光学第四题

问题重述

右旋椭圆偏振光，长短半轴分别为a、b，垂直入射到方解石制作的四分之一玻片上，椭圆长轴和光轴的夹角为θ。分析当$\theta = 0,\frac{\pi}{2},\frac{\pi}{4}$时，出射光的偏振态。$\theta = 0,\frac{\pi}{2},\frac{\pi}{4}$

椭圆偏振光的左旋和右旋

迎着光的方向看，电矢量顺时针旋转就是右旋，逆时针就是左旋。

垂直振动的合成

圆偏振光和椭圆偏振光可以看成是两个垂直振动的两个线偏振光的合成，对于任意的（椭）圆偏振光，总可以在圆心处取直角坐标系，将振动分解为：

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

将振动合成，表示为：

$$\frac{{E_x}^2}{{A_x}^2} + \frac{{E_y}^2}{{A_y}^2} - 2\frac{E_x E_y}{A_x A_y}\cos\delta = \sin^2\delta$$

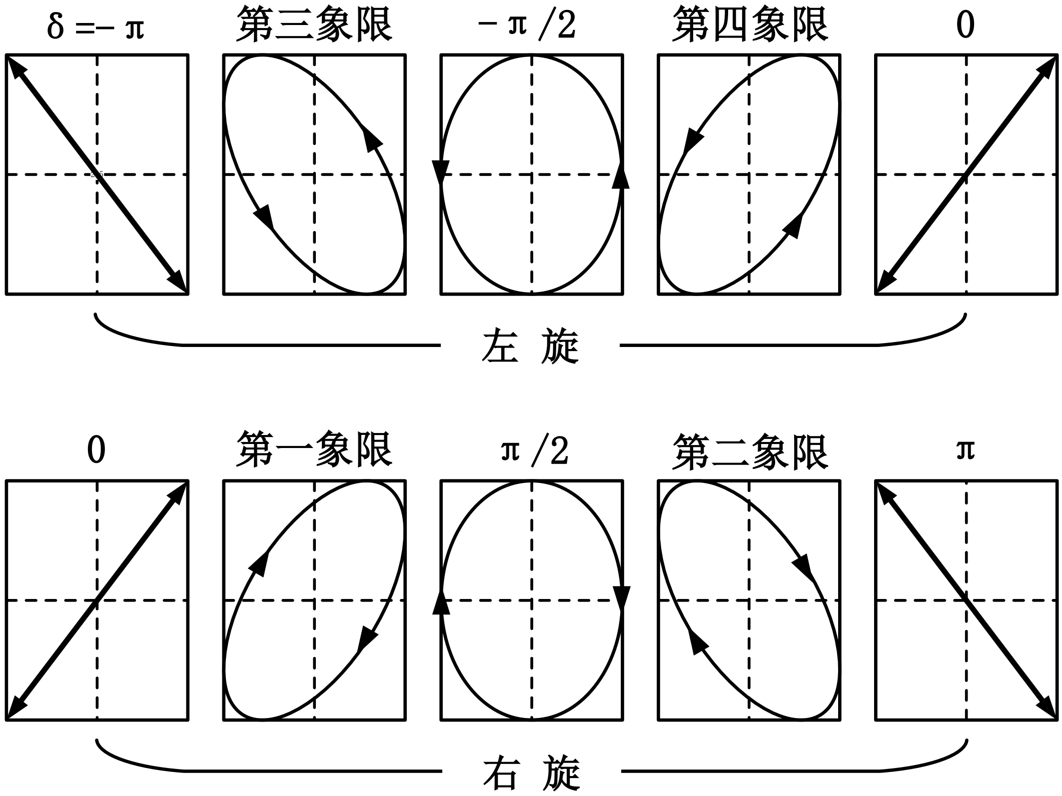
运动图像可以由本式确定。

运动的方向可以由$t: 0 \to \Delta t$运动趋势决定。

当δ取$[-\pi, \pi]$不同值时，对应的椭圆运动也不同，典型的运动特征总结如下：

- $\delta = \pm\pi$，过二四象限的直线。
- $\delta \in \left(-\pi, -\frac{\pi}{2}\right)$，左旋，长轴过二四象限的椭圆。
- $\delta = -\frac{\pi}{2}$，左旋，正椭圆。
- $\delta \in \left(-\frac{\pi}{2}, 0\right)$，左旋，长轴过一三象限的椭圆。
- $\delta = 0$，过一三象限的直线。
- $\delta \in \left(0, \frac{\pi}{2}\right)$，右旋，长轴过一三象限的椭圆。
- $\delta = \frac{\pi}{2}$，右旋，正椭圆。
- $\delta \in \left(\frac{\pi}{2}, \pi\right)$，右旋，长轴过二四象限的椭圆

总结如图



各种位相差的椭圆运动

oe 分解

光轴平行于界面，椭圆偏振光正入射。o 光是垂直于纸面的光，e 光是与光轴平行与 o 光垂直的光。沿 oe 光方向分解椭圆偏振光，我称之为 oe 分解。

对应的，不妨取 e 轴为x轴，o 轴为y轴。

通过四分之一波片的相位变化

o 光相位落后：$-\frac{2\pi}{\lambda}n_o d$，e 光相位落后$-\frac{2\pi}{\lambda}n_e d$。相位差：

$$\Delta_{oe} = \varphi_o - \varphi_e = \frac{2\pi}{\lambda}(n_e - n_o)$$

对于正晶体的四分之一波片，$n_o < n_e$，o 光相位超前$\frac{\pi}{2}$。负晶体则落后$\frac{\pi}{2}$。

对于负晶体，写出振动方程：

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

问题解答

方解石是负晶体。

长轴和短轴只取决于A_x和A_y，长轴短轴的区分并没有太大意义。所以$\theta = 0, \frac{\pi}{2}$属于同一种情况。

当$\theta = 0$，根据垂直振动的合成，我们知道这是一个右旋正椭圆，因此$\delta = \frac{\pi}{2}$。

$E_y = A_y\, cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{2}\right) = A_y\, cos(\omega t + \pi)$，是一条过二四象限的直线。

当$\theta = \frac{\pi}{4}$，椭圆右旋且长轴在一三象限，$\delta \in \left(0, \frac{\pi}{2}\right)$。

$E_y = A_y\, cos\left(\omega t + \delta + \frac{\pi}{2}\right) = A_y\, cos(\omega t + \delta')$，$\delta' \in \left(\frac{\pi}{2}, \pi\right)$，是右旋长轴过二四象限的椭圆。