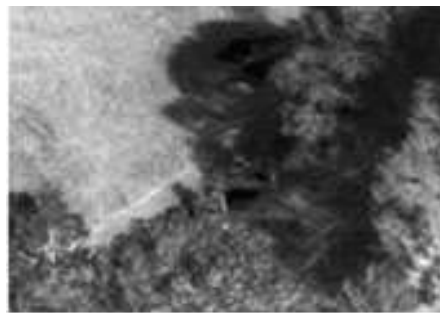


## 侦察无人机



可见光图像



红外光图像



红外光偏振图像

# 第19章 光的偏振

## 19.1 偏振光和自然光

### 一、偏振

振动方向与  
传播方向垂直

横波



纵波



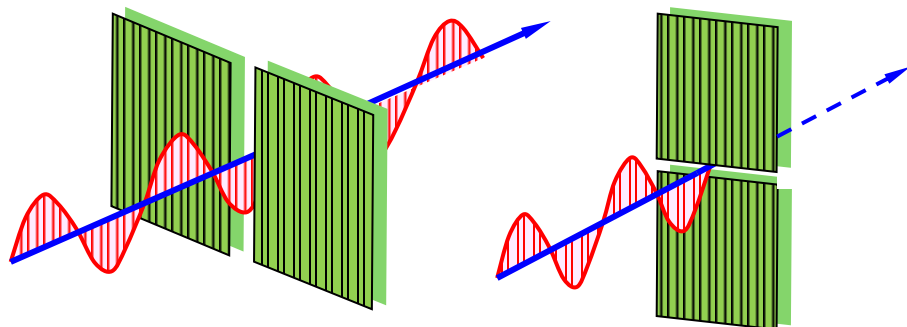
振动方向与  
传播方向相同

# 第19章 光的偏振

## 19.1 偏振光和自然光

### 一、偏振

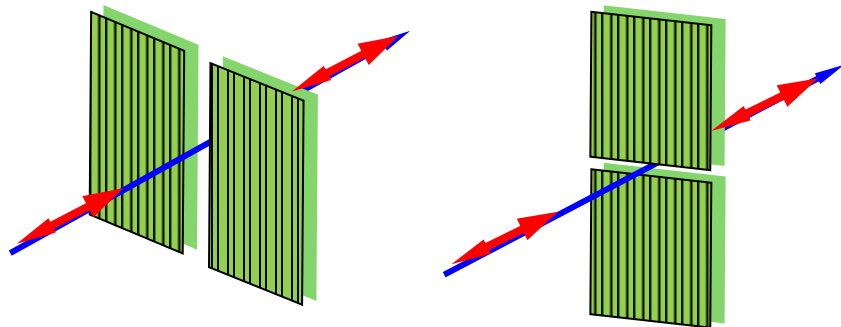
横波



振动方向与  
传播方向**垂直**

振动方向对于  
传播方向**不对称**

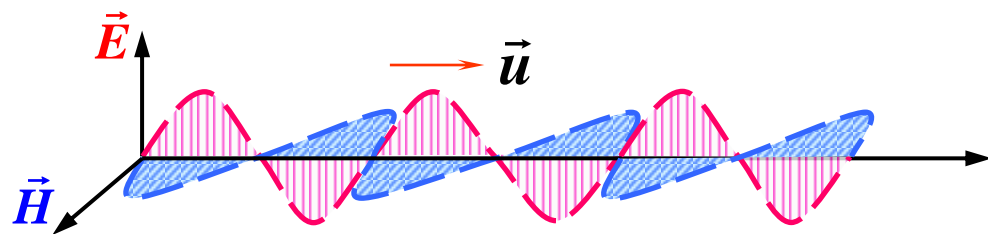
纵波



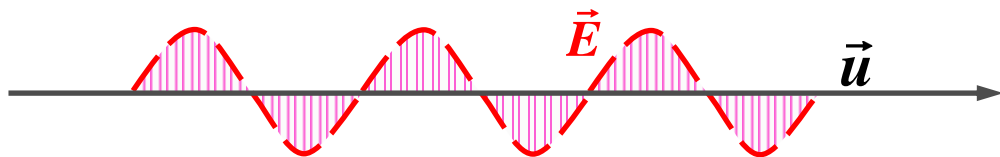
振动方向对于  
传播方向**对称**

振动方向与  
传播方向**相同**

## 二、光的横波特性



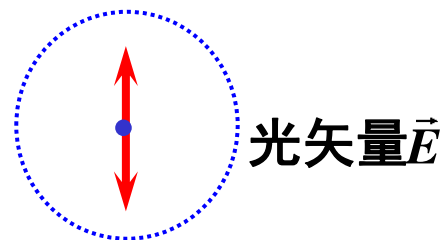
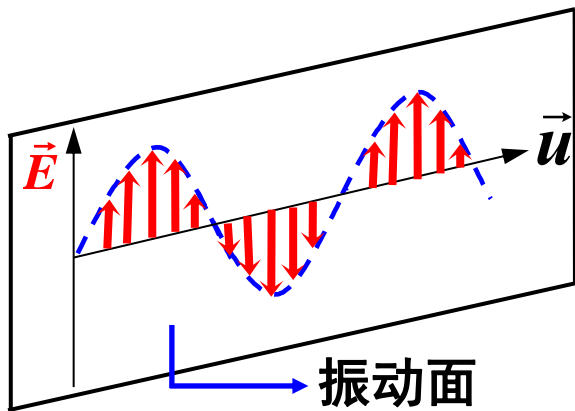
电磁波中起光作用的是电矢量(光矢量)  $\vec{E}$



### 三、偏振光的分类

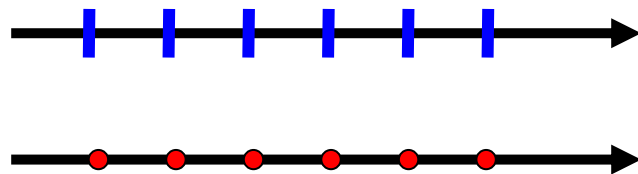
#### 1、线偏振光

光矢量只在一个固定平面内沿一个固定方向振动的光叫线偏振光（平面偏振光）。

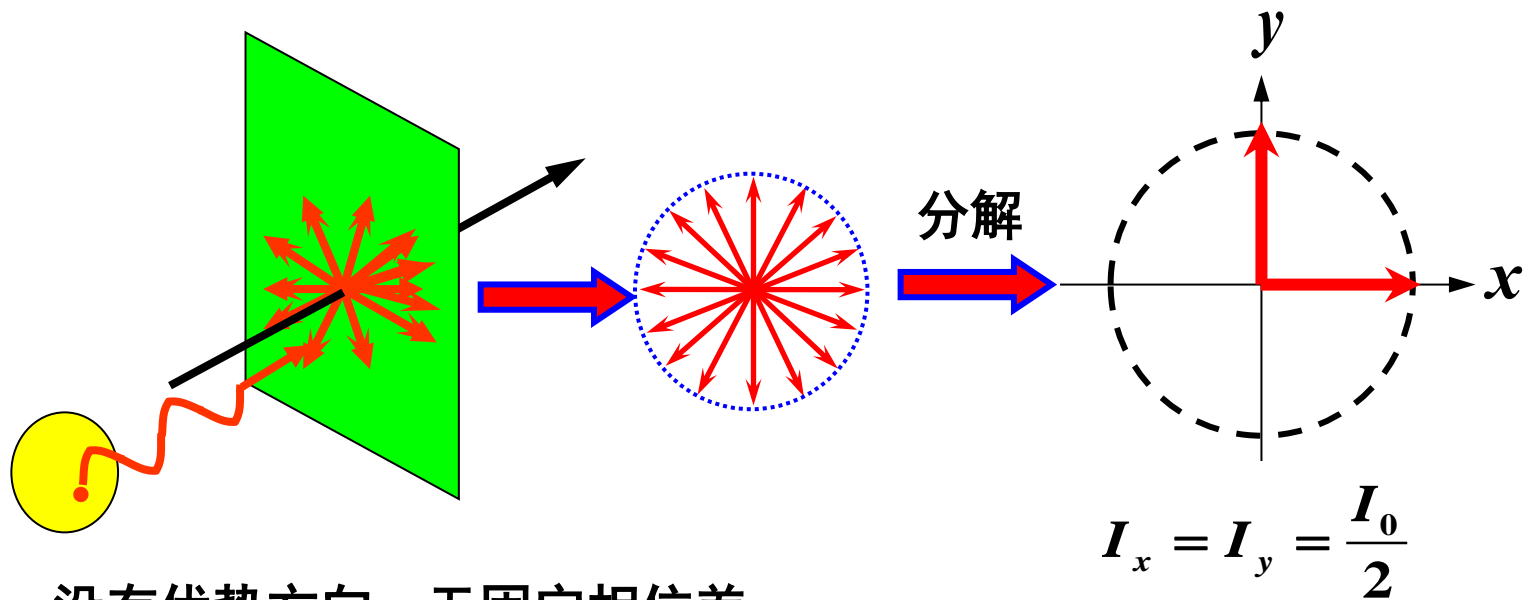


迎着光的传播方向看

线偏振光的表示法：

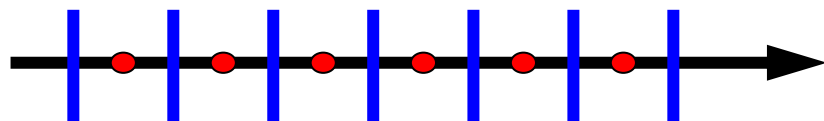


## 2、自然光

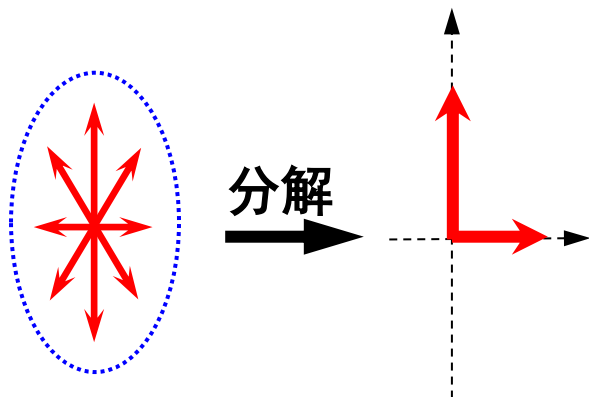


没有优势方向 无固定相位差

自然光的表示法:



### 3、部分偏振光



光的偏振度: 
$$P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$$

$I_{\max}$ : 最大振幅对应的光强

$I_{\min}$ : 最小振幅对应的光强

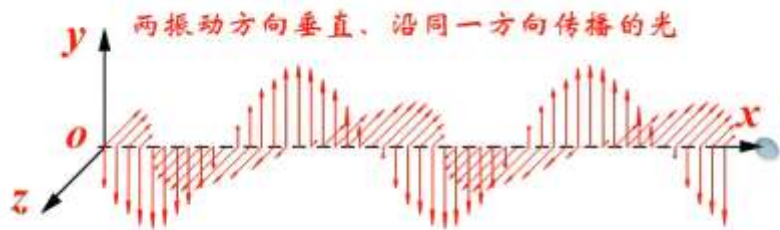
$$P = \begin{cases} 1 & \text{线偏振光} \\ 0 & \text{自然光} \\ 0 \sim 1 & \text{部分偏振光} \end{cases}$$

部分偏振光的表示法:



## 椭圆偏振光 圆偏振光

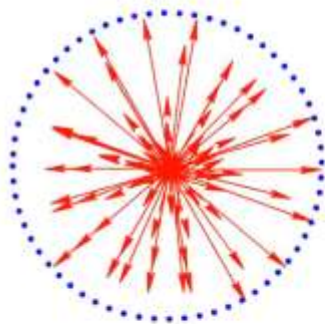
- 振动方向互相垂直，传播方向一致，相位差恒定的线偏振光叠加后，光矢量的矢端做椭圆运动的光。



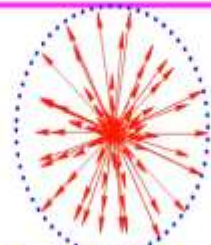


## 自然光与偏振光

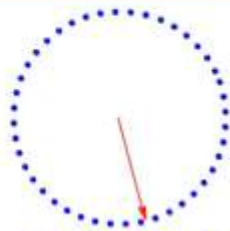
## 光矢量



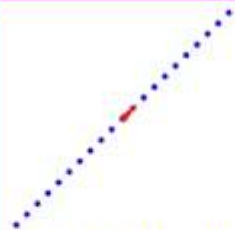
## 自然光



## 部分偏振光



### 圓偏振光



## 线偏振光



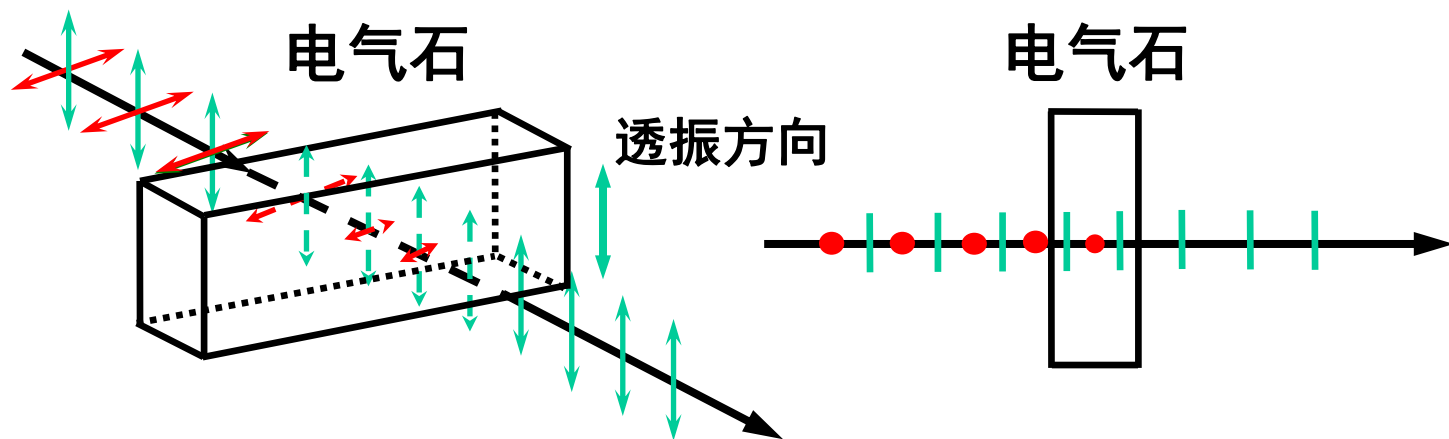
## 椭圆偏振光



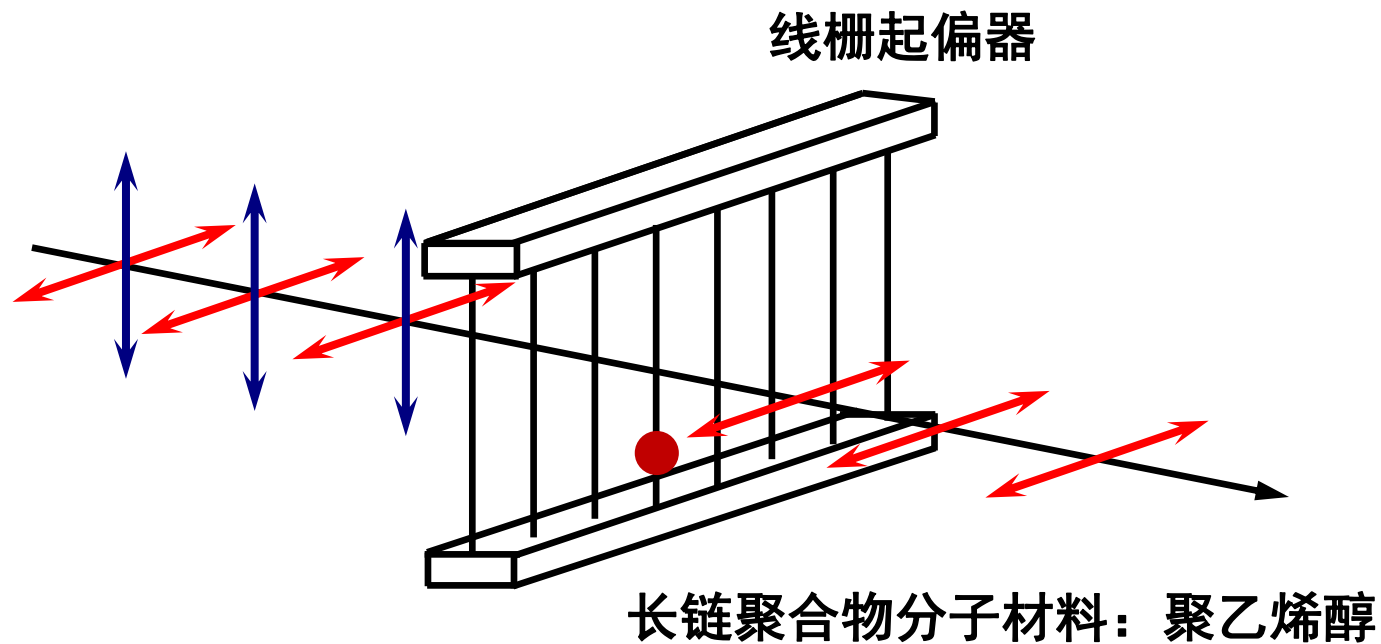
## 19.2 起偏和检偏 马吕斯定律

### 一、起偏 获得线偏振光

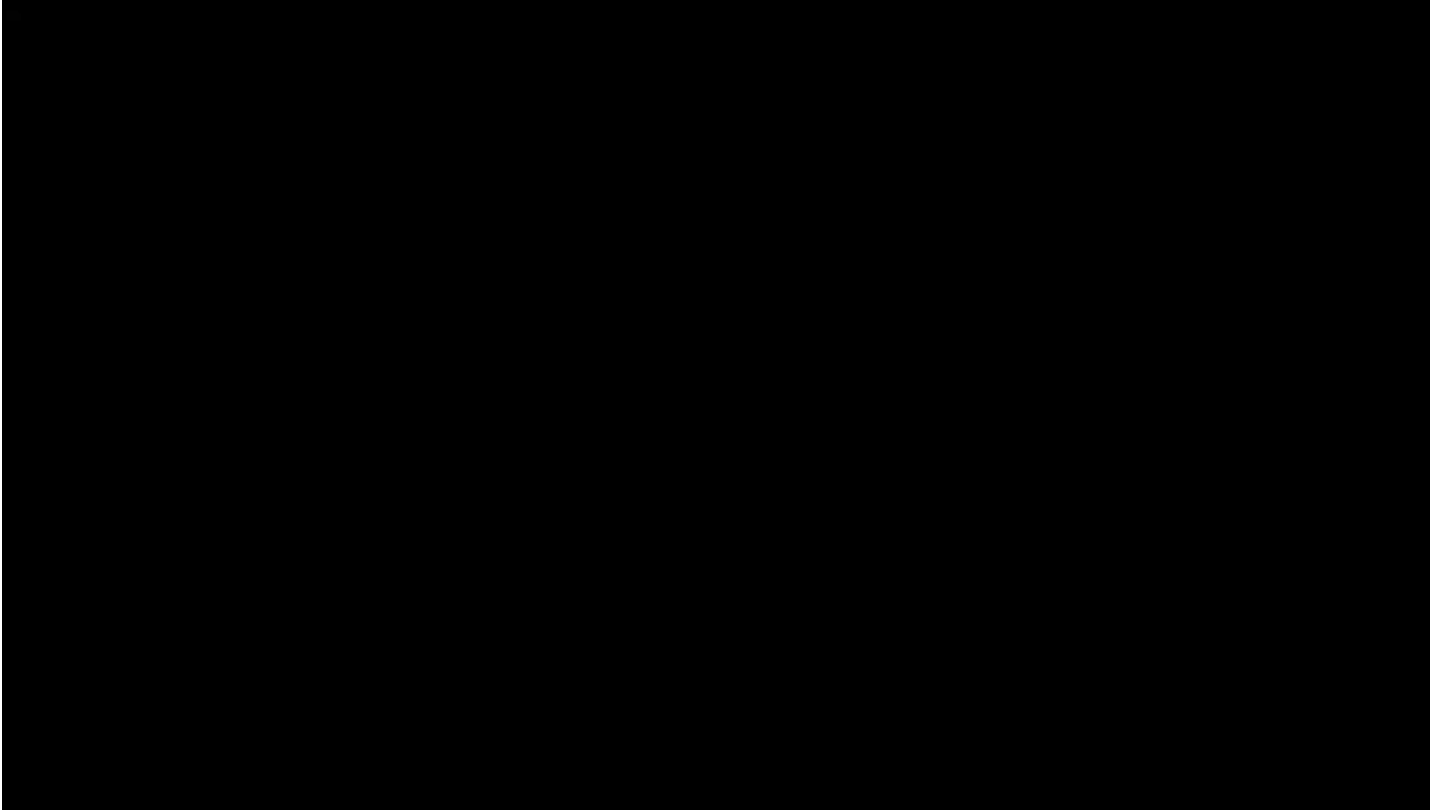
#### ➤ 二向色性



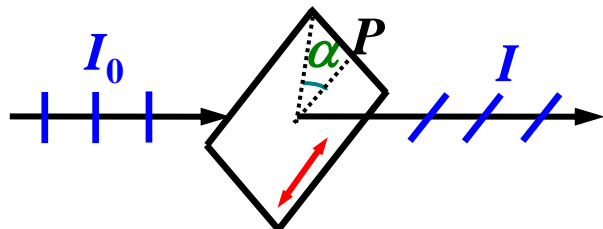
## ➤ 线栅起偏器



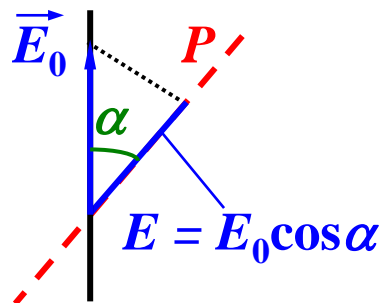
## 二、检偏



### 三、马吕斯定律 (1808年)



$$I_0 \propto E_0^2 \quad I \propto E^2 = E_0^2 \cos^2 \alpha$$




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

$$\alpha = 0, \quad I = I_{\max} = I_0 \quad \alpha = \frac{\pi}{2}, \quad I = 0 \quad \text{—— 消光}$$

## 讨论

振幅为 $A$ 的线偏振光，垂直入射到一理想偏振片上。若偏振片的偏振化方向与入射偏振光的振动方向夹角为 $30^\circ$ ，则透过偏振片的**振幅**为（ ）

- A.  $A/2$      $\sqrt{3}A/2$    C.  $A/4$    D.  $3A/4$

**例题 自然光入射**，在两个偏振化方向正交的偏振片之间插入第三个偏振片。(1) 当最后透过的光强为入射自然光强的 $1/8$ 时，求插入第三个偏振片透振化的方向  
(2) 若最后透射光强为零，则第三个偏振片怎样放置？

**解：** (1) 设入射的自然光光强： $I_0$

通过第一个偏振片后，光强： $I_0/2$

第三个、第一个偏振片透振方向间的夹角： $\alpha$

第二个、第三个偏振片透振方向间的夹角： $90^\circ - \alpha$

根据马吕斯定律，光经过三个偏振片后

$$\frac{I_0}{2} \cos^2 \alpha \cdot \cos^2 (90^\circ - \alpha) = \frac{I_0}{8} \quad \alpha = 45^\circ$$

**例题** 自然光入射，在两个偏振化方向正交的偏振片之间插入第三个偏振片。(1) 当最后透过的光强为入射自然光强的1/8时，求插入第三个偏振片透振化的方向  
(2) 若最后透射光强为零，则第三个偏振片怎样放置？

**解：** (2) 若最后透射出来的光强为零

$$\frac{I_0}{2} \cos^2 \alpha \cdot \cos^2 (90^\circ - \alpha) = 0$$

$$\sin 2\alpha = 0$$

$$\alpha = 0^\circ \text{ 或 } \alpha = 90^\circ$$



**例题** 一束光是自然光和偏振光的混合光，让它垂直通过一偏振片，若以此入射光束为轴旋转偏振片时，测得透射光强强度的最大值是最小值的3倍。求入射光束中，自然光与线偏振光的光强比值。

**解** 设入射光束中自然光强： $I_0$  线偏振光的光强： $I_1$

入射光垂直通过偏振片后的最大光强： $I_{\max} = \frac{1}{2}I_0 + I_1$

最小光强为  $I_{\min} = \frac{1}{2}I_0$

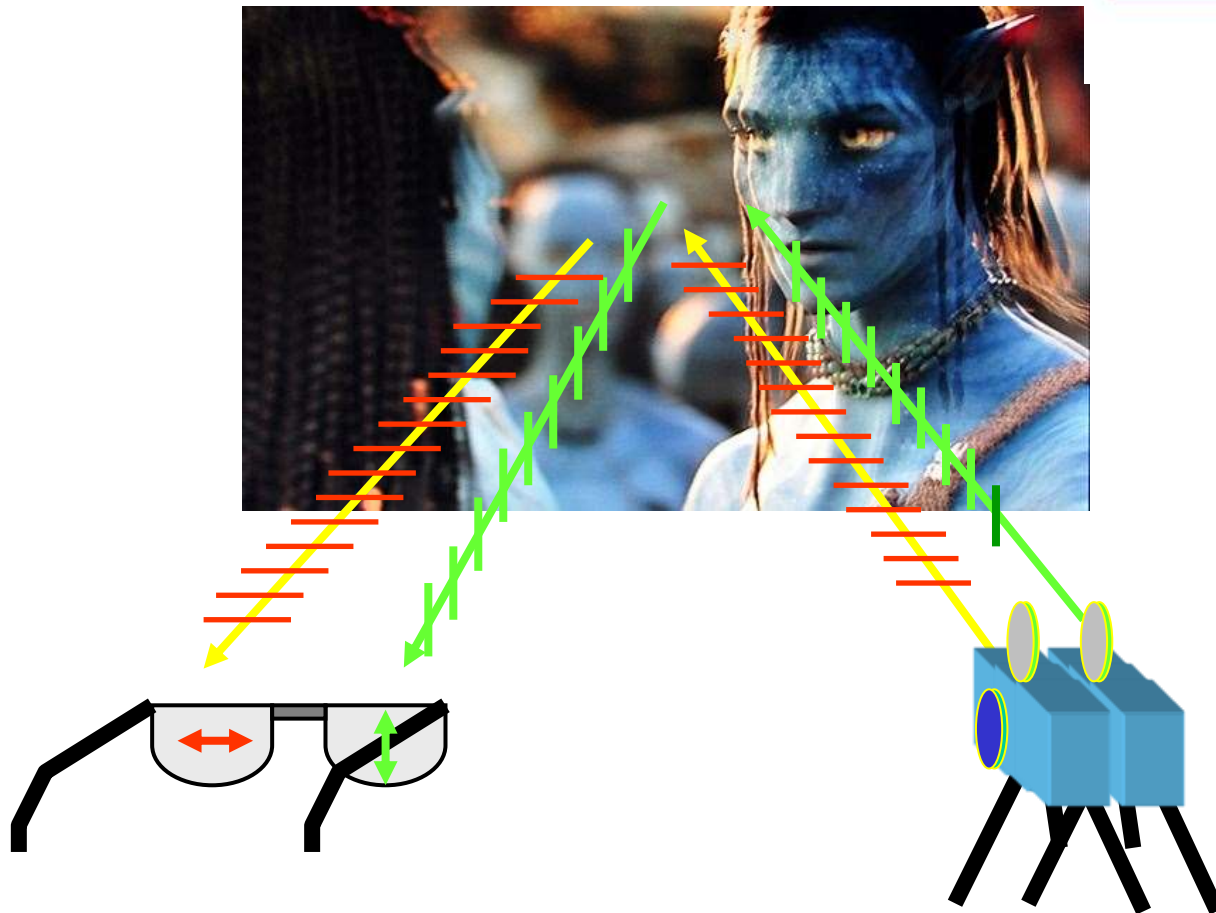
因  $I_{\max} = 3I_{\min}$

自然光与线偏振光的光强比值  $\frac{I_0}{I_1} = \frac{1}{1}$

# 3D电影



# 3D电影

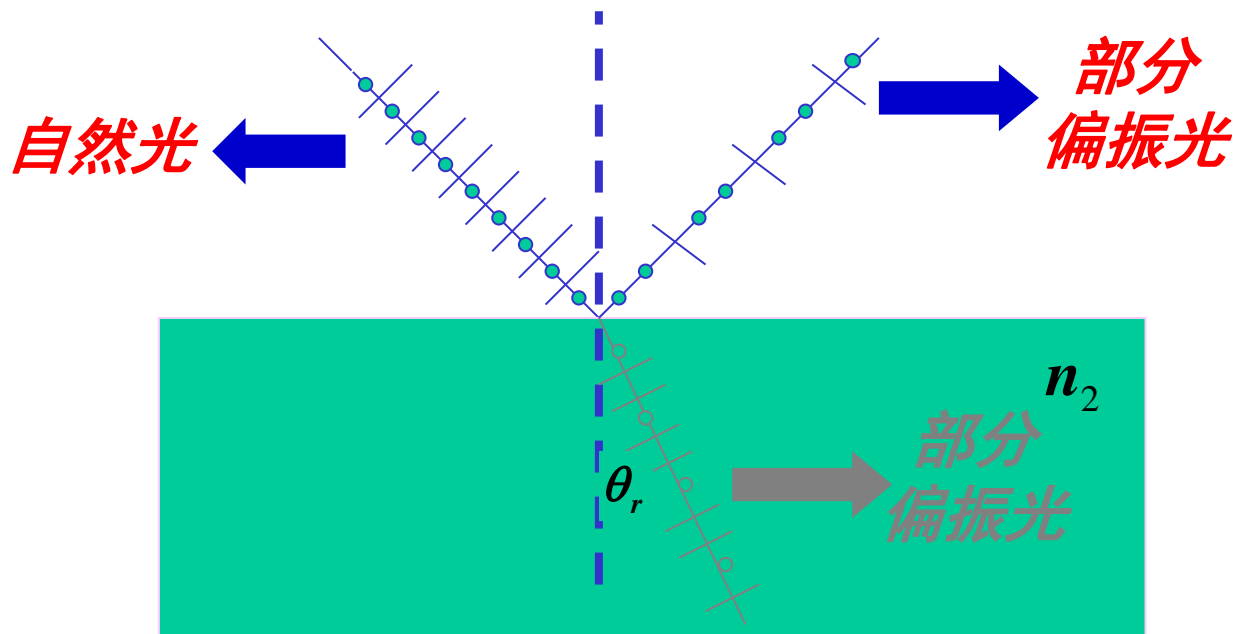


## 19.3 反射和折射时的偏振

### 一、反射和折射时的偏振



- 马吕斯发现一般情况下反射光是部分偏振光
- 布儒斯特进一步发现折射光也是部分偏振光
- 用电磁理论也可以证明，光在两种介质界面上反射和折射时，反射光和折射光确实都是部分偏振光



## 二、布儒斯特定律 (1812)

反射光的偏振化程度取决于入射角

当  $i = i_0$  时

(1) 反射光为线偏振光，其振动方向垂直于入射面

(2) 反射光与折射光传播方向恰好垂直，即  $i_0 + r = \frac{\pi}{2}$

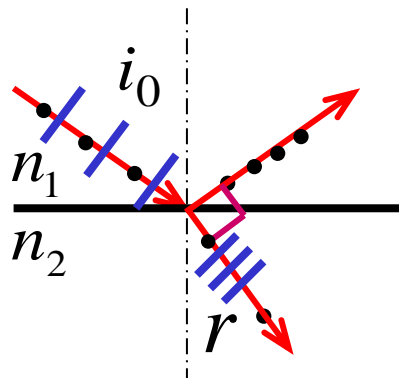
这种规律称为布儒斯特定律

入射角  $i_0$  称布儒斯特角

由折射定律：

$$n_1 \sin i_0 = n_2 \sin r = n_2 \cos i_0$$

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



**说明** 1 公式  $\tan i_0 = \frac{n_2}{n_1} \frac{\text{空气}}{n_1=1} n$  , 提供了测定不透明物质折射率 $n$ 的一种方法。

2 要区分清:

布氏角  $i_0 \rightarrow$  起偏振角  $\tan i_0 = n_2/n_1$

临界角  $i \rightarrow$  全反射角  $\sin i = n_2/n_1$

**光密到光疏**

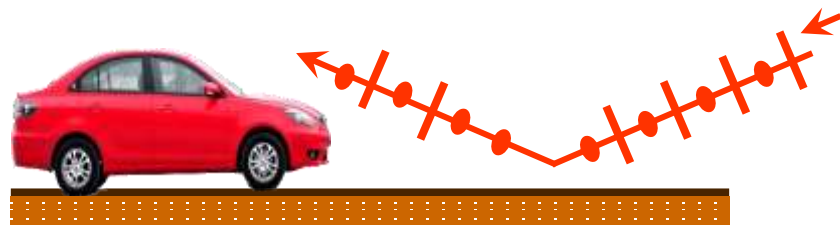
**例题：** 已知某材料在**空气**中的布儒斯特角为  $60^\circ$ ，  
求它的折射率？若将它放在**水**中 ( $n_{\text{水}}=1.33$ )  
该材料对水的相对折射率是多少？

**解：**  $\tan i_0 = \tan 60^\circ = \frac{n_2}{n_1} = \frac{n_2}{1} = \sqrt{3}$

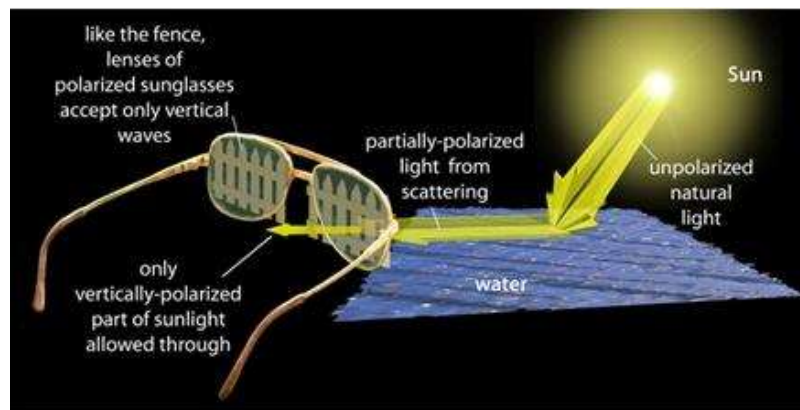
$$n_2 \approx 1.73$$

$$n_{\text{相对}} = \frac{n_2}{n_{\text{水}}} = \frac{1.73}{1.33} \approx 1.3$$





- 因此我们只要戴上偏振太阳镜，镜片的偏振化方向取垂直于路面方向，就可以防止耀眼的眩光了





(A)

玻璃门表面的  
反光很强



(B)

用偏光镜减弱  
了反射偏振光



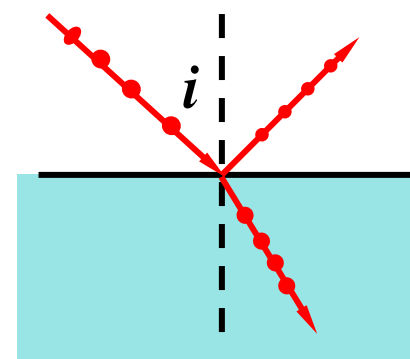
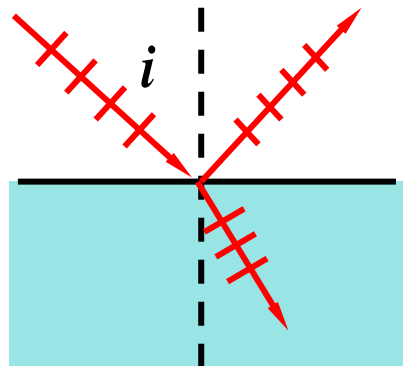
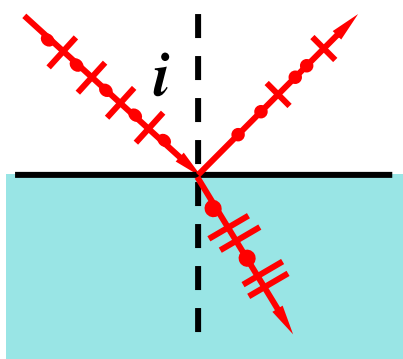
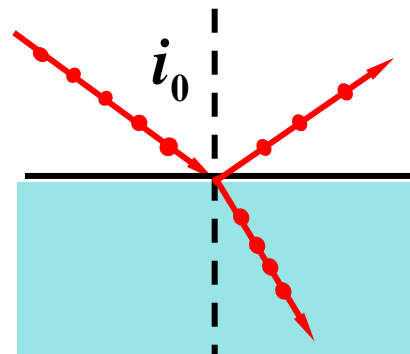
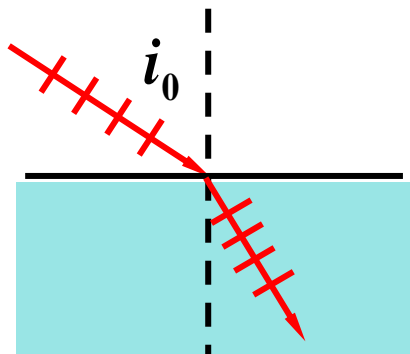
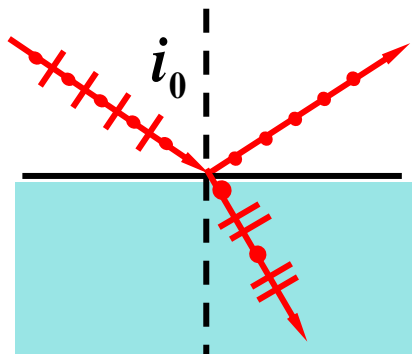
(C)


用偏光镜消除了反  
射偏振光,使玻璃门  
内的人物清晰可见

## 目标侦查中的偏振成像



讨论：下列光线的反射和折射（设起偏角为  $i_0$ ）





**作业：** P148 一.2, 4 二.4 三.2,3