

NO. 9 - 2

偏振光 Polarized Light

2016-11-15

偏振片在摄影中的应用

PL (polarized lens)
C - PL



“偏振光”纲要

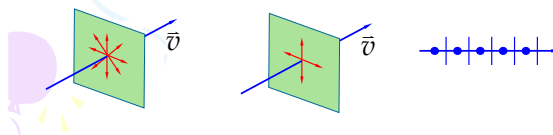
- 一、什么是偏振光？有哪些种类？如何表示？
- 二、怎样获得和检验偏振光？
- 三、如何获得偏振光的干涉？
- 四、偏振光有哪些应用？

一 自然光 偏振光

1. 自然光

普通光源（太阳、电灯）发出的光波，在垂直于光传播方向的平面上

- 存在沿各个方向的光矢量；
- 沿各个方向光矢量的概率相等，即光矢量对称分布；
- 各个方向光振动的振幅都相等；
- 各光矢量间无固定的相位关系。

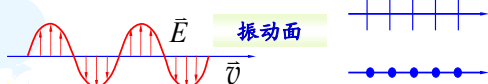


一 自然光 偏振光

2. 偏振光

光矢量在垂直于传播方向的平面上不再对称分布，而是保持某一振动方向，或振动方向按某种规则变化。

- (1) 线（平面）偏振光 **完全偏振光!**



- (3) 椭圆（圆）偏振光 **完全偏振光!**

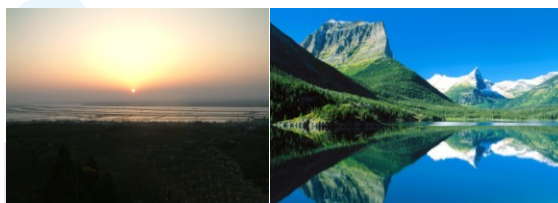
- (2) 部分偏振光 **不完全偏振光:** 自然光+线偏振光



二 线偏振光的获得与检验

自然界中的偏振光：**部分偏振光!**

- (1) 大气中颗粒对太阳光的散射光；
- (2) 湖光山色中的“湖光”（反射光）；



二 线偏振光的获得与检验

人工获得偏振光的方法:

- (1) 利用某些晶体的**二向色性**制成偏振片;
- (2) 通过自然光在介质表面的**反射和折射**;
- (3) 利用晶体的**双折射**特性制成偏振棱镜;

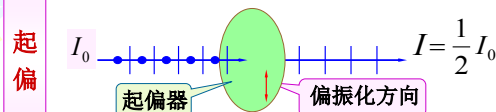
二 线偏振光的获得与检验

1. 利用某些晶体的二向色性制成偏振片

(1) **二向色性**: 某些介质(硫酸金鸡纳砒、聚乙烯醇、过碘硫酸奎宁、电气石)在一定作用下能吸收某一方向的光振动,而只让与这个方向垂直的光振动通过。

(2) **偏振片**: 涂有二向色性材料的透明薄片。

◆ 偏振化方向: 允许光振动通过的特定方向。



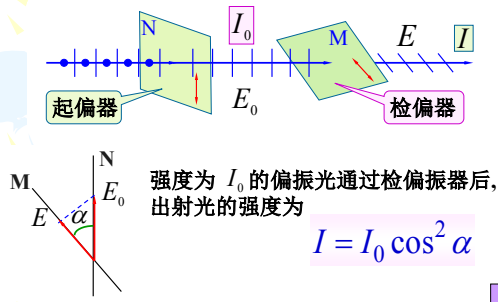
◆ 光的偏振特性说明光波是**横波**!

◆ 应用: 起偏器与检偏器

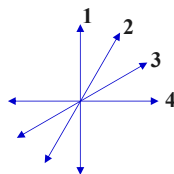
二 线偏振光的获得与检验

1. 利用某些晶体的二向色性制成偏振片

(3) 马吕斯 (Malus) 定律



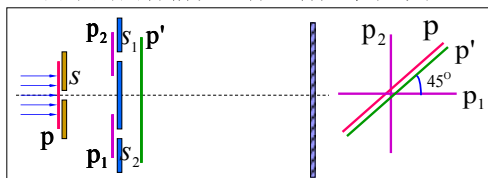
研讨1 一束自然光光强为 I_0 , 入射到互相重叠的四块偏振片上, 每块偏振片的偏振化方向相对于前面一块偏振片沿顺时针(迎着透射光看)转过 30° , 求出射光的光强?



$$I_{\text{out}} = \frac{27}{128} I_0$$

二 线偏振光的获得与检验

研讨2 如图的装置 P_1, P_2, P, P' 为偏振片, 问下列四种情况, 屏上有无干涉条纹?

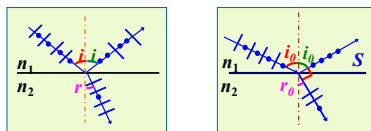


- | | |
|------------------------------|-------------|
| (1) 去掉 P, P' 保留 P_1, P_2 | 无 (两振动互相垂直) |
| (2) 去掉 P' 保留 P, P_1, P_2 | 无 (两振动互相垂直) |
| (3) 去掉 P 保留 P', P_1, P_2 | 无 (无恒定相位差) |
| (4) P_1, P_2, P, P' 都保留 | 有 |

二 线偏振光的获得与检验

2. 自然光在介质表面反射和折射时的偏振光

(1) 自然光在介质表面反射和折射获得部分偏振光



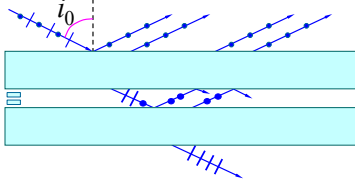
(2) 当入射角为某一值时, (布儒斯特角) 反射光为**振动垂直于入射面的线偏振光**, 且反射光垂直于折射光。

布儒斯特 (Brewster) 定律 $\tan i_0 = \frac{n_2}{n_1}$

二 线偏振光的获得与检验

对于一般的光学玻璃，反射光的强度约占入射光强度的7.5%，大部分光将透过玻璃。

利用**玻璃片堆**使折射光成为**线偏振光**



$\tan r_0 = \frac{n_1}{n_2}$ 当玻璃上表面的入射角为布儒斯特角时，
玻璃下表面的入射角亦为布儒斯特角。

二 线偏振光的获得与检验

3. 利用晶体的双折射特性制成偏振棱镜

(1) 双折射现象



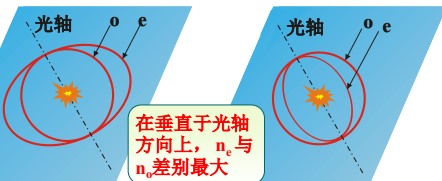
- o光（寻常光）：遵循折射定律；
- e光（非寻常光）：
 - 在介质中的折射率随入射角改变；
 - 不一定在入射面内。

二 线偏振光的获得与检验

3. 利用晶体的双折射特性制成偏振棱镜

(2) 双折射晶体的光轴、主截面、主平面

光轴 当光沿着晶体某个方向传播时，o光和e光的折射率相等，传播方向相同，不发生双折射。



负晶体 ($v_o < v_e, n_o > n_e$)
如：方解石等

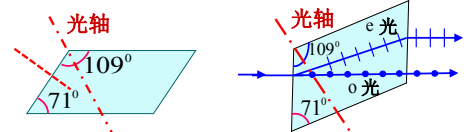
正晶体 ($v_o > v_e, n_o < n_e$)
如：石英等

二 线偏振光的获得与检验

3. 利用晶体的双折射特性制成偏振棱镜

主截面 当光在一晶体表面入射时，此表面的法线与光轴所成的平面。o光的振动方向**垂直**于其主截面；e光的振动方向**平行**于其主截面。

主平面 当光在单轴晶体中传播时，光线与光轴所成的平面。



(当主截面与主平面重合时)

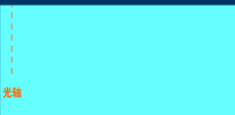
惠更斯原理解释双折射现象

惠更斯原理作图

光轴垂直于晶体表面

光轴平行于晶体表面

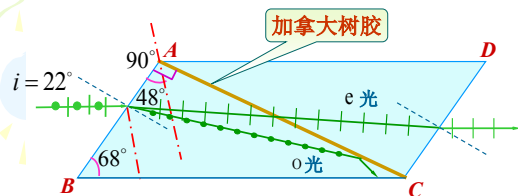
光轴与晶体表面成角度



二 线偏振光的获得与检验

3. 利用晶体的双折射特性制成偏振棱镜

(3) 尼科耳棱镜

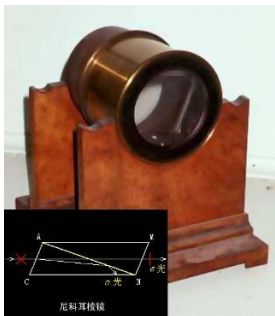


方解石晶体 $n_o = 1.658$ $n_e = 1.486$
加拿大树胶 $n_{\text{胶}} = 1.55$

二 线偏振光的获得与检验

3. 利用晶体的双折射特性制成偏振棱镜

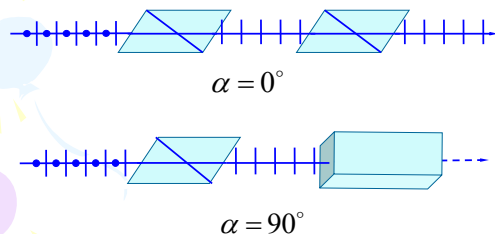
(3) 尼科耳棱镜



二 线偏振光的获得与检验

3. 利用晶体的双折射特性制成偏振棱镜

(3) 尼科耳棱镜 可用于起偏和检偏



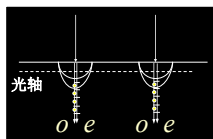
三 四分之一波片和半波片

(设光轴平行于负晶体表面)

1. o光和e光的

光程差 $d(n_o - n_e)$

相位差 $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(n_o - n_e)d$



2. $\frac{1}{4}$ 波片和半波片

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}d(n_o - n_e) = \frac{\pi}{2} \iff \Delta = d(n_o - n_e) = \frac{\lambda}{4} \quad \frac{1}{4} \text{ 波片}$$

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}d(n_o - n_e) = \pi \iff \Delta = d(n_o - n_e) = \frac{\lambda}{2} \quad \text{半波片}$$

研讨问题 3

四分之一波片和半波片分别如何影响线偏振光和圆偏振光?

四分之一波片

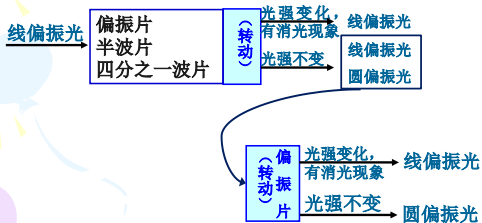
- 使线偏振光变成圆偏振光
- 使椭圆(圆)偏振光变成线偏振光

半波片

- 使线偏振光改变振动方向
- 使椭圆(圆)偏振光改变旋转方向

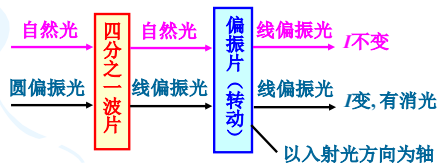
研讨问题 4

怎样区别二分之一波片、四分之一波片和偏振片?



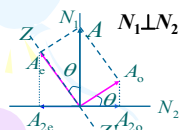
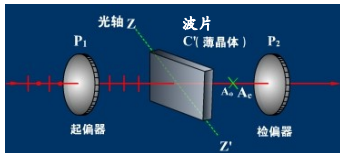
研讨问题 5

给你一个偏振片和四分之一波片, 如何鉴别自然光和圆偏振光?



四、偏振光的干涉

1. 原理



两偏振片通过 P_2 后:

$$\Delta\varphi_1 = \frac{2\pi}{\lambda} (n_o - n_e) d + \pi$$

$$= \begin{cases} 2k\pi, k=1,2,3,\dots \text{加强} \\ (2k+1)\pi, k=1,2,3,\dots \text{减弱} \end{cases}$$

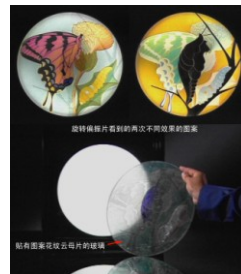
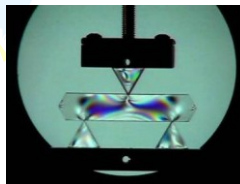
$$\text{若 } N_1 \parallel N_2 \quad \Delta\varphi_1 = \frac{2\pi}{\lambda} (n_o - n_e) d = \begin{cases} 2k\pi, k=1,2,3,\dots \text{加强} \\ (2k+1)\pi, k=1,2,3,\dots \text{减弱} \end{cases}$$

四、偏振光的干涉

2. 讨论

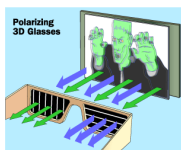
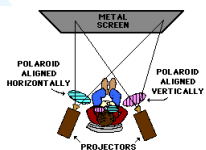
(1) 若晶片厚度均匀, 则看不到干涉条纹。

- 采用厚度不均匀的晶片
- 用白光照射
- 改变应力—光弹效应



五、偏振光的应用

- 摄影
- 汽车车灯
- 生物利用偏振光判断方向
- 观看立体电影
- 液晶显示
- 测量糖浓度



Three-dimensional movies are actually two movies being shown at the same time through two projectors.

小结

- 掌握线偏振光、圆(椭圆)偏振光、部分偏振光的定义及表示;
- 掌握马吕斯定律、布儒斯特定律;
- 理解双折射现象, 利用惠更斯原理作图分析;
- 了解四分之一波片、二分之一波片及其应用;
- 了解偏振光干涉。

今日作业

11 - 37, 38, 39, 40