



## 第15章 光的偏振

干涉、衍射——波动性



横波 OR 纵波





- ✓ 光的干涉和衍射现象不能分辨光波是横波还是纵波，因为这两种波都能产生干涉现象
- ✓ 光的偏振现象从实验上清楚地显示了光的横波性
- ✓ 光的偏振为光的电磁波本性提供了进一步的证据
- ✓ 由于光的偏振，使光的传播又出现了一些新的特点





## 15-1 自然光和偏振光

---

## 15-2 起偏和检偏 马吕斯定律

---

## 15-3 反射与折射时光的偏振

---





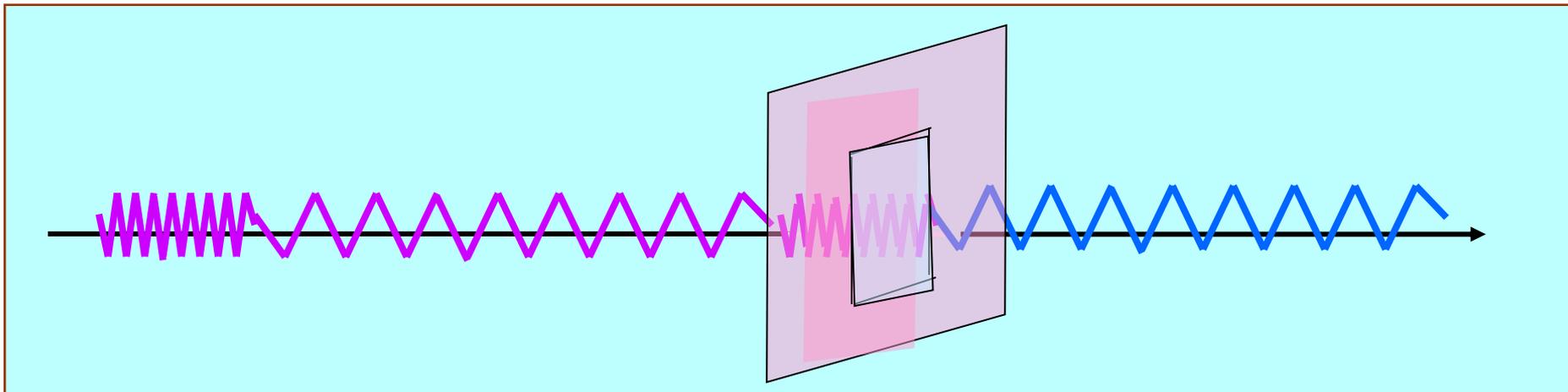
# 15.1 自然光和偏振光





## 一、横波的偏振性

沿纵波的传播方向作任意平面，波的运动情况相同，具有对称性，即纵波的振动相对于传播方向是轴对称的。





## 1. 偏振

波的振动方向相对于传播方向的不对称性，叫偏振。

这就是说，只有横波具有偏振性，而纵波不具备偏振性。

光是横波，应该具有偏振性。

## 2. 振动面的概念

振动方向与传播方向组成的平面。

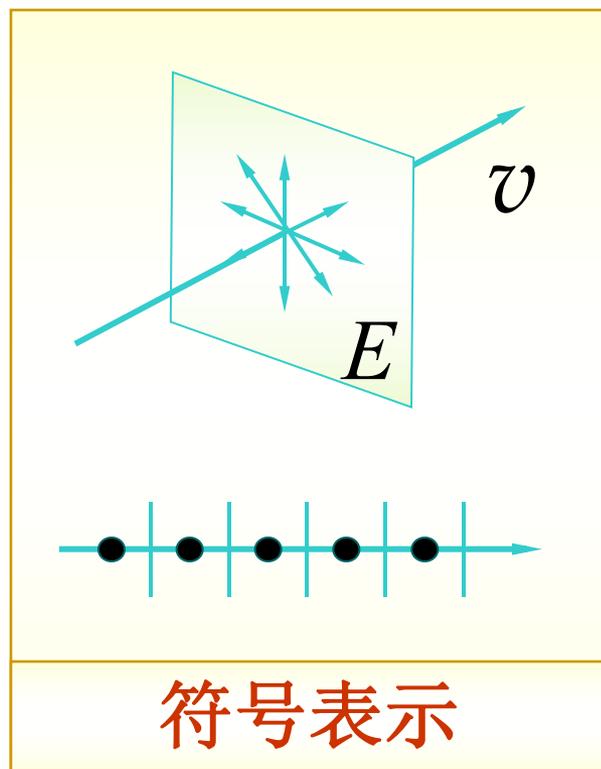




## 二、自然光

✓ 光振动的振幅在垂直于光波的传播方向上，既有时间分布的均匀性，又有空间分布的均匀性，具有这种特性的光就叫**自然光**。

自然光以两互相**垂直**的互为独立的（**无确定**的**相位**关系）振幅相等的光振动表示，并各具有**一半**的振动能量。



注意

二互相垂直方向是任选的

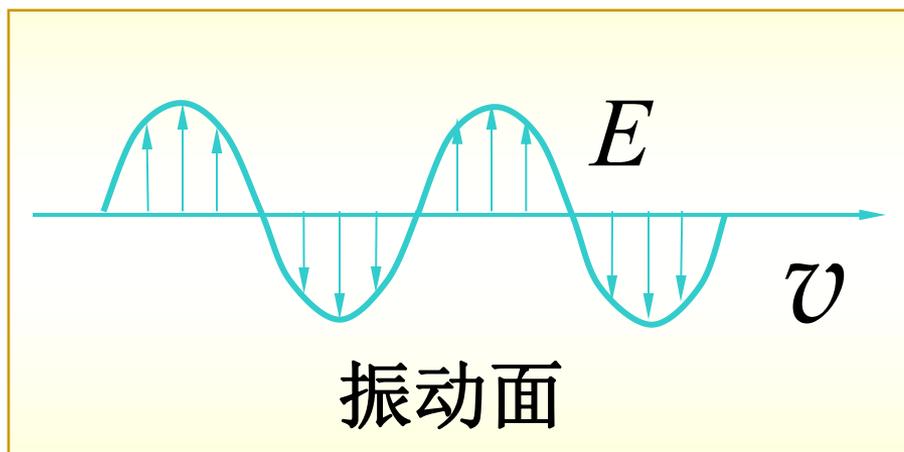
✓ 各光矢量间无固定的相位关系。





### 三、线偏振光（完全偏振光，平面偏振光）

光波的光矢量只沿一个固定方向振动的光。



#### 符号表示



光振动方向在纸面内



光振动方向垂直纸面





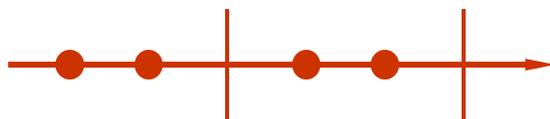
## 四、部分偏振光

- ✓ 光在垂直于光的传播方向的平面内，各方向的振动都有，它们的振幅大小不相等，称为**部分偏振光**。可视为偏振光与自然光的混合。

### 符号表示



纸面内的光振动较强



垂直纸面的光振动较强

**椭圆偏振光**、**圆偏振光**——由两列频率相同、传播方向相同、振动方向相互垂直、相位差固定的光叠加形成。





**圆偏振光**——光矢量的大小不变，矢量方向以圆频率 $\omega$ 匀速旋转，光振动矢量的端点描绘出圆形轨迹

$$\vec{E} = E_0 \cos(\omega t) \vec{i} + E_0 \cos(\delta + \omega t) \vec{j}$$

$$\delta = \pm \frac{\pi}{2}$$

**椭圆偏振光**——光矢量的大小不断变化，矢量方向不断旋转，光振动矢量的端点描绘出椭圆形轨迹

$$\vec{E} = E_{0x} \cos(\omega t) \vec{i} + E_{0y} \cos(\delta + \omega t) \vec{j}$$

$$-\pi < \delta < \pi$$





# 15.2 起偏和检偏 马吕斯定律

从自然光中获得偏振光叫**起偏**；

检验某一光束是否为线偏振光叫**检偏**；

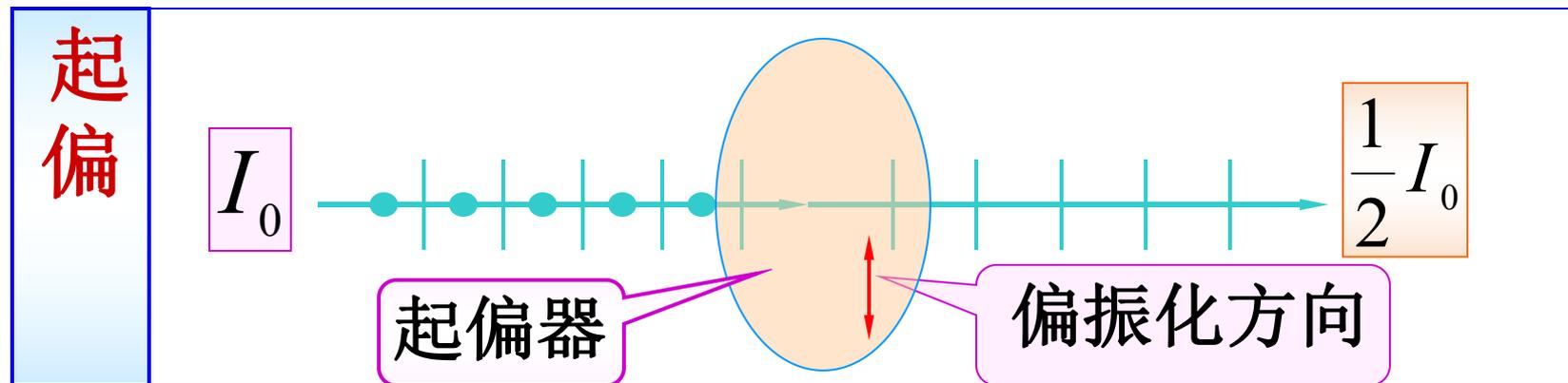
起偏、检偏均可由偏振片完成。





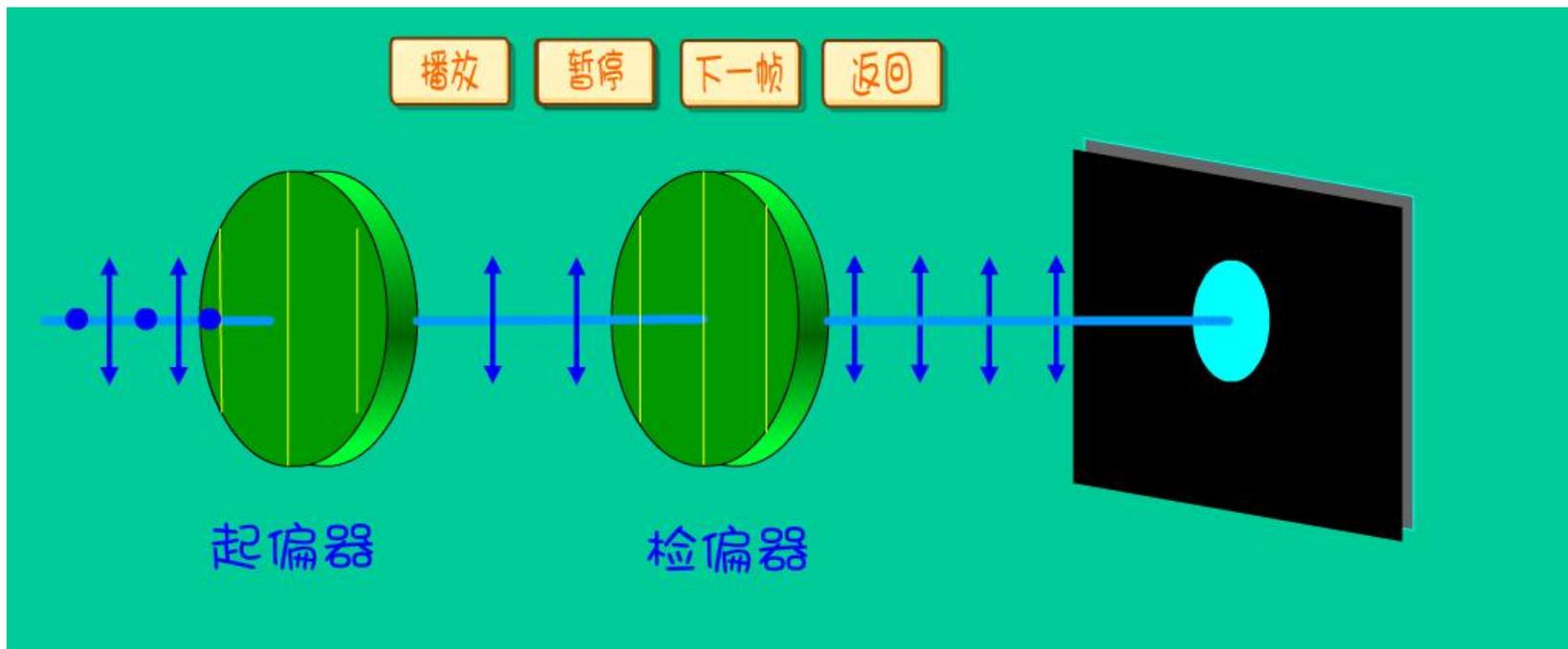
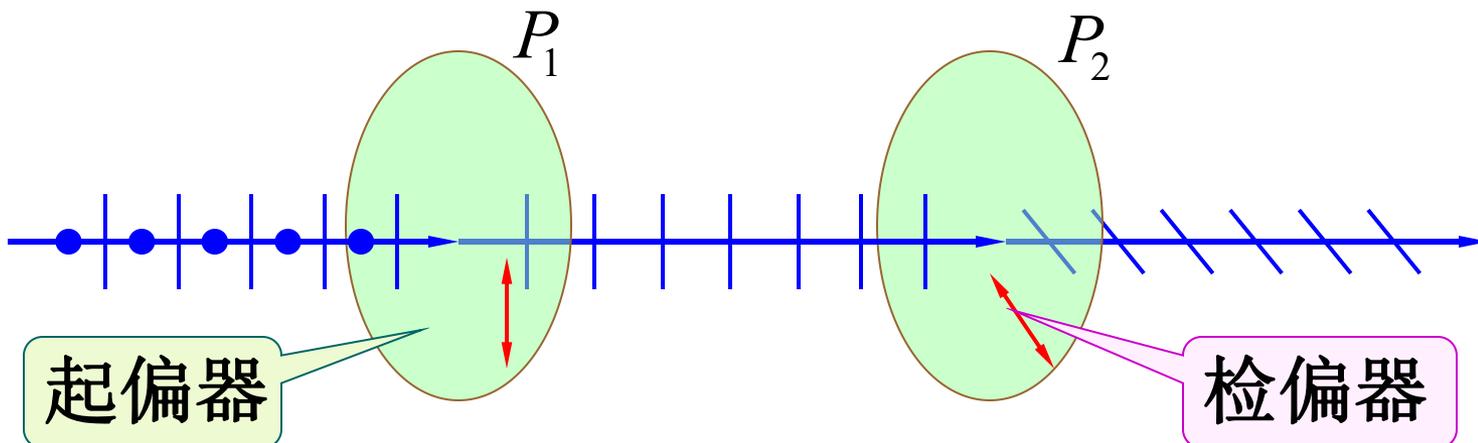
## 一、偏振片的起偏和检偏

- ✓ 某些物质晶粒对某一方向的光振动有强烈的吸收，而对与之垂直的光振动则吸收很少。这种选择吸收的性质称为**二向色性**。
- ✓ **偏振片**：涂有二向色性材料的透明薄片。
- ✓ 当自然光照射在偏振片上时，它只让某一特定方向的光振动通过，这一方向称为偏振片的**偏振化方向**，也叫**透光轴**。





检偏





旋转检偏器一周时，三种光对应的现象：

a: 自然光

——光强无变化.强度为入射光的一半.

b: 线偏振光

——经历2次光强最强和2次光强为零的过程.

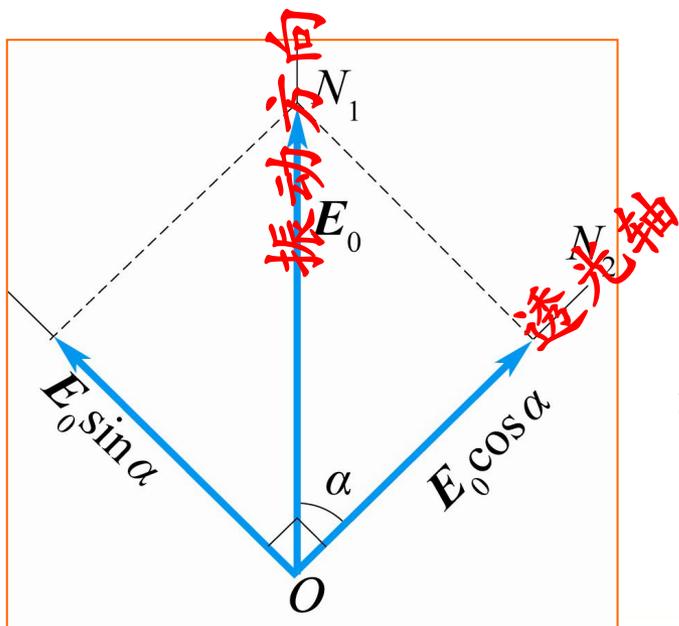
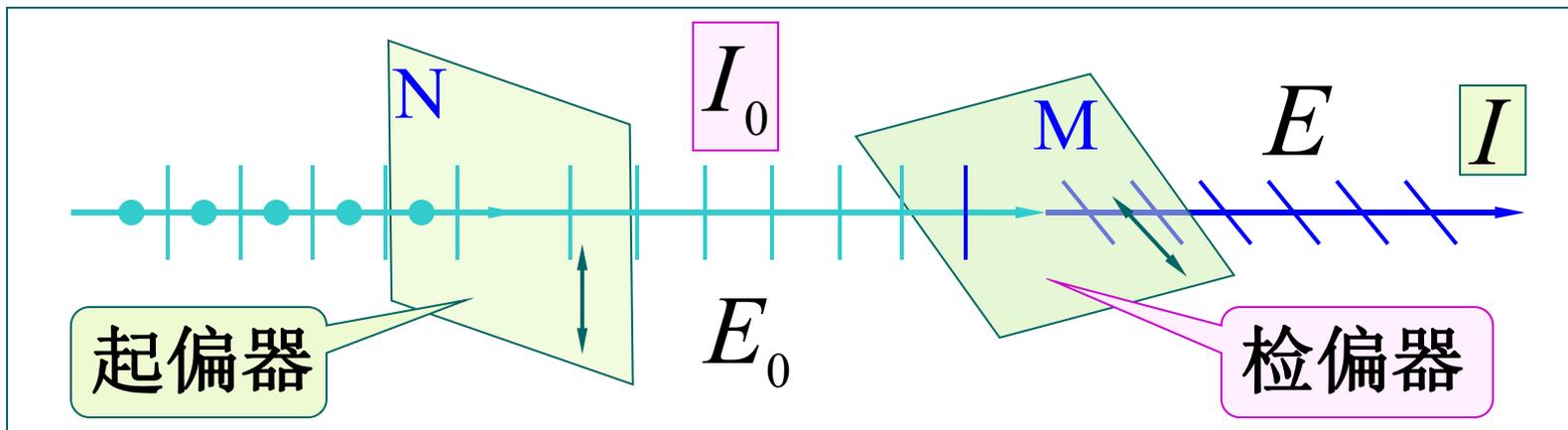
c: 部分偏振光

——经历2次光强最强和2次光强最弱(非零)的过程.





## 二、马吕斯定律 (1808年)

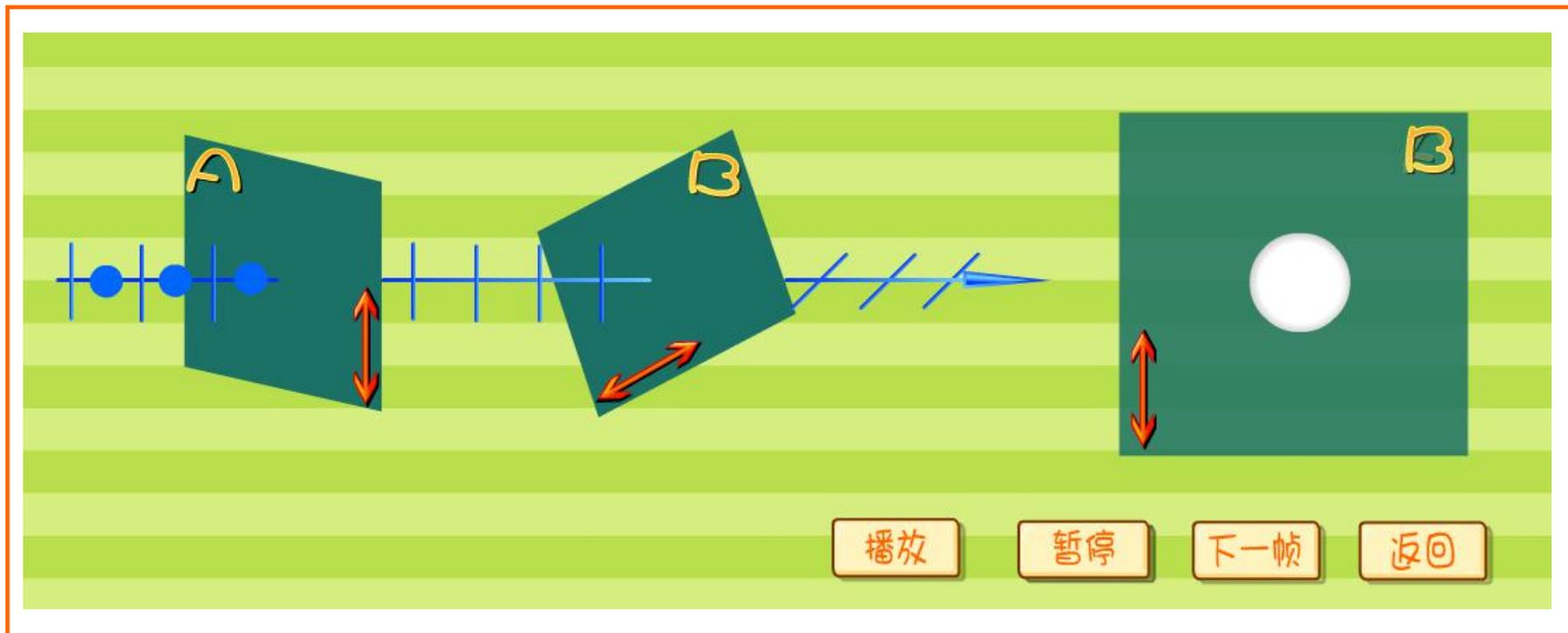


$$E = E_0 \cos \alpha \quad \frac{I}{I_0} = \frac{E^2}{E_0^2}$$

马吕斯定律 强度为  $I_0$  的线偏振光透过检偏器后，出射光的强度为

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







**例15.1** 一束由线偏振光和自然光混合而成，当它通过偏振片时，发现透射光的光强依赖偏振片透光轴方向的取向可变化5倍. 求入射光束中两种成份的光的相对强度.

**解：** 设  $I = I_N + I_P$

自然光通过偏振片后的强度变为  $I_N/2$ ，且不依赖于透光轴的取向

偏振光的振动方向与透光轴平行时获得最大透射光强  $I_P$

偏振光的振动方向与透光轴垂直时获得最小透射光强 0

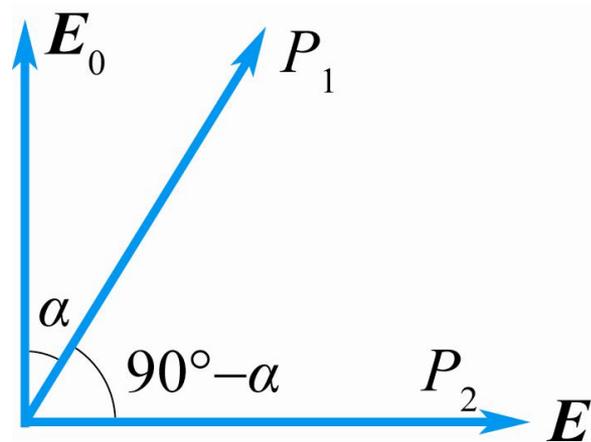
$$\frac{I_P + I_N/2}{I_N/2} = 5 \quad I_P = 2I_N$$





**例15.2** 要使一束线偏振光通过偏振片后振动方向转过 $90^\circ$ ，至少需要让这束光通过几块理想偏振片？在此情况下，透射光强最大是原来光强的多少倍？

**解** 至少需要两块理想偏振片(如图所示). 其中 $P_1$ 透光轴与线偏振光振动方向的夹角为 $\alpha$ ，第二块偏振片透光轴与 $P_1$ 透光轴夹角为 $(90^\circ - \alpha)$ . 设入射线偏振光原来的光强为 $I_0$ ，则透射光强



$$I = I_0 \cos^2 \alpha \cos^2 (90^\circ - \alpha) = I_0 \cos^2 \alpha \sin^2 \alpha = \frac{I_0}{4} \sin^2 2\alpha$$

当 $2\alpha = 90^\circ$ ，即 $\alpha = 45^\circ$ 时， $I = I_{\max} = \frac{I_0}{4}$



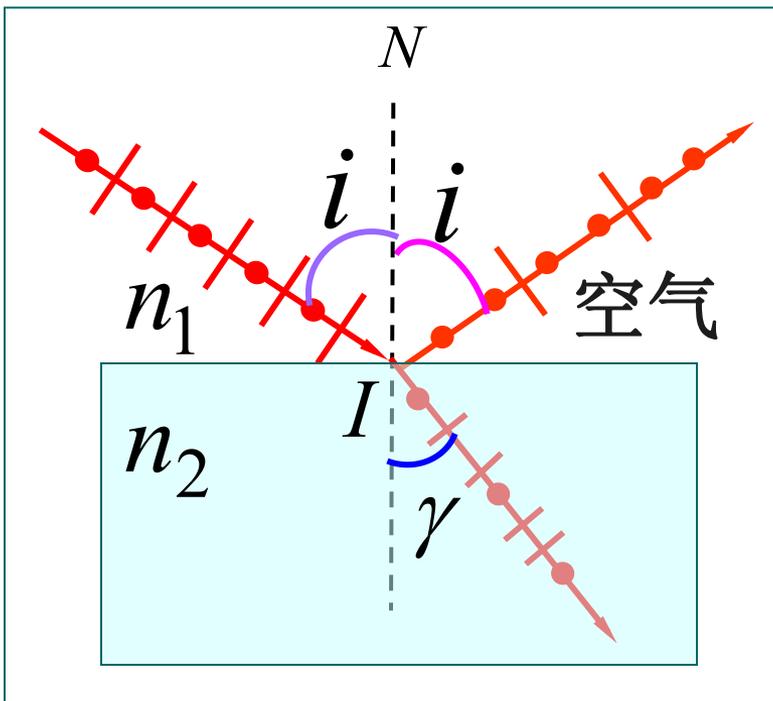


# 15.3 反射与折射时光的偏振

自然光在两种各向同性的介质分界面上发生反射和折射时，反射光和折射光都将成为部分偏振光；

在特定情况下，反射光可能成为完全偏振光。





## 光反射与折射时的偏振

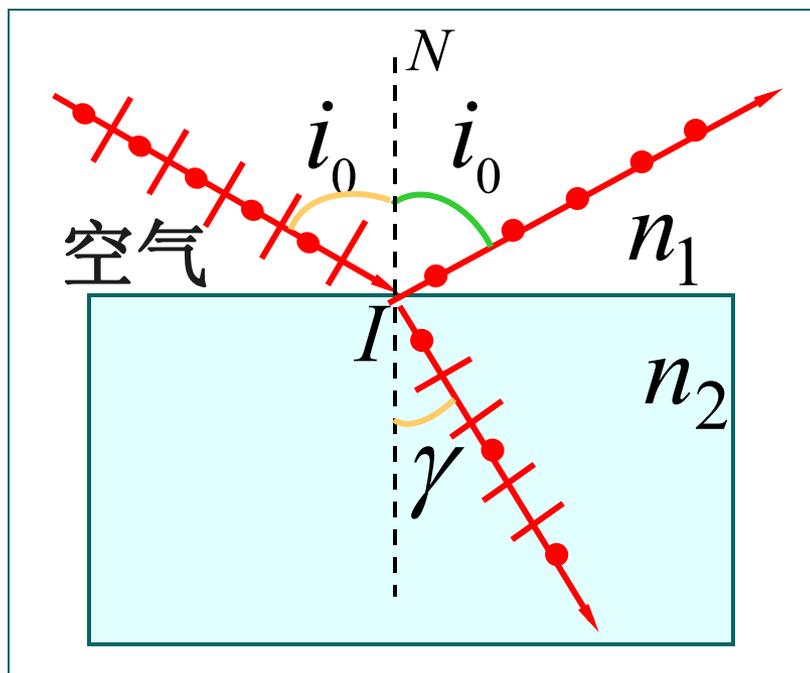
**入射面** 入射光线和法线所成的平面.

◆ **反射光** 部分偏振光，垂直于入射面的振动(称为**垂直振动**)大于平行于入射面的振动(称为**平行振动**).

◆ **折射光** 部分偏振光，平行振动大于垂直振动.

**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 (1812年)

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

反射光为完全偏振光(垂直偏振光), 折射光为部分偏振光。

$i_0$ ——布儒斯特角、起偏振角

## 讨论

(1) 反射光和折射光互相垂直。

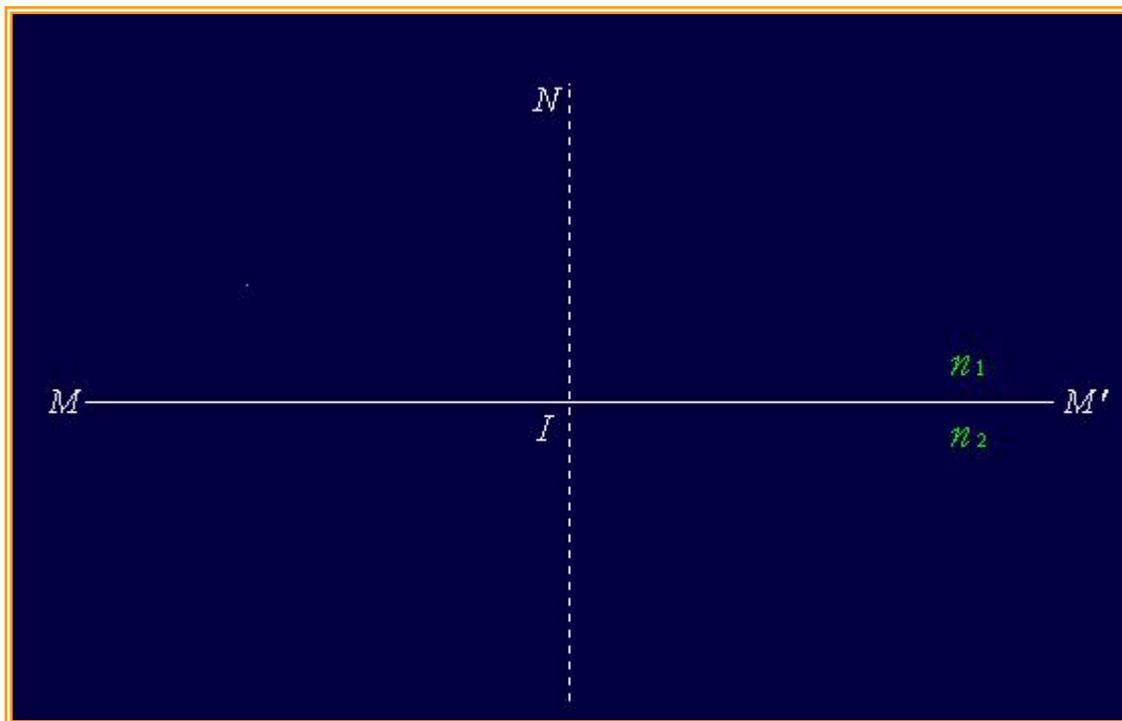
$$\frac{\sin i_0}{\sin \gamma} = \frac{n_2}{n_1}$$

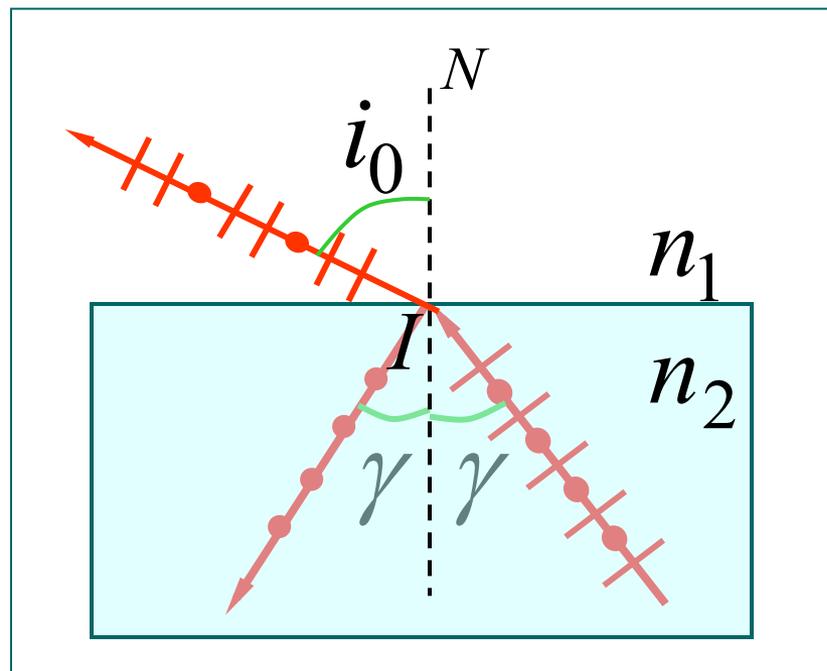
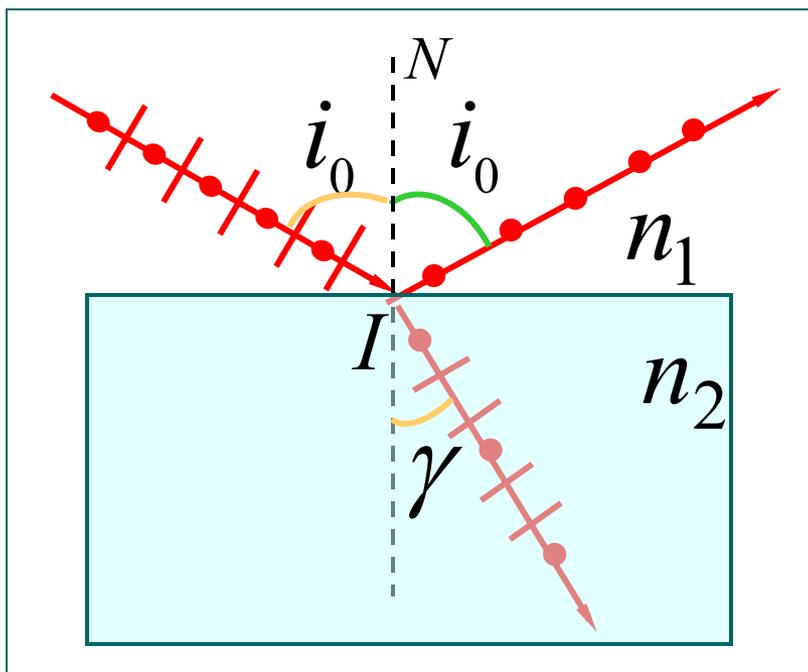
$$\tan i_0 = \frac{\sin i_0}{\cos i_0} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\sin \gamma = \cos i_0$$

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







2) 根据光的**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。

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



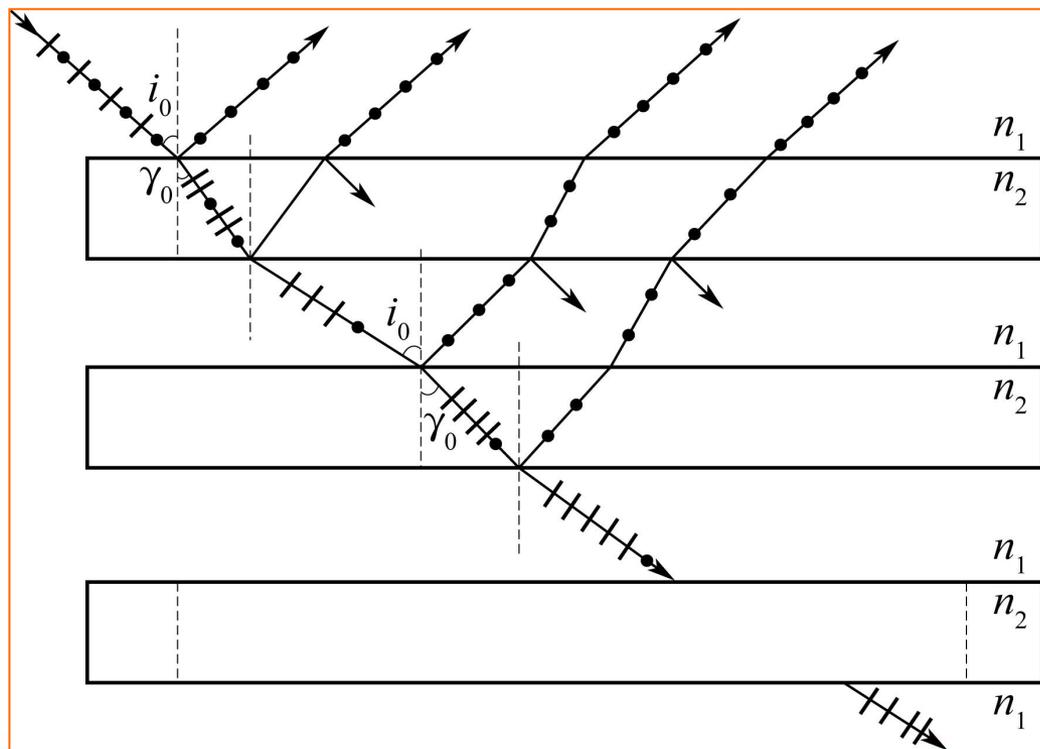
**注意**

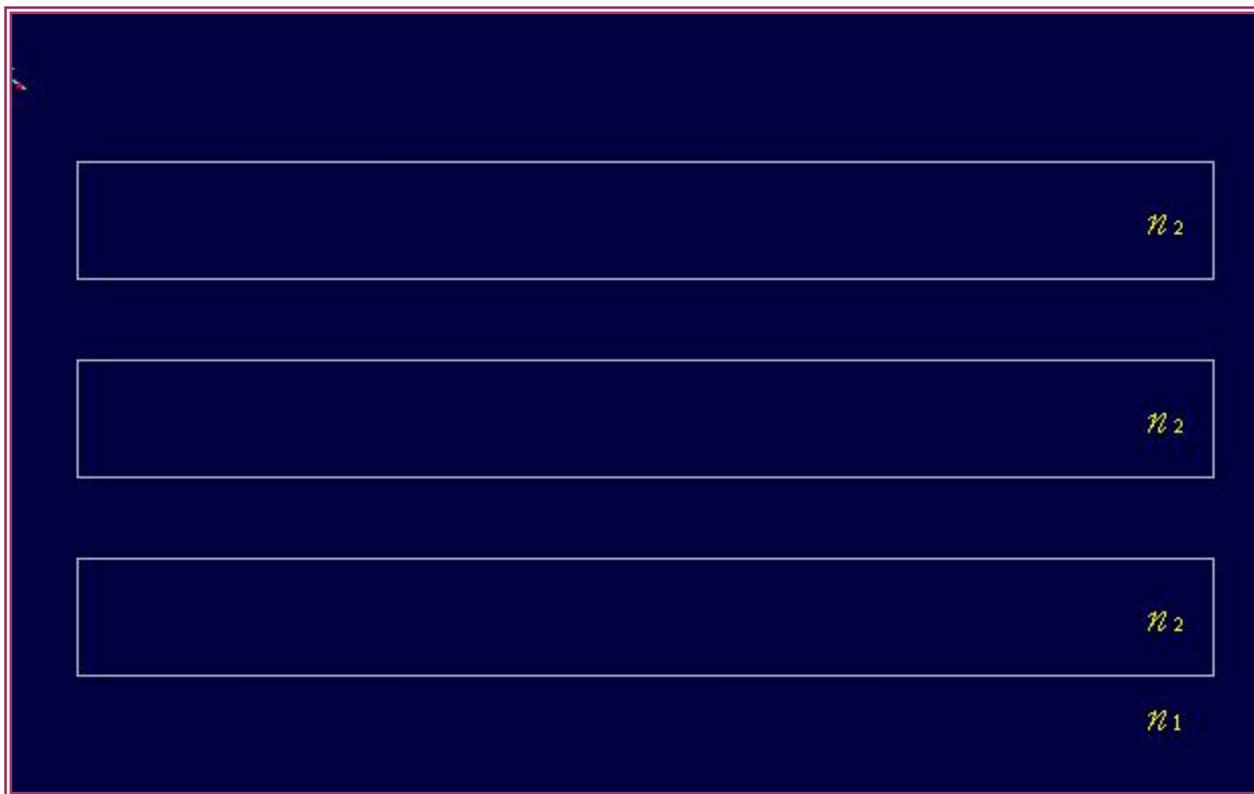
对于一般的光学玻璃，反射光的强度约占入射光总强度的 7.5%，大部分光将透过玻璃。

反射光虽是线偏振光，但光强很弱；

折射光虽光强很强，但偏振化程度却不高。

为了增强反射光的强度和折射光的偏振化程度，利用**玻璃片堆**产生**线偏振光**

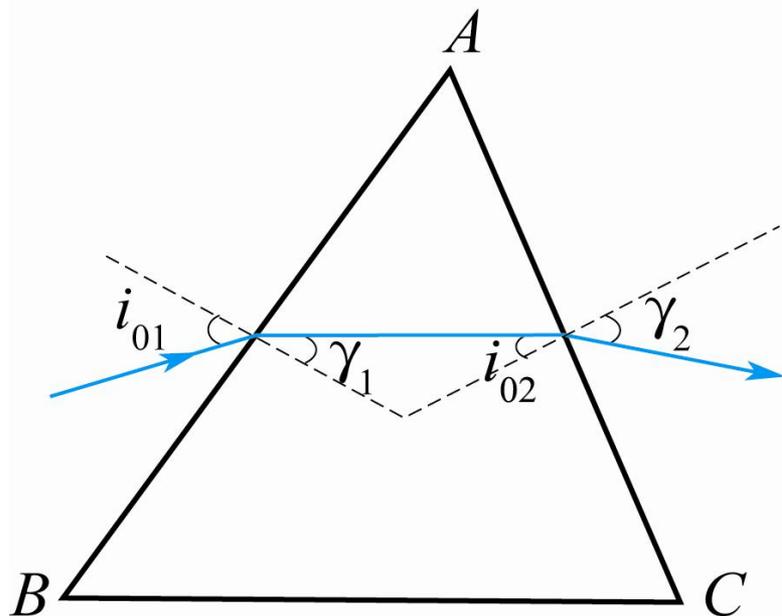






**例15.4** 如图所示为一玻璃三棱镜，材料的折射率为 $n=1.50$ ，设光在棱镜中传播时能量不被吸收. 问：  
(1) 一束光强为 $I_0$ 的单色光，从空气入射到棱镜左侧界面折射进入棱镜. 若要求入射光全部能进入棱镜，对入射光和入射角有何要求？

(2) 若要求光束经棱镜从右侧折射出来，强度仍保持不变，则对棱镜顶角有何要求？





**解** (1) 要求入射光是振动方向平行于入射面的线偏振光. 入射角 $i_{01}$ 为

$$i_{01} = \arctan n = \arctan 1.50 = 56.3$$

(2) 投射到界面 $AC$ 的起偏振角 $i_{02}$ 为

$$i_{02} = \arctan \frac{1}{n} = \arctan \frac{1}{1.5} = 33.7$$

因为  $i_{01} + \gamma_1 = \frac{\pi}{2}$ ,  $i_{02} + \gamma_2 = \frac{\pi}{2}$ , 从图上的几何关系可以看出

$$\angle A = \gamma_1 + i_{02} = \frac{\pi}{2} - i_{01} + i_{02} = 90 - 56.3 + 33.7 = 67.4$$





作业:

**15.10、15.11、15.14**





## 本章小结





## 一、光的偏振

光波是横波，电场矢量表示光矢量，光矢量方向和光传播方向构成振动面。

三类偏振态：自然光、偏振光、部分偏振光。

二、线偏振光：可用偏振片产生和检验。

**马吕斯定律** 强度为  $I_0$  的入射线偏振光透过检偏振器后，出射光的强度为  $I = I_0 \cos^2 \alpha$

## 三、光反射与折射时的偏振

**布儒斯特定律**：当入射角为布儒斯特角  $i_0$  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。

$$\tan i_0 = n_2 / n_1$$

