

第11章 光的偏振

- 11.1 偏振光和自然光
- 11.2 利用偏振光获得线偏振光
- 11.3 利用反射和折射获得线偏振光
- 11.4 双折射现象及其应用
- 11.5 立体电影和偏振眼镜（研讨）
- 11.6 偏光显微镜（研讨）
- 11.7 液晶显示器成像原理（研讨）
- 11.8 旋光效应及其应用（研讨）

11.1 偏振光和自然光

01 光的偏振性

02 线偏振光

03 自然光

04 部分偏振光

05 圆偏振光和椭圆偏振光

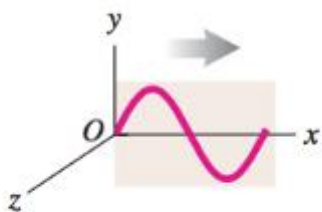
01 光的偏振性

偏振

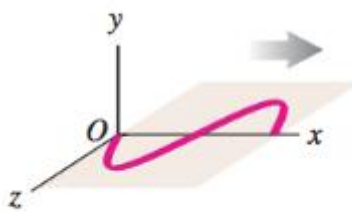
- 波的振动方向对于传播方向的不对称性
- 只有横波才有偏振现象

以机械波为例

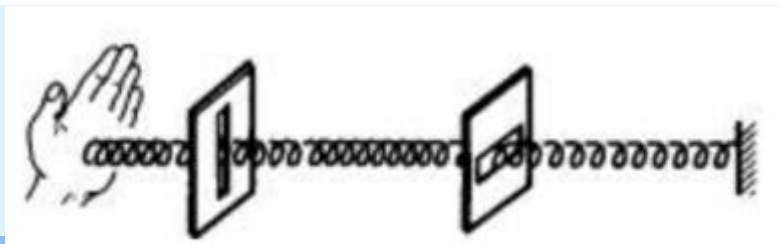
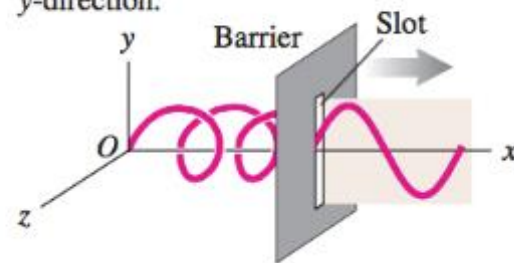
(a) Transverse wave linearly polarized in the y-direction



(b) Transverse wave linearly polarized in the z-direction



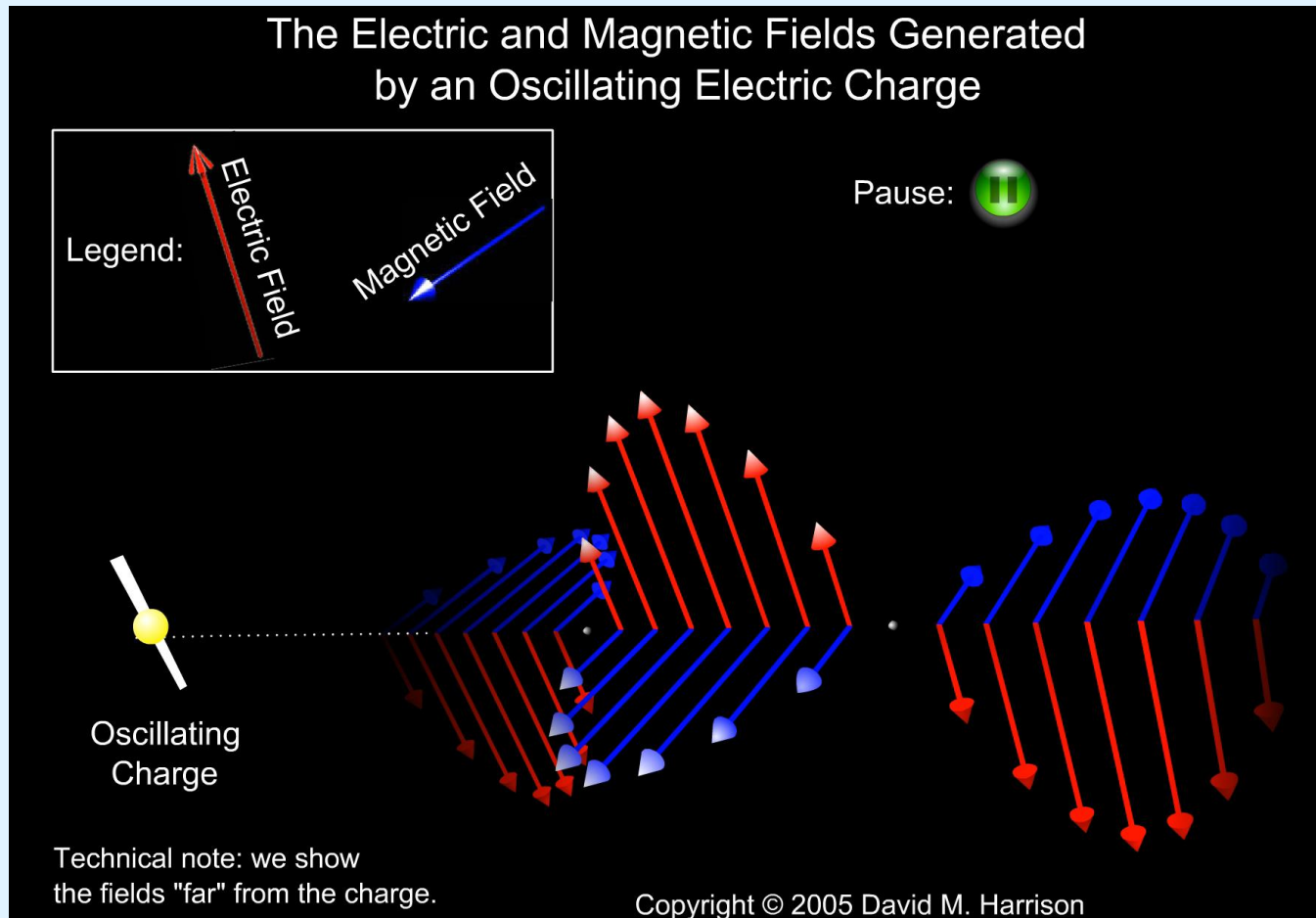
(c) The slot functions as a polarizing filter, passing only components polarized in the y-direction.



光的干涉和衍射现象说明光具有波动性

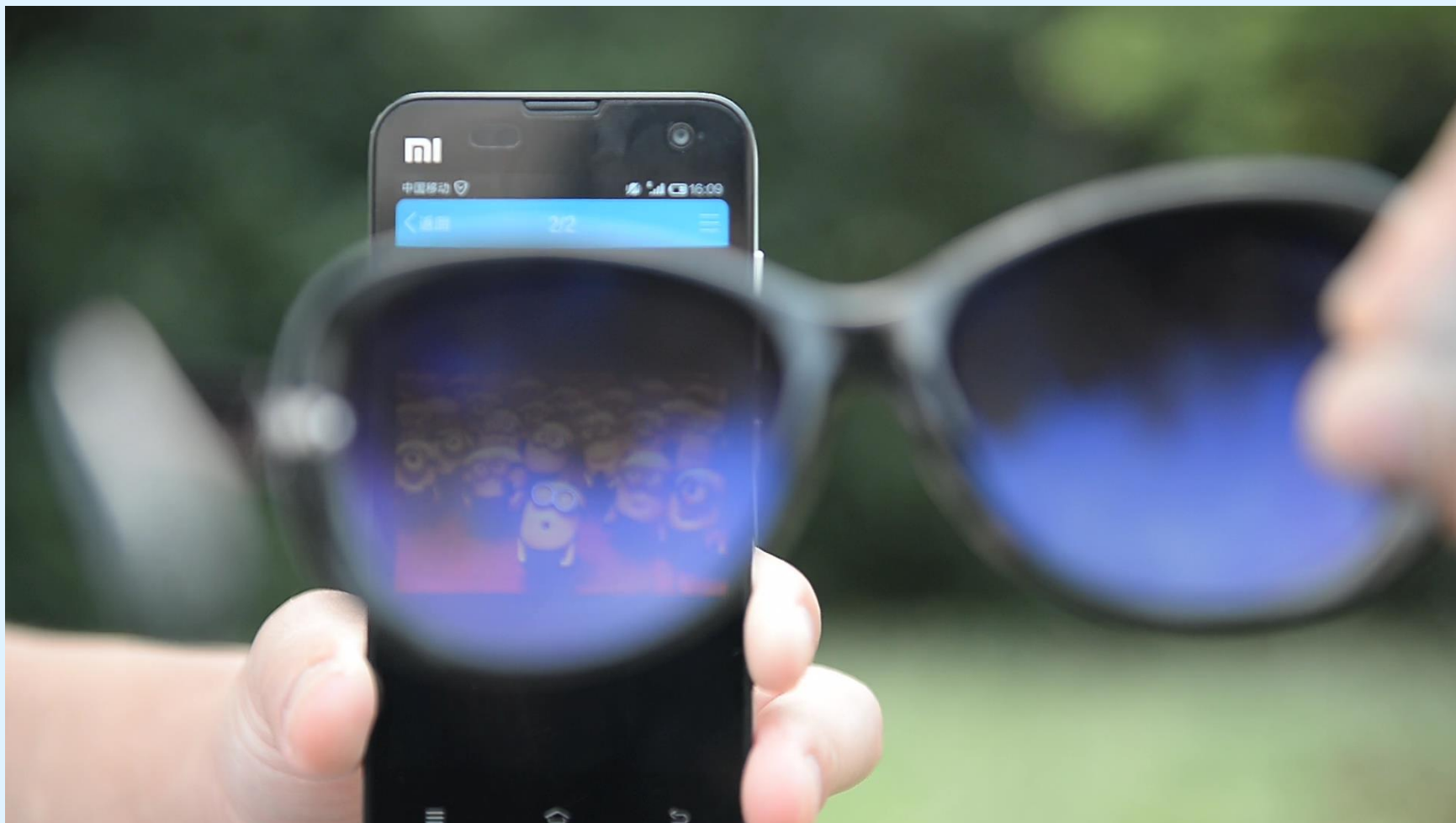
那么光是横波还是纵波呢？

光是电磁波



—— 光波是横波，具有偏振性

偏光眼镜下的手机图像



偏光眼镜下的树叶



线偏振光?

偏振片?

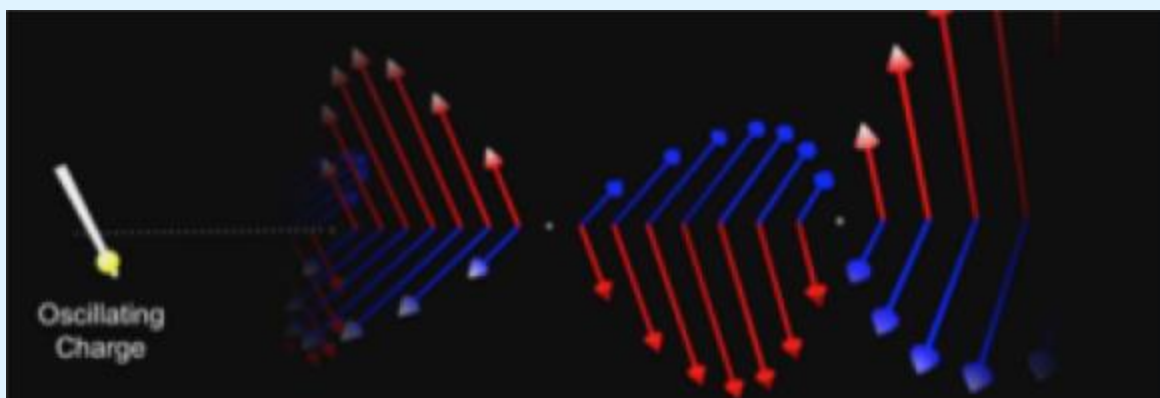
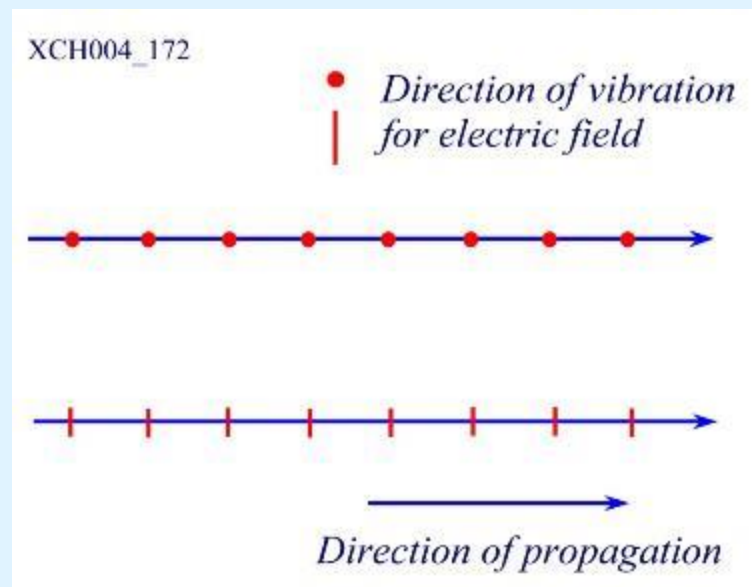


02 线偏振光

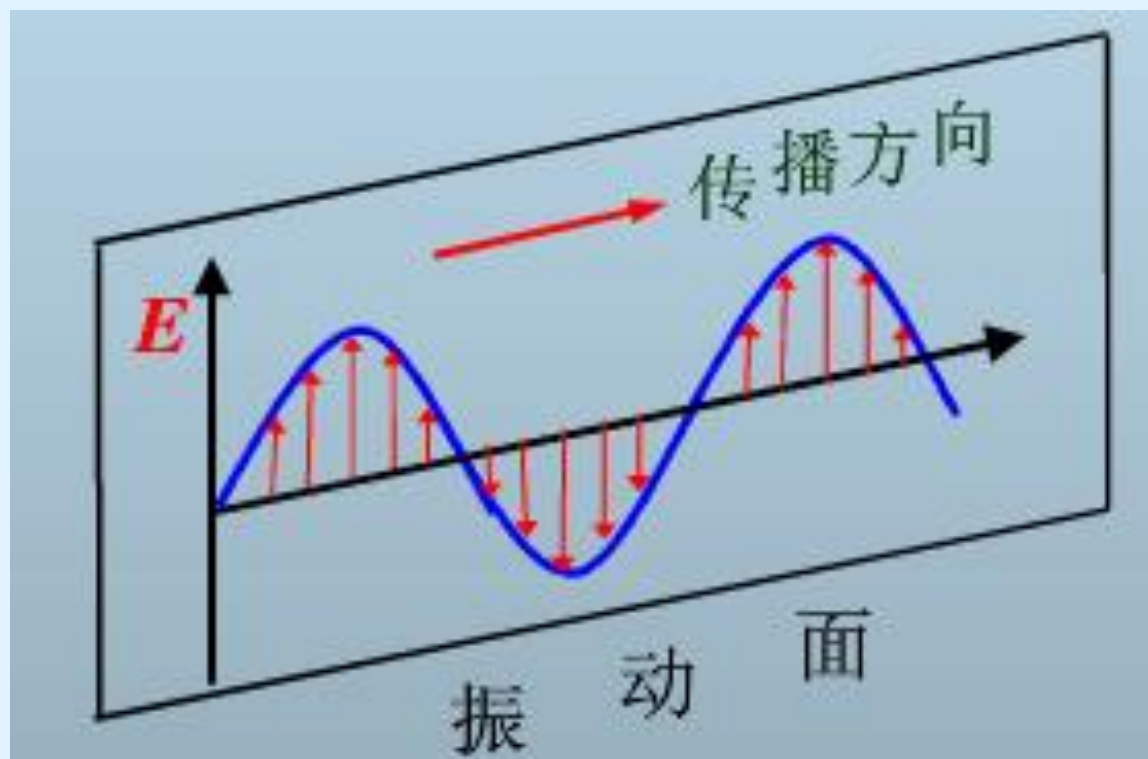
光矢量只限于某一方向的振动

—— 平面偏振光

—— 线偏振光

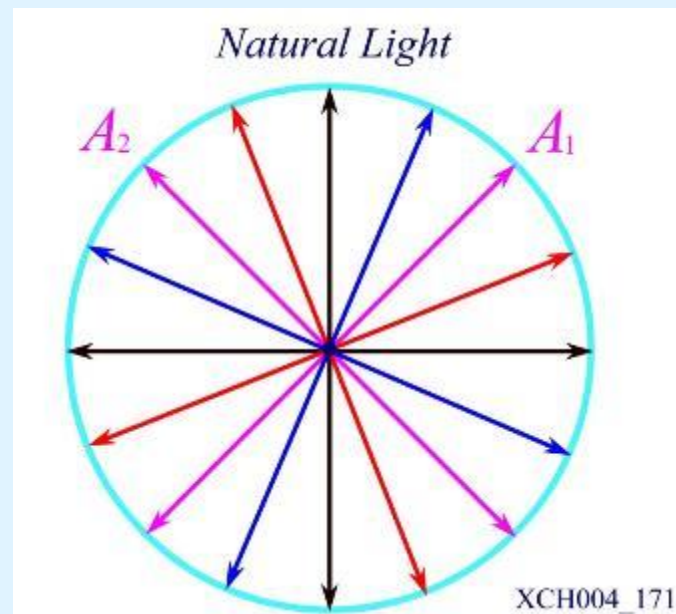
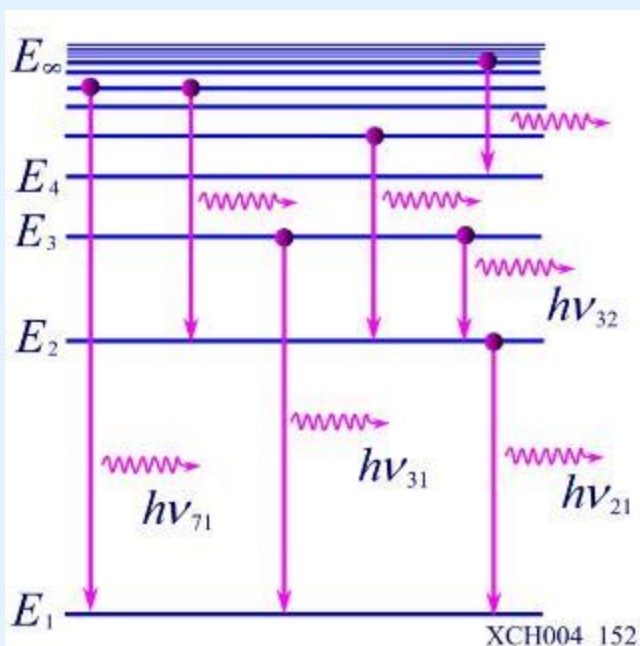


线偏振光



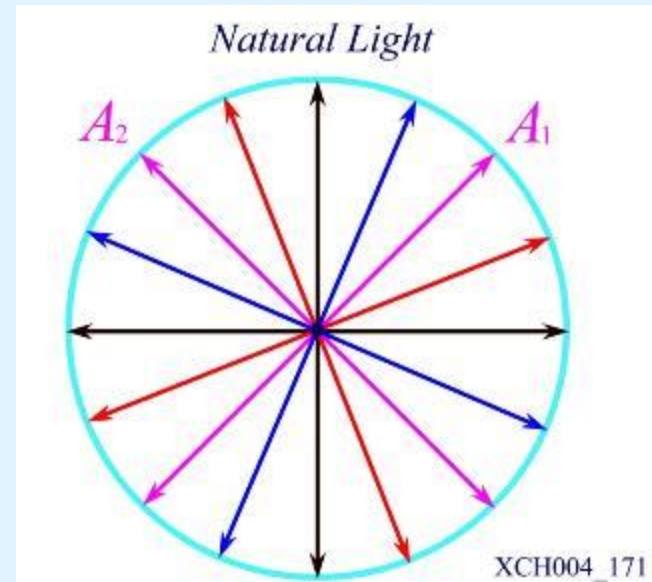
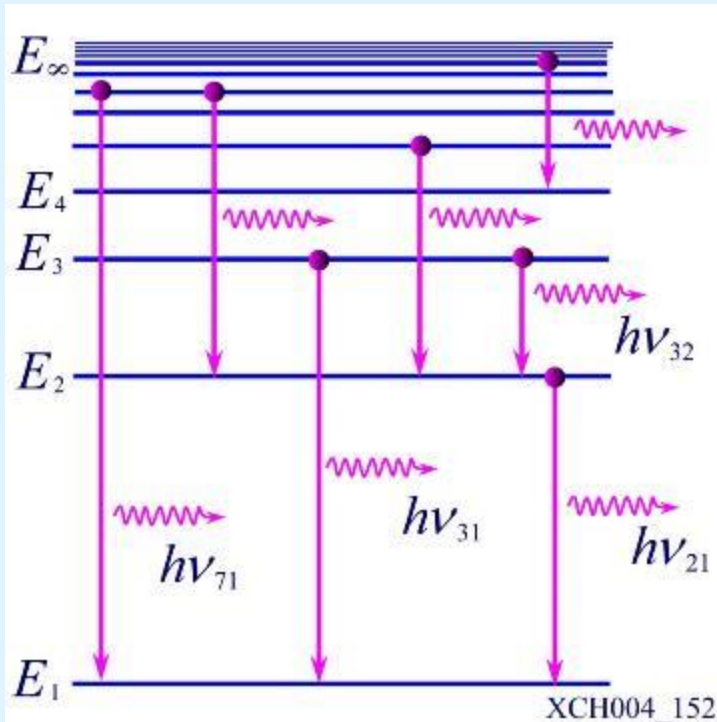
普通光源

在垂直于光传播方向的平面上
光矢量在各个可能方向上
取向是均匀的



光矢量大小和方向无规律性变化
任意两个振动光矢量 \mathbf{A}_1 和 \mathbf{A}_2
是光源发出的两个波列的光矢量
两者之间没有固定的相位

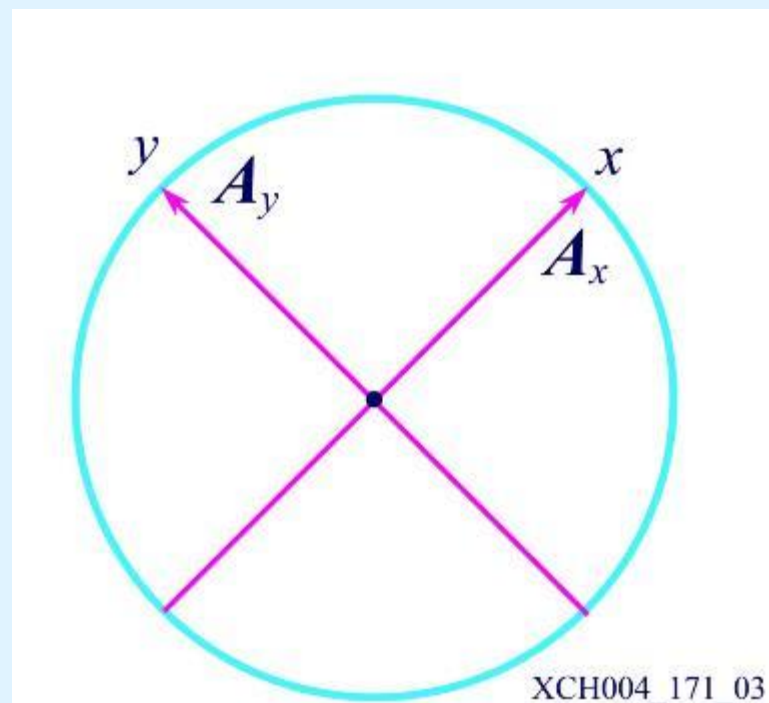
在观察时间内
空间一点的光振动



是大量振动方向不同、无固定相位波列的非相干叠加

03 自然光 —— 一般光源以及太阳发出的光

$$\begin{cases} I_x = I_y = \frac{1}{2} I \\ A_x = A_y \end{cases}$$



自然光的振动分解为任意两束振动方向相互垂直、
振幅相等、无相差关联的非相干光

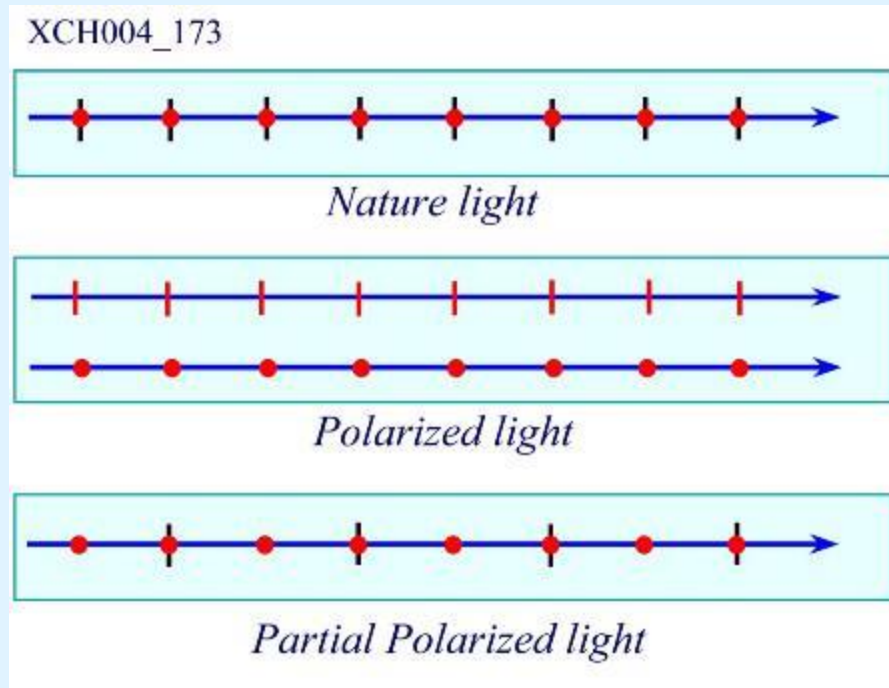
04 部分偏振光 —— 在垂直于光传播方向的平面内 光矢量在相互垂直的两个方向上 振动振幅不相同

—— 偏振光的表示

—— 自然光

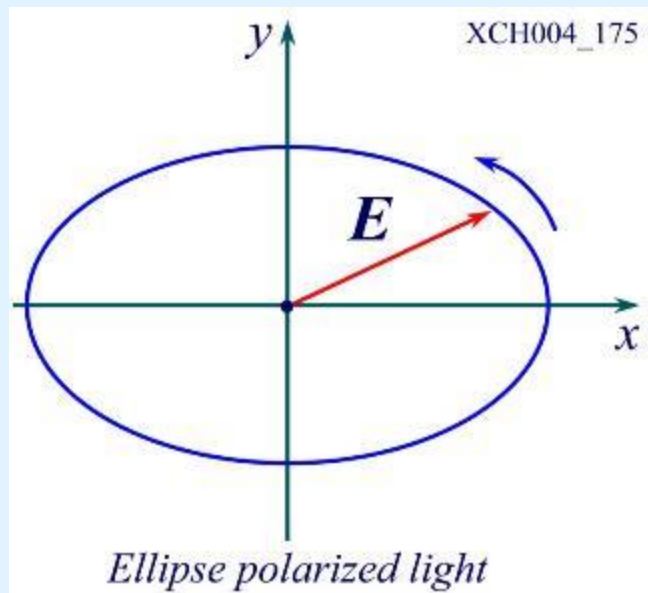
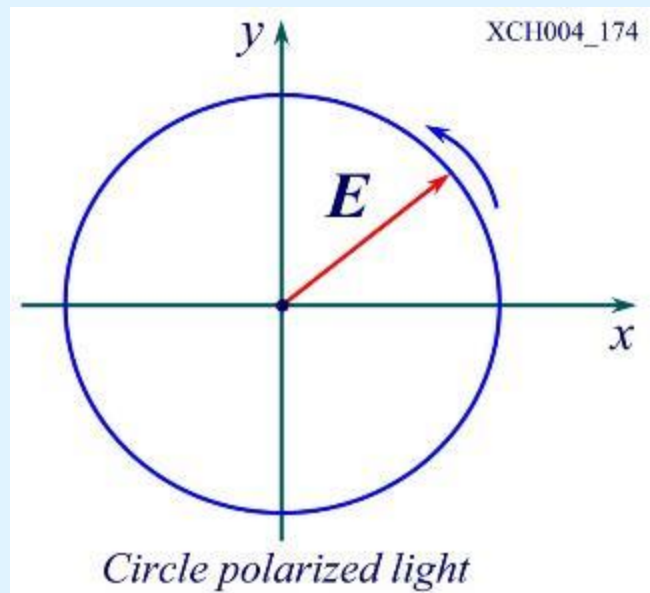
—— 线偏振光

—— 部分偏振光



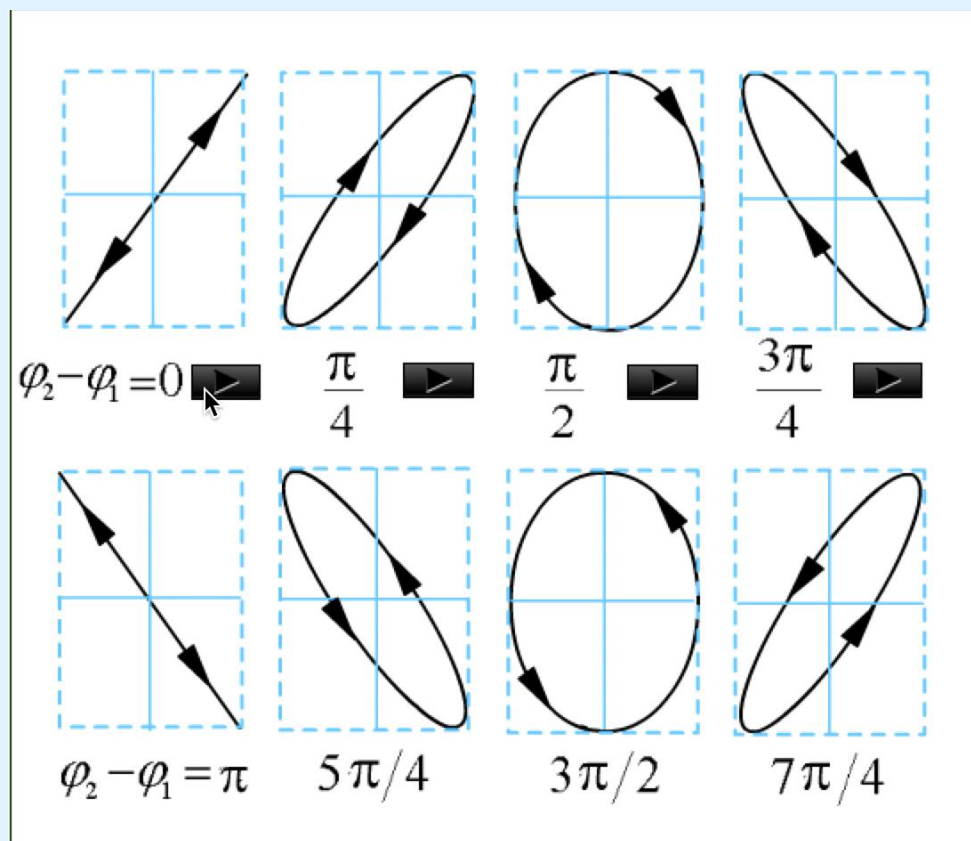
05 圆偏振光和椭圆偏振光

垂直于传播方向平面内, 光矢量的末端轨迹是圆或者椭圆

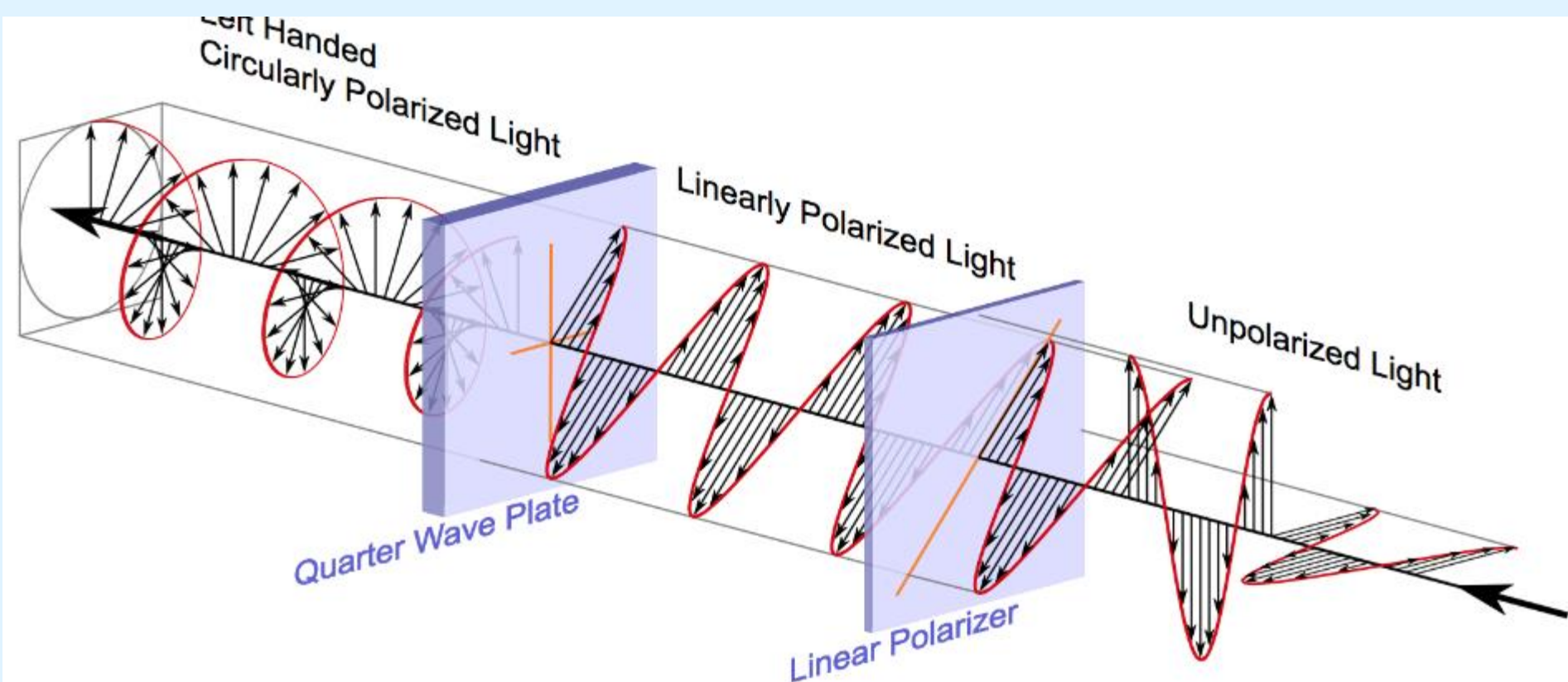


圆偏振光和椭圆偏振光由两个频率相同、相位差恒定、振动方向垂直的线偏振光叠加形成的

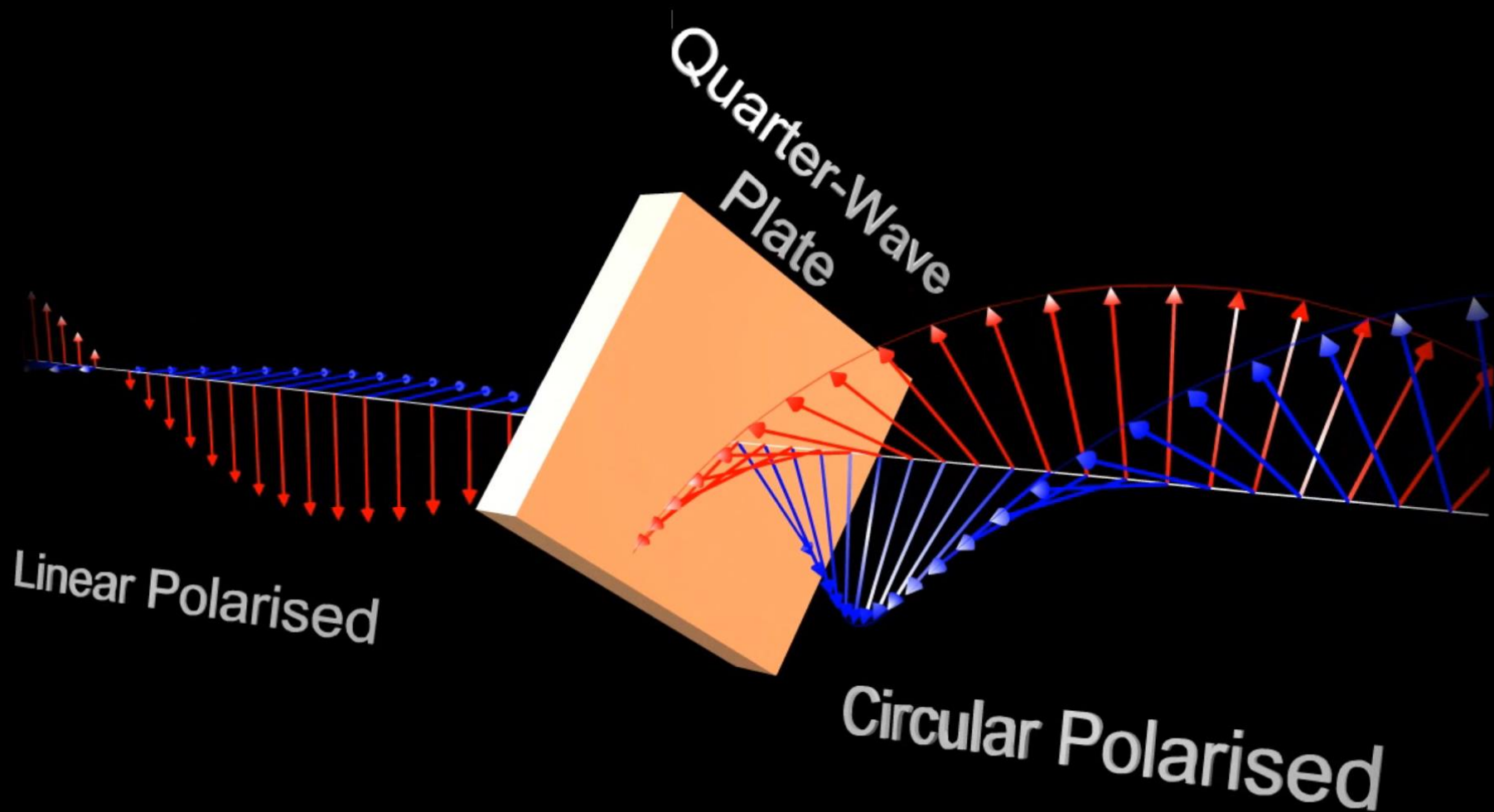
两个频率相同、相位差恒定、振动方向垂直 的线偏振光的叠加



圆偏振光和椭圆偏振光的获得



偏振光通过 $1/4$ 波片



11.2 利用偏振片获得线偏振光

01 偏振片

02 起偏和检偏

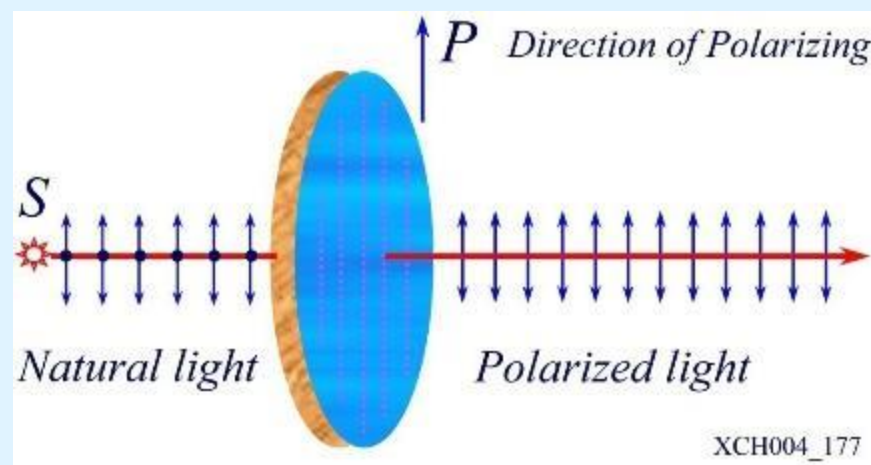
03 马吕斯定律

02 起偏和检偏

起偏 —— 从自然光获得线偏振光的过程

起偏器 —— 获得偏振光的器件

1928年美国大学生兰德
将针状粉末晶体硫酸碘奎宁
有序地蒸镀在透明基片上
做成偏振片



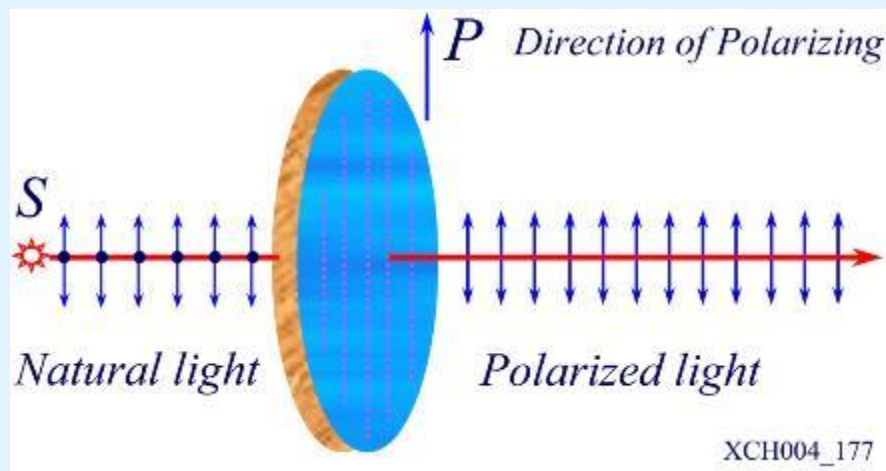
蒸镀上去的晶粒 —— 对某一方向的光有强烈的吸收

对与之垂直的光振动则吸收很少

这种属性称为二向色性

- 1938年将聚乙烯醇薄膜加热
沿一个方向拉长使碳氢化合物分子形成链状
浸入含碘的溶液中，碘原子附着在碳氢链上
- 形成“碘链”。电子可以在链上自由运动

- 链方向的光振动
不能通过薄膜



利用介质对某一方向振动的光的吸收制成的偏振片
把透光方向称为起偏器的偏振化方向，或起偏方向

02 起偏和检偏

偏振片可以用来从自然光获得偏振光 —— 起偏

也可用偏振片检验光的偏振性 —— 检偏

偏振片可作为起偏器也可作为检偏器

P_1 为起偏器

P_2 为检偏器

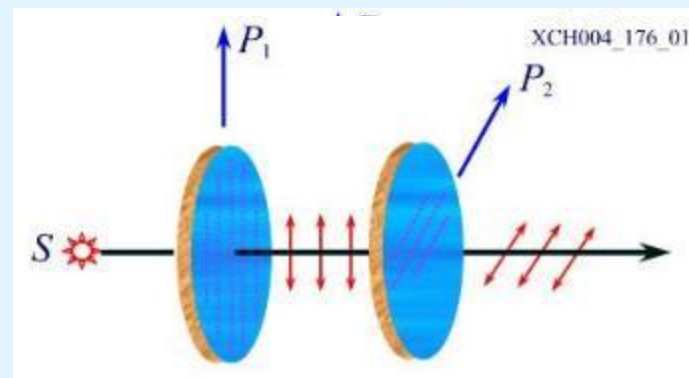
自然光入射 P_1

出射 P_1 后光矢量沿 P_1 方向 —— 偏振光

偏振光入射 P_2 ，出射后光矢量沿 P_2 方向 —— 偏振光

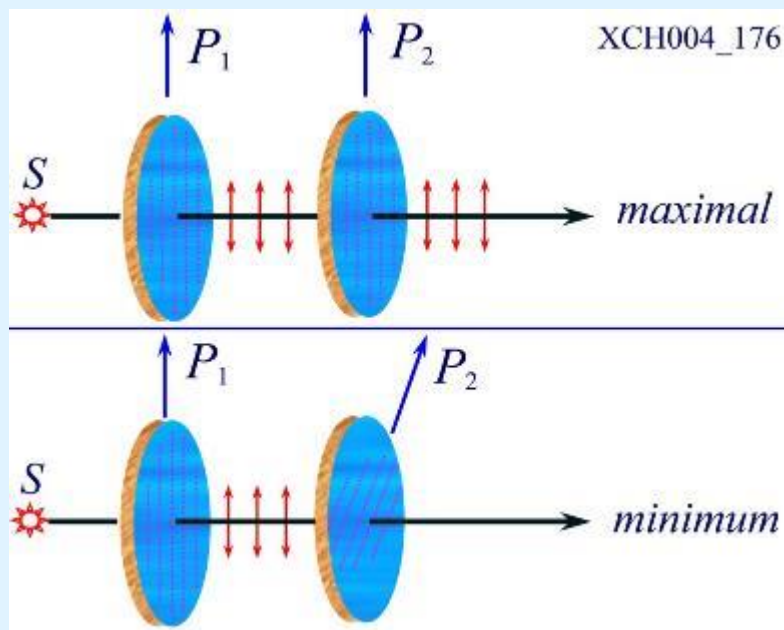
固定 P_1 方向不动， P_2 绕轴线旋转

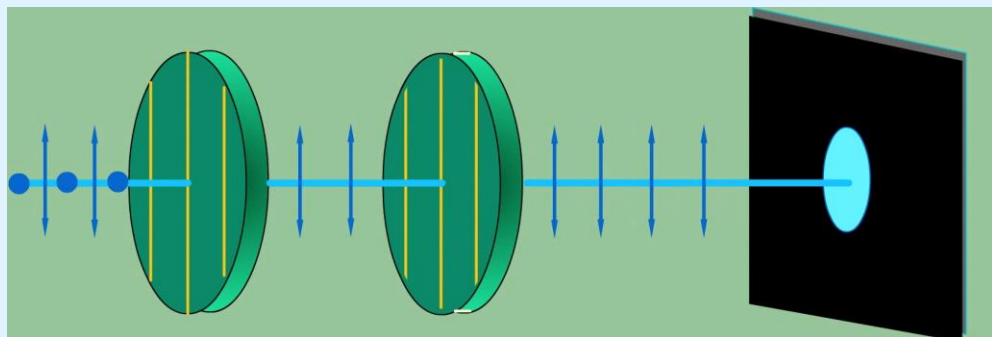
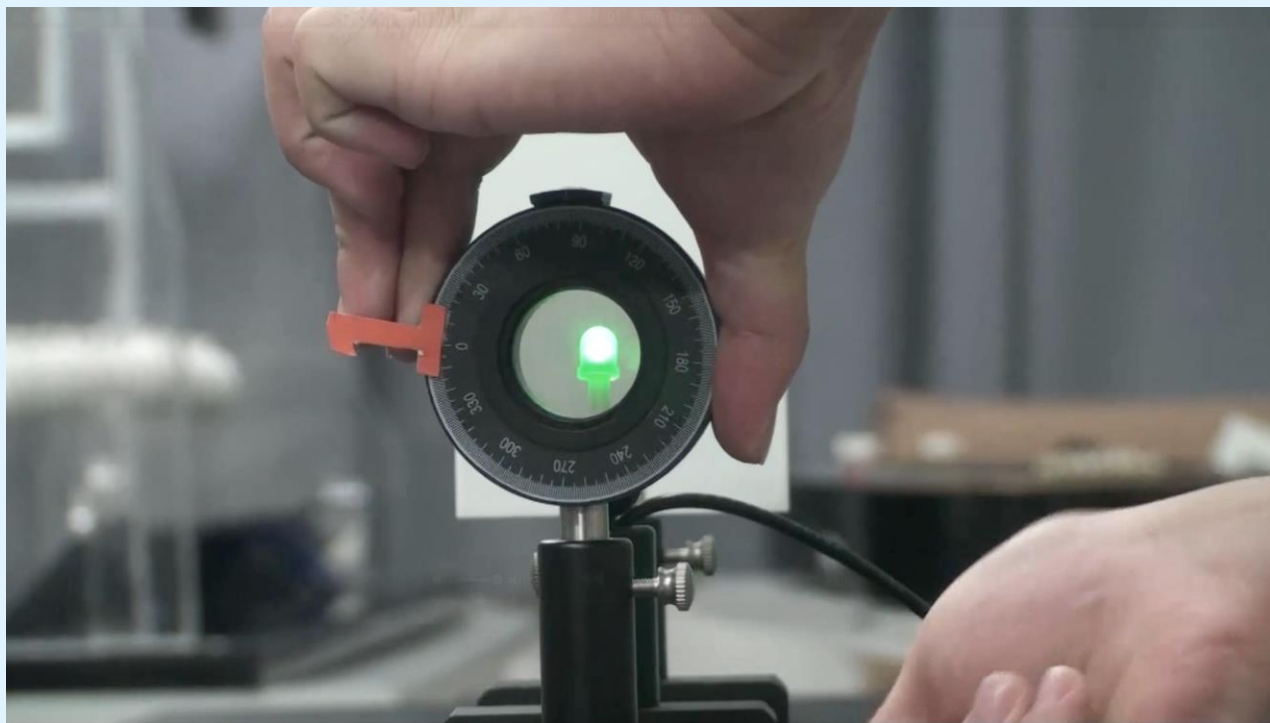
出射光强和光的偏振方向做周期性变化



—— P_1 和 P_2 平行放置时透射偏振光强度最大

—— P_1 和 P_2 垂直放置时透射偏振光强度最小

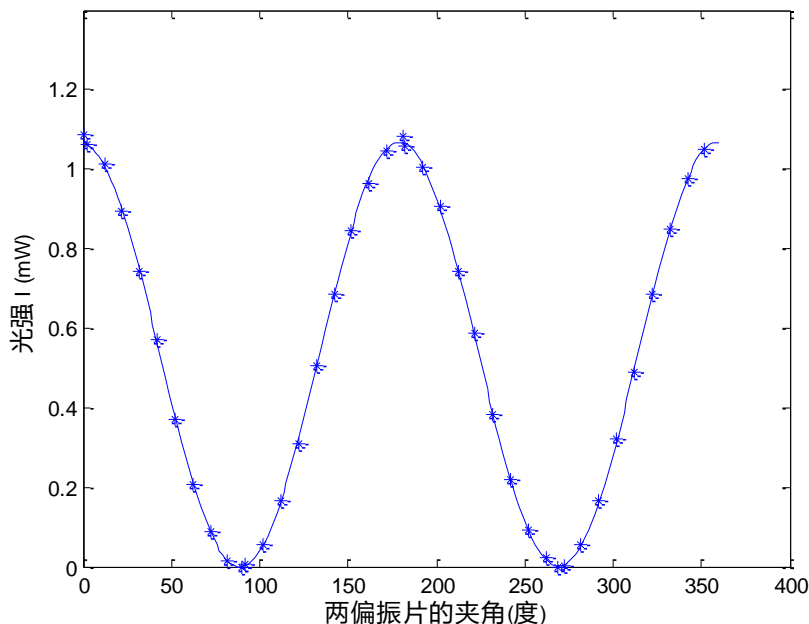




通过两个偏振片的透射光 的光强如何变化？



你能给出表达式吗？



由于 φ 较小，可进行如下近似：

$$\begin{aligned}
 I &\approx 0.534 \cos 2\alpha + 0.534 \\
 &= 0.534(1 + \cos 2\alpha) \\
 &= 1.068 \cos^2 \alpha \\
 &= I_M \cos^2 \alpha
 \end{aligned}$$

$$I = A \cos(\omega\alpha + \varphi) + b$$

$$A=0.5339, \omega=1.9966, \\ \varphi=2.8690^\circ, b=0.5338$$

$$S = 0.0019$$

马吕斯定律

$$I_0 = 1.390 \text{ mW}$$

检偏器对透射光有吸收

03 马吕斯定律

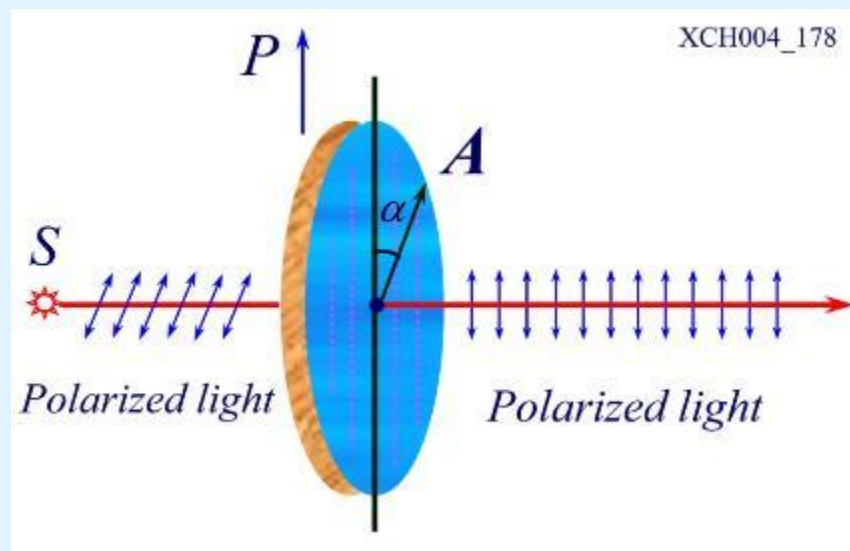
自然光和偏振光入射偏振片
出射光的强度都会发生变化

1808年马吕斯

发现了反射时光的偏振

确定了偏振光强度变化的规律

根据马吕斯定律可以确定通过偏振片后光的强度



1 自然光入射偏振片

入射光强度 —— I_0

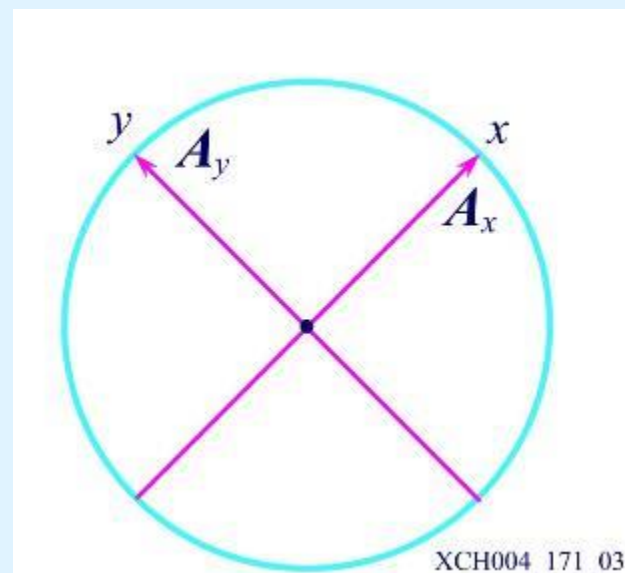
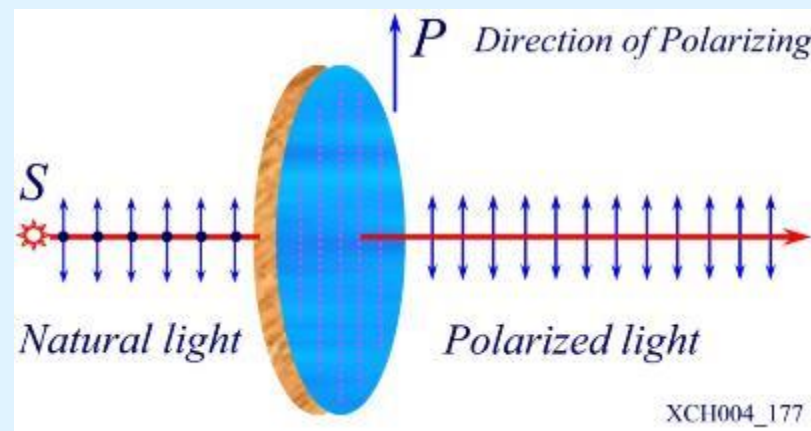
出射偏振片的光强度

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

—— 方向沿起偏器偏振化方向 P

自然光分解为任意两束

振动方向相互垂直、振幅相等、无相差关联的非相干光



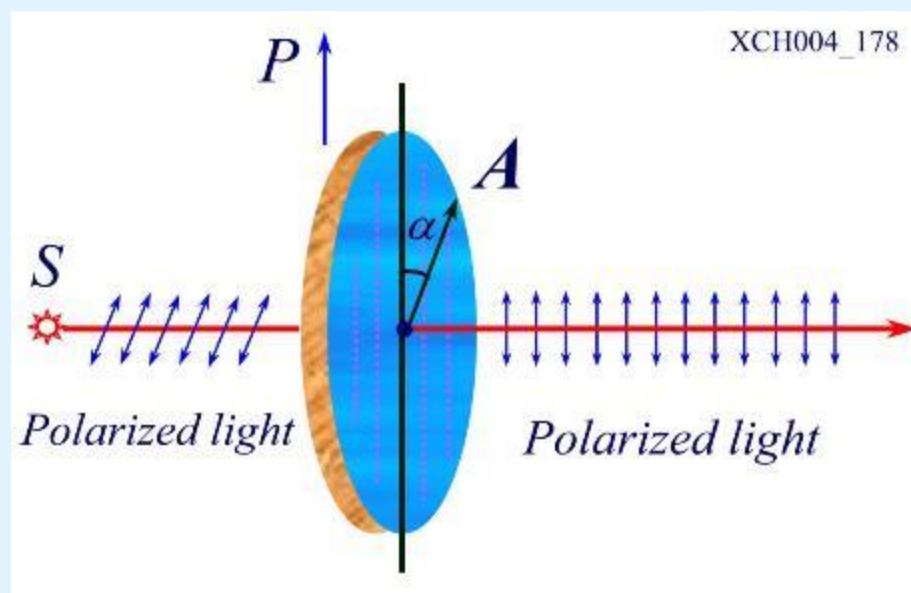
2 线偏振光入射偏振片

- 入射线偏振光的光强 I_0
- 光振动方向 A 与偏振片偏振化方向 P 的夹角 α
- 不考虑器件对光吸收

通过偏振片后的光强

$$\underline{\underline{I = I_0 \cos^2 \alpha}}$$

—— 马吕斯定律



马吕斯定律的证明

——入射偏振光矢量 A_0 与偏振化方向 P 的夹角 α

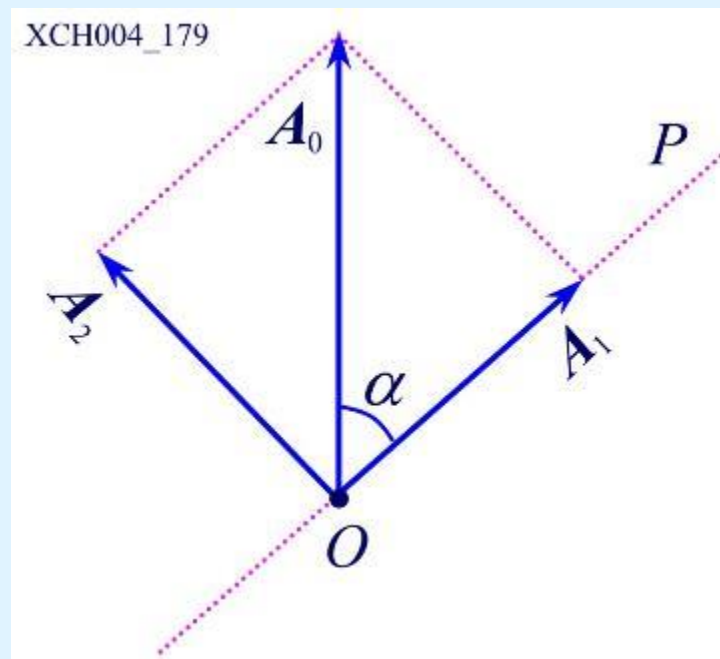
——光矢量振幅在 P 方向上的投影大小

$$A_1 = A_0 \cos \alpha$$

——通过偏振片的光强

$$I = |A_1|^2 = I_0 \cos^2 \alpha$$

——光振动方向沿 P 的方向

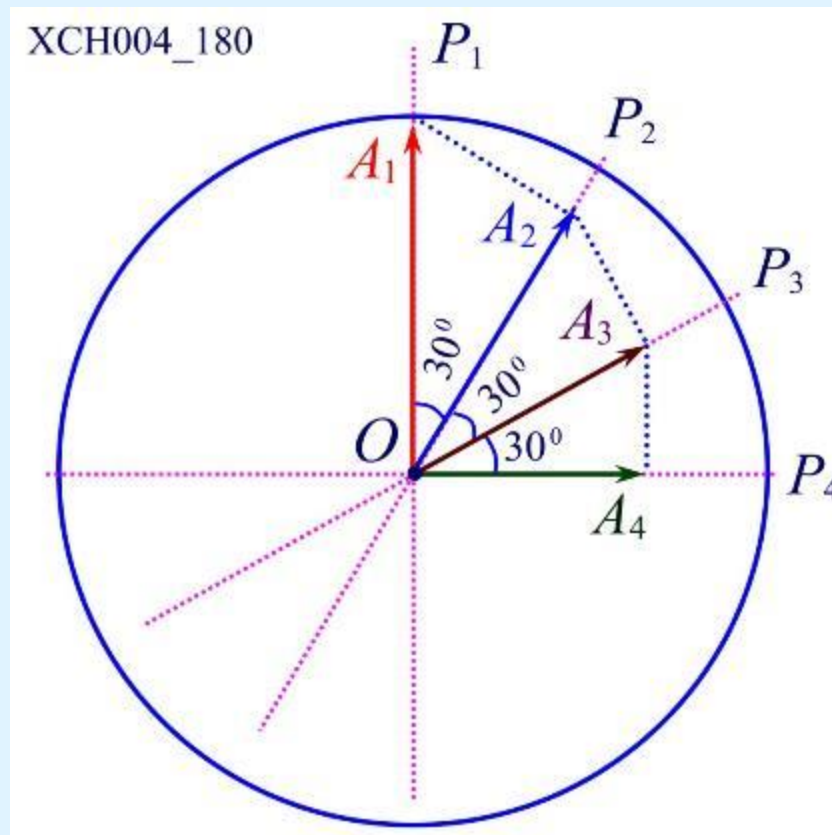


✎ 一束自然光入射相互重叠的四块偏振片上
四块偏振片偏振方向相互之间的夹角为 30°
求透射光强

☞ 设入射自然光光强 I_0

通过偏振片 P_1 的光强

$$I_1 = \frac{1}{2} I_0$$



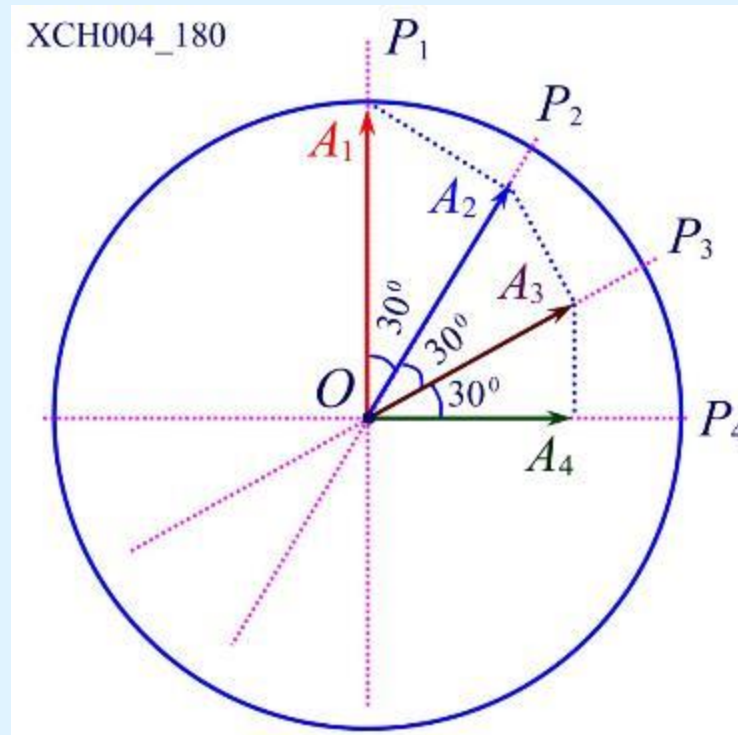
通过偏振片 P_1 的光强 $I_1 = \frac{1}{2} I_0$

—— 通过偏振片 P_2 、 P_3 、 P_4
的光强

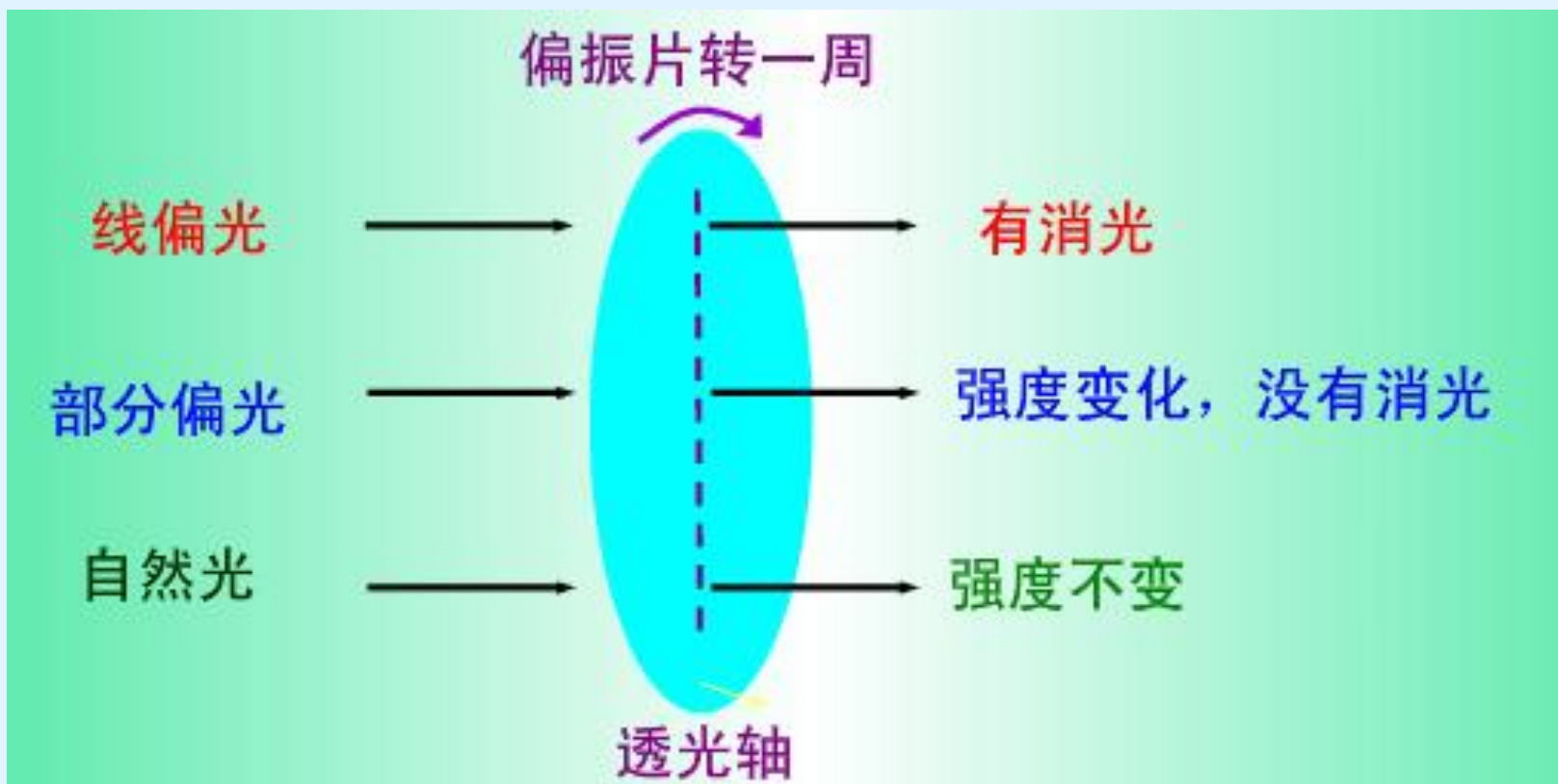
$$I_2 = I_1 \cos^2 \alpha$$

$$I_3 = I_2 \cos^2 \alpha$$

$$I_4 = I_3 \cos^2 \alpha = \frac{1}{2} I_0 \cos^6 \alpha$$



$$I_4 = 0.21 I_0$$



作业：W8 光的偏振