

## 11.4 双折射现象及其应用

01 晶体双折射现象

02 惠更斯原理在双折射现象中的应用

03 由双折射产生偏振光的器件

## 01 晶体双折射现象



**方解石是双折射晶体，  
透过方解石可以看到物体的双重影像**

## 01 晶体双折射现象

各向同性介质中 —— 光的速度与传播方向和偏振态无关

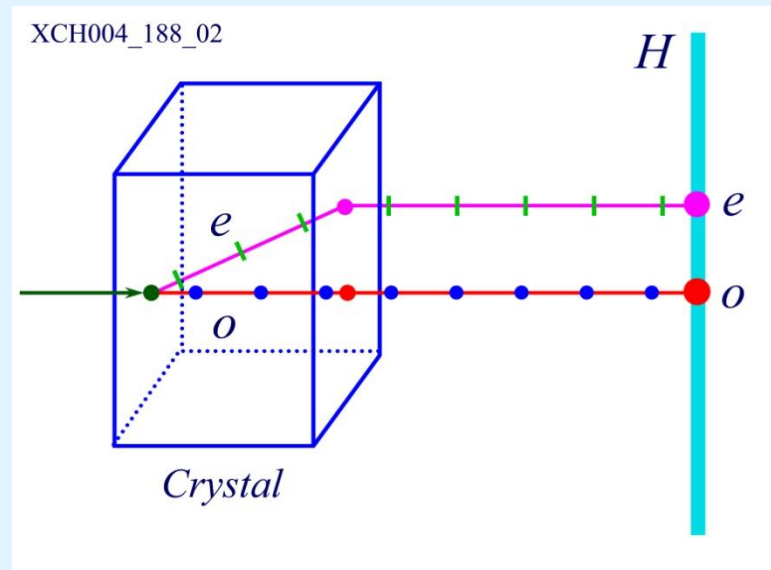
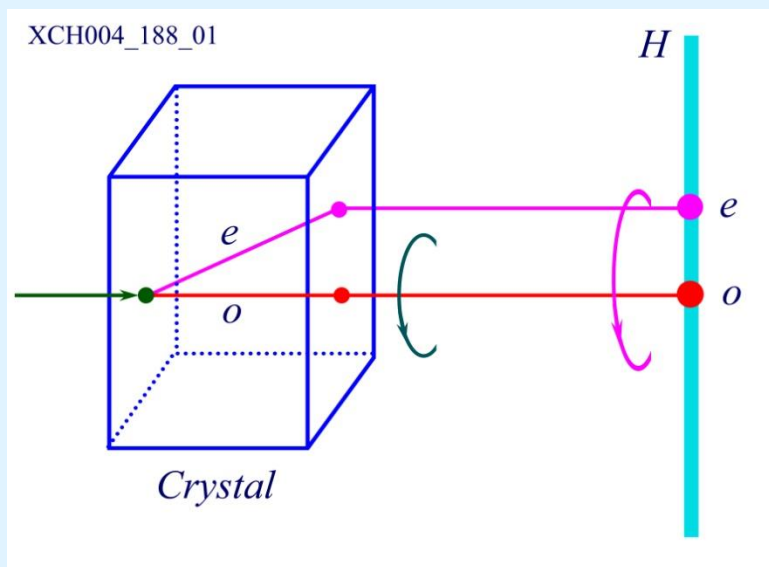
- ☞ 波面 —— 球面或平面，传播方向与波面垂直
- ☞ 符合折射定律 —— 折射光在入射面内
- 对于给定介质，折射率为常数
- ☞ 各种偏振态的光均满足以上特点

各向异性介质中 —— 光的速度与传播方向和偏振态有关

双折射 —— 自然光入射各向异性介质(方解石, 石英)  
在介质内部的折射光分为两束光

## 双折射光束特征

- 1) 两束光均为线偏振光
- 2) 遵循折射定律的一束光 —  $o$  光  
不遵守折射定律的一束 —  $e$  光



—— 在介质中  
 $o$  光和  $e$  光传播速度不一样

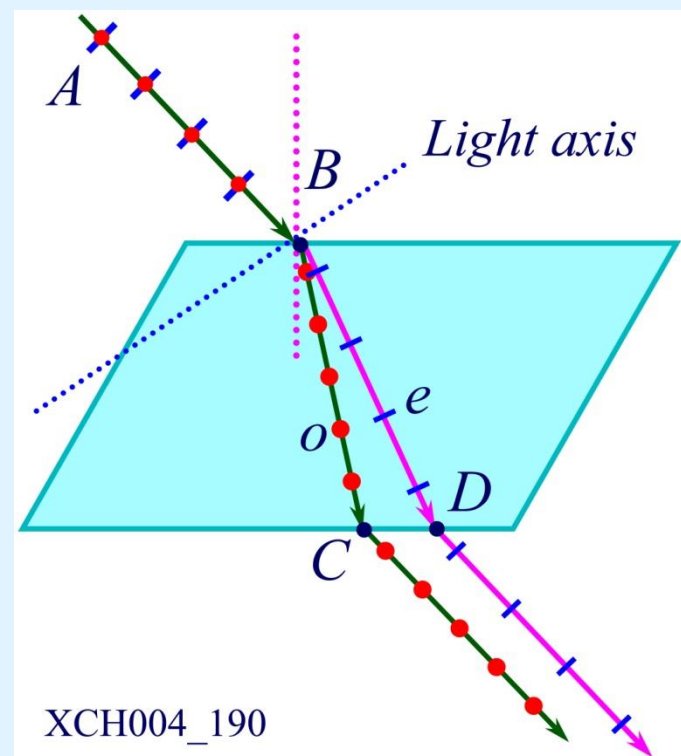


3) 出射晶体后\_\_两束光除了振动方向不一样之外  
其它性质完全相同 —— 不再分为 $o$ 光和 $e$ 光

☞ 光轴 —— 晶体中不发生双折射的方向

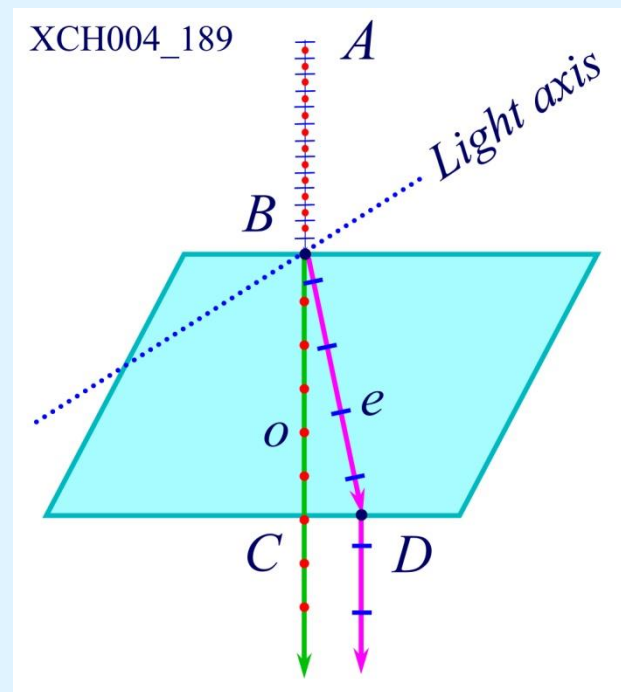
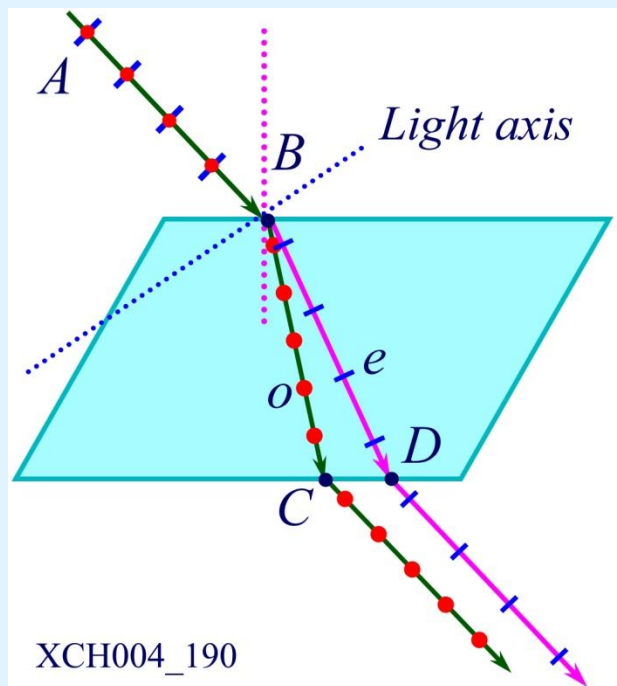
单轴晶体 —— 方解石  
石英  
红宝石

双轴晶体 —— 云母  
硫磺  
黄玉



## 02 惠更斯原理在双折射现象中的应用

## 主平面 —— 光线和晶体光轴构成的面



$o$ 光的主平面 ——  $o$ 光振动方向垂直于主平面

$e$ 光的主平面 ——  $e$ 光的振动方向在主平面内



# 1 单轴晶体中的波面

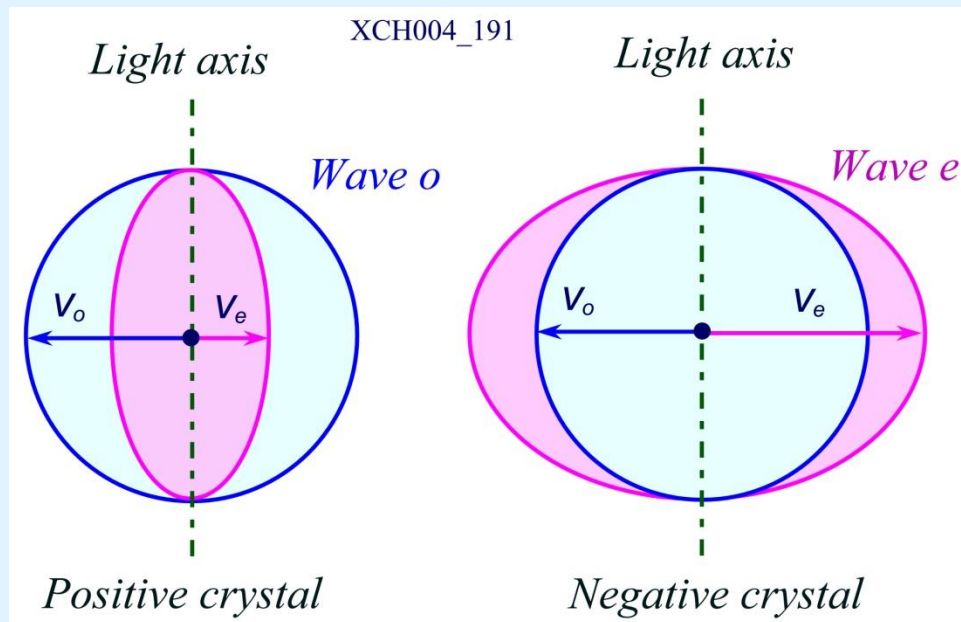
*o*光和*e*光在晶体中的波面分别是球面和旋转椭球面

正晶体(石英)  $v_o > v_e$

负晶体(方解石)  $v_o < v_e$

*o*光折射率  $n_o = \frac{c}{v_o}$

*e*光折射率  $n_e = \frac{c}{v_e}$



## 2 晶体中波面的确定

自然光入射双折射晶体，光轴在反射和折射面内

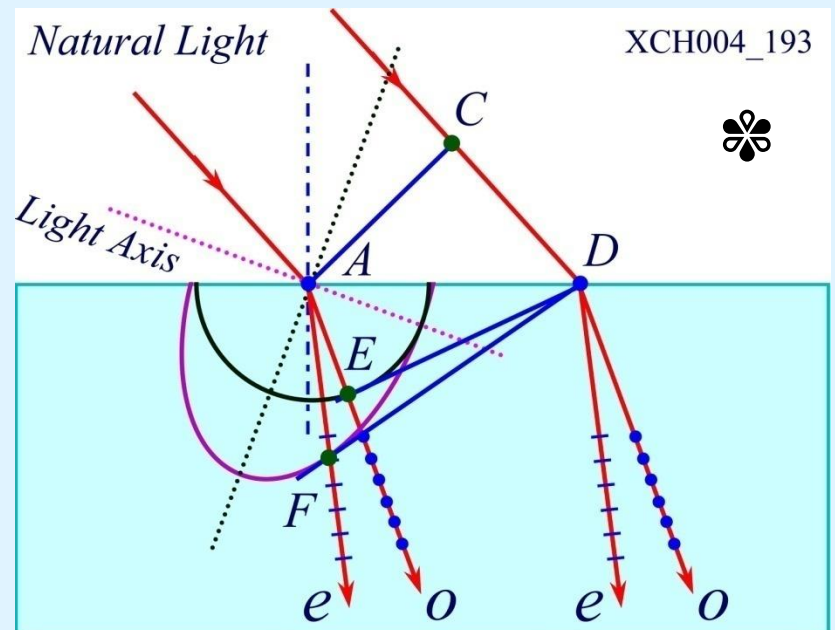
根据惠更斯原理  
可确定 $o$ 光和 $e$ 光  
在晶体中的传播方向

$t=0$ 时刻的波面: **AC**

$t=t$ 时刻:

$o$ 光的波面为**DE**，在晶体中 $o$ 光的传播方向为**AE**

$e$ 光的波面为**DF**，在晶体中 $e$ 光的传播方向为**AF**



自然光垂直入射双折射晶体表面

光轴平行于晶体的表面

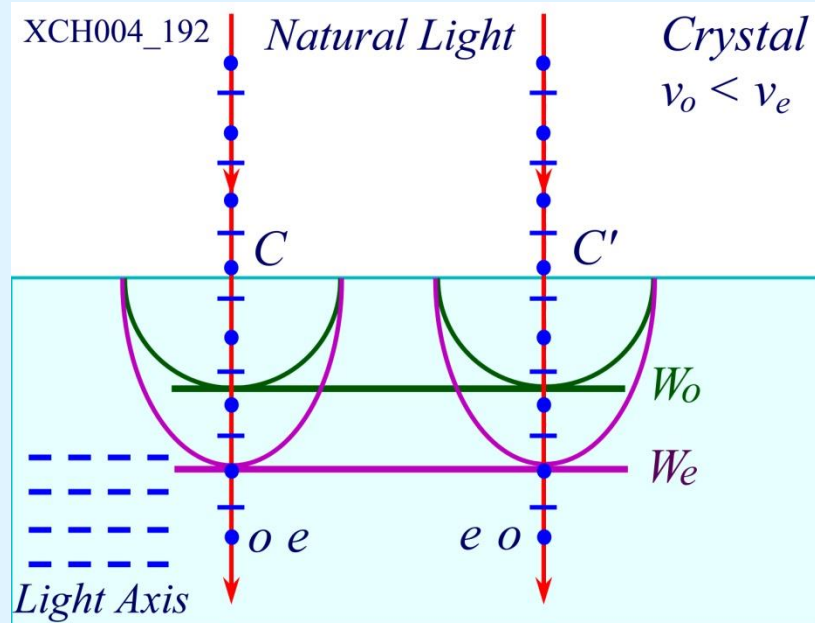
且与入射光垂直

**t=0**时刻的波面: **CC'**

**t=t**时刻:

*o*光波面为**W<sub>o</sub>**, 晶体中*o*光沿入射光方向传播

*e*光波面为**W<sub>e</sub>**, 晶体中*e*光沿入射光方向传播



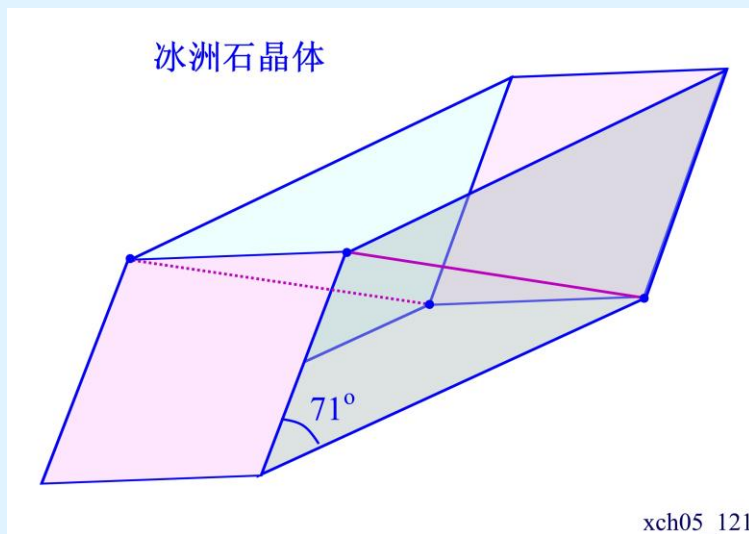
$$\begin{cases} n_o = \frac{c}{v_o} \\ n_e = \frac{c}{v_e} \end{cases}$$

## 03 由双折射产生偏振光的器件

# 尼科耳棱镜

➡ 利用双折射晶体制成偏振片

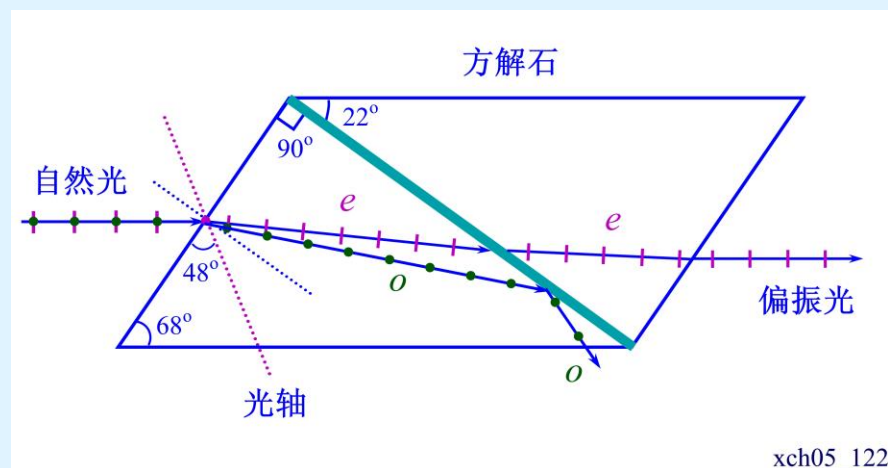
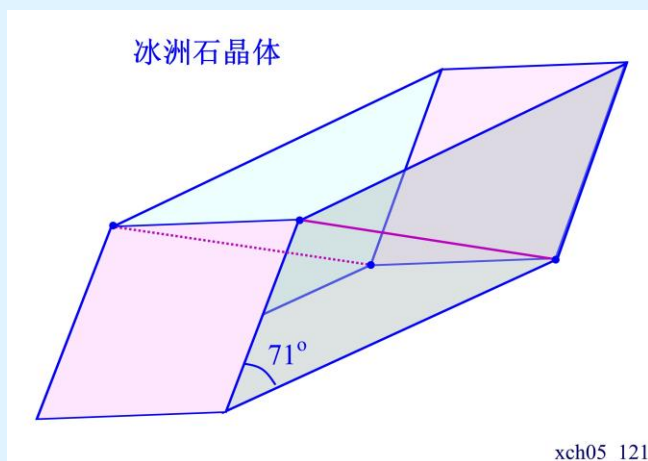
➡ 取一块长度约为宽度3倍的冰洲石晶体



➡ 沿对角线切开用加拿大树胶将两块冰洲石粘接起来

加拿大树胶的折射率  $n_o > n_C > n_e$

☞ 自然光在合适的角度入射尼科耳棱镜



☞  $o$ 光在树胶界面发生全反射，被四周涂黑物质吸收

☞  $e$ 光通过尼科耳棱镜

## \* 波片（波晶片）

利用双折射晶体中 $o$ 光和 $e$ 光的速度不同，制成波晶片

使 $o$ 光和 $e$ 光在出射晶体时产生一定相差

—— 改变出射光的偏振状态

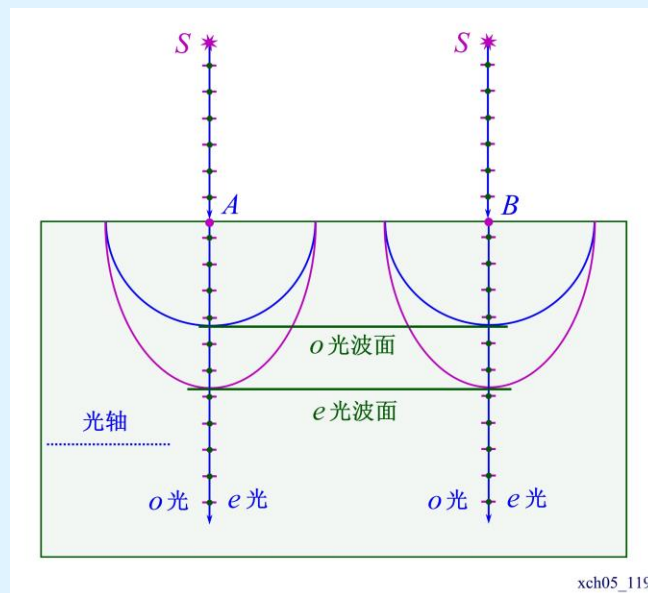
### 1) $\frac{1}{4}$ 波片

两束光的光程差  $(n_o - n_e)d = (2k + 1)\frac{1}{4}\lambda$

$o$ 光和 $e$ 光的相差  $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(n_o - n_e)d$   
 $= (2k + 1)\frac{\pi}{2}$

最小厚度

$$d_{\frac{1}{4}} = \frac{\lambda}{4(n_o - n_e)}$$



xch05\_119

## 2) $\frac{1}{2}$ 波片

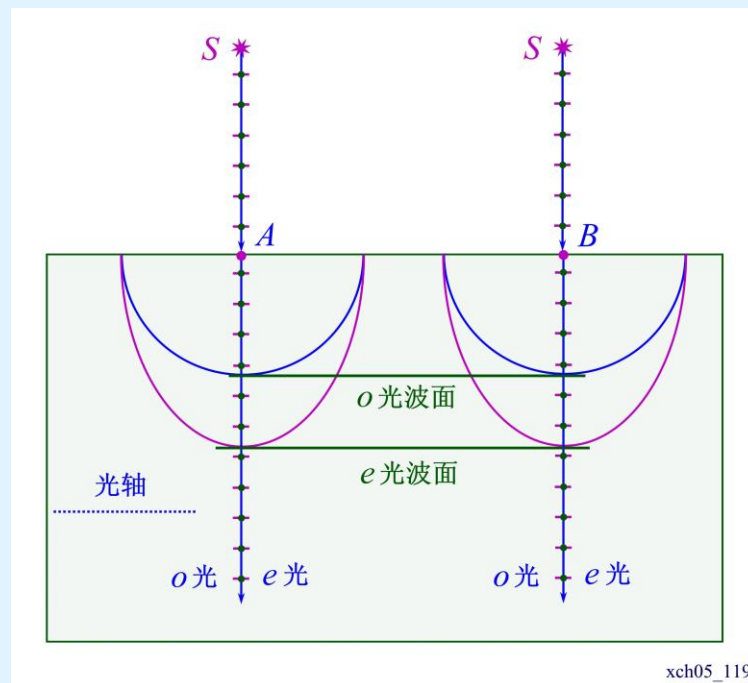
两束光的光程差  $(n_o - n_e)d = (2k + 1)\frac{1}{2}\lambda$

$o$ 光和 $e$ 光的相差

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(n_o - n_e)d = (2k + 1)\pi$$

波片的最小厚度

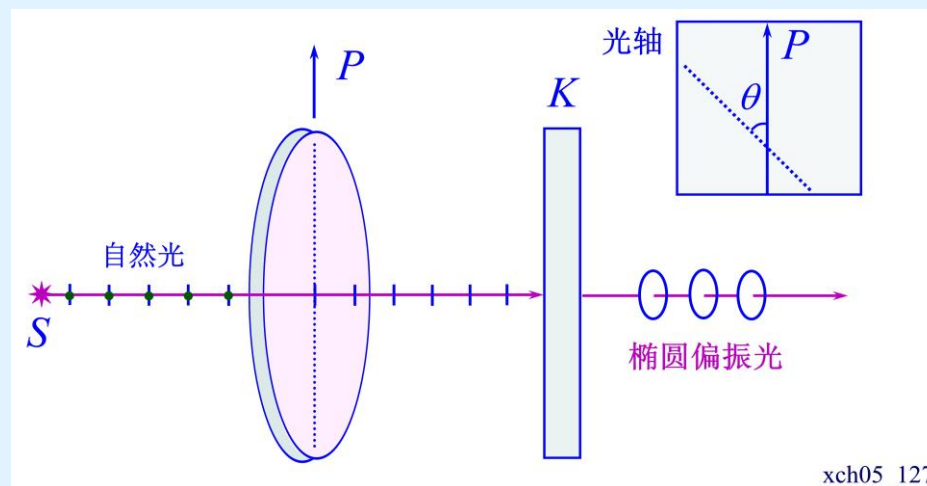
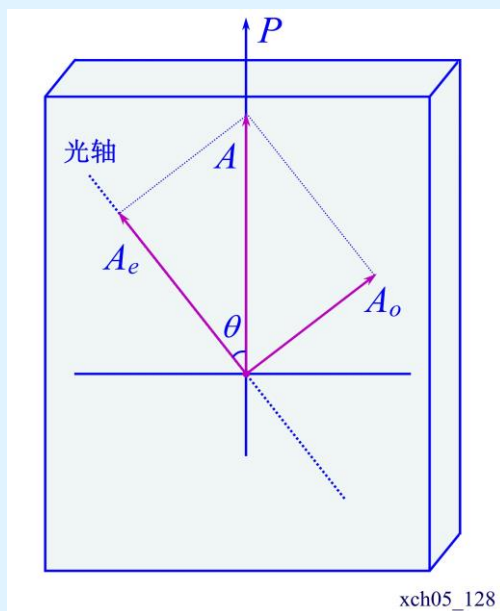
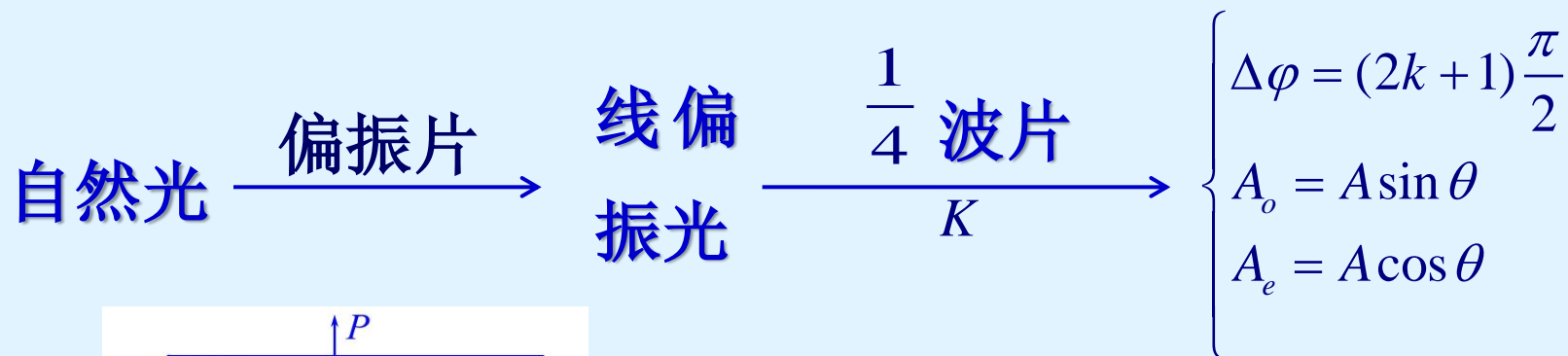
$$d_{\frac{1}{2}} = \frac{\lambda}{2(n_o - n_e)}$$



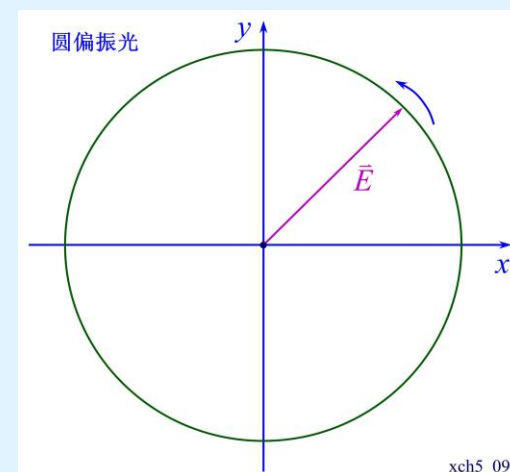
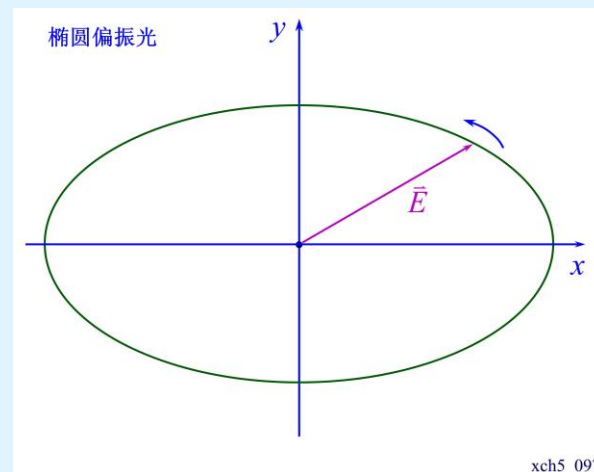
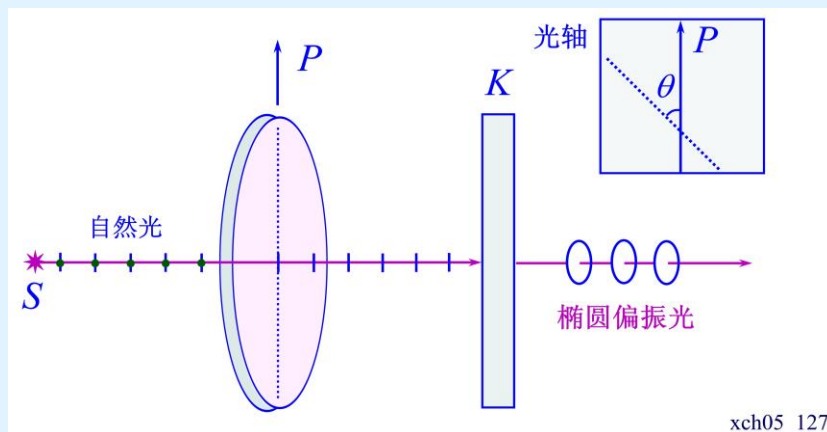


# \* 波片的应用

## 1) 椭圆和圆偏振光的获得



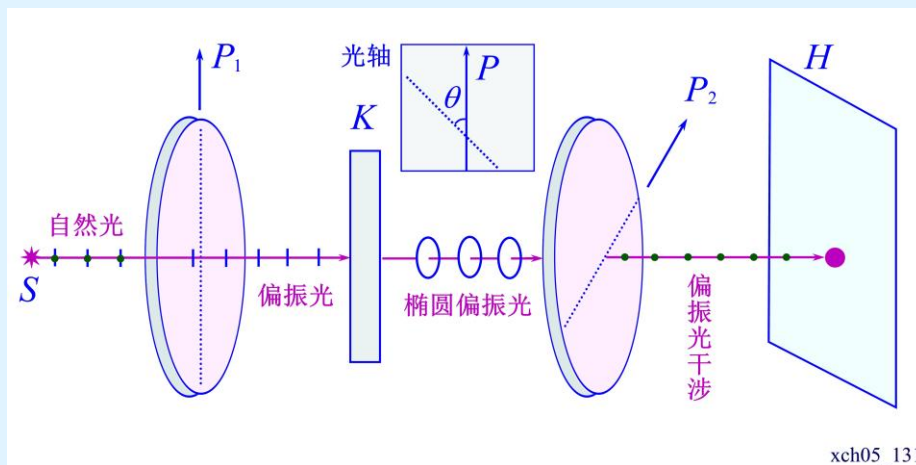
# 椭圆和圆偏振光



$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta\varphi = (2k+1)\frac{\pi}{2} \\ A_o = A\sin\theta \\ A_e = A\cos\theta \end{array} \right. \xrightarrow{\text{出射波片}} \begin{array}{c} \text{椭圆偏振光} \\ \text{圆偏振光} \end{array}$$

## 2) 偏振光的干涉

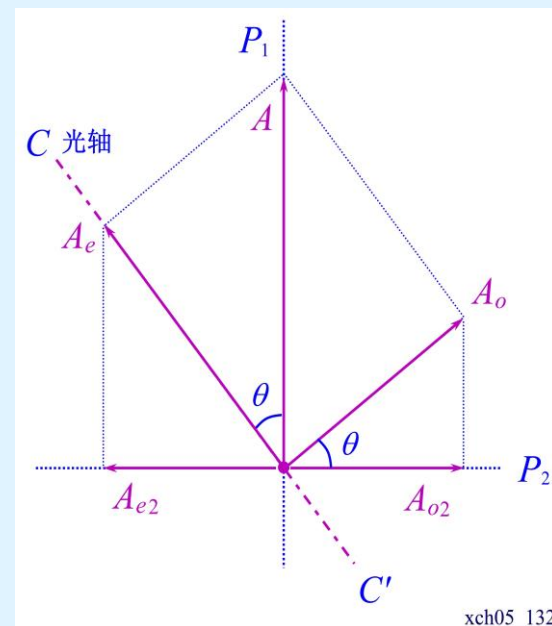
自然光  $\xrightarrow{P_1}$  线偏振光  $\xrightarrow{\frac{1}{4} \text{波片}}$



$\xrightarrow{P_2}$  将两束光引到同一方向上来

干涉条纹

$$\begin{cases} \Delta\varphi = (2k+1)\frac{\pi}{2} \\ A_o = A \sin \theta \\ A_e = A \cos \theta \end{cases}$$



## \* 人为双折射现象

### 1. 光弹性效应

有些各向同性的透明材料（如塑料、玻璃等），若内部存在应力，它就会呈现出各向异性，当光入射时，也会产生双折射现象，称为光弹性效应

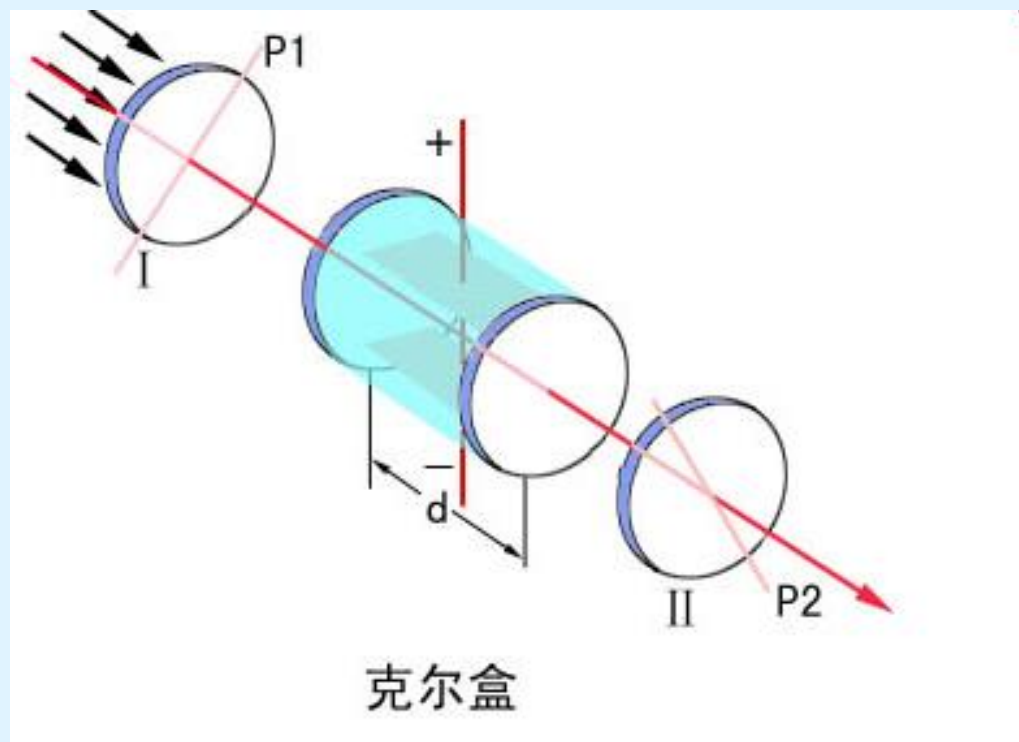


塑料刀叉上的美丽条纹



## 2. 克尔效应

有些各向同性的透明介质（如玻璃、树脂、石蜡松节油、水、硝基苯和蒸汽等），在外电场的作用下，会显示出各向异性的属性，从而产生双折射现象，称为克尔效应。



## \* 旋光效应

线偏振光通过某些透明物质时，会发生偏振面的旋转，称为旋光现象。

能产生旋光现象的物质称做旋光物质，如石英晶体，糖溶液等。

