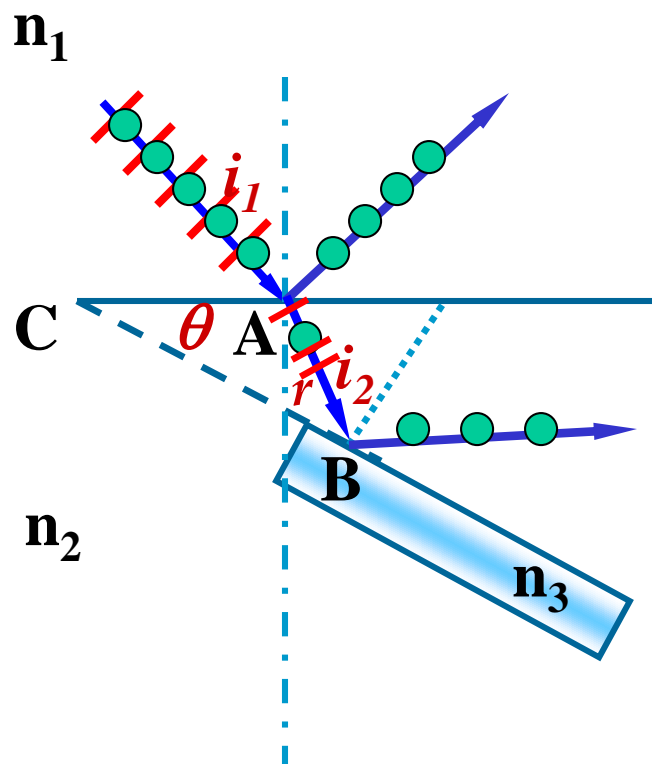
$$I = \left(\frac{I_1}{2} + I_2 \cos^2 \alpha \right)$$



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

$$\left\{ \begin{array}{l} \theta = 0, 180^\circ, 360^\circ \Rightarrow I_{\max} = \frac{I_1}{2} + I_2 \cos^2 \alpha \\ \theta = 90^\circ, 270^\circ \Rightarrow I_{\min} = 0 \quad \text{—— 消光位置} \end{array} \right.$$

例4. 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偏振光， θ 角应是多大？



解： $\operatorname{tgi}_1 = \frac{n_2}{n_1} = 1.333 \Rightarrow i_1 = 53^{\circ}7'$

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

$$\operatorname{tgi}_2 = \frac{n_3}{n_2} = \frac{1.517}{1.333} \Rightarrow i_2 = 48^{\circ}42'$$

在三角形ABC中：

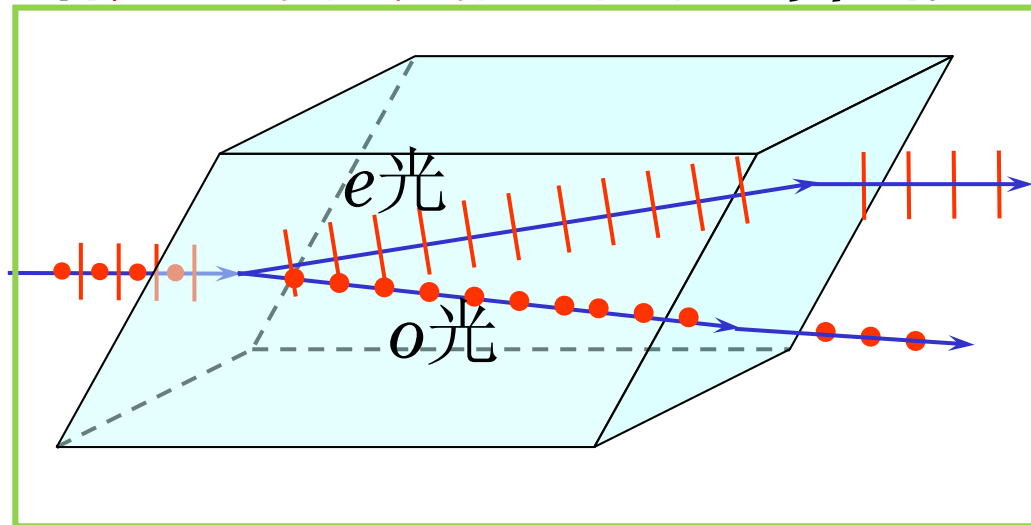
$$\theta + \left(\frac{\pi}{2} + \gamma\right) + \left(\frac{\pi}{2} - i_2\right) = \pi$$

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

(选讲)五、双折射现象

1. 晶体的双折射现象

一束光进入光学各向异性晶体(如方解石)后产生两条折射光束的现象, 称为**双折射现象**。

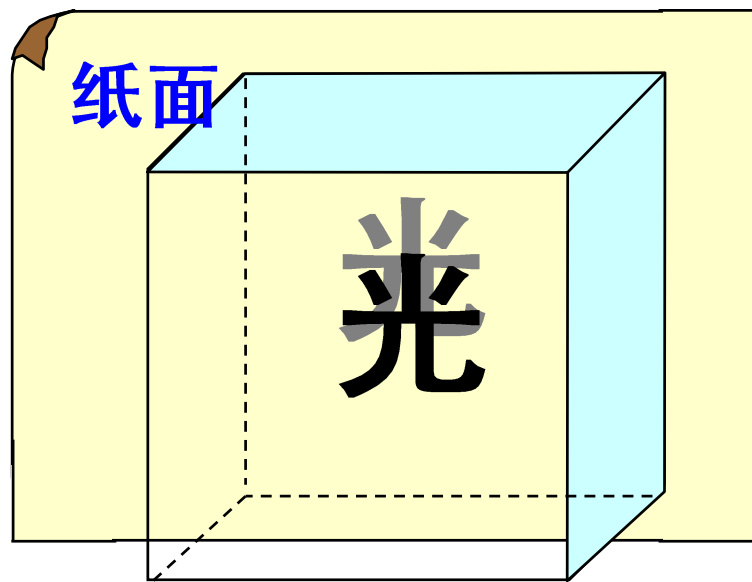
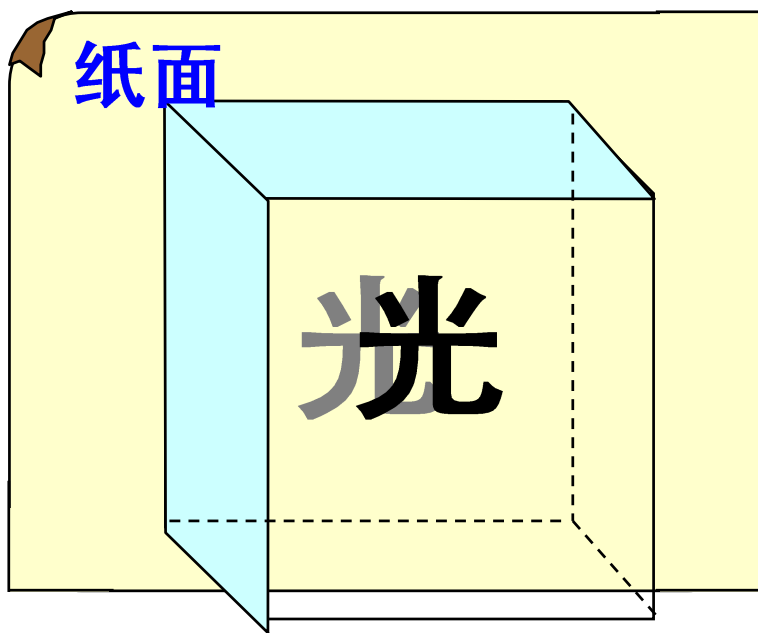
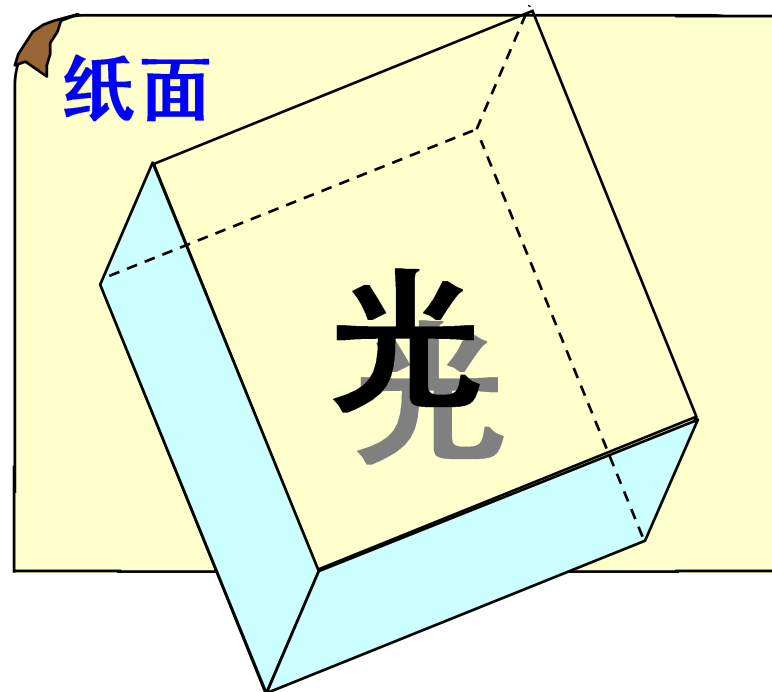
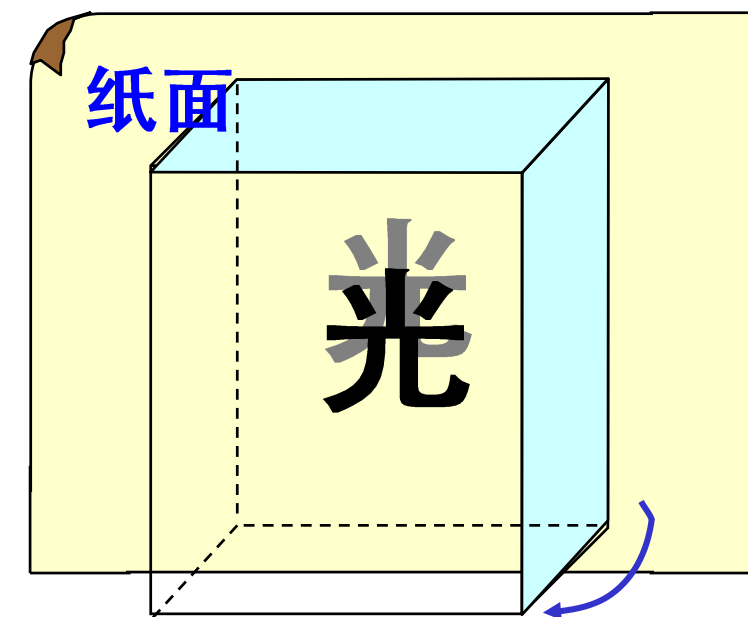


寻常光 (o光): 遵守折射定律, 晶体对其具有确定的折射率

非常光 (e光): 遵守折射定律, 晶体中不同方向具有不同的折射率

双折射的两束光都是完全线偏振光, 振动方向相互垂直。

晶体的双折射现象 当方解石晶体旋转时，o光不动，e光围绕o光旋转

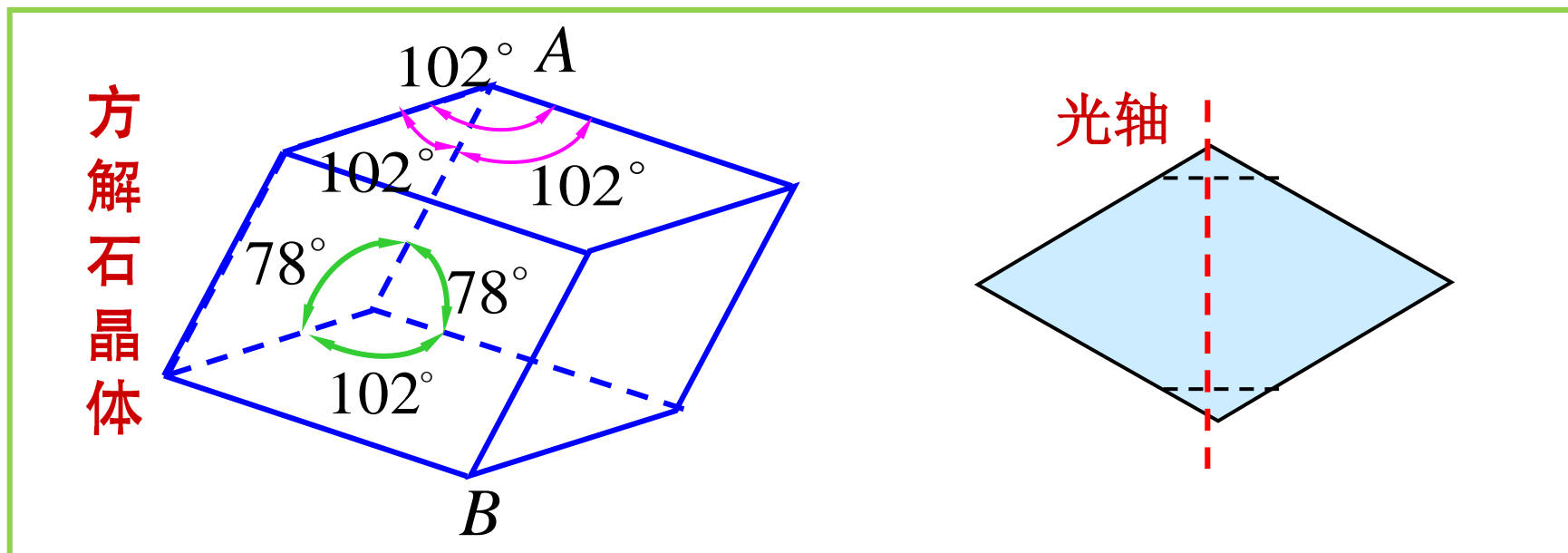


2.晶体光学性质

(a) 光轴(方向): 晶体中不产生双折射的方向。

单轴晶体: 方解石(冰洲石)、石英

双轴晶体: 云母、蓝宝石



(b) 晶体主平面: 晶体中某一束光线和光轴构成的平面。

o光与e光都有各自的主平面
实验表明:

o光 光振动垂直其主平面
e光 光振动在其主平面内



o光 光振动垂直其入射面
e光 光振动在其入射面内

若 **光轴在入射面内**，则这两条光线的主平面就是入射面

