实验3 偏振与偏振变换原理

博士 副教授 王英

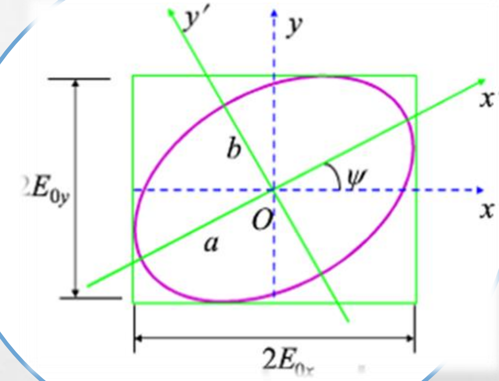
光的偏振态描述

用来表示完全偏振光

Jones矩阵表示法

$$E = \begin{bmatrix} E_{ox} \\ E_{oy} e^{-i\delta} \end{bmatrix}$$

三角函数表示法

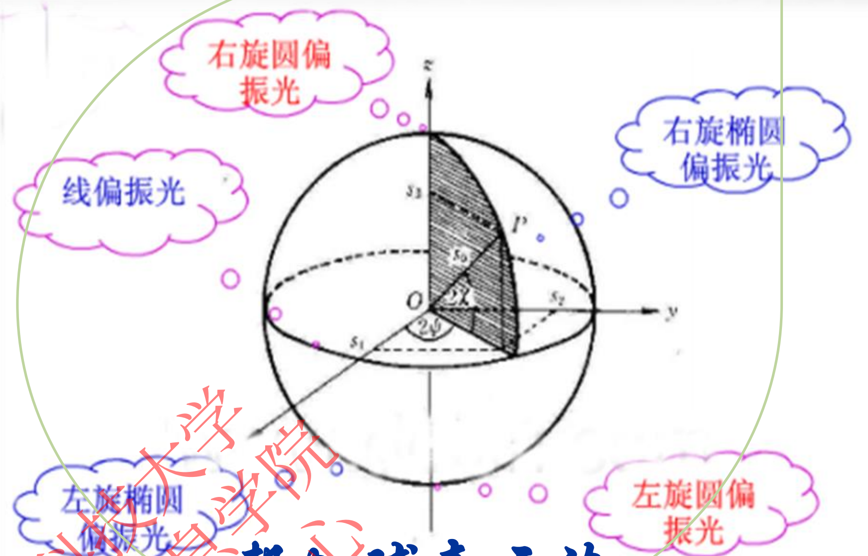


1、三角函数表示法只适合于简单的分析计算，一旦经过多次变换，计算过程就会变得十分复杂；

2、Jones矩阵只适用于纯偏振光的问题，但相对于三角函数表示法的一个好处是，可省去许多的分析过程，只要将各个偏振光经过各偏振器件的Jones矩阵表示出来，就可以直接进行计算；

stockes矢量表示法

$$
\begin{cases}
S_0 = \le E_{0x}^2 > + < E_{0y}^2 > \\
S_1 = < E_{0x}^2 > - < E_{0y}^2 > \\
S_2 = < 2E_{ox}E_{oy}\cos\delta > \\
S_3 = < 2E_{ox}E_{oy}\sin\delta >
\end{cases}
$$



邦加球表示法

在很多偏振的问题中，往往使用斯托克斯参量和邦加球来共同描述，这样更直观，也更确切

3、stocks表示法则可以表示全偏振和部分偏振光，弥补了Jones矩阵表示法的缺点；

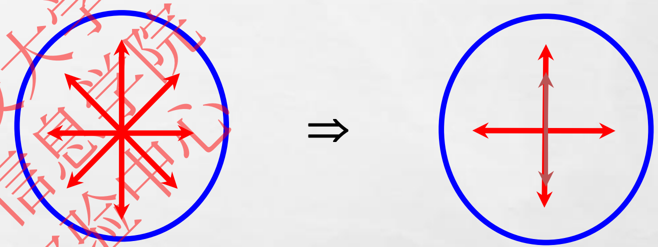
4、邦加球表示法是根据stocks表示法推导出来的，相对于后者，其直观性很好。

偏振度

部分偏振光分解：可以看作由一个完全偏振光和一个自然光混合组成。

$$I_t = I_n + I_p$$

线偏振光在总光强中所占的比例。



部分偏振光　　部分偏振光的分解

定义：

$$P = \frac{I_p}{I_t} = \frac{I_p}{I_n + I_p}$$

测量：

$$P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$$

I_t—部分偏振光

I_n—自然光的强度

I_p—完全偏振光的强度

完全偏振光（线）　$P=1$

自然光（非偏振光）　$P=0$

部分偏振光　$0<P<1$

消光比

描述光通过偏振器件后的偏振程度。

$$P = \frac{I_{\min}}{I_{\max}} = \frac{P_1P_2\text{垂直放时的光强}}{P_1P_2\text{平行放时的光强}}$$

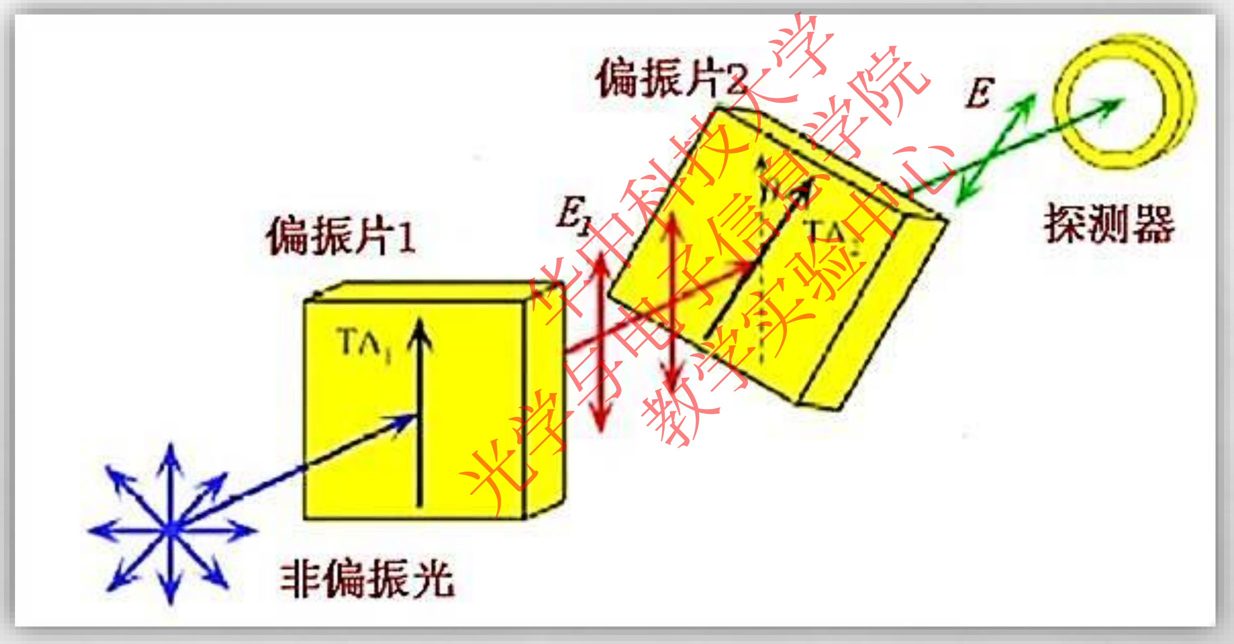
产生偏振光---起偏---起偏器；

检验偏振光---检偏---检偏器。

- 人造偏振片：10^{-3}。
- PBS：10^{-3}（窄带），1/500（宽带）
- 激光器：20 dB

马吕斯Malus定律

线偏振光通过与之角度θ的偏振片后的光场： $E=E_0\cos\theta$



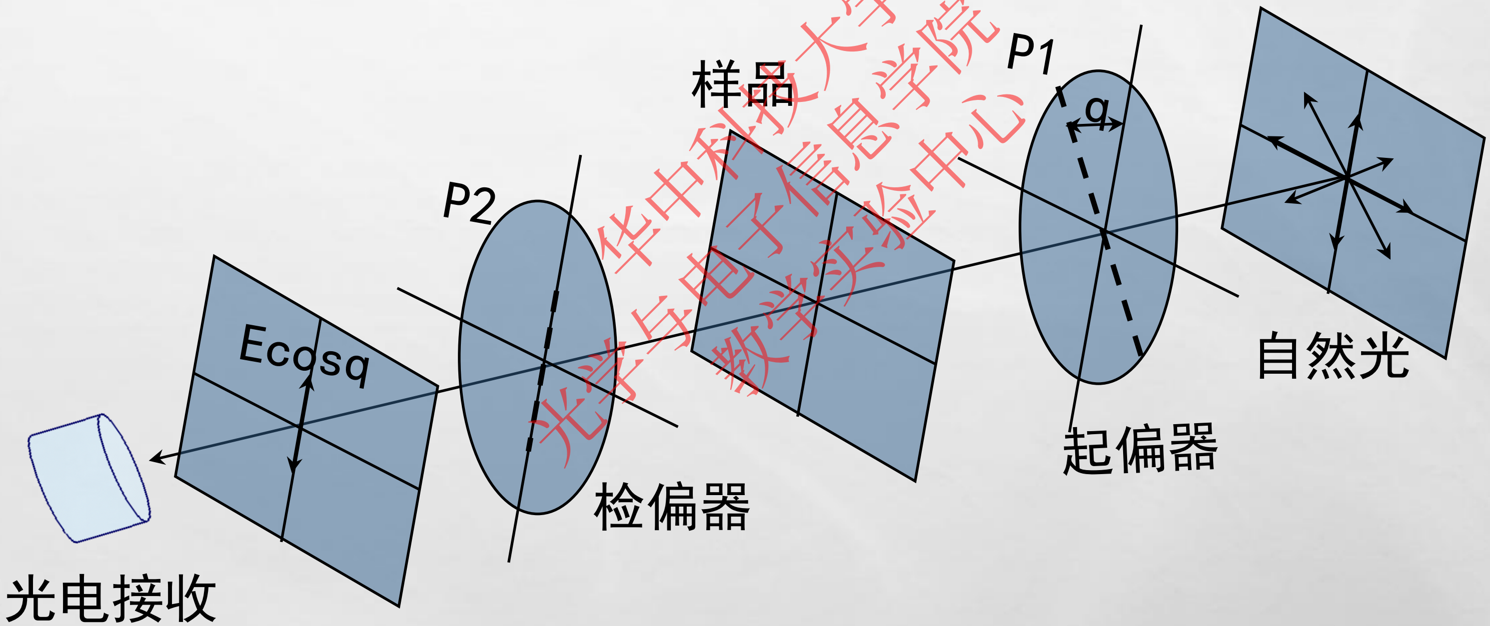
线偏振光通过一个偏振片后，透射光强I与入射光强I_0满足

$$I = I_0 \cos^2\theta$$

偏振器件测试装置

1、当透光轴互相垂直，透射光强为零，I_{MIN}。

2、当透光轴互相平行，透射光强为最大，I_{Max}。

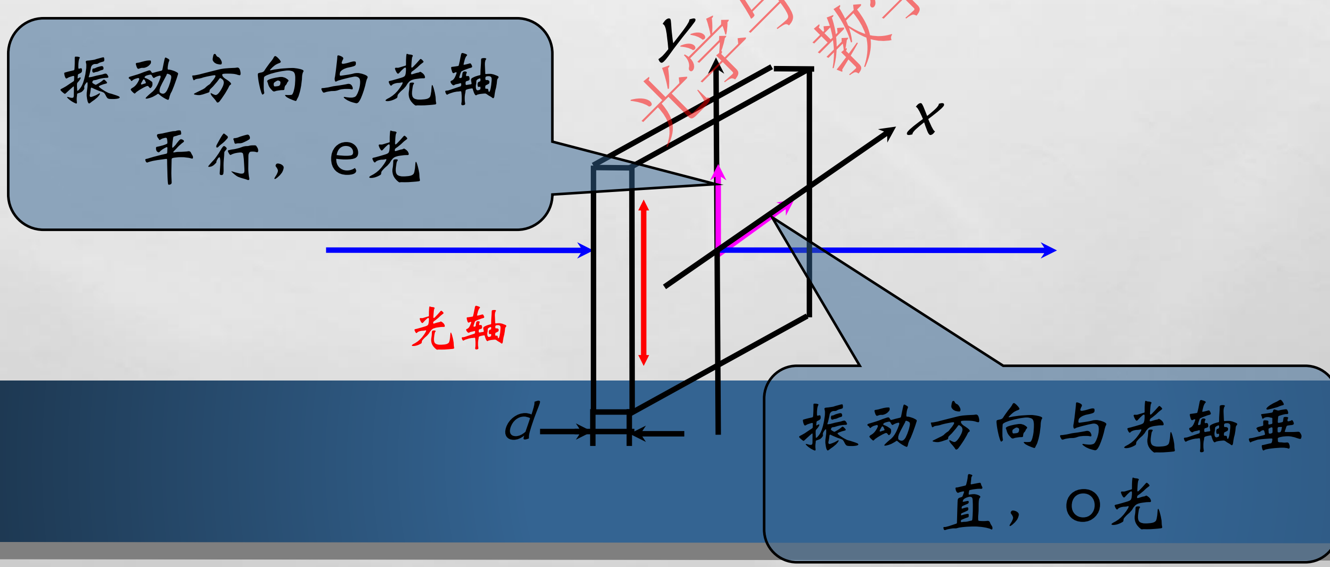


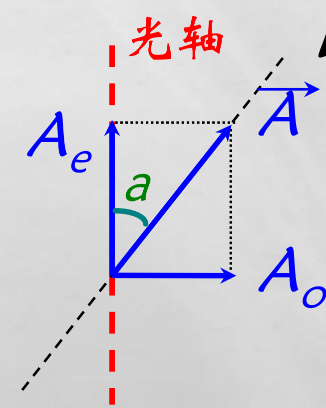
波片（波晶片，位相延迟片）

波片是单轴晶体表面与晶体的光轴平行的晶片；给定快轴；

负单轴： $n_o > n_e$ $\quad \therefore v_o < v_e$ $\quad \therefore$ e光是快光，y是快轴

正单轴： $n_o < n_e$ $\quad \therefore v_o > v_e$ $\quad \therefore$ o光是快光，x是快轴

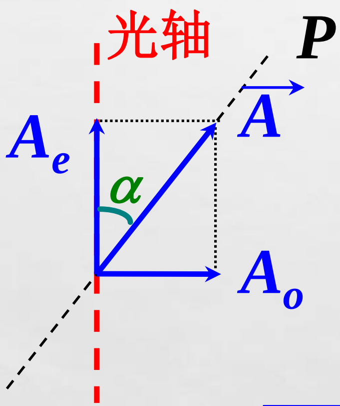




❖传播方向不变，波片内速度不同；

❖波片厚度d，则o光和e光通过波片光程不同，出射产生位相差。即两个垂直偏振的光的位相差。

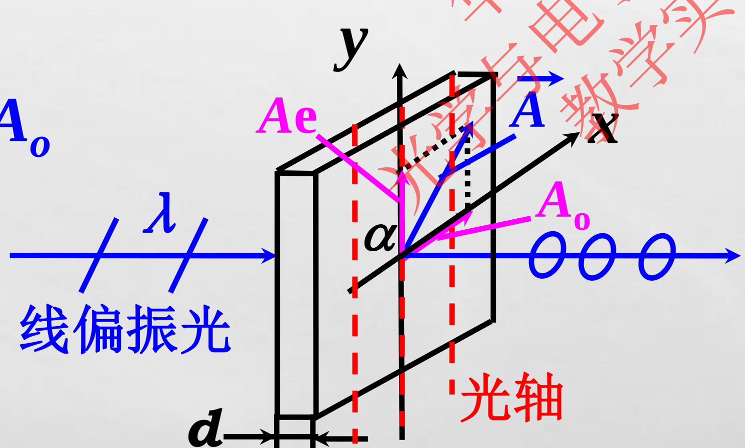
❖如：正单轴 $n_o < n_e$ $\therefore v_o > v_e$ $\therefore$ o光是快光，x是快轴



$$A_o = A\sin\alpha$$
$$A_e = A\cos\alpha$$

o光， $\phi_0 = \frac{2\pi}{\lambda} n_0 d$

e光， $\phi_e = \frac{2\pi}{\lambda} n_e d$



$$|\Delta\varphi| = |n_e - n_o| \cdot d \cdot \frac{2\pi}{\lambda}$$

$$E_{out} = A\sin\alpha e^{i(kz-\omega t+\phi_0)} + A\sin\alpha e^{i(kz-\omega t+\phi_0+\Delta\phi)}$$

从晶片出射的是两束传播方向相同、振动方向相互垂直、频率相等、相位差Δφ的偏振光，它们合成为一束椭圆偏振光。

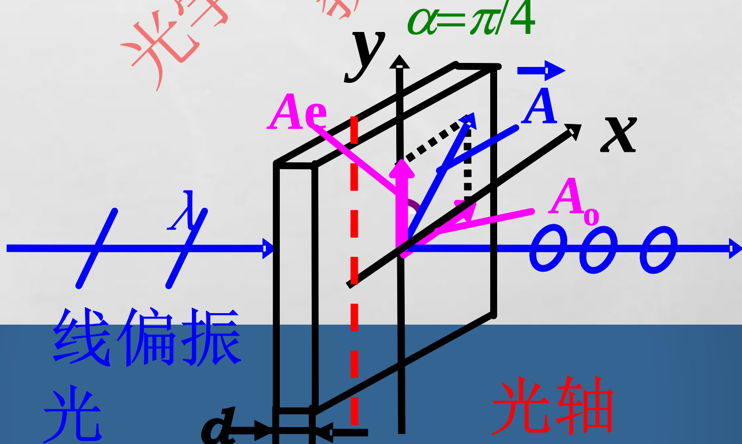
（1）当 $\Delta\varphi=\pi/2$ 时，$|\Delta\varphi| = |n_e - n_o|\cdot d \cdot \dfrac{2\pi}{\lambda}$

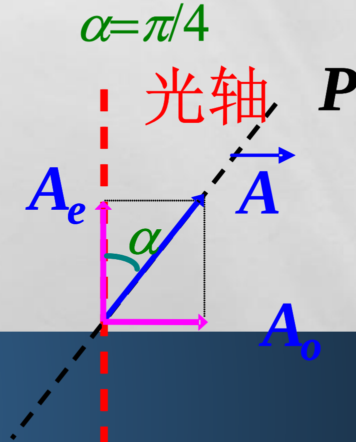
$$|n_e - n_o|\cdot d = \frac{\lambda}{4} \rightarrow |\Delta\varphi| = \frac{\pi}{2}$$

光程差为： $\Delta = (n_o - n_e)\cdot d = \lambda/4$

假设入射一束线偏振光： $A_o = A\sin\alpha = A_e = A\cos\alpha$

当 $\alpha = \pi/4$



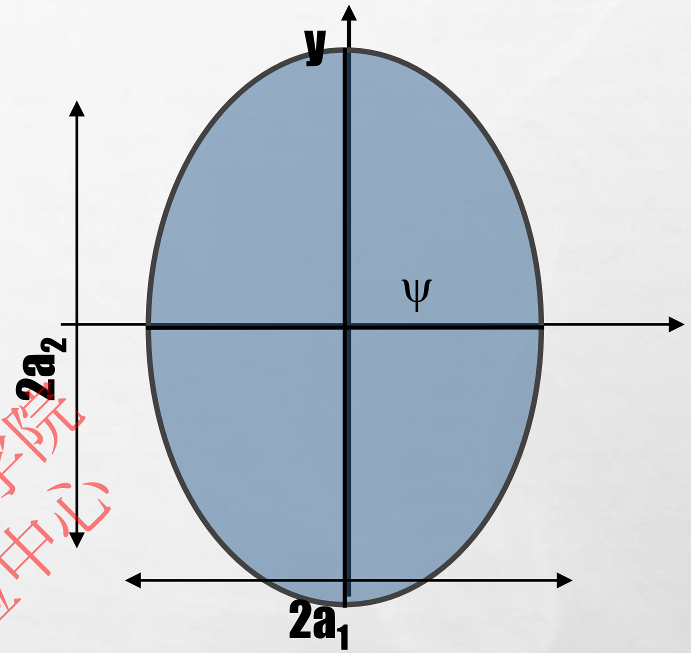


线偏振光

圆偏振光

1/4波片作用：

$$|n_e - n_o| \cdot d = \frac{\lambda}{4} \to |\Delta\varphi| = \frac{\pi}{2}$$



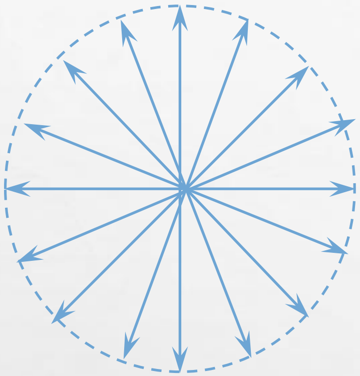
$$\Delta = |n_0 - n_e| d = \left(m + \frac{1}{4}\right)\lambda$$

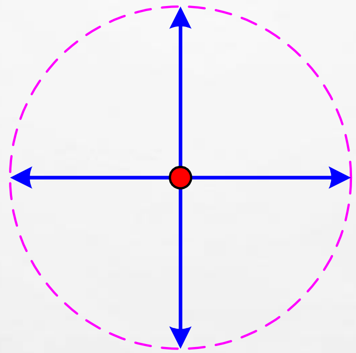
椭圆偏振光 $\Leftrightarrow$ 线偏振光

从线偏振光获得椭圆或圆偏振光（或相反）

波片特点： $\pi/2$

线偏振光 → ¼波片 → 圆偏振光 / 椭圆偏振光

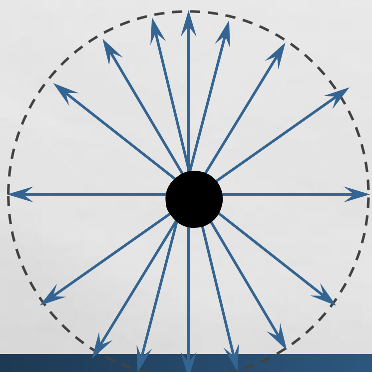


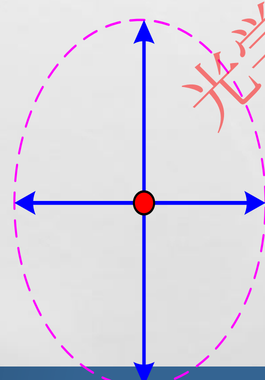


自然光 → ¼波片 → 自然光

$\Delta\varphi$ = 任意值

主轴置于部分偏振光的长轴与短轴45°位置？

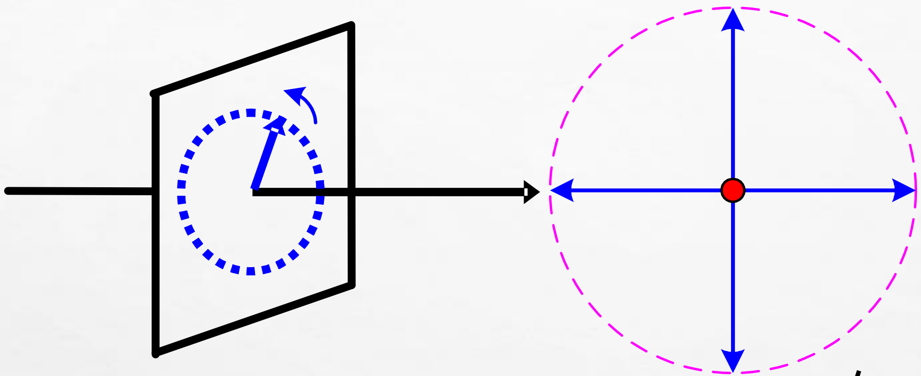




部分偏振光 → ¼波片 → 部分偏振光

$\Delta\varphi$ = 任意值

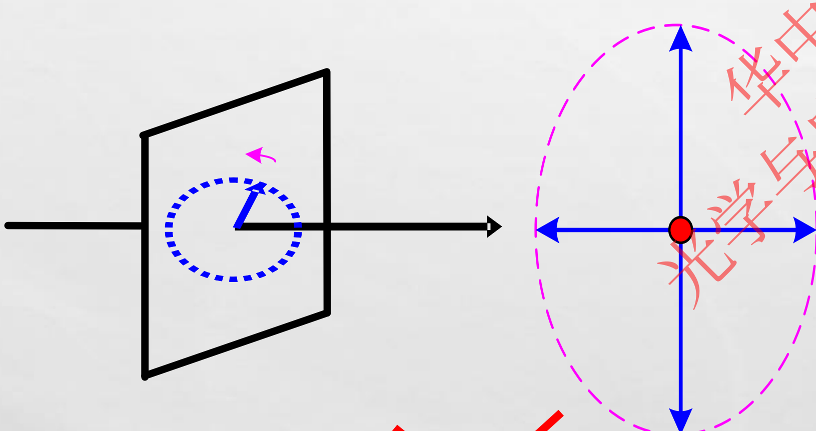
主轴平行于部分偏振光的长轴或短轴位置



$\Delta\varphi = \pi/2$

圆偏振光 → ¼波片 → 线偏振光

$\pi/2$



椭圆偏振光 → ¼波片 → 线偏振光

$\pi/2$

~~Δφ = 某固定值~~

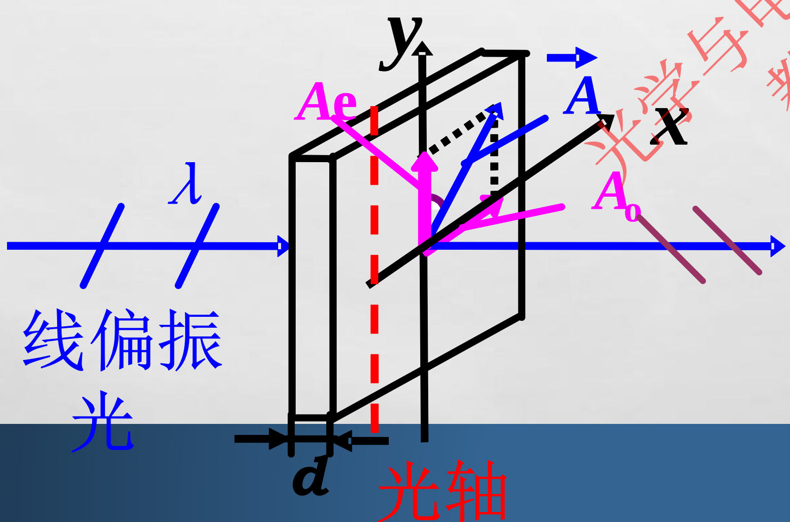
$\Delta\varphi = \pi/2$

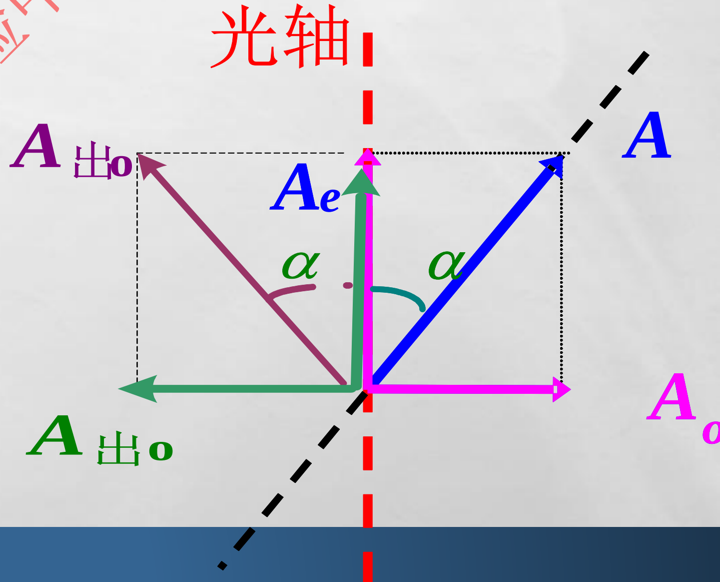
主轴平行于椭圆偏振光的长轴或短轴位置

(2) 当 $\Delta\varphi=\pi$ 时，$|\Delta\varphi| = |n_e - n_o| \cdot d \cdot \frac{2\pi}{\lambda}$

光程差为： $(n_o - n_e) \cdot d = \lambda/2$

$$|n_e - n_o| \cdot d = \frac{\lambda}{2} \rightarrow |\Delta\varphi| = \pi$$



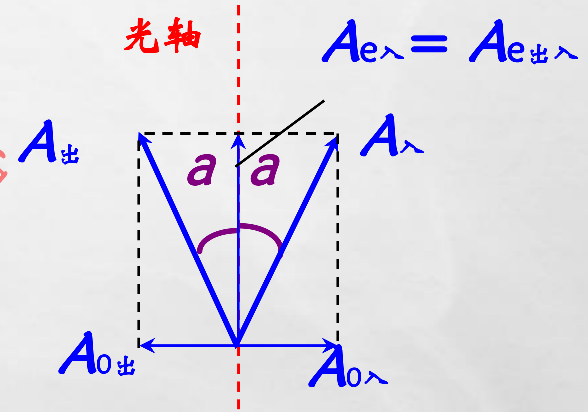


1/2波片（半波片）作用：

1/2波片 ： 线偏振光=〉 线偏振光

$$\left|n_e - n_o\right| \cdot d = \frac{\lambda}{2} \rightarrow \left|\Delta\varphi\right| = \pi$$

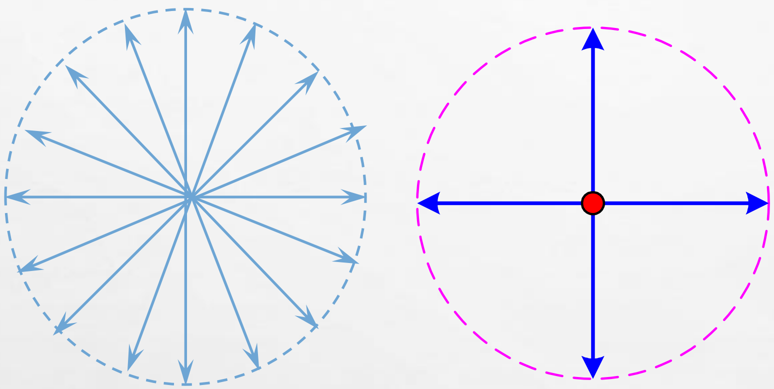
$$\Delta = \left|n_0 - n_e\right| d = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$$



- 椭圆偏振光不改变端点轨迹，但改变旋向。
- 线偏振光：光矢量方向改变，原与快轴夹角α角将向快轴方向转过2α角。

½波片特点： π

线偏振光 → **1/2 波片** → 线偏振光

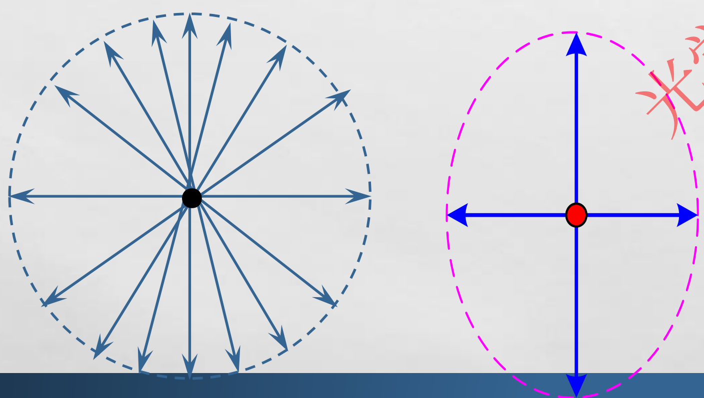


自然光 → **1/2 波片** → 自然光

$\Delta\varphi$ = 任意值

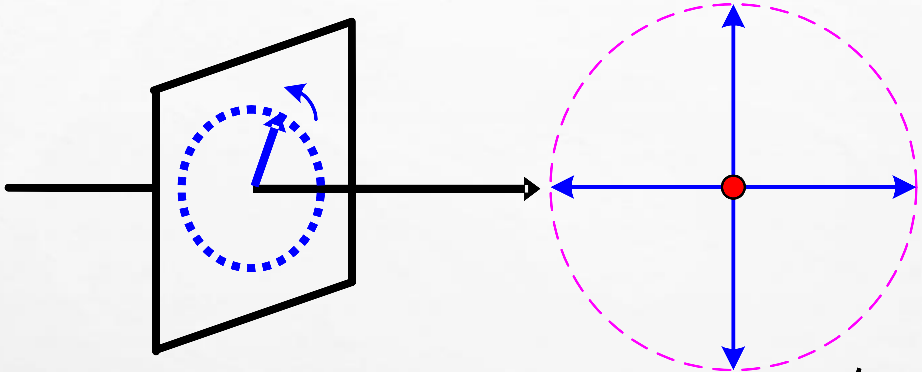
快轴置于部分偏振光的长轴α°位置？

部分偏振光 → **1/2 波片** → 部分偏振光



$\Delta\varphi$ = 任意值

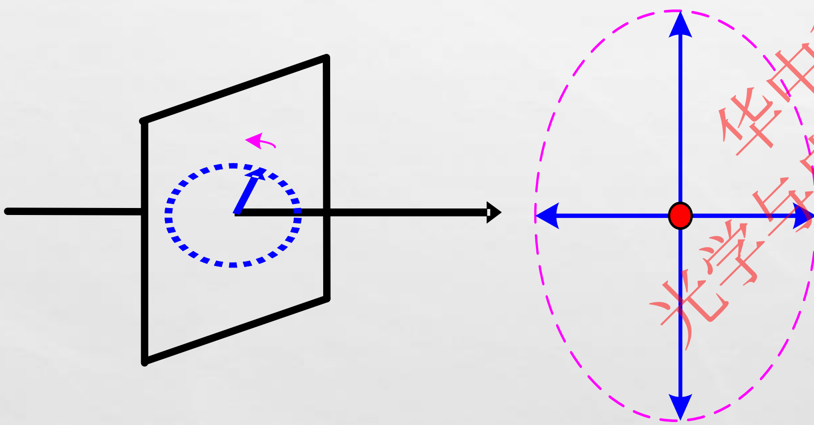
光轴平行于部分偏振光的长轴或短轴位置



$$\Delta\varphi = \pi/2$$

圆偏振光 → $\boxed{\text{1/2 波片}}$ π → 圆偏振光

左右旋互换



$$\Delta\varphi = \pi/2$$

椭圆偏振光 → $\boxed{\text{1/2 波片}}$ π → 椭圆偏振光

左右旋互换

光轴平行于椭圆偏振光的长轴或短轴位置

五种偏振态光的判断

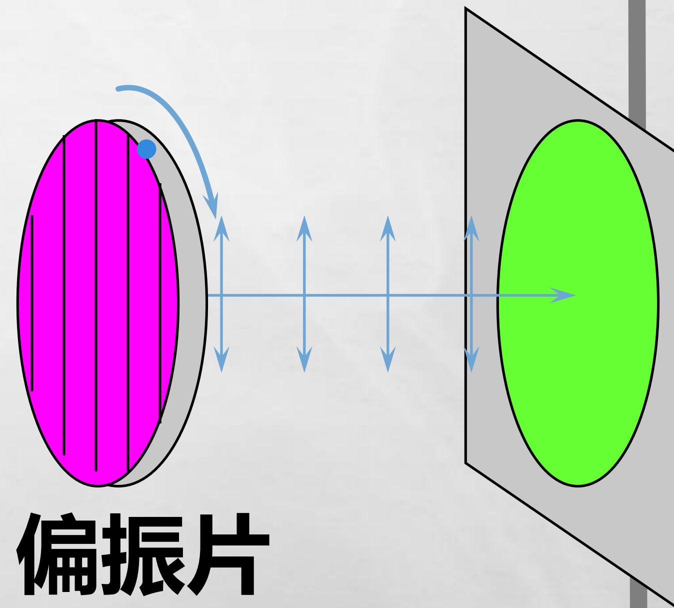
现有2个偏振片，一个1/4波片，来区分五种偏振光

第一步：

线偏振光 → 偏振片 → 光强有明暗变化，有消光现象

自然光 → 偏振片 → 光强无变化

圆偏振光 → 偏振片 → 光强无变化

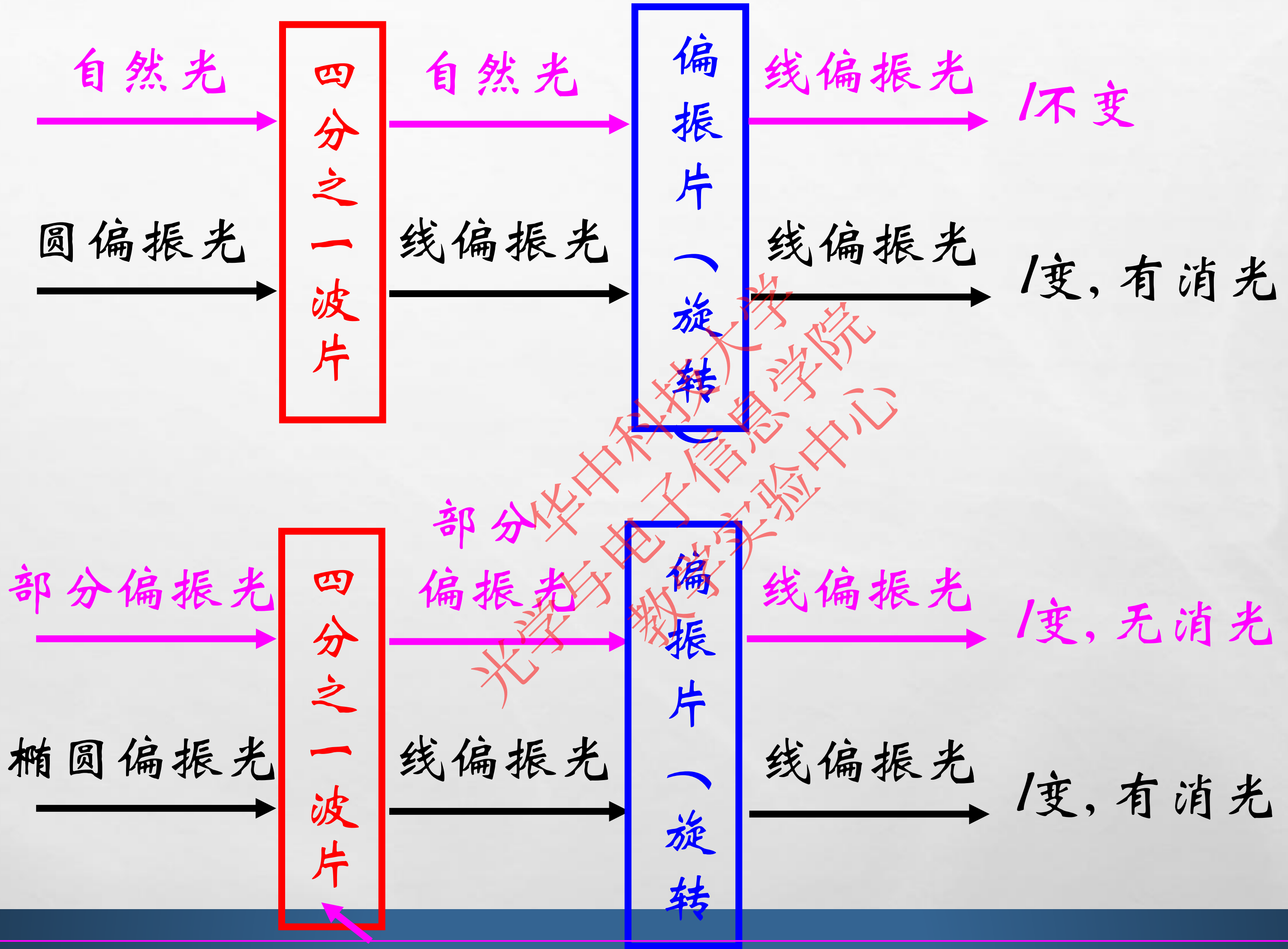


偏振片

部分偏振光 → 偏振片 → 光强有明暗变化，无消光现象

椭圆偏振光 → 偏振片 → 光强有明暗变化，无消光现象

第二步：



主轴平行最大光强或最小光强方向放置或光轴平行椭圆偏振光的长轴或短轴放置

THANK YOU FOR YOUR ATTENTION!