### 大学物理演示实验室公共开放安排

本学期大学物理演示实验室于**第**14、15**周**开放两个物理演示实验室,欢迎同学们参观。

地点: 西五楼111室 (振动与波动) 西五楼112室 (光学)

周次	时间	节次
第14周	周三( <sup>12</sup> 月 <sup>4</sup> 日) 周五( <sup>12</sup> 月 <sup>6</sup> 日)	5~6节
第15周	周一( <sup>12</sup> 月 <sup>9</sup> 日) 周二( <sup>12</sup> 月 <sup>10</sup> 日)	

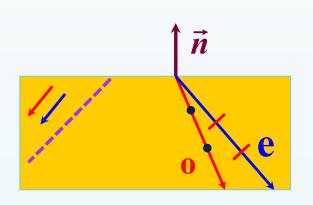
#### 口几个概念

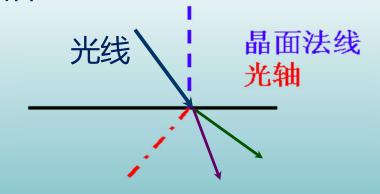
晶体的光轴

存在一个特殊的方向,沿此方向o、e光速度 相同,折射率 $n_0$ , $n_0$ 也相同,不发生双折射

注: 凡平行于光轴方向的直线均为光轴。

- 晶体的主截面(晶面法线+光轴)
- 光线的主平面(晶体内光线方向+光轴)

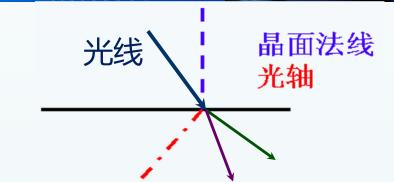




• 光线的主平面(晶体内光线方向+光轴)

#### 注意:

- ① o光和e光的主平面不一定相同



重点研究:一种特殊的情况

- ① 入射光在主截面内
- ② 主平面、主截面为同一平面
- ③ o光振动方向 Le光振动方向

#### □ 惠更斯原理对双折射的解释

· o光和e光的子波面

0光: 各方向速度相同──波面: 球面

e光: 各方向速度不相同 → 波面: 旋转椭球面

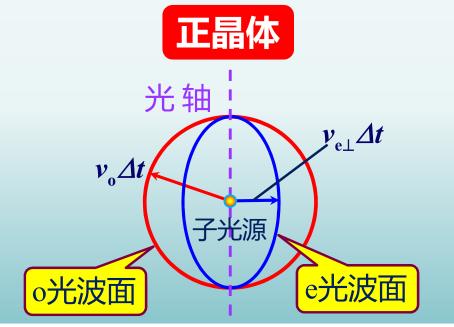
平行光轴的方向上: $v_{o/} = v_{e/}$ 两种光的波面在光轴方向上始终重合

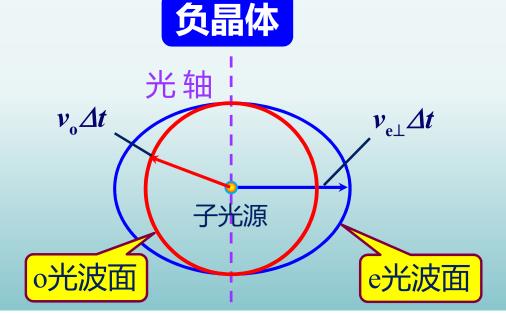
球面与椭球面在光轴方向上相交

垂直光轴的方向上: 
$$v_{o\perp} \neq v_{e\perp}$$
  $\begin{cases} v_{o\perp} > v_{e\perp} \longrightarrow v_o > v_e \text{ 正晶体 } \text{ 石英} \\ v_{o\perp} < v_{e\perp} \longrightarrow v_o < v_e \text{ 负晶体 } \text{ 方解石} \end{cases}$ 

平行光轴的方向上: $v_{ol} = v_{el}$ 两种光的波面在光轴方向上始终重合 球面与椭球面在光轴方向上相交

垂直光轴的方向上: 
$$v_{o\perp} \neq v_{e\perp} \begin{cases} v_{o\perp} > v_{e\perp} \longrightarrow v_o > v_e \text{ 正晶体 } \ \text{石英} \\ v_{o\perp} < v_{e\perp} \longrightarrow v_o < v_e \text{ 负晶体 } \ \text{方解石} \end{cases}$$





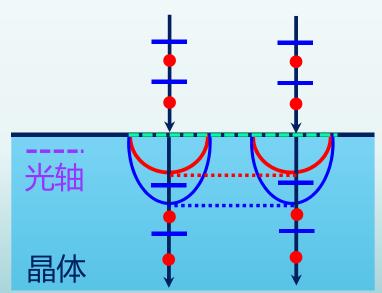
#### • 晶体的主折射率

晶体对o光的折射率: 
$$n_0 = \frac{c}{v_0}$$

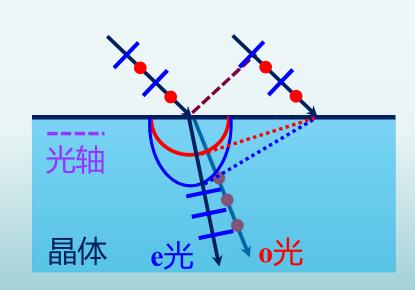
晶体对e光的折射率: 
$$n_e = \frac{c}{v_{e\perp}}$$

 $n_0$ ,  $n_e$  称为晶体的主折射率

• 惠更斯作图法 以负晶体为例  $v_0 < v_e$ 

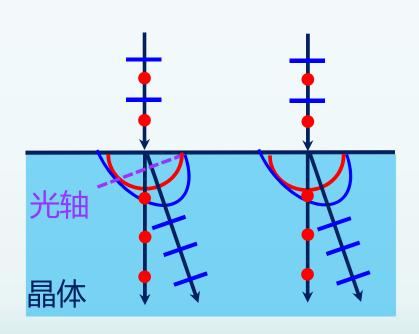


两光空间没分开, 但速度上分开了



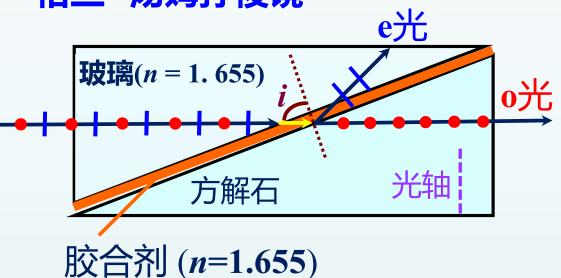
两光空间上完全分开

若光轴与晶体表面斜交, 自然光垂直入射



#### **ロ 利用双折射获得线偏振光** ——偏振棱镜

#### • 格兰-汤姆孙棱镜



方解石主折射率:

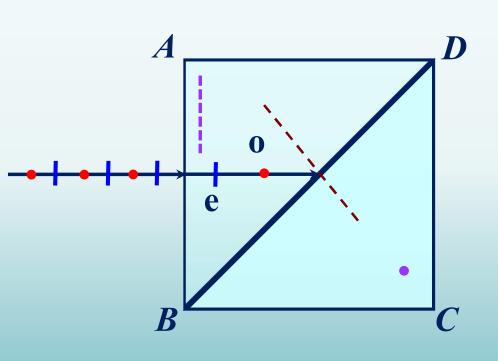
$$n_{\rm e}(1.4864) \le n \ (1.655)$$

$$n_0(1.6584) \approx n (1.655)$$

e光从光密到光疏  $\longrightarrow$  全反射临界角:  $i_0 = \sin^{-1} \frac{n}{n_e} \approx 70^\circ$ 

设置满足  $i > i_0 \rightarrow e$ 光将全反射

例. 棱镜ABCD由两个450的方解石棱镜组成, 棱镜ABD的光轴平行 于AB,棱镜BCD的光轴垂直于图面,方解石对0光和e光的折射率 分别为 $n_0$ =1.6584,  $n_o$ =1.4864。画出o光和e光的传播方向及光矢量振 动方向。



解: 棱镜ABD中的o光等价于棱

镜BCD中的e光

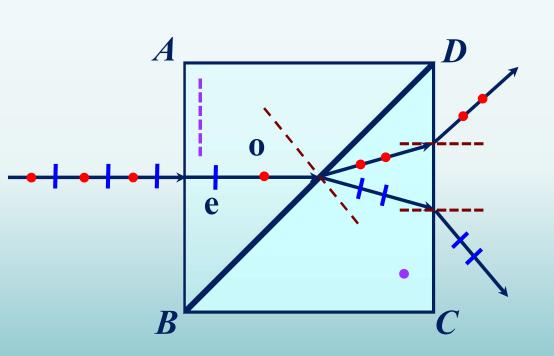
o光经BD折射

$$n_{\rm o}\sin 45^{\rm o}=n_{\rm e}\sin \gamma_{\rm o}$$

方解石为负晶体:  $n_e < n_o$ 

$$\sin \gamma_{\rm o} = \frac{n_{\rm o}}{n_{\rm e}} \sin 45^{\rm o} \longrightarrow \gamma_{\rm o} > 45^{\rm o}$$

例. 棱镜ABCD由两个450的方解石棱镜组成, 棱镜ABD的光轴平行 于AB,棱镜BCD的光轴垂直于图面,方解石对0光和e光的折射率 分别为 $n_0$ =1.6584,  $n_e$ =1.4864。画出o光和e光的传播方向及光矢量振 动方向。



o光经BD折射

$$\sin \gamma_0 = \frac{n_0}{n_e} \sin 45^0 \longrightarrow \gamma_0 > 45^0$$

同理, e光经BD折射

$$n_{\rm e}\sin 45^{\rm 0}=n_{\rm o}\sin \gamma_{\rm e}$$

$$\sin \gamma_{\rm e} = \frac{n_{\rm e}}{n_{\rm o}} \sin 45^{\rm o} \longrightarrow \gamma_{\rm e} < 45^{\rm o}$$

#### 口 波晶片

表面与光轴平行的晶体薄片。

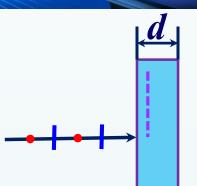
通过厚为d的晶片,o、e光同向,但不同相。

光程差: 
$$\delta = (n_o - n_e)d$$

位相差: 
$$\Delta \varphi = \frac{2\pi}{\lambda} (n_{\rm o} - n_{\rm e}) d$$
   
**正晶体**:  $\Delta \varphi < 0$    
**负晶体**:  $\Delta \varphi > 0$ 

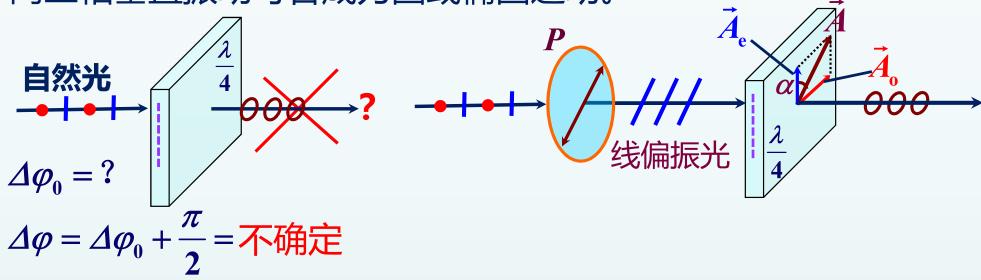
适当选择厚度d,可使两分振

动产生任意数值的位相差。 ——相位延迟片

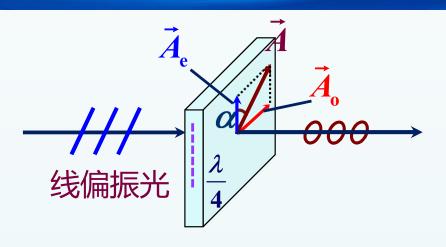


#### □ 圆偏振光和椭圆偏振光的获得

两互相垂直振动可合成为圆或椭圆运动。



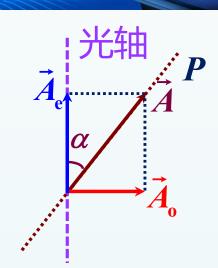
一束线偏振光经1/4晶片后,出射光是两束传播方向相同、振动方向相互垂直、频率相等、相位差为π/2的线偏振光,它们合成为一束椭圆偏振光。 适当的α可合成圆偏振光



#### 振幅关系:

$$A_0 = A \sin \alpha$$

$$A_{\rm e} = A\cos\alpha$$



#### 讨论:

① 
$$\alpha = 45^{\circ} \longrightarrow A_{o} = A_{e} \longrightarrow 圆偏振光$$

② 
$$\alpha = 0^{\circ}$$
  $\longrightarrow \begin{cases} A_{e} = A \\ A_{o} = 0 \end{cases}$   $\longrightarrow$  与e光对应的线偏振光

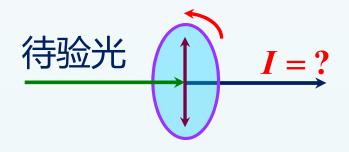
③ 
$$\alpha = 90^{\circ} \longrightarrow \begin{cases} A_{e} = 0 \\ A_{o} = A \end{cases} \longrightarrow 50$$
光对应的线偏振光

4  $\alpha =$ 其他值  $\longrightarrow$  椭圆偏振光

如何确定偏振光的类型?

#### 口 偏振光的检验

初检验: 使用旋转的检偏器, 观察透射光强度的变化



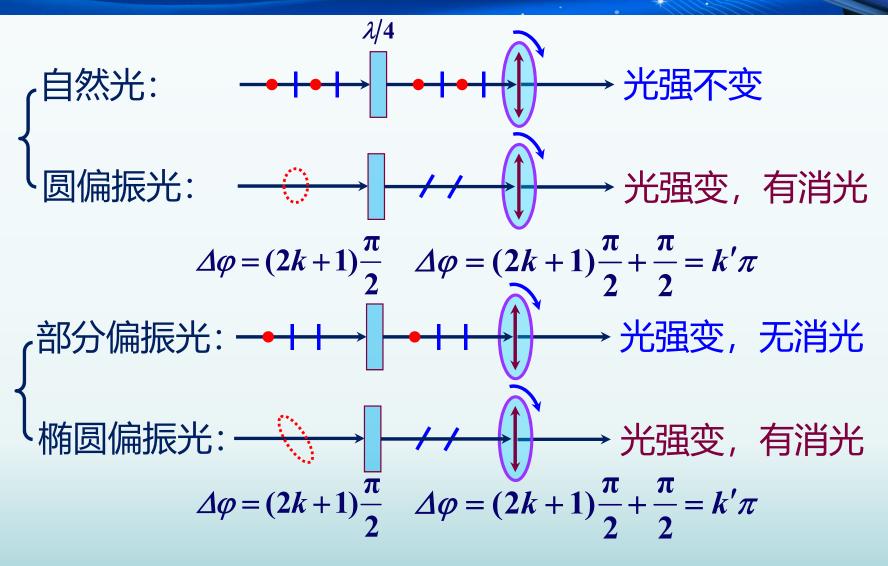
自然光: 光强不变

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



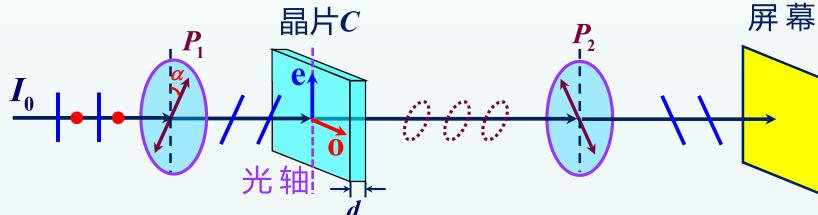
注: 椭圆的长轴(或短轴)需与波片的光轴重合。



3 偏振光的干涉

4 旋光效应

#### 口 偏振光干涉装置



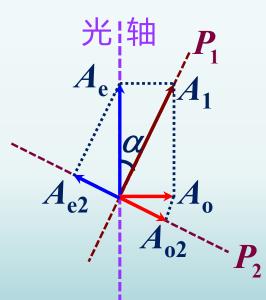
### 口 干涉分析

• 振幅关系  $(P_1 \perp P_2)$ 

经过晶片
$$C$$
后 $\longrightarrow$ 
$$\begin{cases} A_{\rm o} = A_{\rm l} \sin \alpha \\ A_{\rm e} = A_{\rm l} \cos \alpha \end{cases}$$

$$A_{02} = A_0 \cos \alpha = A_1 \sin \alpha \cdot \cos \alpha$$

$$A_{\rm e2} = A_{\rm e} \sin \alpha = A_{\rm 1} \sin \alpha \cdot \cos \alpha$$



$$A_{\rm e2} = A_{\rm o2}$$

#### • 位相关系

通过晶体
$$C$$
后:  $\left| \Delta \varphi_c \right| = \frac{2\pi d}{\lambda} \left| n_e - n_o \right|$ 

通过 $P_2$ 后:

$$|\Delta \varphi_{\perp}| = |\Delta \varphi_c| + \pi = \frac{2\pi d}{\lambda} |n_e - n_o| + \pi$$

两偏振片,偏振方向不在一

个象限时产生的附加相位差

$$\mathcal{H}$$
 轴  $P_1$ 
 $A_1$ 
 $\alpha$ 
 $A_{02}$ 
 $A_{02}$ 
 $A_{02}$ 
 $A_{02}$ 

$$\Delta \varphi_{\perp} = \begin{cases}
2k\pi \longrightarrow d = \frac{2k-1}{|n_{e} - n_{o}|} \cdot \frac{\lambda}{2}, (k = 1, 2, \cdots) \longrightarrow \mp \text{ 持相长} \\
(2k+1)\pi \longrightarrow d = \frac{k}{|n_{e} - n_{o}|} \lambda \longrightarrow - \mp \text{ 持相消}
\end{cases}$$

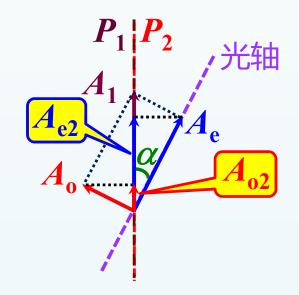
#### • 若 P<sub>1</sub> // P<sub>2</sub>

在 $P_2$ 后振幅为:

$$A_{02} = A_0 \sin \alpha = A_1 \sin^2 \alpha$$

$$A_{\rm e2} = A_{\rm e} \cos \alpha = A_{\rm 1} \cos^2 \alpha$$

$$\Delta \varphi_{//} = \left| \Delta \varphi_c \right| = \frac{2\pi d}{\lambda} \left| n_e - n_o \right| \begin{cases} 2k\pi & \text{ 及人} \\ (2k+1)\pi & \text{ 极小} \end{cases}$$



$$\left| \Delta \varphi_{//} \right| = \frac{2\pi d}{\lambda} \left| n_{e} - n_{o} \right| \qquad \left| \Delta \varphi_{\perp} \right| = \frac{2\pi d}{\lambda} \left| n_{e} - n_{o} \right| + \pi$$

#### 讨论:

① 单色光入射

d 均匀 → 出射或亮、或暗、或不明不暗;

d 不均匀 → 出射为等厚干涉条纹。

② 白光入射

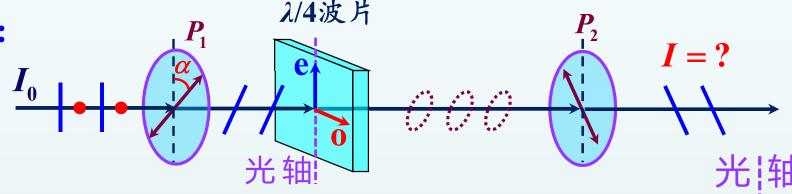
c晶片d均匀 $\longrightarrow$ 出射是 $\lambda$ 满足干涉极大的彩色。

由于某种颜色干涉相消,而呈现它的互补色这叫显色偏振。

如: 红色相消→绿色; 蓝色相消→黄色,

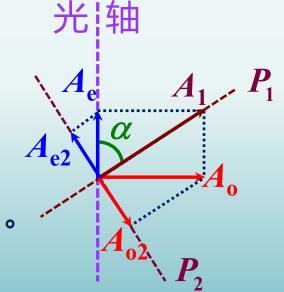
·若d不均匀,则屏上出现彩色条纹。

例. 在相互正交的偏振片 $P_1$ 和 $P_2$ 之间插入一块 $\lambda/4$ 波片,波片的光轴与 $P_1$ 的偏振化方向间的夹角为 $60^\circ$ ,光强为 $I_0$ 的单色自然光垂直入射于 $P_1$ ,求透过 $P_2$ 的光强 $I_0$ 。



透出 $P_1$ 的线偏振光的强度:  $I_1 = \frac{I_0}{2} = A_1^2$ 

通过两偏振片和波片的光振动的振幅关系图。



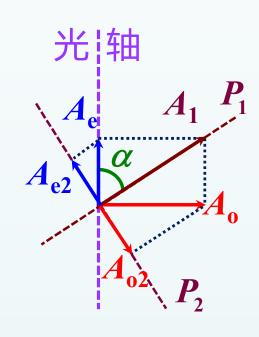
从P,透出的两相干线偏振光的振

幅相等,分别为

$$A_{02} = A_{e2} = A_1 \sin 60^{\circ} \cos 60^{\circ} = \frac{\sqrt{3}}{4} A_1$$

它们之间有固定的位相差:

$$\Delta \varphi = \pm \frac{\pi}{2} + \pi$$



透过P2的光是这两个线偏振光的相干叠加, 合振幅为:

$$A^{2} = A_{02}^{2} + A_{e2}^{2} + 2A_{02}A_{e2}\cos\Delta\varphi = A_{02}^{2} + A_{e2}^{2} = 2A_{02}^{2}$$

透过
$$P_2$$
的光强为:  $I = A^2 = 2A_{02}^2 = \frac{3}{16}I_0$ 



3 偏振光的干涉

4 旋光效应

## 旋光效应

#### 口 旋光现象

• 现象描述

偏振光通过某些物质后,其振动面将以光的传播方 向为轴线转过一定的角度,叫做旋光现象。

- 旋光物质 能产生旋光现象的物质
  - ① 左旋物质: 迎着光的方向观察, 使振动面<mark>逆时针</mark>旋转 的物质。
  - ② 右旋物质: 迎着光的方向观察, 使振动面<mark>顺时针</mark>旋转 的物质。

## 旋光效应

#### 旋光效应规律

② 对于液体旋光物质  $\varphi = [\alpha] cd$  c = -浓度

比旋光率与溶液种类、温度和波长

③ 旋光率  $\alpha$ 取(+)表示右旋;  $\alpha$ 取(-)表示左旋

#### • 磁致旋光效应

线偏振光通过磁性物质时,沿光传播方向施加磁场,线偏振光的振动面发生旋转。  $\varphi = VBd$  V为维尔德常量

# 作业: 13T31~T35

#### 作业要求

- 1. 独立完成作业。
- 2. 图和公式要有必要的标注或文字说明。
- 3. 作业纸上每次都要写学号(或学号末两位)。
- 4. 课代表收作业后按学号排序,并装入透明文件袋。
- 5. 每周四交上周的作业。迟交不改。
- 6. 作业缺交三分之一及以上者综合成绩按零分计。