

大学基础物理学

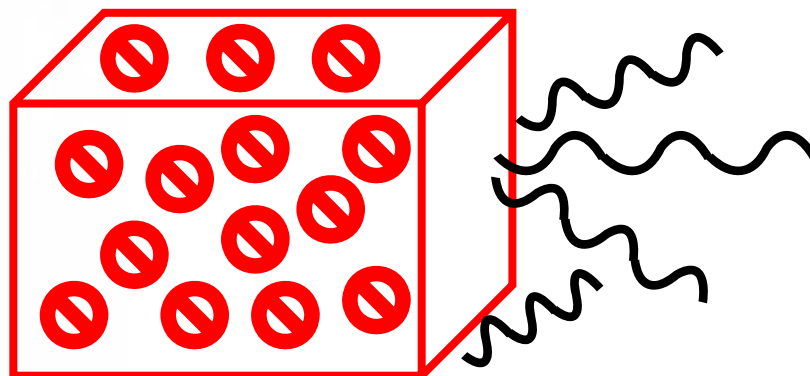
University Fundamental Physics

电子工程系@华东师范大学

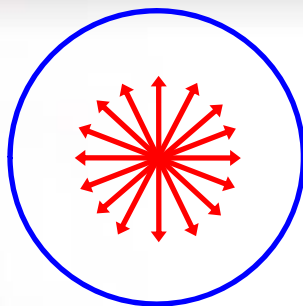
李波

2019年

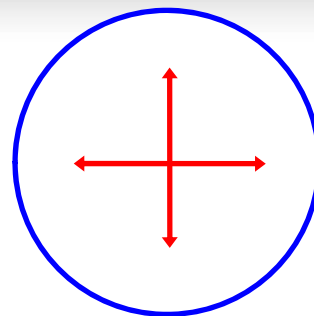




各原子是独立地、随机地发光的。光矢量的大小、方向、初位相等也是随机的。



没有优势方向



自然光的分解

E_x 和 E_y 无固定关系:

它们是彼此独立的振动, $\overline{E}_x = \overline{E}_y$

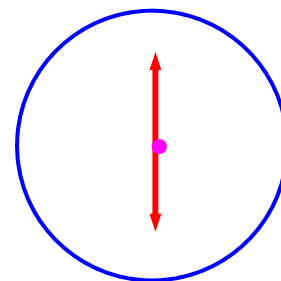
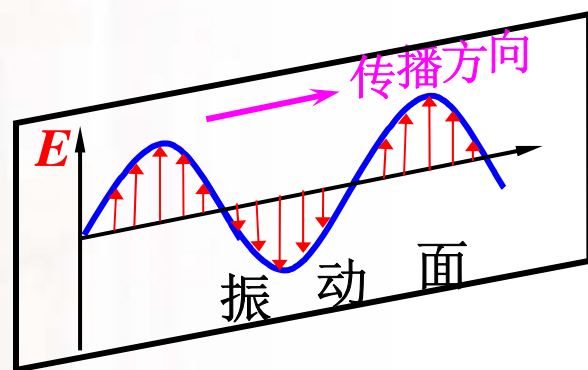
与 x, y 方向选择无关

总光强 $I = I_x + I_y = 2I_x = 2I_y$

——非相干叠加

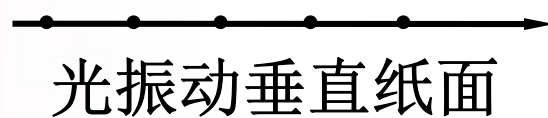
二. 完全偏振光

1. 线偏振光 (linearly polarized light)



面对光的传播方向看

表示法:



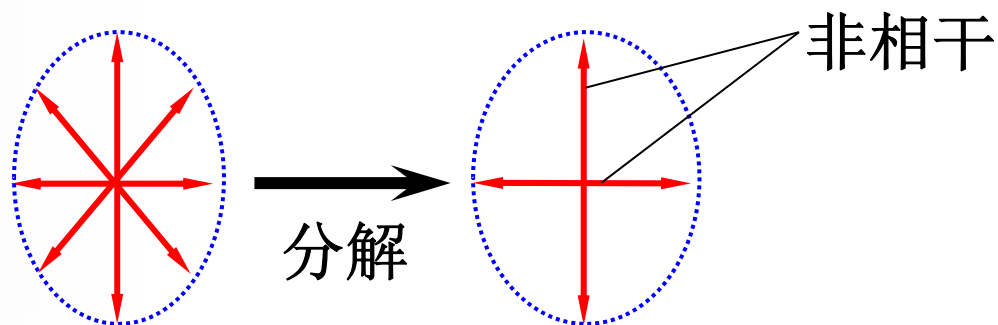
光振动垂直纸面



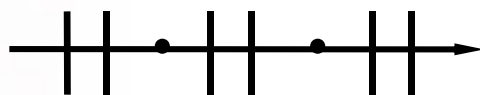
光振动平行纸面

部分偏振光

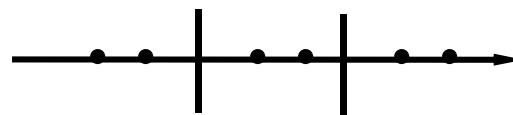
自然光和完全偏振光的混合，就构成了部分偏振光。最常讨论的部分偏振光可看成是自然光和线偏振光的混合，它可以分解如下：



表示法：



平行纸面的
光振动较强



垂直纸面的
光振动较强



描写部分偏振光的偏振程度的物理量是偏振度：
(degree of polarization)

偏振度：

$$P = \frac{I_p}{I_t} = \frac{I_p}{I_n + I_p}$$

I_t 一部分偏振光的总强度

I_p 一部分偏振光中包含的完全偏振光的强度

I_n 一部分偏振光中包含的自然光的强度

完全偏振光 (线、圆、椭圆) $P = 1$

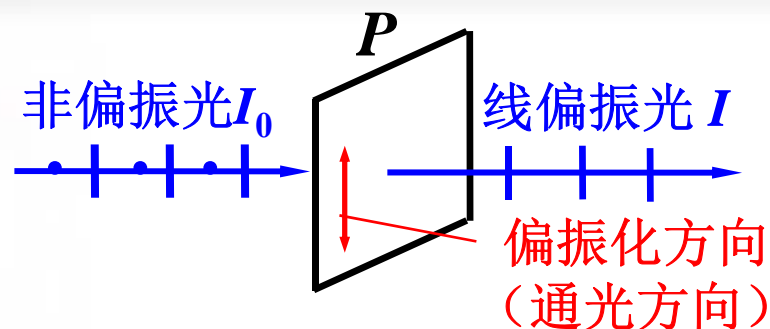
自然光 (非偏振光) $P = 0$

部分偏振光 $0 < P < 1$

光的偏振状态的获得

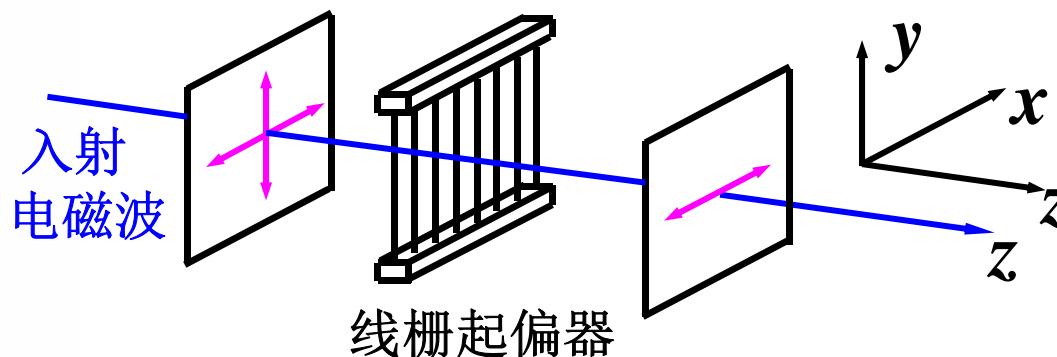
- 由介质吸收引起的光的偏振
- 由反射引起的光的偏振
- 由双折射引起的光的偏振
- 由散射引起的光的偏振

▲ 线偏振光的起偏：

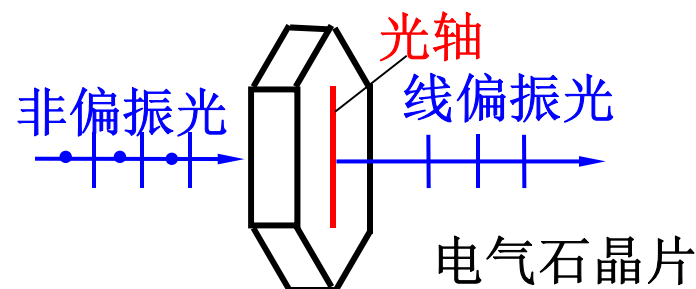


$$I = \frac{1}{2} I_0$$

- 分子型：
(聚乙烯醇)



- 微晶型：
(硫酸碘奎宁)



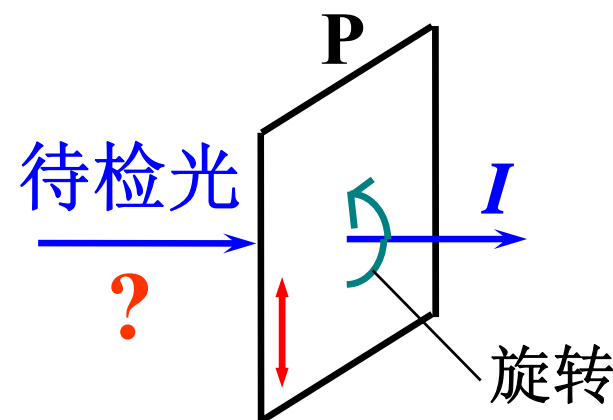
线偏振光的检偏

检偏：用偏振器件检验光的偏振态

设入射光可能是**自然光** 或

线偏振光 或由线偏振光与自

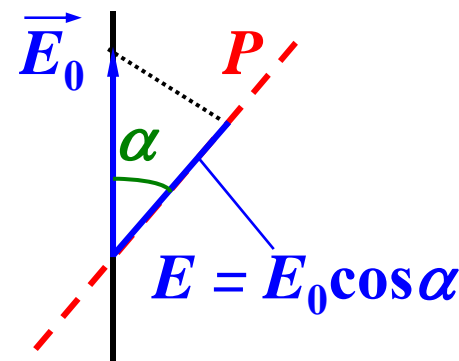
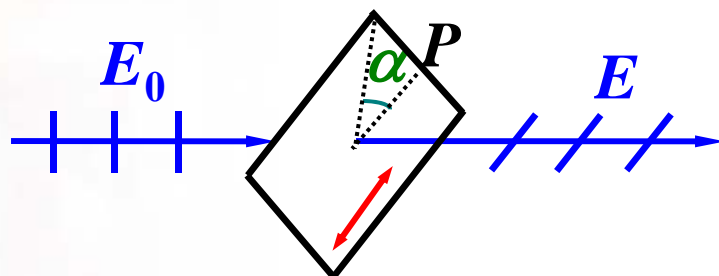
然光混合而成的**部分偏振光**



思考

- 若 I 不变 \rightarrow ? 是什么光
- 若 I 变, 有消光 \rightarrow ? 是什么光
- 若 I 变, 无消光 \rightarrow ? 是什么光

马吕斯定律 (Malus law)



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

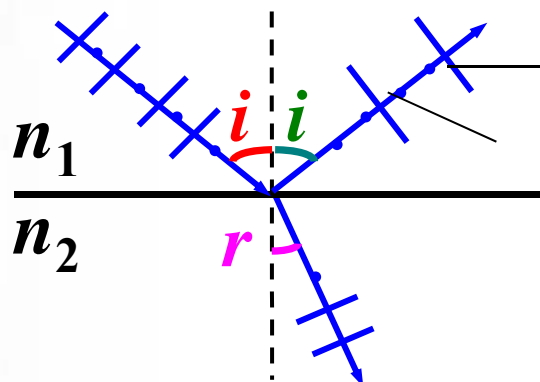
$$\boxed{I = I_0 \cos^2 \alpha} \quad \text{—— 马吕斯定律 (1809)}$$

$$\alpha = 0, \quad I = I_{\max} = I_0,$$

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

- 由反射引起的光的偏振

- 一. 反射时光的偏振



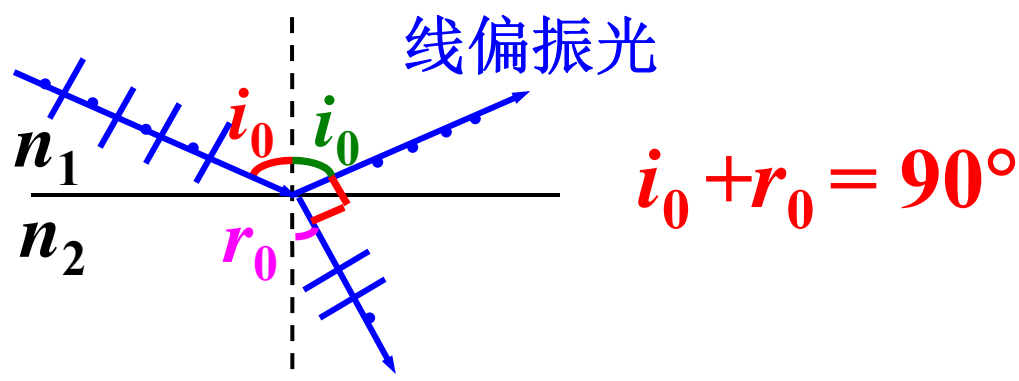
自然光反射和折射后成为部分偏振光

反射光垂直入射面的分量比例大，

折射光平行入射面的分量比例大，

入射角 i 变 \rightarrow 反射、折射光的偏振度也变。

$i = i_0$ 时，反射光只有垂直线偏振分量：



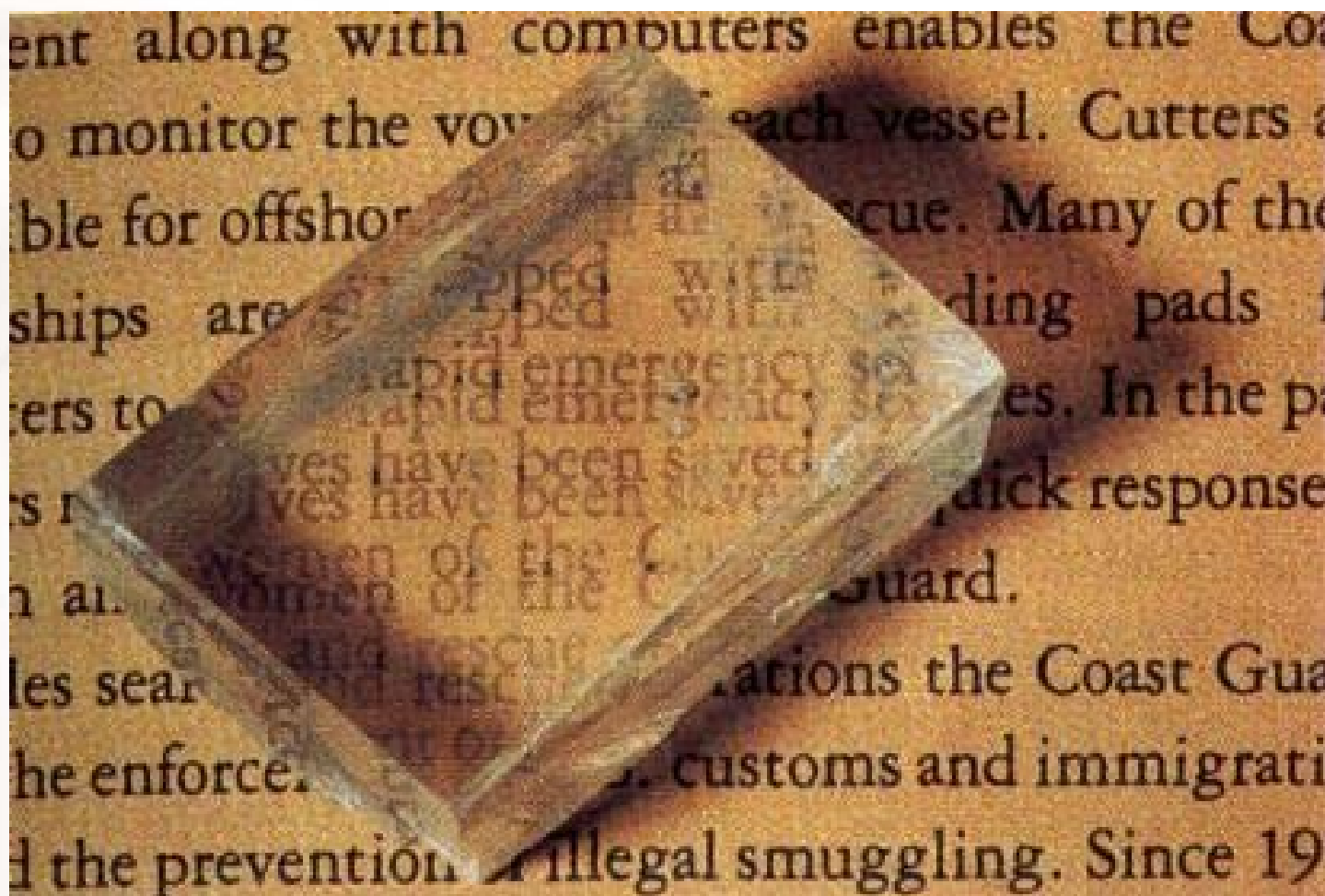
i_0 — 布儒斯特角 (**Brewster angle**) 或 起偏角

由 $n_1 \sin i_0 = n_2 \sin r_0 = n_2 \cos i_0$

有 $\boxed{\operatorname{tg} i_0 = \frac{n_2}{n_1} = n_{21}}$ — 布儒斯特定律 (1812年)
(**Brewster Law**)

- 由双折射引起的光的偏振

- 一. 双折射 (**birefringence**)



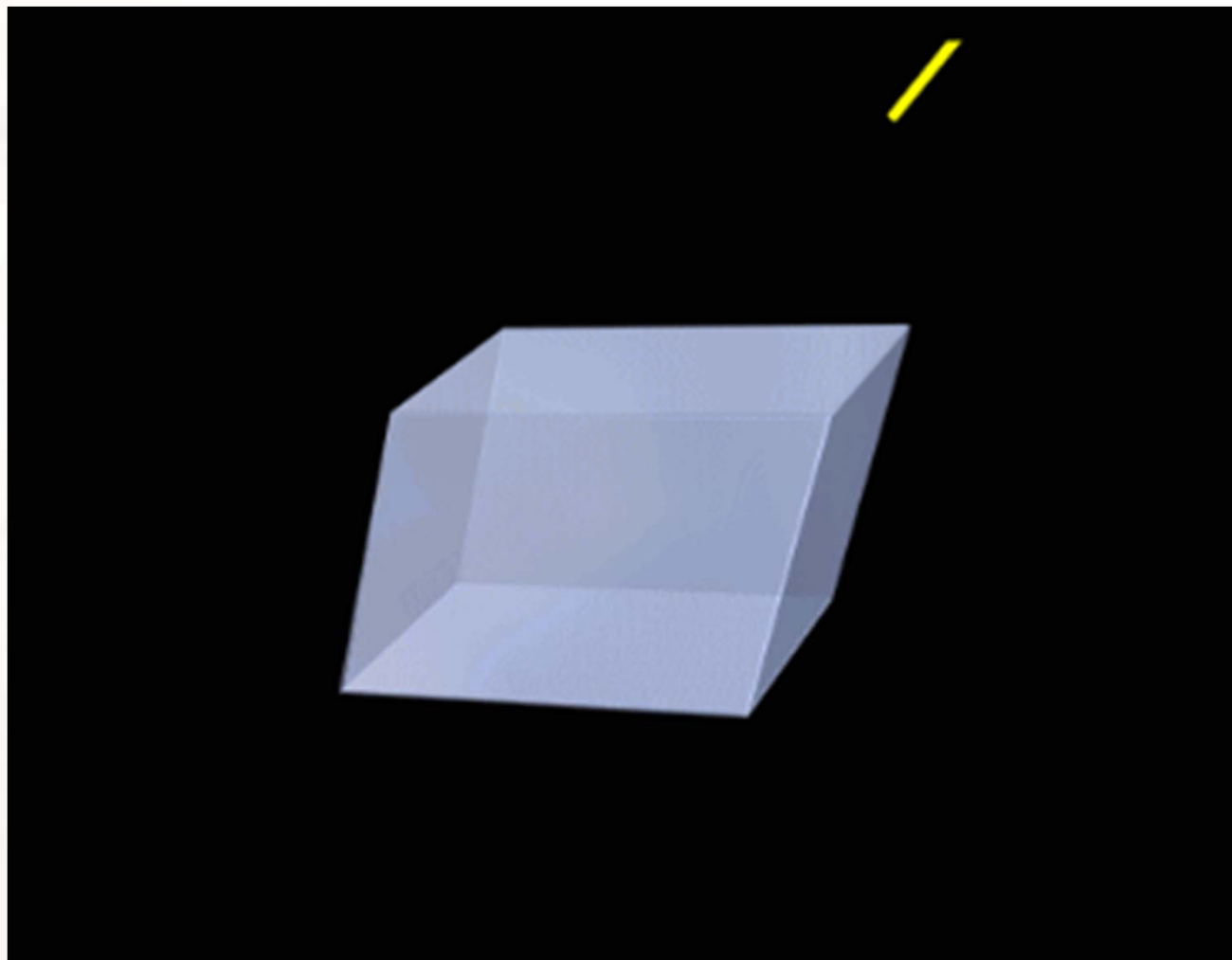


为什么会有双折射现象？

-----各向异性物质

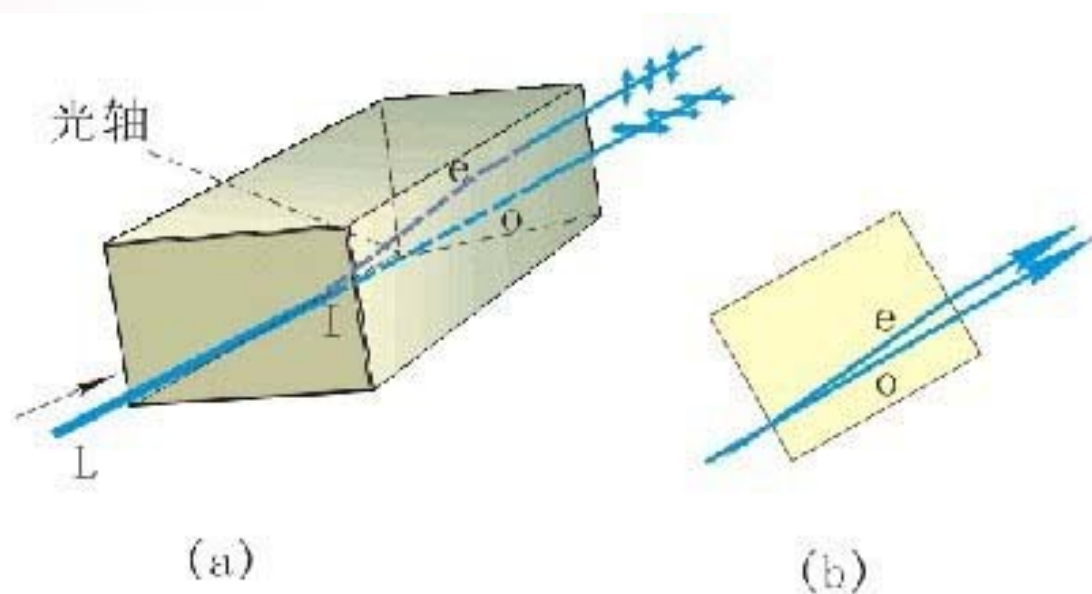
光波入射非均质体，其传播速度和折射率值随振动方向不同而改变，其折射率值不止一个；

除特殊方向以外，都要发生双折射，分解成振动方向互相垂直、传播速度不同、折射率不等的两种偏振光，此现象即为双折射。



双折射的两束光振动方向相互垂直

-----偏振光

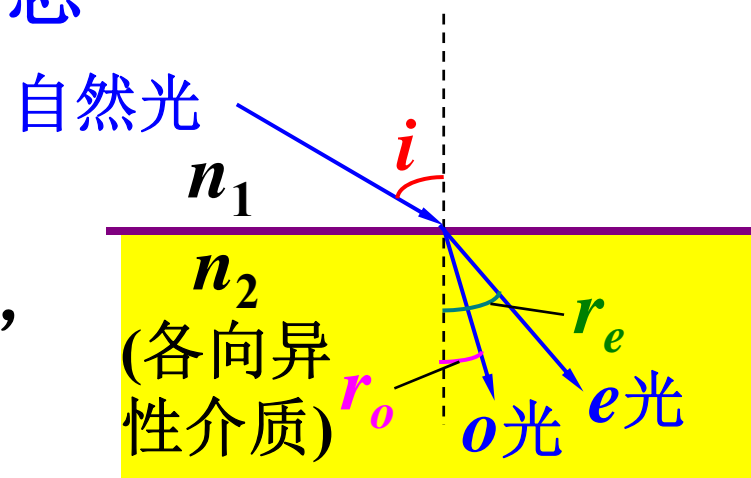


- 由双折射引起的光的偏振

双折射 (birefringence) 的概念

1. 双折射:

一束光入射到各向异性介质时，
折射光分成两束的现象。



2. 寻常 (o) 光和非寻常 (e) 光

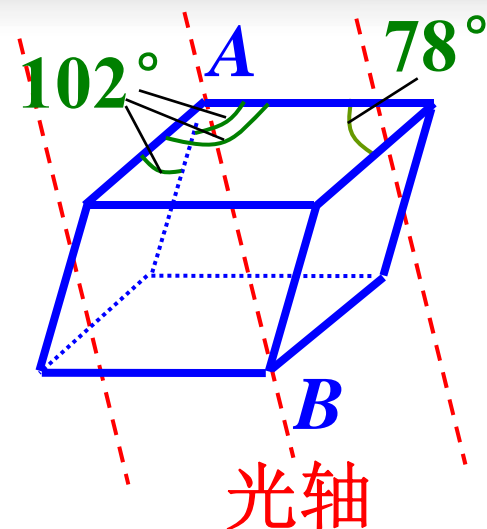
o光 : 遵从折射定律 $n_1 \sin i = n_2 \sin r_o$

e光 : 一般不遵从折射定律 $\frac{\sin i}{\sin r_e} \neq \text{const.}$

e光折射线也不一定在入射面内。

例如，方解石晶体（冰洲石）

与三个棱边成等角的方向
就是光轴。



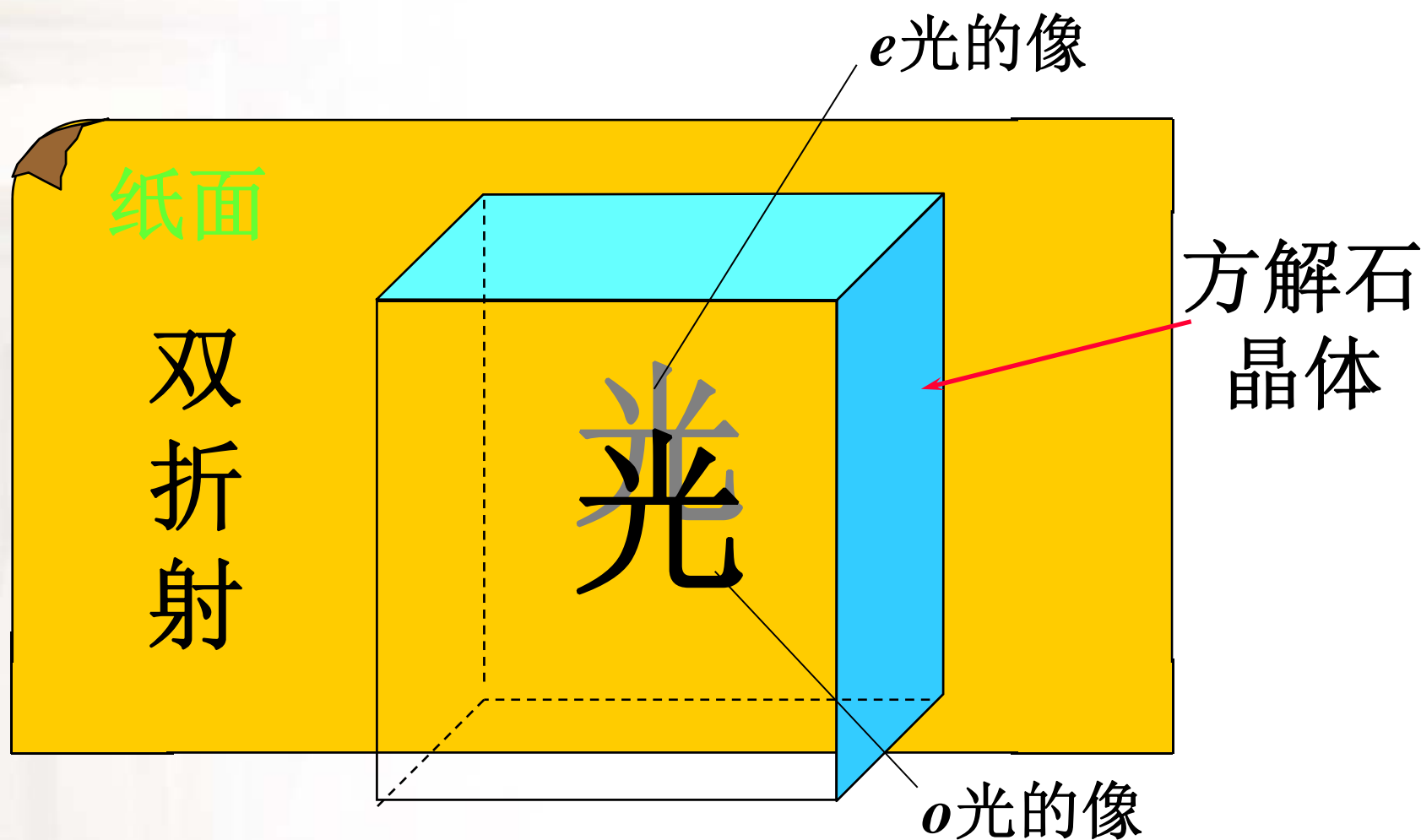
光轴是一个特殊的方向，

凡平行于此方向的直线均为光轴。

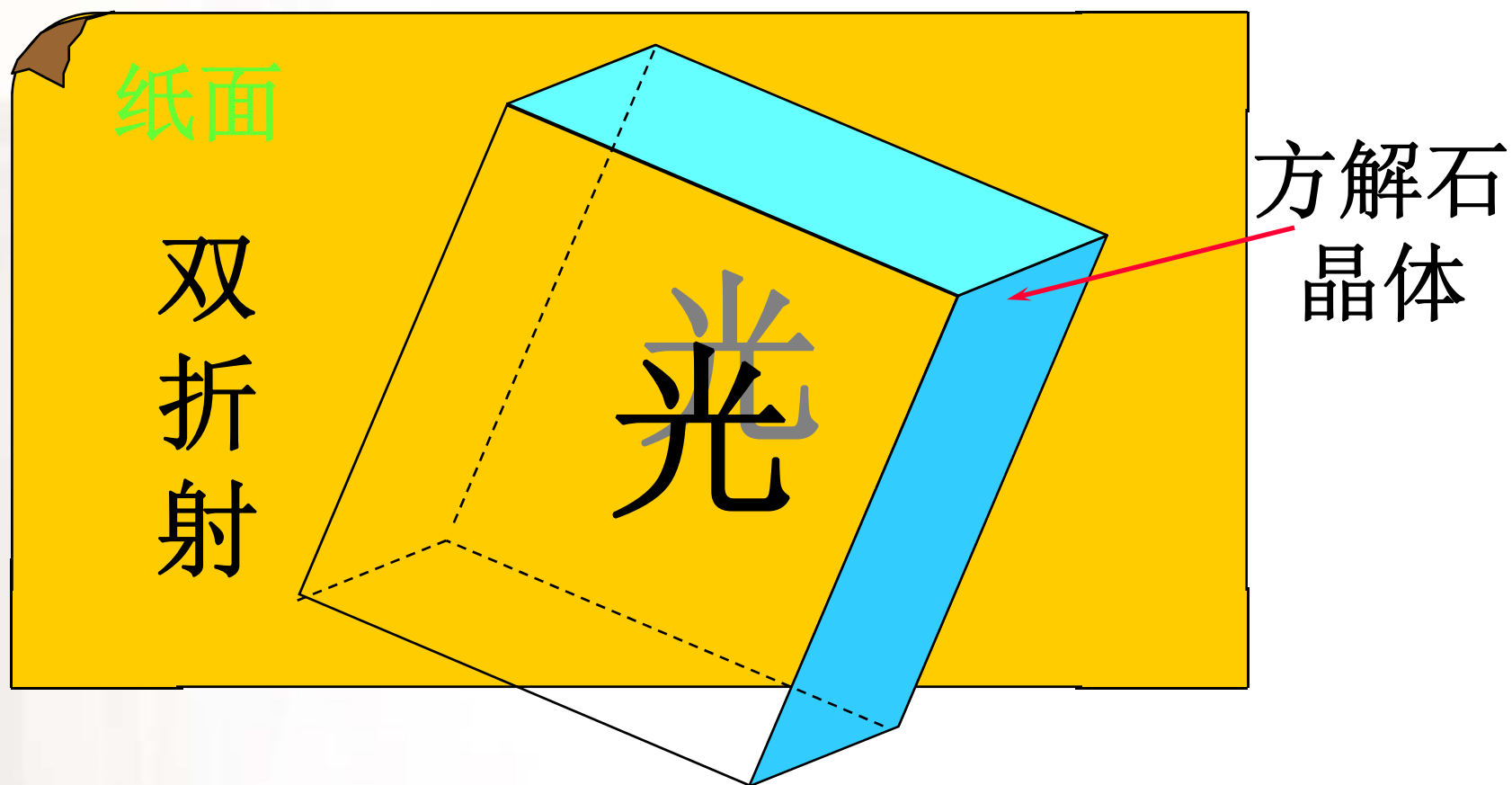
单轴晶体：只有一个光轴的晶体，如方解石。

双轴晶体：有两个光轴的晶体，如云母。

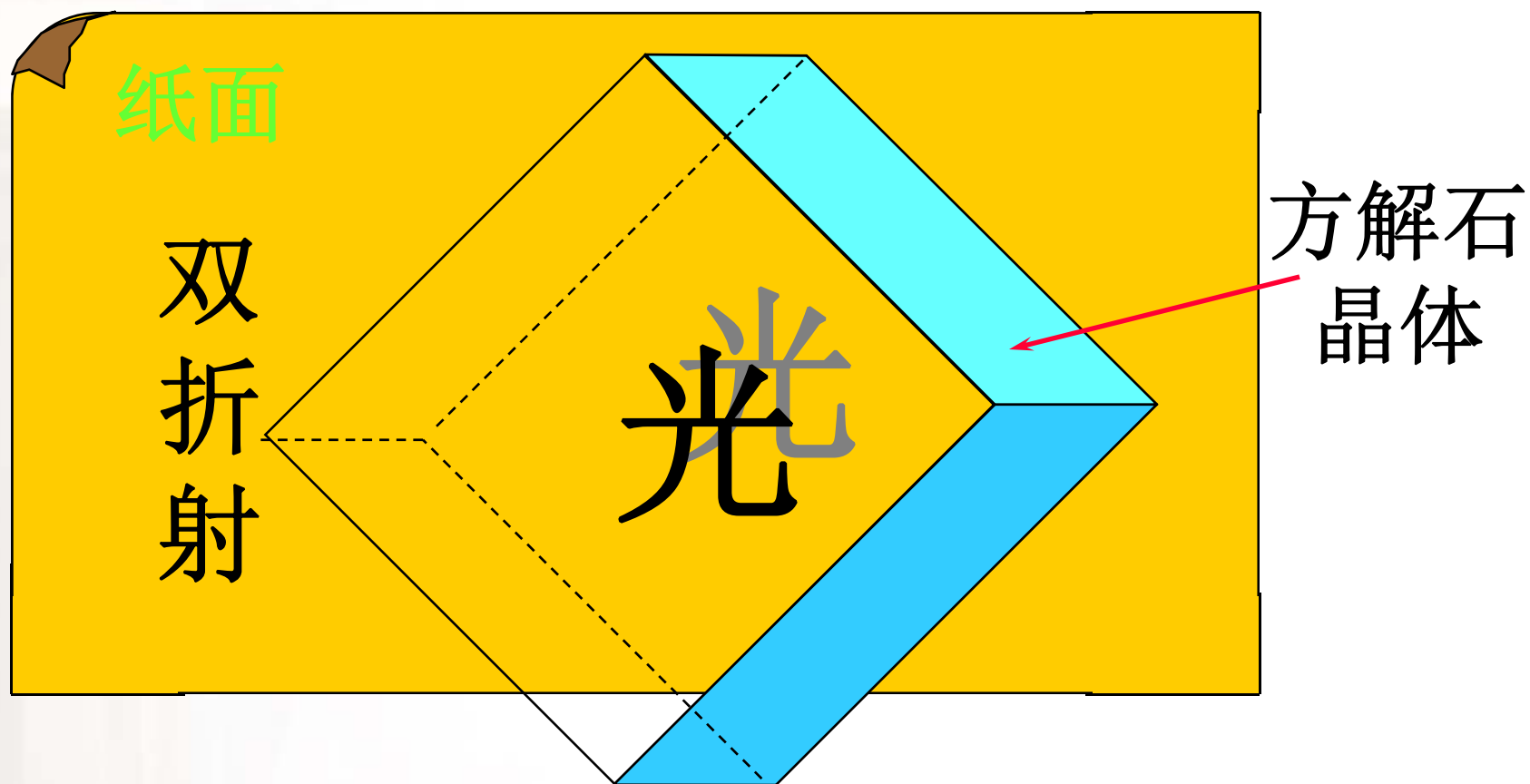
当方解石晶体旋转时， o 光的像不动， e 光的像围绕 o 光的像旋转。



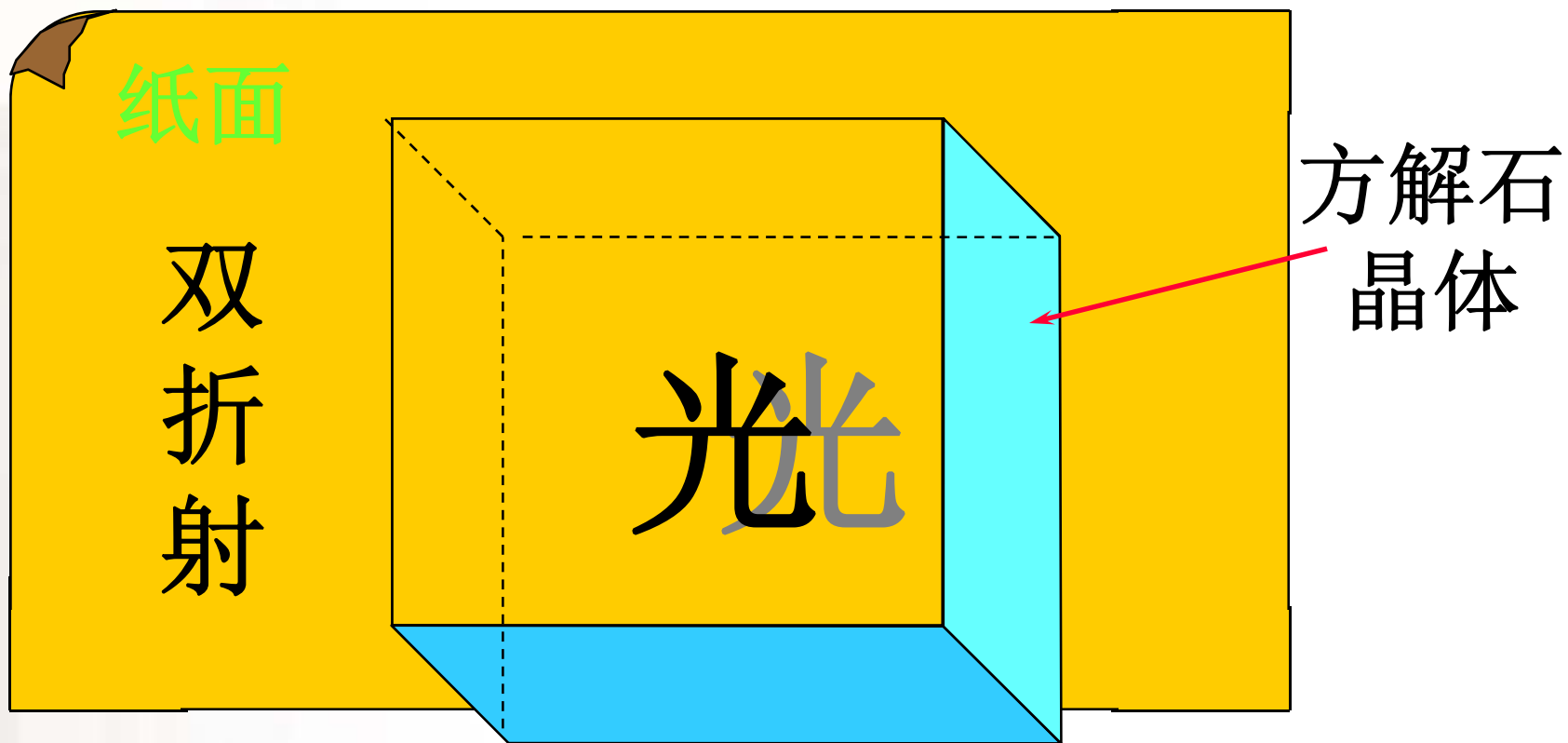
继续旋转方解石晶体：



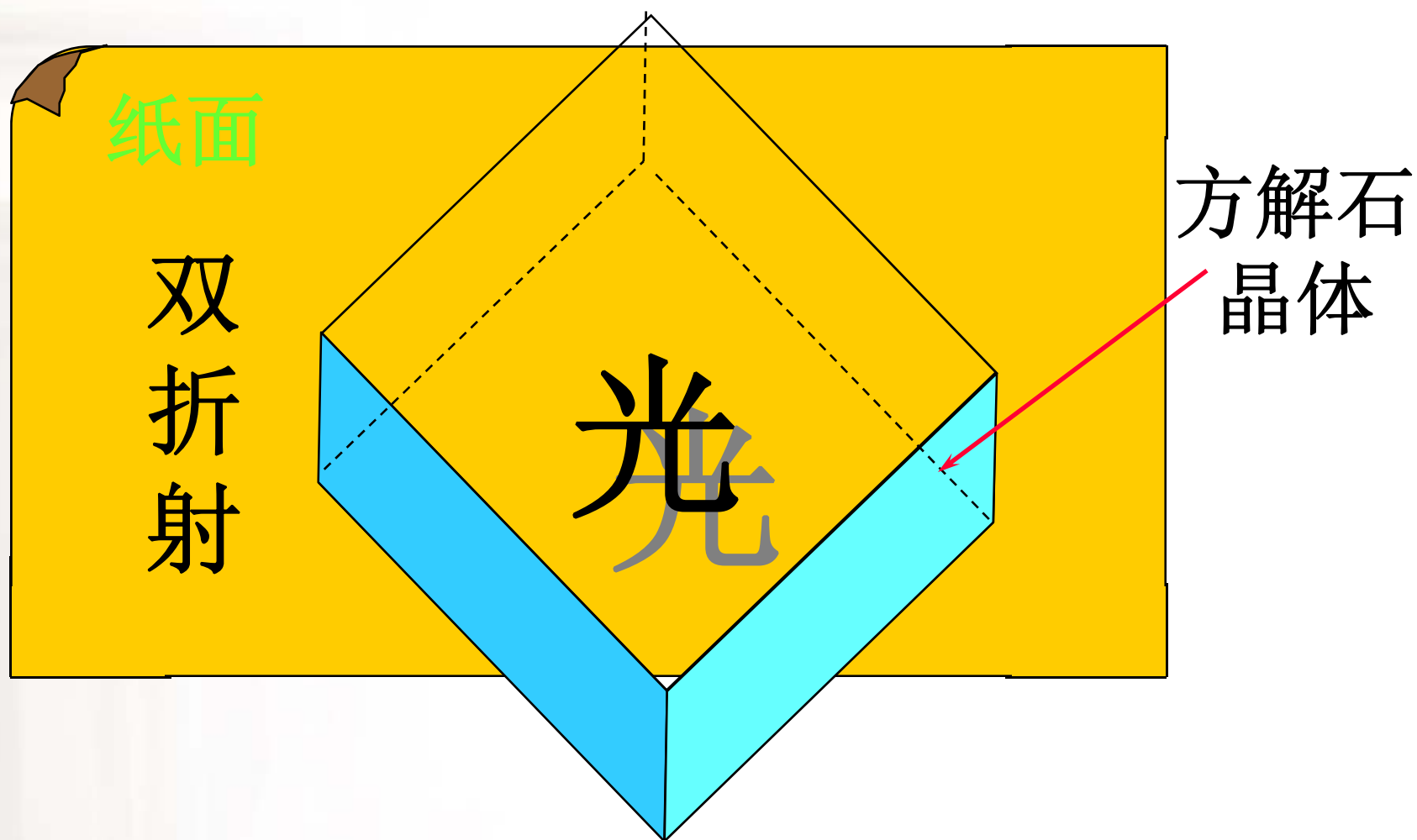
继续旋转方解石晶体：

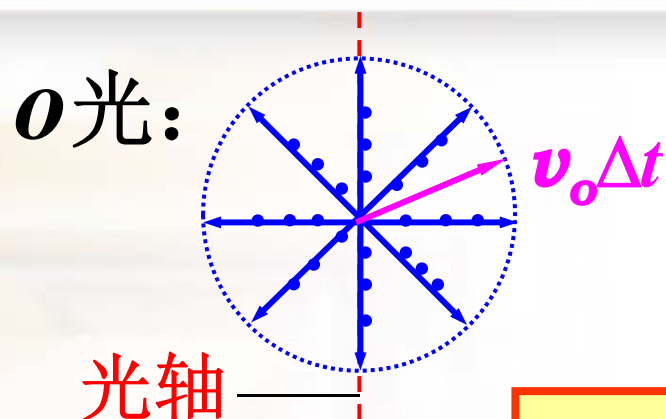


继续旋转方解石晶体：



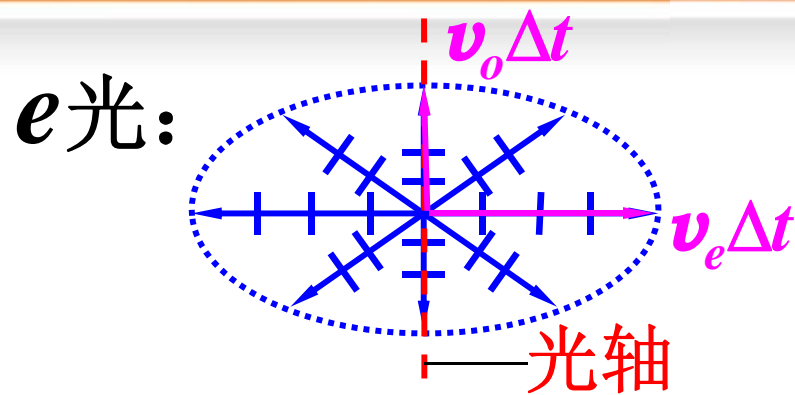
继续旋转方解石晶体：





$$n_o = \frac{c}{v_o}$$

n_o, n_e 称为
晶体的主折射率

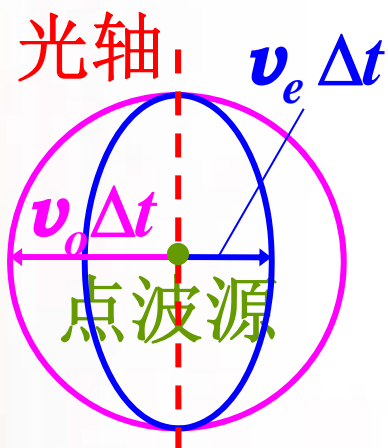


$$v_o \rightarrow n_o$$

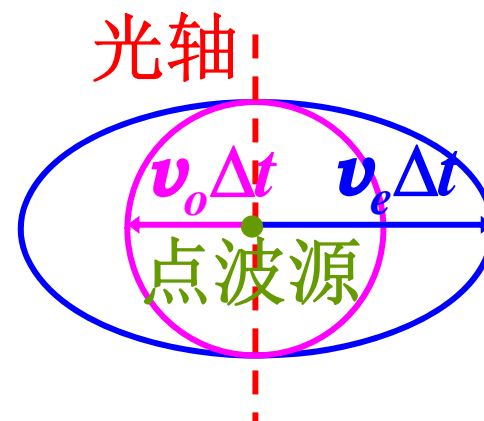
$$v_e \rightarrow n_e = \frac{c}{v_e}$$

正晶体: $n_e > n_o$ ($v_e < v_o$) 负晶体: $n_e < n_o$ ($v_e > v_o$)

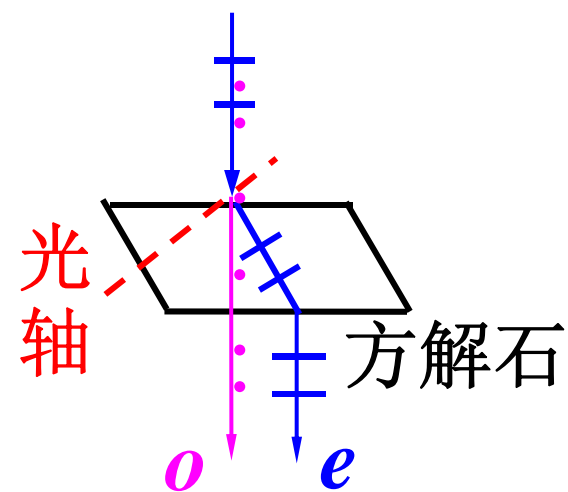
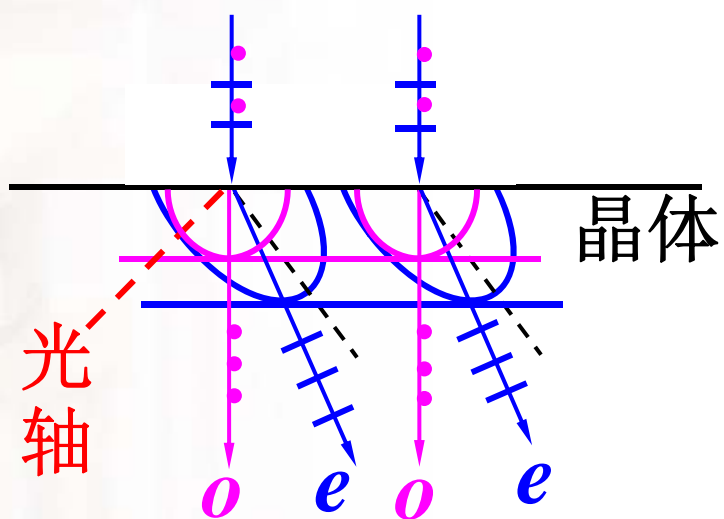
如: 石英
、冰



如: 方解石
、红宝石

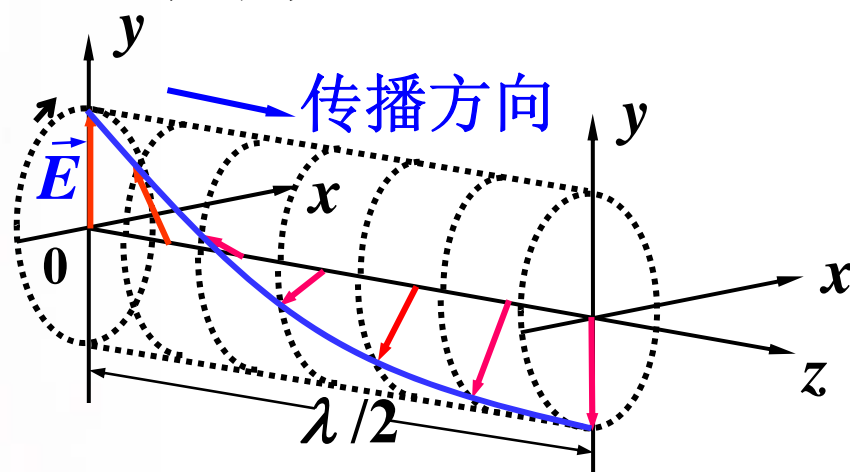
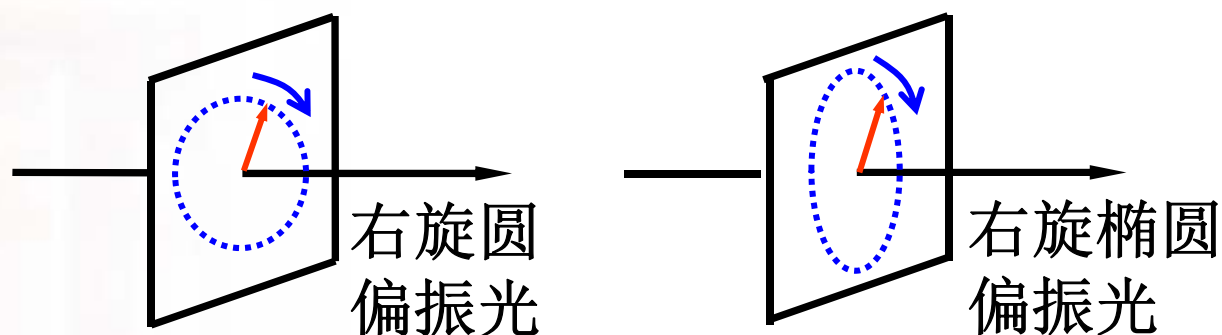


光轴与晶体表面斜交，自然光垂直入射



这正是前面演示的情形。

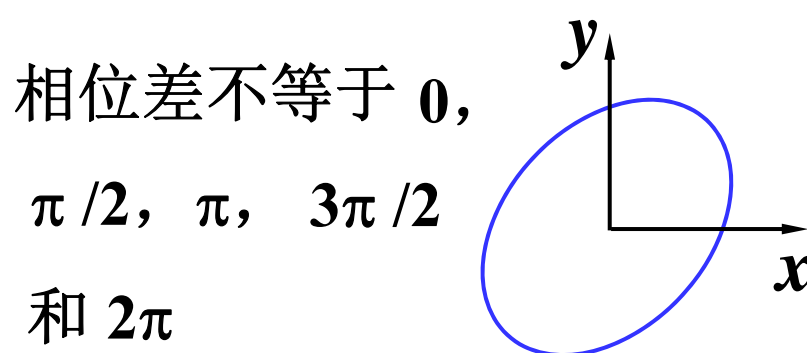
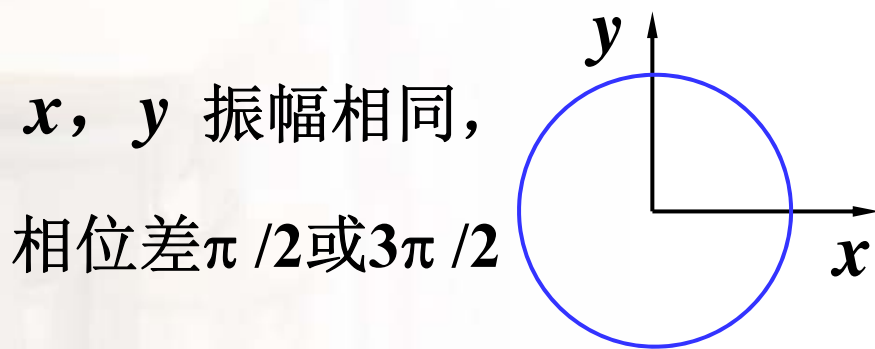
圆偏振光 (circularly polarized light) 和 椭圆偏振光 (elliptically polarized light)



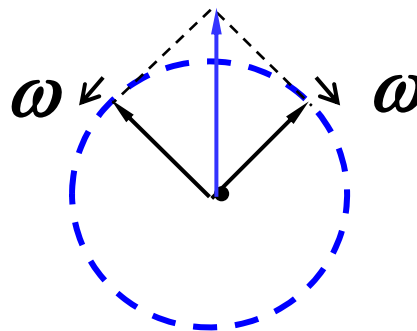
某时刻右旋圆偏振光 \vec{E} 随 z 的变化

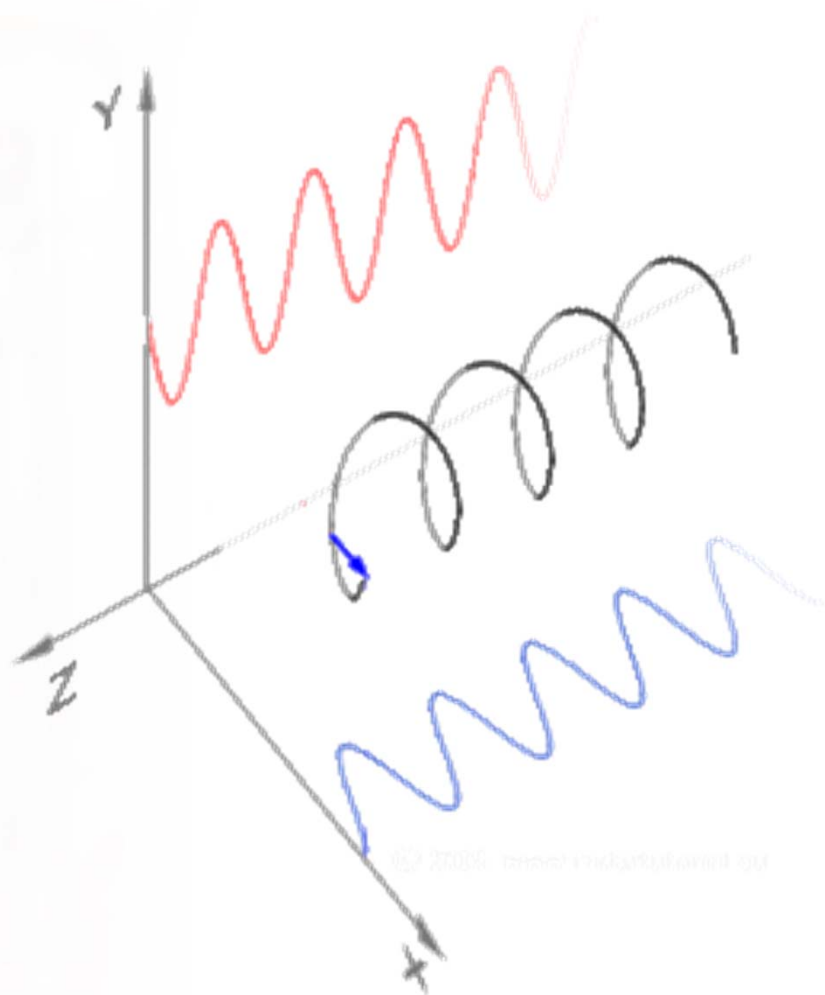
线、圆和椭圆偏振光均称为完全偏振光。

圆和椭圆偏振光可看成是两束频率相同、传播方向一致、振动方向相互垂直、相位差为某个确定值的线偏振光的合成。

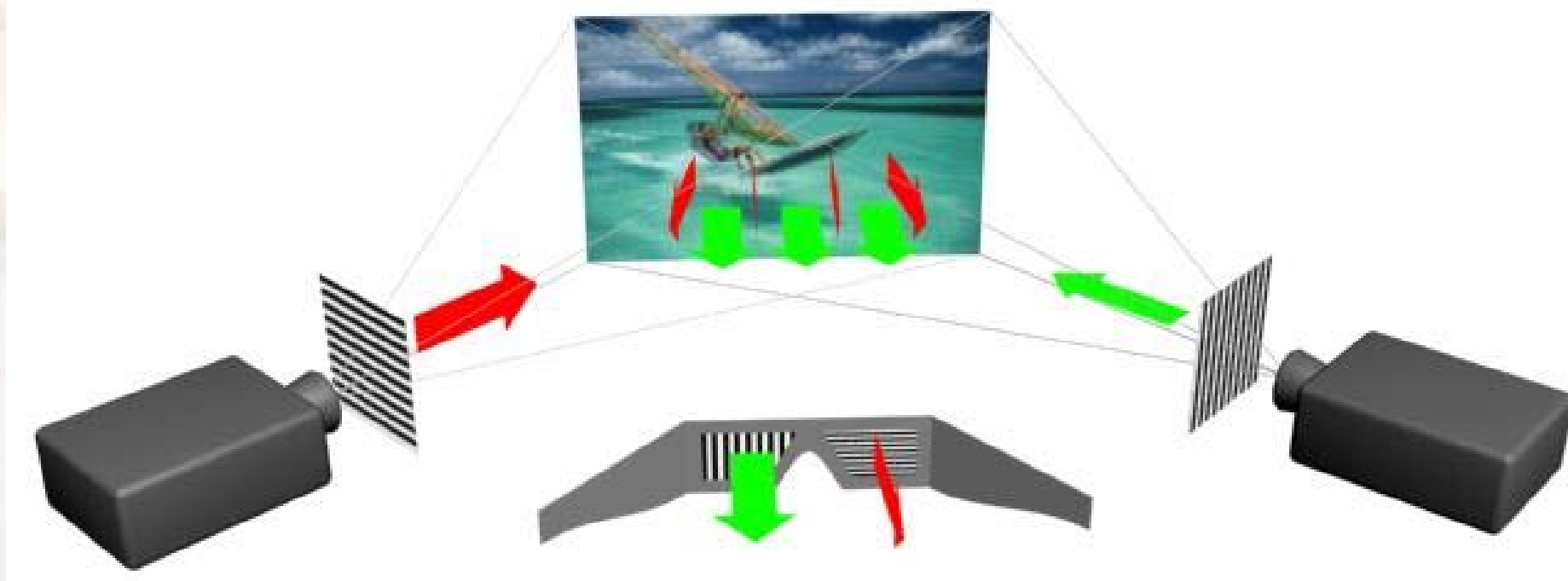


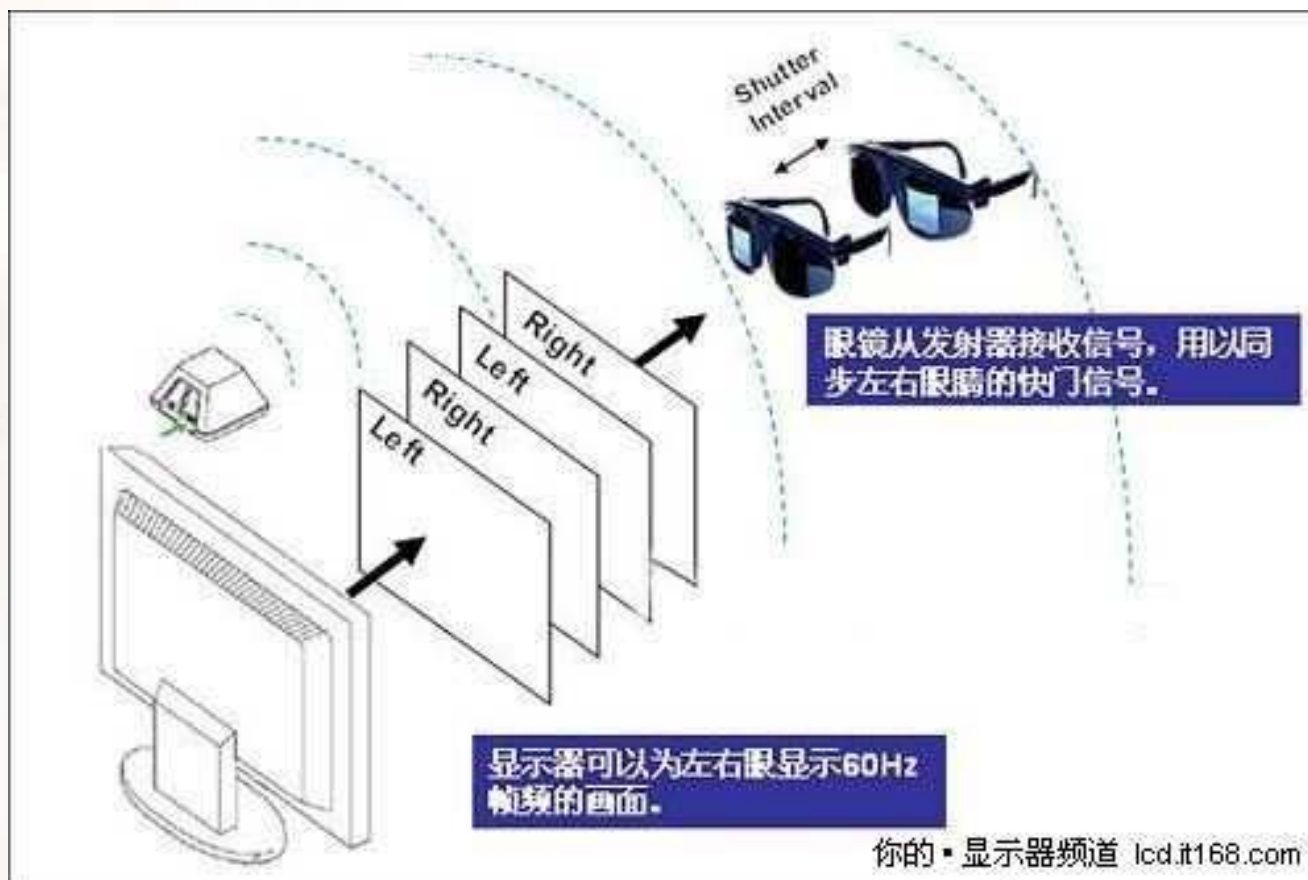
反之，线偏振光则看成是两束频率相同、相位相同、振幅相同、传播方向亦相同的左、右旋圆偏振光的合成。











四. 偏振片的应用

偏振片的应用很多，例如：

- ▲ 作为许多光学仪器中的起偏和检偏装置。
- ▲ 作为照相机的滤光镜，可以滤掉不必要的反射光。
- ▲ 制成偏光眼镜，可观看立体电影。
- ▲ 若在所有汽车前窗玻璃和大灯前都装上与地面成 45° 角、且向同一方向倾斜的偏振片，可以避免汽车会车时灯光的晃眼。

谢谢！

