

## 《光的偏振》内容概要

理论内容总结：

- |                       |              |
|-----------------------|--------------|
| § 4.1 自然光和偏振光         | § 4.7 偏振棱镜   |
| § 4.2 起偏振器与检偏振器 马吕斯定律 | § 4.8 波片和补偿器 |
| § 4.3 反射和折射时的偏振       | § 4.9 偏振光的干涉 |
| § 4.4 散射光的偏振          | § 4.10 人为双折射 |
| § 4.5 双折射现象           | § 4.11 旋光性   |
| § 4.6 惠更斯作图法          |              |

## 本章主要内容总结

### 一、偏振的基本概念及规律

1、线偏振光、部分偏振光和自然光；圆偏振光和椭圆偏振光；两个振动方向相互垂直的线偏振光的叠加(相位差不固定或固定)；振动面。

2、偏振片的起偏与检偏及马吕斯定律

- ① 线偏振光、部分偏振光和自然光的偏振片检偏
- ② 线偏振光、部分偏振光和自然光通过偏振片后的光强

### 二、偏振的四大现象

1、反射和折射时的偏振

① 现象：自然光入射到两种透明媒质的分界面，反射光和折射光都是部分偏振光。反射光中垂直入射面的成分较大，折射光中在入射面内的成分较大。

② 布儒斯特定律：当入射角等于某一特定角度  $i_b$  时，反射光为线偏振光，而折射光仍是部分偏振

光。此时布儒斯特角与折射角之和为  $90^\circ$ ，即  $i_b + \gamma = \pi/2$ ， $\tan i_b = \frac{n_2}{n_1}$

2、散射引起的偏振

① 现象：由于小颗粒的散射作用，将原来传播方向上的光散射到其他方向上了。严格地说，物质对光的散射是由于物质内部不均匀的结构引起的。

② 散射光强与波长的关系——散射规律

小颗粒——瑞利散射定律：当颗粒尺寸小于可见光的波长时，散射光的强度与波长的四次方成反比  
颗粒尺寸大于可见光的波长：散射光强与波长没有明显的关系

对自然现象的解释

③ 散射引起的偏振

散射光是入射光波的电场引起散射颗粒中原子分子内部带电粒子的受迫振动，从而发出次波，这些次波的(非相干)叠加形成散射

线偏振光入射的散射光：散射光强度具有一定的角分布。散射光是线偏振光。

自然光入射的散射光：在垂直入射的任一方向，散射光是线偏振光；平行入射方向，散射光是自然光；其它方向为部分偏振光。

3、双折射

① 基本概念：o 光、e 光；主平面、主截面；主折射率、双折射率、正晶体、负晶体

## ② 将 o 光、e 光分开的两种方法

空间上分开——偏振棱镜：从光密介质  $n_1 \rightarrow$  光疏介质  $n_2 \rightarrow$  存在全反射角  $i_0$ ， $\sin i_0 = \frac{n_2}{n_1}$ 。对

于方解石， $n_{o\text{光}} = 1.66$ ， $n_{e\text{光}} = 1.49$ ， $n_{\text{树脂}} = 1.55$ 。自然光射入产生的 o 光在胶合面处全反射到侧面，只有 e 光射出。

时间上分开——相位延迟器(波片和补偿器)。

波片：由晶体制成的薄片，光轴平行晶体表面。o 光和 e 光通过波片后，产生一确定的光程差

和相位差。 $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(n_o - n_e)d$ 。常用 1/4 波片、1/2 波片。

补偿器：能够任意改变光程差的器件称为补偿器。两块楔角很小的石英片组成，两楔的光轴互

相垂直，光线垂直入射。出射光中 o 光与 e 光的相位差： $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(n_o - n_e)(d_1 - d_2)$ 。

## ③ 椭圆偏振光和部分偏振光的检验——采用 1/4 波片

### ④ 双折射光的干涉

平行光束(单色自然光)通过偏振片变成一束线偏振光，再透过波片变成两束线偏振光，它们振动方向垂直，不产生干涉现象。如果再加一个偏振片，就可以把振动方向引到同一个方向上，从而产生偏振光的干涉。

两个偏振片的偏振化方向互相垂直  $P_1 \perp P_2$

$A_{2o} = A_1 \sin\alpha \cos\alpha$ ， $A_{2e} = A_1 \cos\alpha \sin\alpha$ ，相位差  $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}|n_o - n_e|d + \pi = \begin{cases} 2k\pi & \text{亮} \\ (2k+1)\pi & \text{暗} \end{cases}$

两个偏振片的偏振化方向互相平行  $P_1 // P_2$

$A_{2o} = A_1 \sin^2\alpha$ ， $A_{2e} = A_1 \cos^2\alpha$ ，相位差  $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(n_o - n_e)d = \begin{cases} 2k\pi & \text{亮} \\ (2k+1)\pi & \text{暗} \end{cases}$

应用——显色偏振：有些波长的光满足干涉亮条件，所呈现的颜色称为干涉色。一定的干涉色分布与一定的光程差相对应。

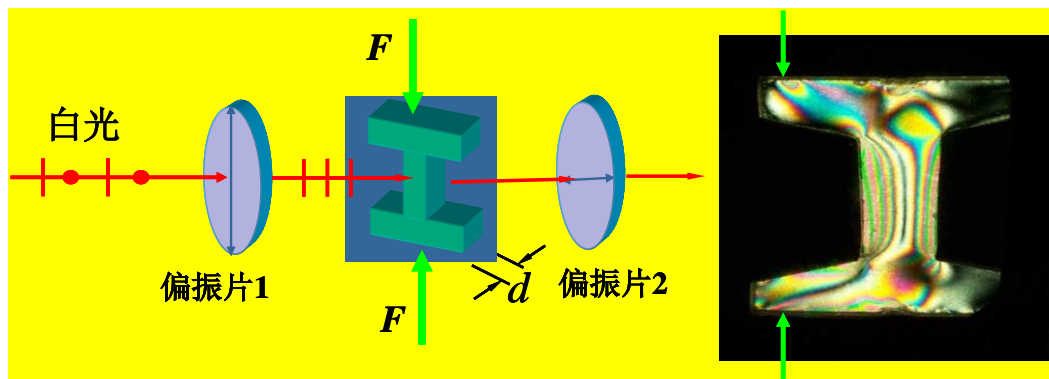
会聚偏振光的干涉：干涉花样由一系列同心圆环(等色线)和一个暗十字(等消色线)组成。 $A_{2o} = A_1 \cos\theta \sin\theta$ ， $A_{2e} = A_1 \sin\theta \cos\theta$ ， $I = A_1^2 \sin^2 2\theta (1 - \cos\delta)/2$ 。相同入射角其相位差相同，由此构成同心圆环(等色线)； $\theta = 0, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$  处， $I = 0 \Rightarrow$  暗十字(等消色线)



## ⑤ 人为双折射

应力引起的双折射：两相互正交的偏振片之间放入样品，外力  $\Rightarrow$  各向同性变成各向异性  $\Rightarrow$  双

折射  $\Rightarrow$  彩色干涉条纹。在一定的应力范围内，双折射率  $n_e - n_o$  与应力成正比。



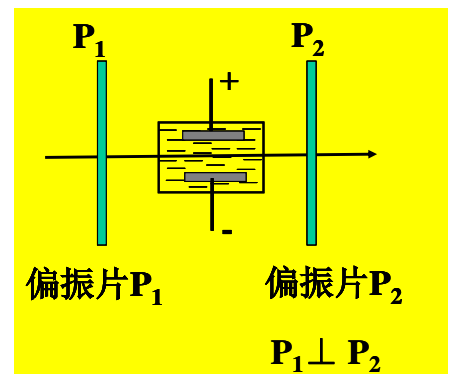
#### 电场引起的双折射

克尔效应：两相互正交的偏振片之间，加横向电场  $\Rightarrow$  各向同性变成各向异性， $\Rightarrow$  双折射率  $\Rightarrow$  有光通过

实验表明：双折射率  $n_e - n_o \propto$  电场  $E$ ，克尔效应响应时间极短  $\Delta t = 10^{-9} \text{s}$

泡克耳斯效应：加纵向电场  $\Rightarrow$  感生双折射率  $\Rightarrow$  有光通过

感生双折射率  $\propto$  电场  $E$ ，相应时间也非常短



#### 4、旋光

##### ① 基本概念

旋光现象；右旋，左旋，分别表示为 D 型和 L 型。

同一种物质可以分为右旋和左旋两种。它们称为旋光异构体。

当线偏振光来回两次通过同一旋光物质，振动面将回到初始位置。

##### ② 旋光现象的规律(正常晶体)

线偏振光的振动面旋转的角度  $\varphi = \alpha l$ 。旋光率  $\alpha$ ，单位  $^\circ/\text{mm}$ ；

溶液中线偏振光的振动面旋转的角度  $\varphi = [\alpha]Cl$ 。溶液的比旋光率  $[\alpha]$ ，单位  $^\circ/(\text{dm} \cdot \text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$ 。物质的厚度  $l$  单位为分米  $\text{dm}$ 。

##### ③ 磁致旋光：磁致旋光效应(法拉第磁光效应)

当线偏振光通过一有纵向磁场的物质，振动面会发生偏转，称为磁致旋光效应或法拉第磁光效应。

实验表明：对于给定的均匀介质转角  $\psi = VIB$ 。其中， $V$  维尔德常数， $l$  样品长度， $B$  磁感应强度。

对于磁光介质， $\Rightarrow$  沿磁场方向传播  $\Rightarrow$  右旋， $\Rightarrow$  逆磁场方向传播  $\Rightarrow$  左旋，故往返两次经磁光介质，转角  $2\psi \Rightarrow$  光隔离器

##### ④ 旋光性与生物活性

生物体中的氨基酸和糖类具有特定的旋光性，而按物理和化学方法人工合成的物质含有等量的 D 型和 L 型，即物理和化学规律是左右对称的，而生命体内的化合物却是左右不对称。

天然的糖，都是 D 型糖；生物体中的氨基酸都是 L 型的。

人们推测，酶在起作用。生命体内的酶是 L 型的，它只消化和制造 L 型的氨基酸。

## 练习题总结

### 第一类 偏振的基本概念及规律

线偏振光、部分偏振光和自然光的偏振片检偏；

线偏振光、部分偏振光和自然光通过偏振片后的光强

### 第二类 反射和折射时的偏振

布儒斯特定律

### 第三类 散射引起的偏振

散射光强与波长的关系——散射规律；

对自然现象的解释；

散射引起的偏振：线偏振光入射的散射光和自然光入射的散射光

### 第四类 双折射现象

1、将 o 光、e 光分开

① 空间上分开——偏振棱镜

② 时间上分开——波片和补偿器

2、椭圆偏振光和部分偏振光的检验——采用  $1/4$  波片，

3、双折射光的干涉

① 平行光束(单色自然光)

两个偏振片的偏振化方向互相垂直  $P_1 \perp P_2$

两个偏振片的偏振化方向互相平行  $P_1 // P_2$

② 会聚偏振光的干涉

单轴晶体，光轴 // 晶体表面的干涉花样

4、人为双折射

① 应力引起的双折射：在一定的应力范围内，双折射率  $n_e - n_o$  与应力成正比。

② 电场引起的双折射

克尔效应

泡克耳斯效应

### 第五类 旋光现象

1、旋光现象的规律

线偏振光的振动面旋转的角度；

溶液中线偏振光的振动面旋转的角度

2、磁致旋光：磁致旋光效应(法拉第磁光效应)

⇒ 沿磁场方向传播 ⇒ 右旋，⇒ 逆磁场方向传播 ⇒ 左旋，故往返两次经磁光介质，转角  $2\psi$  ⇒ 光隔离器

偏振片	作用	起偏，得到线偏振光
		检偏，能区分线偏振光(有消光现象)，不能辨别自然光与圆偏振光；不能辨别部分偏振光与椭圆偏振光

	规律(通过偏振光后的光强)		自然光	$I = \frac{1}{2} I_0$	
			线偏振光	$I = I_0 \cos^2 \theta$	
折射与反射时的偏振	作用		起偏和检偏		
			起偏	反射	入射角是布儒斯特角。反射光是线偏振光，振动方向垂直入射面
				折射	入射角是布儒斯特角。经多个平行玻璃片后，振动方向垂直入射面的部分都被反射掉，折射光为线偏振光，振动方向在入射面内。
	规律		$\tan i_B = \frac{n_2}{n_1}$		
散射现象	作用		解释自然现象：天空蓝色；晚霞红色；白云等		
	规律	散射光强	小颗粒	$I \propto \frac{1}{\lambda^4}$	
			大颗粒	无联系	
		散射光偏振度	线偏振光	垂直振动方向无散射光；其他方向，为线偏振光	
	自然光		垂直入射方向，为线偏振光；平行入射方向，为自然光；其它方向为部分偏振光。		

双折射现象	用惠更斯作图法确定光在晶体中的传播	<p>波面形状不同</p> <p>正晶体 负晶体 正晶体 负晶体</p> <p>主折射率： <math>n_o = \frac{c}{v_o}</math> ; <math>n_e = \frac{c}{v_e}</math></p> <p>负晶体： <math>n_e - n_o &lt; 0</math> ; 正晶体： <math>n_e - n_o &gt; 0</math></p> <p>1、自然光入射，某些方向可以得到两束线偏振光 2、线偏振光入射，可能得到一束线偏振光，也可能得到两束线偏振光。</p>
-------	-------------------	---

偏振棱镜			
	自然光射入产生的 o 光在胶合面处全反射到侧面，只有 e 光射出。		
	波片和补偿器	使 o 光和 e 光产生一确定的光程差和相位差。	
		波片：相位延迟器，光轴平行晶体表面。 其光程差为： $\Delta = (n_o - n_e)d$ 相位差为： $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(n_o - n_e)d$ 	
补偿器：能够任意改变光程差的器件 巴比涅补偿器 o 光与 e 光的相位差：	$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} [(n_o - n_e)d_1 + (n_e - n_o)d_2]$ $= \frac{2\pi}{\lambda} (n_o - n_e)(d_1 - d_2)$		
	应用：椭圆偏振光和部分偏振光的检验——采用 1/4 波片		
	人为双折射	应力引起的双折射：在一定的应力范围内，双折射率 $n_e - n_o$ 与应力成正比	
电场引起的双折射 实验表明：双折射率 $n_e - n_o \propto$ 电场 E，克尔效应响应时间极短 $\Delta t = 10^{-9}s$		克尔效应：两相互正交的偏振片之间，加横向电场 $\Rightarrow$ 各向同性变成各向异性， $\Rightarrow$ 双折射率 $\Rightarrow$ 有光通过 泡克耳斯效应：某些单轴晶体放在两相互正交的偏振片之间，光轴方向垂直偏振片表面。加纵向电场 $\Rightarrow$ 感生双折射率 $\Rightarrow$ 有光通过	
偏振光的干涉	平行	$A_{2o} = A_1 \sin\alpha \cos\alpha, A_{2e} = A_1 \cos\alpha \sin\alpha$ 相位差	

涉	光束 (单色自然光) 偏振光的干涉	$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}  n_o - n_e  d + \pi$ $= \begin{cases} 2k\pi & \text{亮} \\ (2k+1)\pi & \text{暗} \end{cases}$ <p>4个消光: <math>\alpha = 0, \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}, 2\pi</math></p> <p>4个透射光强最大:</p> $\alpha = \frac{\pi}{4}, \frac{3\pi}{4}, \frac{5\pi}{4}, \frac{7\pi}{4}, I = \frac{I_0}{2}。$
	会聚偏振光的干涉	<p>偏振化方向互相平行 <math>P_1 // P_2</math></p> <p><math>A_{2o} = A_1 \sin^2 \alpha</math>, <math>A_{2e} = A_1 \cos^2 \alpha</math></p> <p><math>A_{2o}</math> 光和 <math>A_{2e}</math> 光间相位差:</p> $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} (n_o - n_e) d$ $= \begin{cases} 2k\pi & \text{亮} \\ (2k+1)\pi & \text{暗} \end{cases}$
	旋光现象	<p>单轴晶体, 光轴 // 晶体表面</p> <p>由一系列同心圆环(等色线)和一个暗十字(等消色线)组成</p> <p><math>A_{2o} = A_1 \cos \theta \sin \theta</math>, <math>A_{2e} = A_1 \sin \theta \cos \theta</math></p> <p><math>I = A^2 \sin^2 2\theta (1 - \cos \delta) / 2</math></p> <p>相同入射角其相位差相同, 由此构成同心圆环(等色线); <math>\theta = 0, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ</math> 处, <math>I = 0 \Rightarrow</math> 暗十字(等消色线)</p>
旋光现象	旋光现象的规律	
	磁致旋光	
	旋光性与	

	生物 活性
--	----------