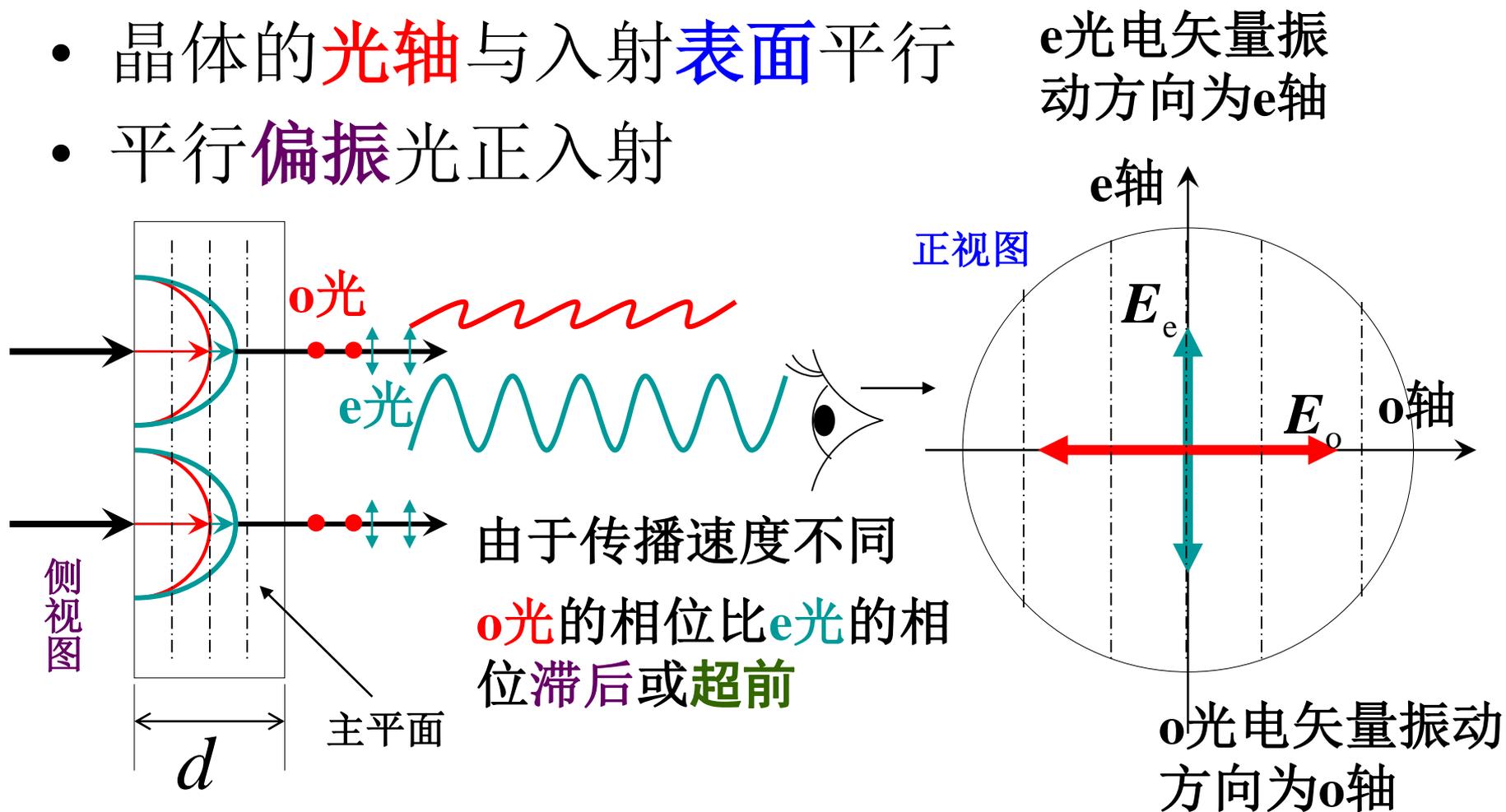


# 6-02 偏振光的获得与检测

1. 波晶片（相位延迟）
2. 波片的相位延迟作用
3. 相位补偿器
4. 圆偏振光及椭圆偏振光的获得及检验

# 1. 波晶片（相位延迟）

- 晶体的**光轴**与入射**表面**平行
- 平行**偏振光**正入射



- 各光在波晶片中的光程

$$L_o = n_o d \qquad L_e = n_e d$$

从波片出射时的光程差  $\Delta L = L_e - L_o = (n_e - n_o)d$

相位差  $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(n_e - n_o)d$  **e光相对于o光的相位延迟**

$$\Delta L = \frac{\lambda}{4} + \frac{1}{2}m\lambda \qquad \Delta\varphi = m\pi + \frac{\pi}{2} \qquad \frac{1}{4}\text{波片 } \frac{\lambda}{4}\text{片 } m\text{取整数}$$

$$\Delta L = \frac{\lambda}{2} + m\lambda \qquad \Delta\varphi = 2m\pi + \pi \qquad \frac{1}{2}\text{波片 } \frac{\lambda}{2}\text{片}$$

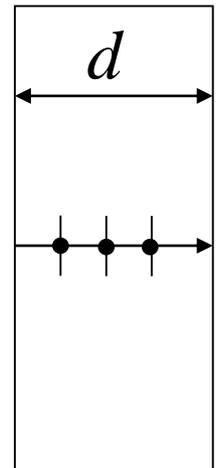
$$\Delta L = m\lambda \qquad \Delta\varphi = 2m\pi \qquad \text{全波片}$$

**快轴**：传播速度快的光的振动方向（轴）。

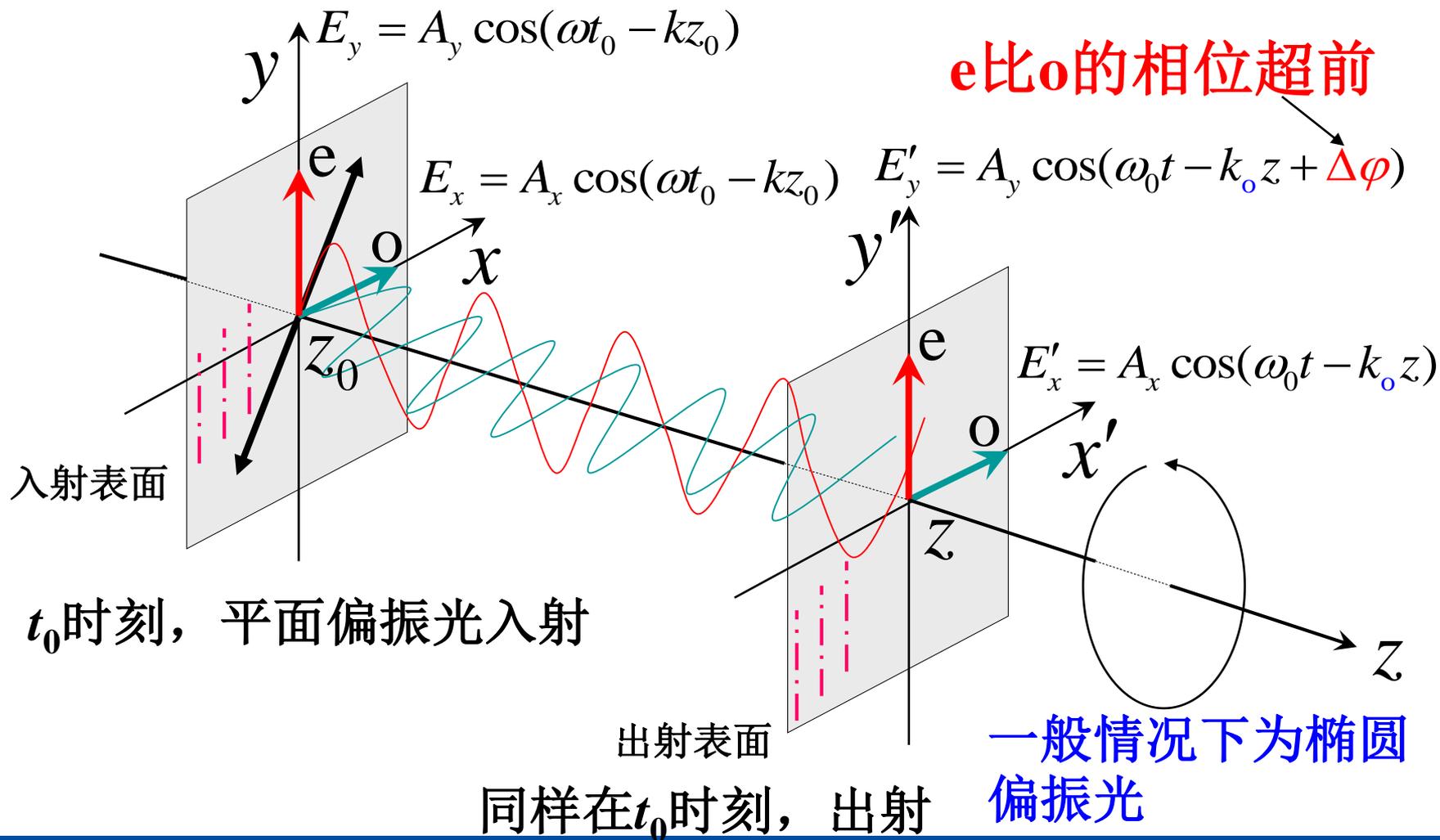
负晶体的e轴，正晶体的o轴。

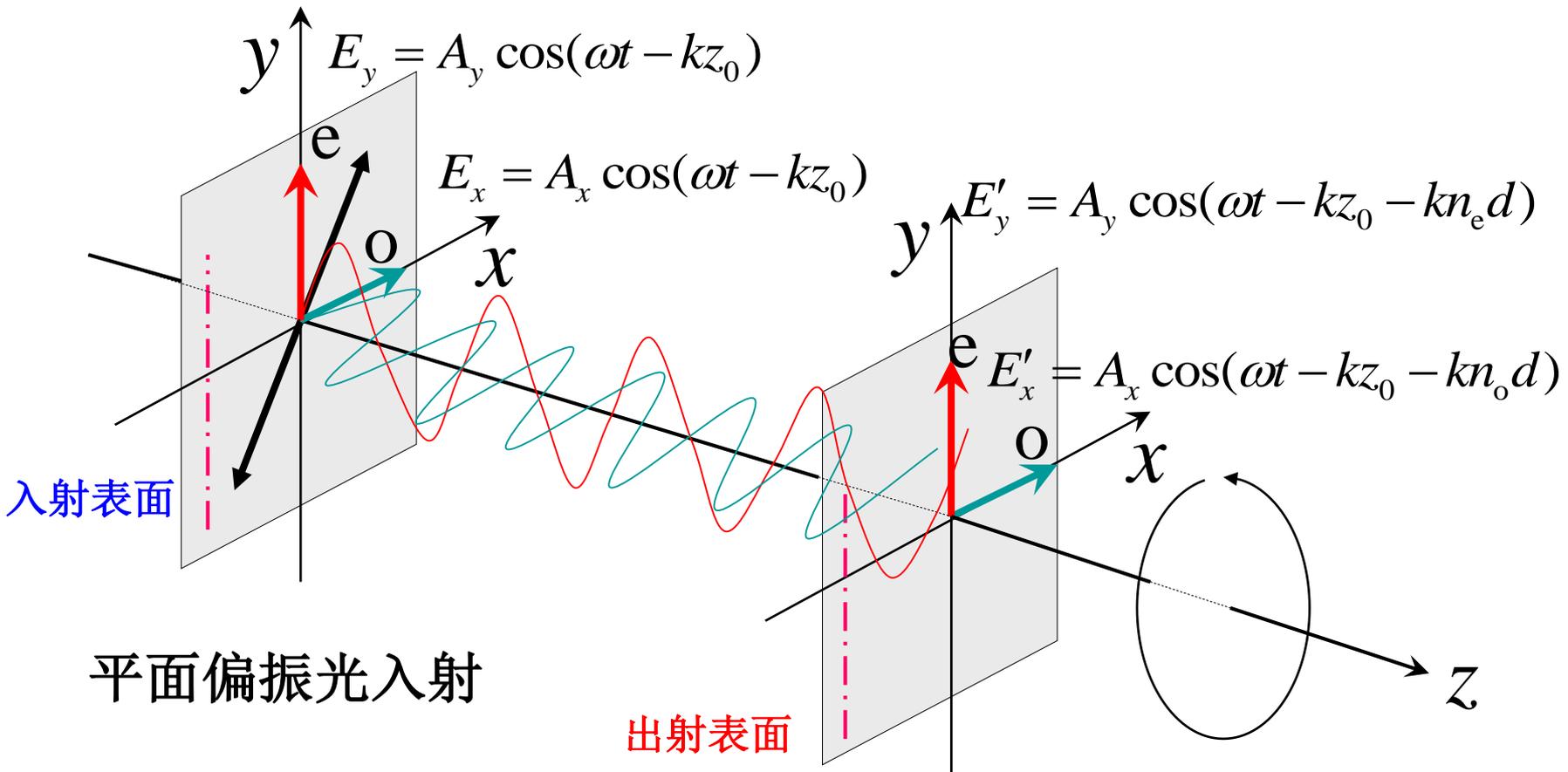
**慢轴**：传播速度慢的光的振动方向（轴）。

负晶体的o轴，正晶体的e轴。



## 2. 波片的相位延迟作用





出射表面的相位比入射表面滞后  $knd$   $k = \frac{2\pi}{\lambda}$  真空中波长

e光比o光超前的相位  $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} (n_o - n_e) d$  可简单记为  $\begin{cases} E'_x = A_x \cos \omega t \\ E'_y = A_y \cos(\omega t + \Delta\varphi) \end{cases}$

### 3. 相位补偿器

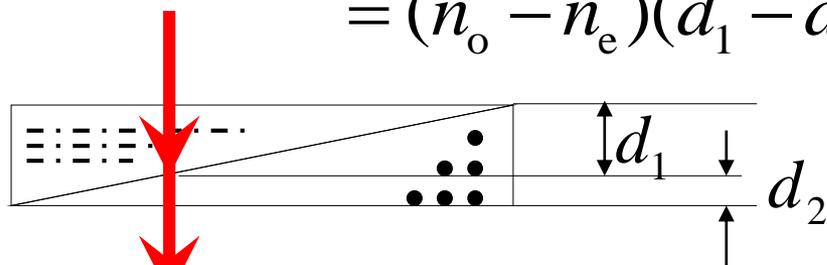
- 1. Babinet补偿器
- 类似于Wallaston棱镜，但顶角要小得多
- 光在两棱镜中经过的厚度不同

光程  $L_{o1} = n_o d_1, L_{e1} = n_e d_1, L_{o2} = n_o d_2, L_{e2} = n_e d_2$

光程差  $\Delta = (n_o d_1 + n_e d_2) - (n_e d_1 + n_o d_2)$

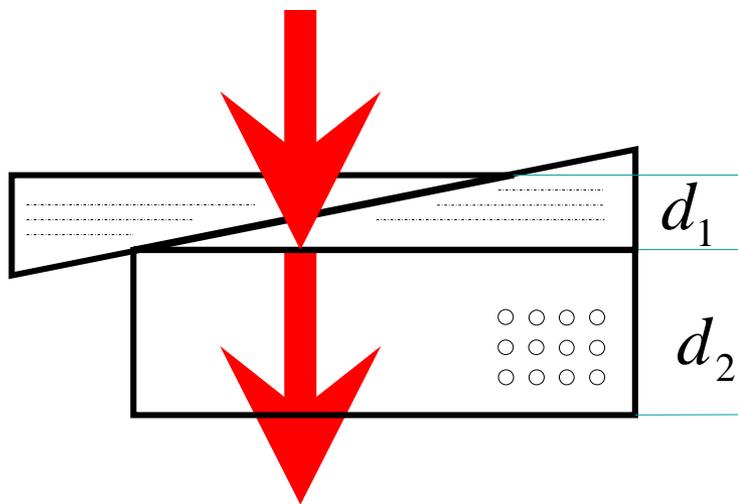
$= (n_o - n_e)(d_1 - d_2)$  厚度差不同，光程差不同

平移补偿器，可以使出射光两分量之间有  
不同的相位差



缺陷：由于折射，出射光的两个分量的方向会有不同

- 2. Soleil补偿器
- 两直角三棱镜的光轴平行，可以沿斜面滑动
- 增加一块与三棱镜光轴垂直的晶片
- 可以克服Babinet补偿器的缺陷
- 光的方向不变



光程差  $\Delta = (n_o - n_e)(d_1 - d_2)$   
 $d_1$ 可调

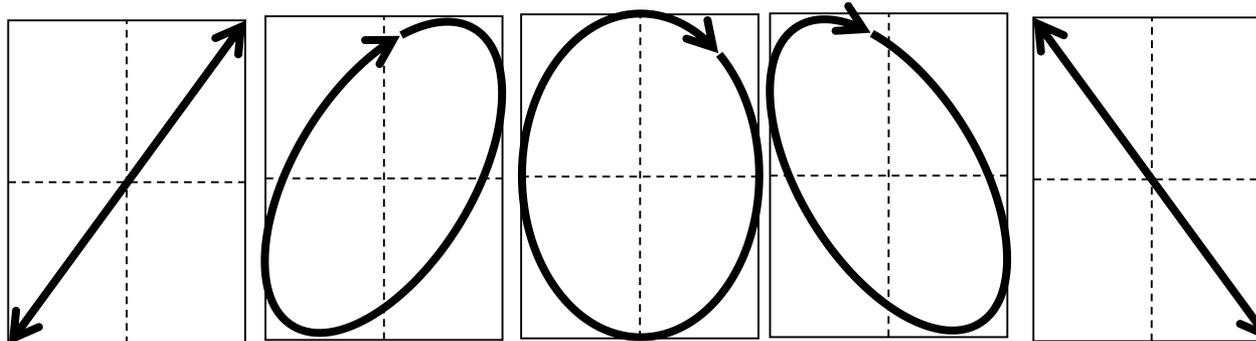
相位差  

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} (n_o - n_e)(d_1 - d_2)$$

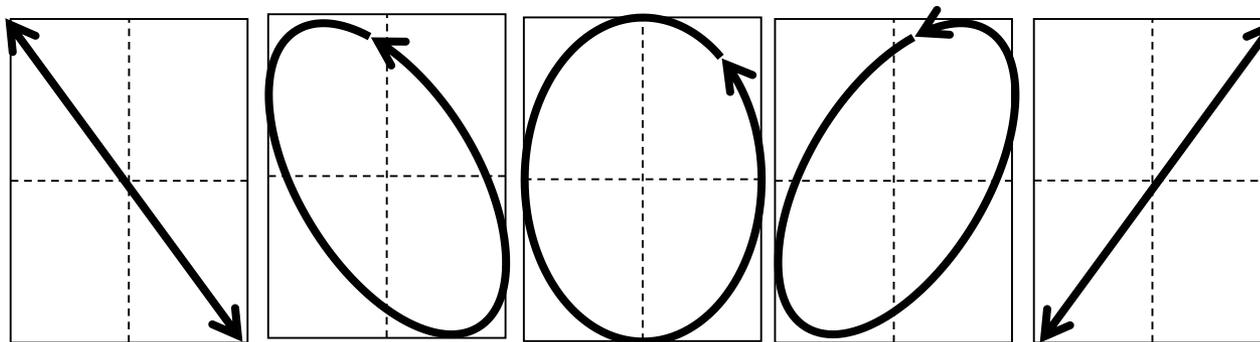
偏振光：

$$\begin{cases} E_x = A_x \cos(\omega t) \\ E_y = A_y \cos(\omega t + \Delta\varphi) \end{cases}$$

$$\Delta\varphi = 0 \quad \Delta\varphi \in (0, \frac{\pi}{2}) \quad \Delta\varphi = \frac{\pi}{2} \quad \Delta\varphi \in (\frac{\pi}{2}, \pi) \quad \Delta\varphi = \pi$$

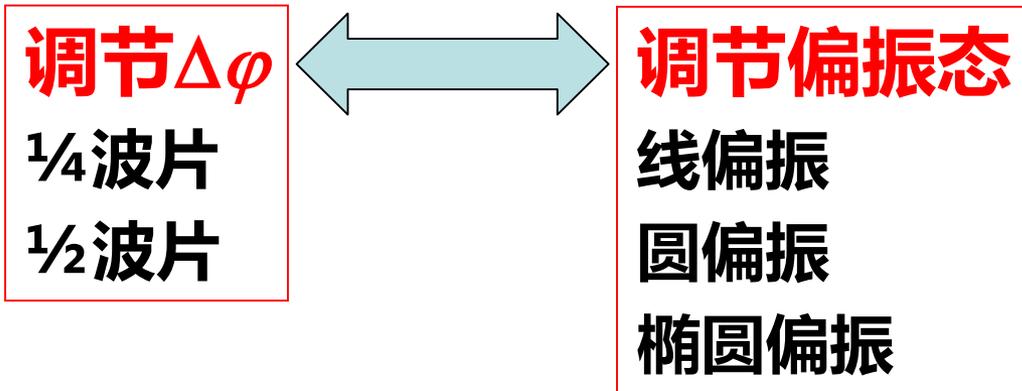


$$\Delta\varphi = \pi \quad \Delta\varphi \in (\pi, \frac{3\pi}{2}) \quad \Delta\varphi = \frac{3\pi}{2} \quad \Delta\varphi \in (\frac{3\pi}{2}, 2\pi) \quad \Delta\varphi = 2\pi$$



偏振光：

$$\begin{cases} E_x = A_x \cos(\omega t) \\ E_y = A_y \cos(\omega t + \Delta\varphi) \end{cases}$$



## 4. 圆偏振光及椭圆偏振光的获得及检验

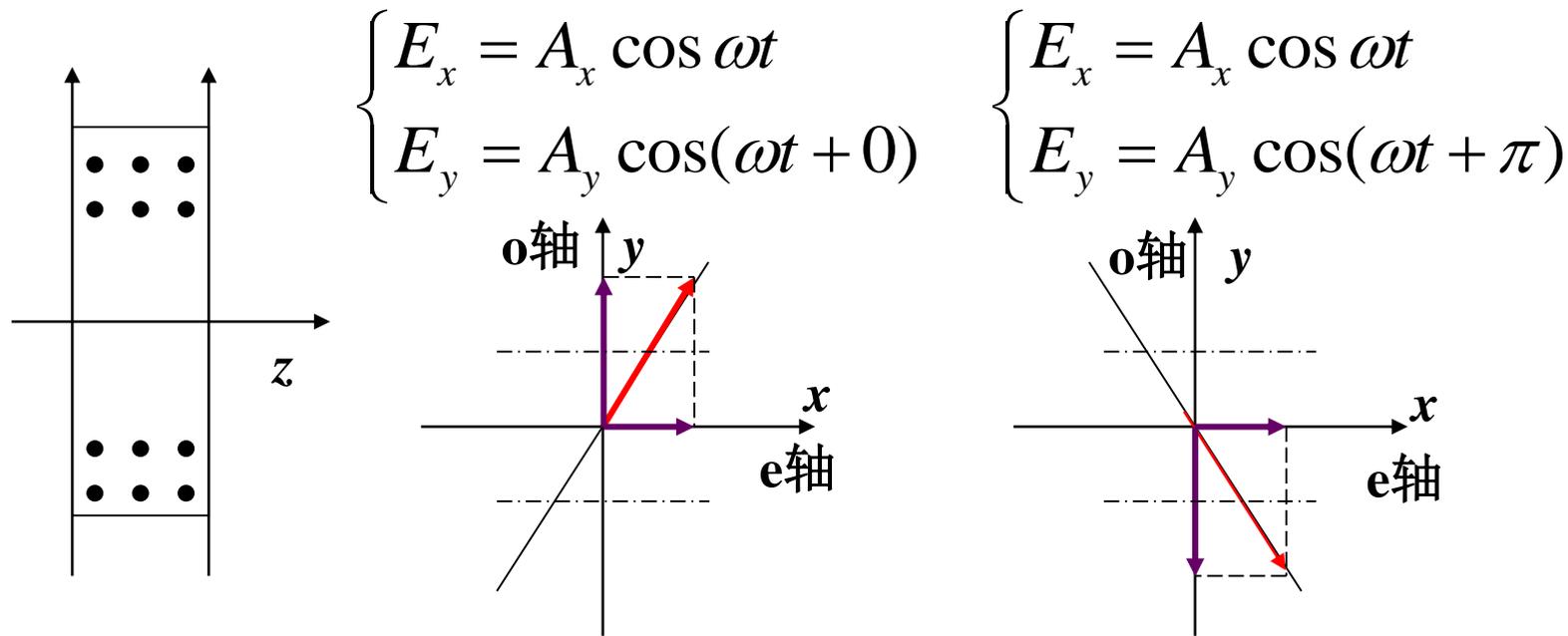
- 利用波片的相位延迟作用，使得从其中出射的两列振动相互垂直的光波之间有一定的相位差
- 这两列光合成，使得出射光具有不同的偏振态。
- 合成光的偏振态取决于它们之间的相位差

# 自然光经过波晶片

- 自然光可正交分解
- 每一个分量都含有相位随机的多列波
- 在晶体中分为相互正交的o光、e光
- 经过波片后，每一个分量仍然是相位随机的多列波
- 所以，正交分量合成后，仍是自然光
- 不考虑波片的吸收，光强不变。

# 线（平面）偏振光经波晶片

- 在波片中分为正交的e光、o光， $\delta_0=0, \pi$
- 出射后，产生额外相位差 $\Delta\varphi$



入射线偏光的初始相位与偏振态

# 经过1/4波片

- 产生 $\pi/2$ 的额外相位差

$$\begin{cases} E_x = A_x \cos \omega t \\ E_y = A_y \cos(\omega t + 0) \end{cases} \quad y \text{为快轴} \quad \begin{cases} E_x = A_x \cos \omega t \\ E_y = A_y \cos(\omega t + \frac{\pi}{2}) \end{cases} \quad \begin{array}{l} \text{右旋椭圆} \\ \text{偏振光} \end{array}$$

$$\begin{cases} E_x = A_x \cos \omega t \\ E_y = A_y \cos(\omega t + \pi) \end{cases} \quad y \text{为快轴} \quad \begin{cases} E_x = A_x \cos \omega t \\ E_y = A_y \cos(\omega t - \frac{\pi}{2}) \end{cases} \quad \begin{array}{l} \text{左旋椭圆} \\ \text{偏振光} \end{array}$$

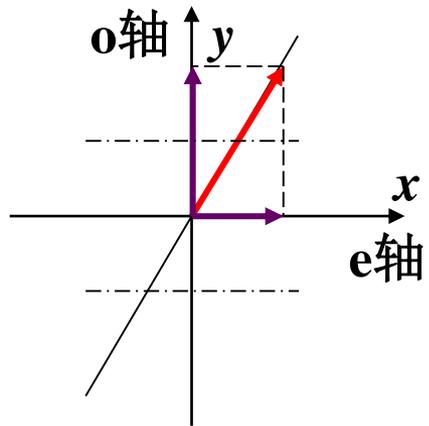
# 波片的相位延迟

- 同一种晶体的波片，当厚度不同时，对偏振态的改变不同
- 例，方解石的1/4波片  $\Delta L = L_o - L_e = (n_o - n_e)d$

o光比e光滞后  $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(n_o - n_e)d = \begin{cases} 2m\pi + \pi/2 & \text{+波片} \\ 2m\pi + 3\pi/2 & \text{-波片} \end{cases}$

**1/4波片要标注所适用的波长。要指出哪个方向是快轴。**

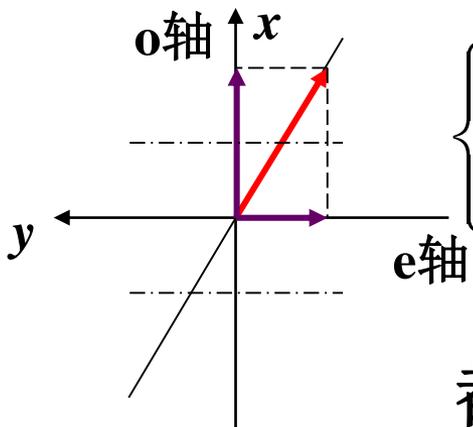
# 例：线偏光经过方解石（负晶体）



$y$ 为慢轴

$\frac{\lambda}{4}$ 片

$$\begin{cases} E_x = A_x \cos \omega t \\ E_y = A_y \cos(\omega t - \frac{\pi}{2}) \end{cases}$$



$y$ 为快轴

$$\begin{cases} E_x = A_x \cos \omega t \\ E_y = A_y \cos(\omega t + \pi) \end{cases} \quad \begin{cases} E_x = A_x \cos \omega t \\ E_y = A_y \cos(\omega t + \frac{3\pi}{2}) \end{cases}$$

都是左旋的

与坐标系的取法无关

# 圆偏振光获得

- 如果入射光的电矢量与光轴间的夹角为 $45^\circ$

$$\begin{cases} E_x = A_0 \cos \omega t \\ E_y = A_0 \cos(\omega t + 0) \end{cases} \quad \begin{cases} E_x = A_0 \cos \omega t \\ E_y = A_0 \cos(\omega t + \pi) \end{cases}$$

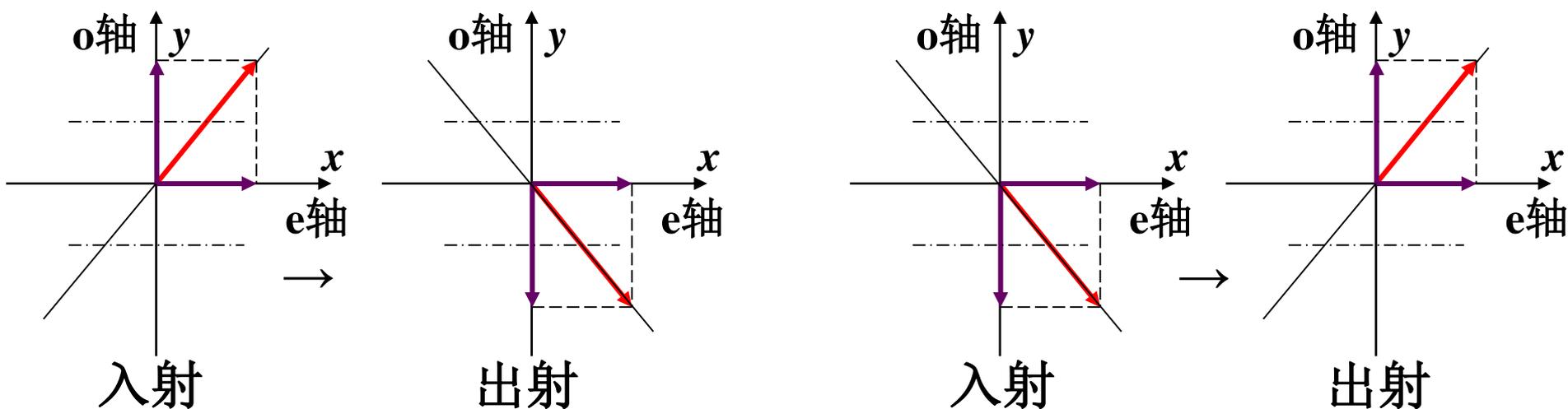
- 则经过波片后

$$\begin{cases} E_x = A_0 \cos \omega t \\ E_y = A_0 \cos(\omega t \pm \pi / 2) \end{cases}$$

- 是左旋或右旋的圆偏振光

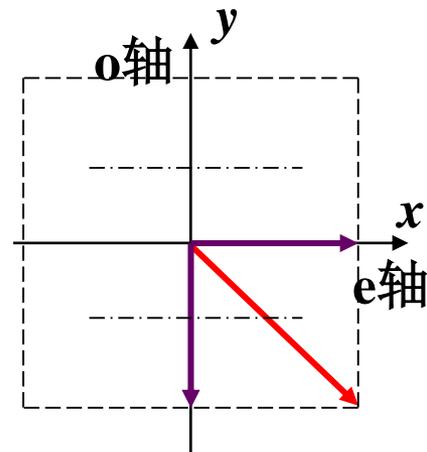
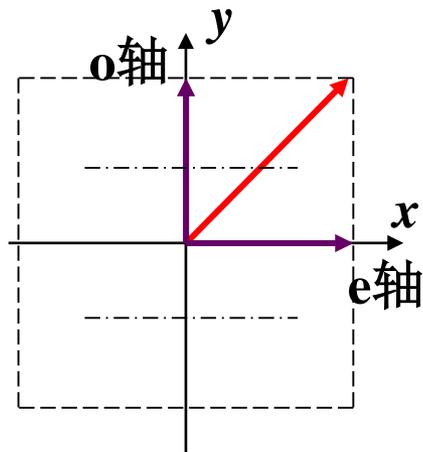
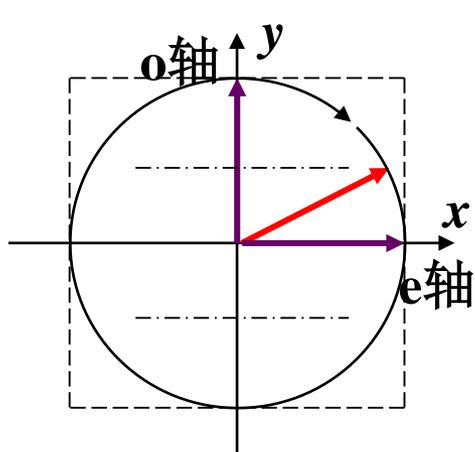
# 经过1/2波片

- 产生 $\pi$ 的额外相位差
- 出射光间的相位差是 $\pi$ ，或者0，还是线（平面）偏振光
- 由于反相，电矢量的振动方向翻转。



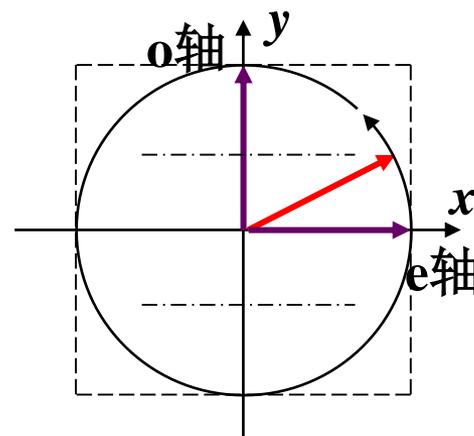
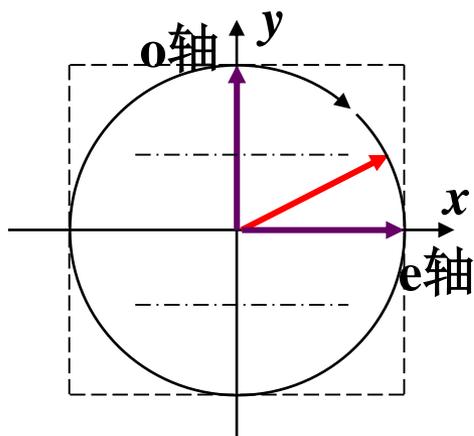
## 圆偏振光经过1/4波片

- 入射光的两正交分量间相位差是 $\pm\pi/2$
- 经过1/4波片，产生 $\pm\pi/2$ 的额外相位差
- 出射光，正交分量间相位差是 $0, \pi$
- 变为线偏振光，电矢量与光轴成 $45^\circ$ 角



## 圆偏振光经过1/2波片

- 经过1/2波片，产生 $\pm\pi$ 的额外相位差
- 还是圆偏振光，但是由于反相，旋转方向相反

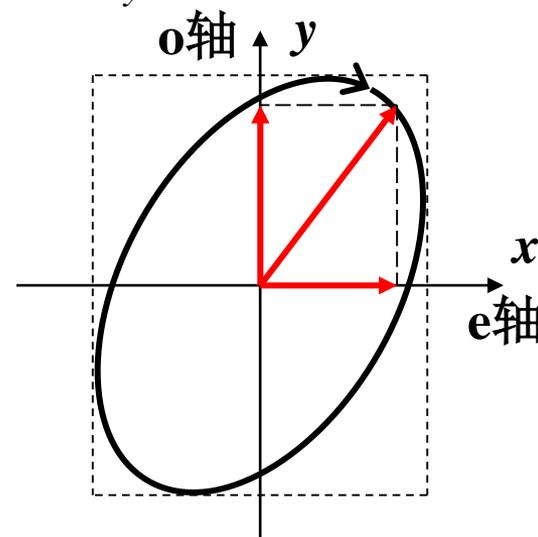


## 椭圆偏振光经过波片

- 入射光，正交分量间有任意的固定相位差
- 经过波片，产生额外的相位差，出射光为
- 相位差仍是固定的任意值，仍是椭圆偏光

$$\begin{cases} E_x = A_x \cos \omega t \\ E_y = A_y \cos(\omega t + \delta_0) \end{cases}$$

$$\begin{cases} E_x = A_x \cos \omega t \\ E_y = A_y \cos(\omega t + \delta_0 + \Delta\varphi) \end{cases}$$



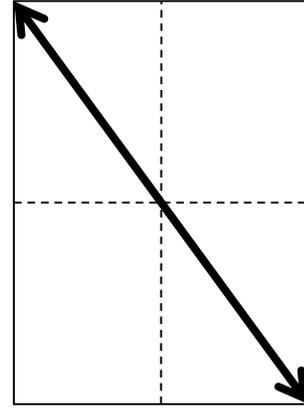
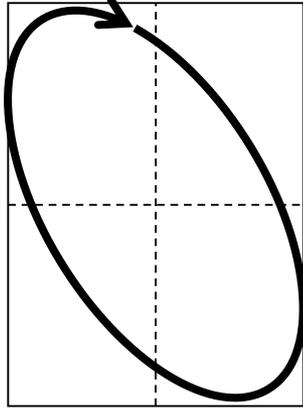
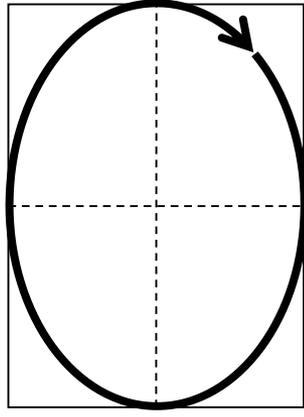
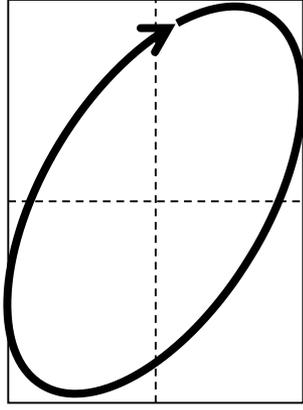
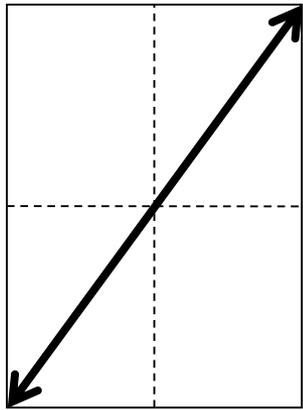
$\delta_0=0$

$(0, \pi/2)$

$\pi/2$

$(\pi/2, \pi)$

$\pi$



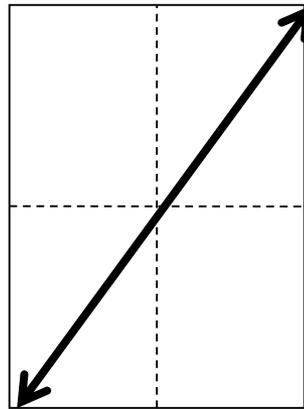
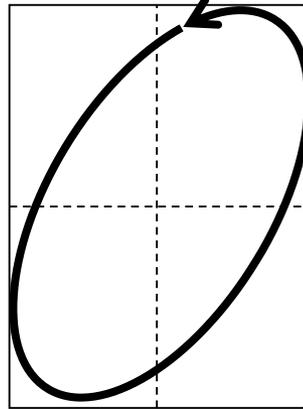
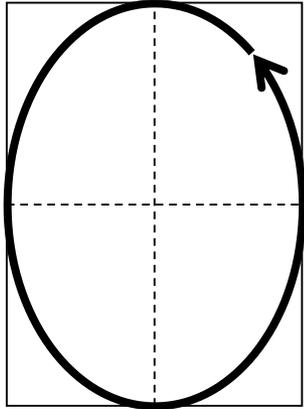
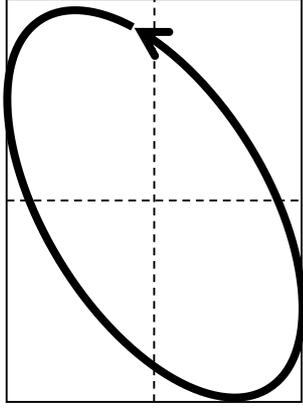
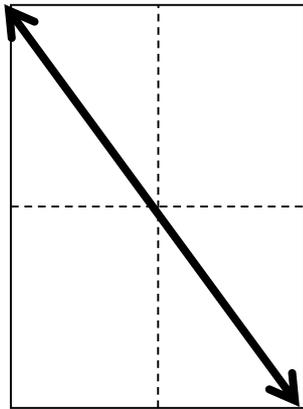
$\pi$

$(\pi, 3\pi/2)$

$3\pi/2$

$(3\pi/2, 2\pi)$

$2\pi$

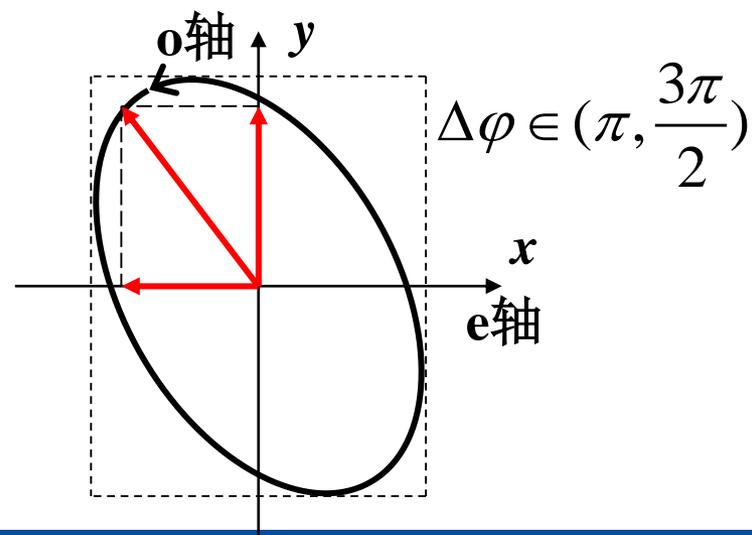
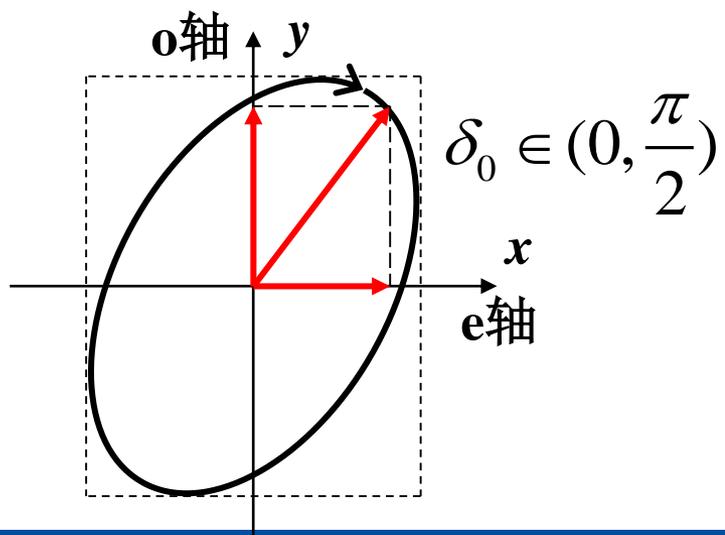


# 椭圆偏振光经过1/2波片

- 产生 $\pm\pi$ 的额外相位差，反相
- 导致旋转方向相反

$$\begin{cases} E_x = A_x \cos \omega t \\ E_y = A_y \cos(\omega t + \delta_0) \end{cases} \Rightarrow$$

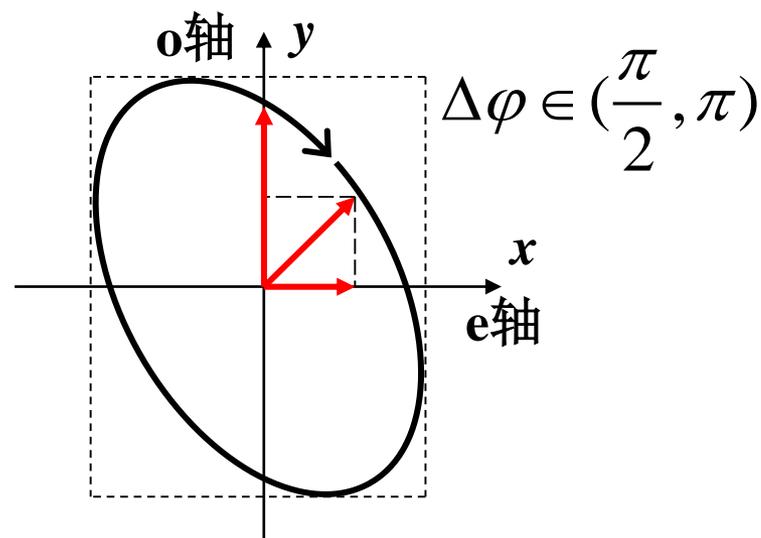
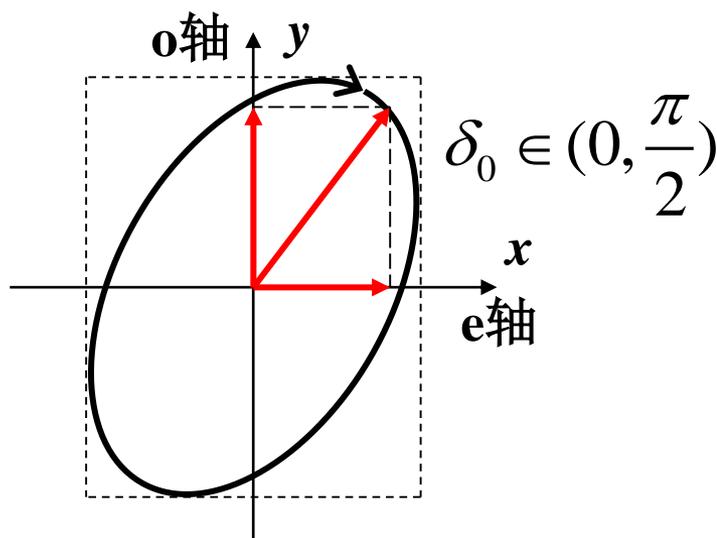
$$\begin{cases} E_x = A_x \cos \omega t \\ E_y = A_y \cos(\omega t + \delta_0 \pm \pi) \end{cases}$$



# 椭圆偏振光经过1/4波片

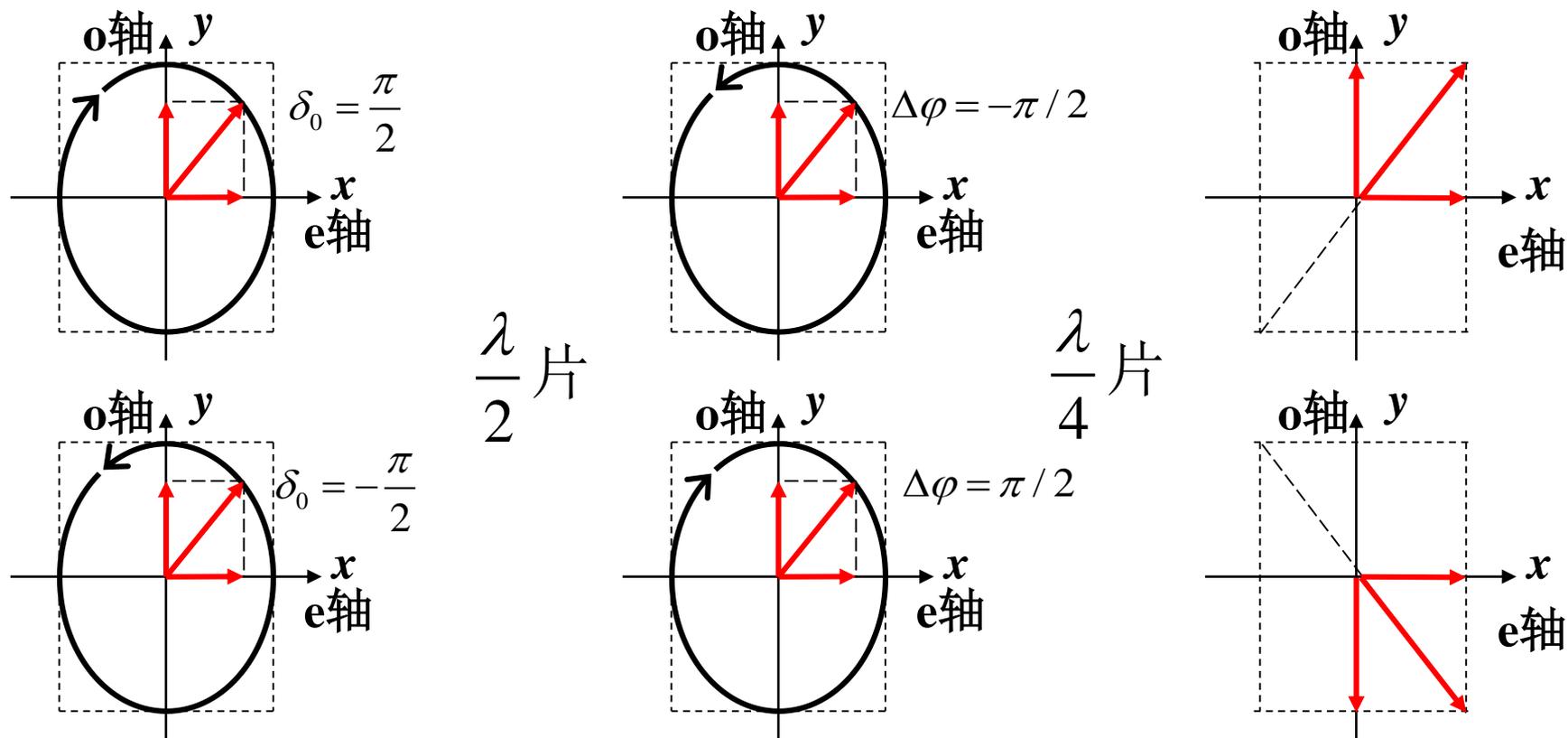
- 产生  $\pm\pi/2$  的额外相位差，需要根据入射分量间的相位差作具体分析

$$\begin{cases} E_x = A_x \cos \omega t \\ E_y = A_y \cos(\omega t + \delta_0) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} E_x = A_x \cos \omega t \\ E_y = A_y \cos(\omega t + \delta_0 \pm \pi / 2) \end{cases}$$



# 正椭圆偏振光

- 入射光两分量间的相位差是  $\pm\pi/2$



# 光的偏振态的鉴定

## 1、使用线检偏器，可以鉴定**线（平面）偏振光**

- 旋转检偏器，观察透射光强度的变化
- **自然光：光强不变**
- **圆偏振光：光强不变**
- **线偏振光：光强改变，在某一角度消光**
- **部分偏振光：光强改变，但不消光**
- **椭圆偏振光：光强改变，但不消光**

## 2、进一步鉴定

- 先让光通过1/4波片
- 自然光：仍是自然光
- 圆偏振光：变为线偏振光
- 部分偏振光：仍是部分偏振光
- 椭圆偏振光：仍是椭圆偏振光，当光轴与椭圆长短轴重合，可以得到平面偏振光
- 再通过线检偏器，可以将自然光与圆偏振光鉴别；部分偏振光与椭圆偏振光鉴别

# 偏振态的鉴定

偏振态	偏振片，透振方向 绕光束旋转	先通过1/4波片，再通过偏 振片
自然光	光强不变	光强不变（鉴定）
圆偏振光	光强不变	光强改变，出现消光（鉴定）
线偏振光	光强改变，在某一 角度消光（鉴定）	
部分偏振光	光强改变，但不消 光	光强改变，但不消光
椭圆偏振光	光强改变，但不消 光	转动1/4波片和偏振片，出 现消光（鉴定）

**作业 : P201 , 1 , 2, 3**