



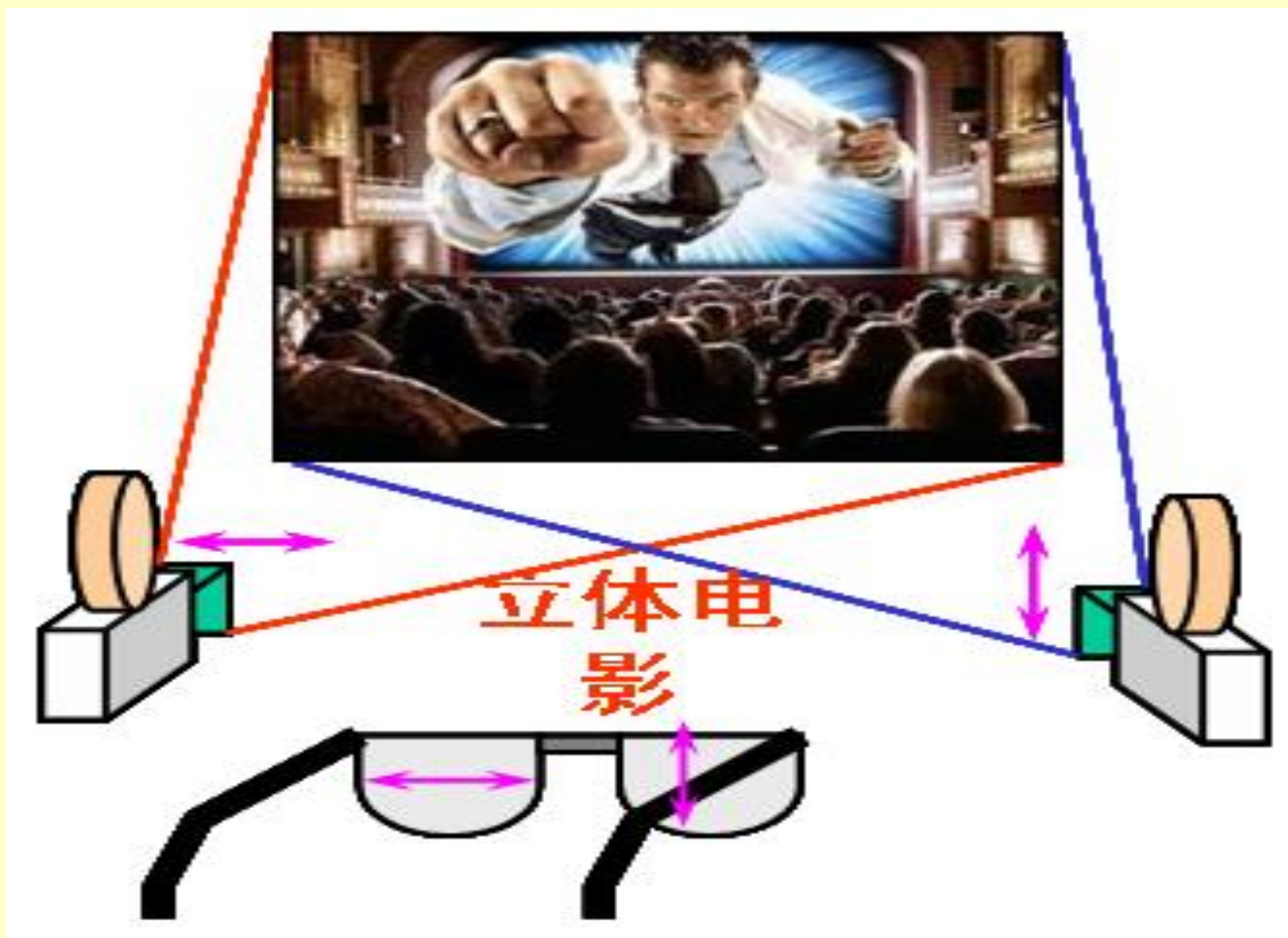
# 大学物理

蒋英

湖南大学物理与微电子科学学院



# 第8章 光的偏振





# 第8章 光的偏振

8.1 光的偏振态

8.2 偏振片的起偏和检偏

8.3 反射和折射的偏振

8.4 光的双折射

8.5\* 偏振光的干涉

8.6\* 旋光现象

8.7\* 光的吸收、散射与色散

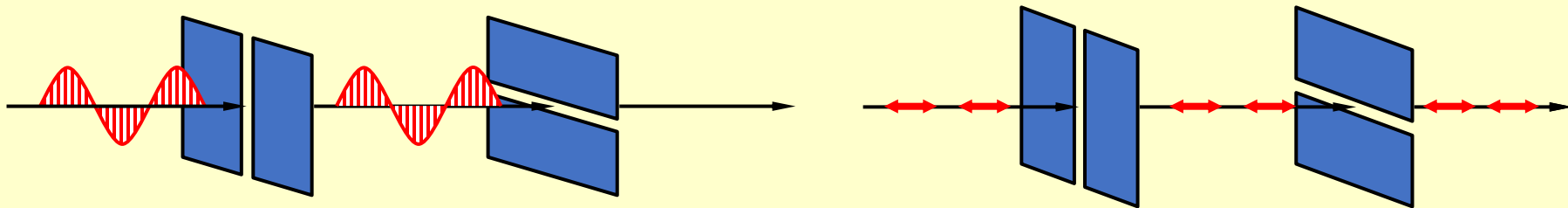


# 光的偏振——光的偏振态

首先以机械波为例说明偏振性

★**横波**：在竖直方向振动的横波其传播方向上放置一带有狭缝的挡板：

当狭缝沿竖直方向放置时，横波能顺利通过狭缝；当狭缝沿水平方向放置时，横波的振动方向和狭缝方向垂直，振动受阻，横波不能通过狭缝继续向前传播——**说明横波的振动方向对于波的传播方向不具有轴对称性，此即横波的偏振性。**



★**纵波**：不管狭缝沿竖直还是水平方向放置，纵波总可顺利通过狭缝，源于纵波的振动方向和其传播方向平行——**因此纵波的振动方向对于波的传播方向具有轴对称性，即纵波无偏振性。**

**偏振**——是横波区别于纵波的一个主要特征。

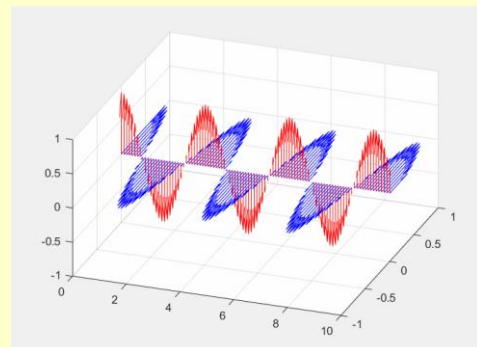
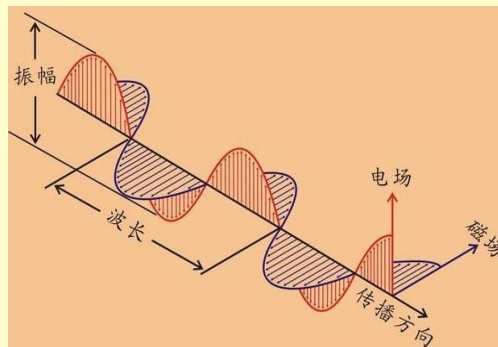
**偏振**——波的振动方向总和波的传播方向垂直，称作波的**偏振**。





# 光的偏振——光的偏振态

光波是特定频率范围内的电磁波，人眼起感光作用的主要是电场矢量。因此，电场矢量又叫光振动矢量，简称光矢量。



**光的偏振**：光波中光矢量的振动方向总和光的传播方向垂直。光波的这一基本特征就叫**光的偏振**。

**光的偏振态**：在垂直于光波传播方向的平面内，光矢量可能有**不同的振动状态**，这种振动状态通常称为**光的偏振态**。

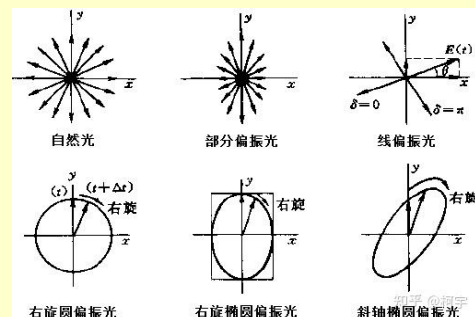
自然光

自然光+偏振光



偏振光 { 线偏振光  
圆偏振光  
椭圆偏振光

部分偏振光 { 部分线偏振光  
部分圆偏振光  
部分椭圆偏振光





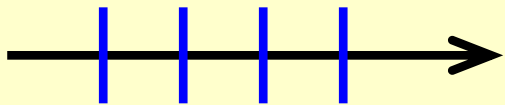
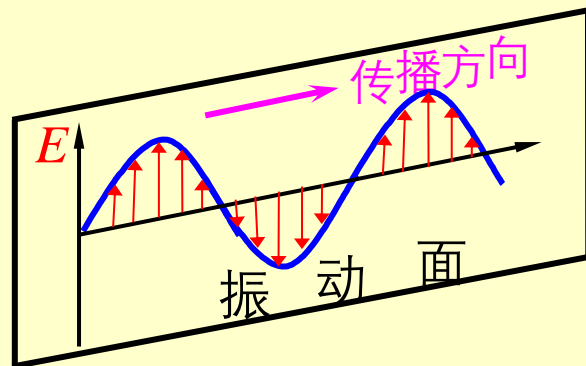
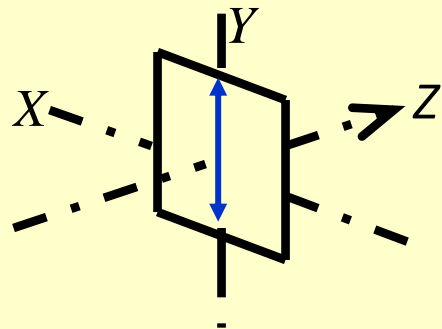
# 光的偏振——光的偏振态

## 一、线偏振光

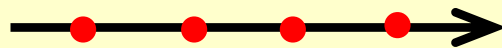
**线偏振光**：在垂直于光传播方向的平面内，光振动始终沿一条直线进行，这种光称为线偏振光。

**振动面**：由光的振动方向和传播方向构成的平面。

线偏振光的光振动始终在振动面内，故线偏振光又称**平面偏振光**。



线偏振光的振动方向平行于纸面



线偏振光的振动方向垂直于纸面



# 光的偏振——光的偏振态

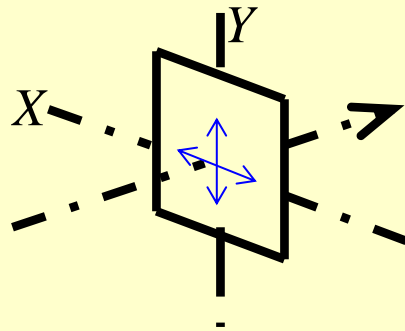
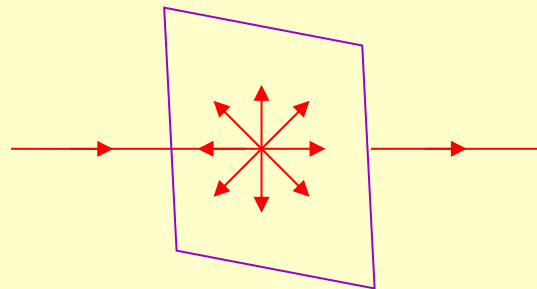
## 二、自然光

**自然光**：垂直于光传播方向的平面内，光矢量呈对称均匀分布，光振动方向分布在平面内的各个方向。

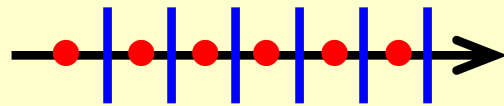
★自然光中所有取向的光矢量在任意指定的两个相互垂直方向上分解，这两个方向上的光强时间平均值应是相等的，各占总光强的一半。

★因此，自然光通常可分解为任意两个相互垂直方向上的、振幅相等的独立分振动——注意它们无固定的相位差，不能把它们叠加成一个具有某一方向的合矢量。

★自然光的表示：**短线和点的疏密一样**，说明两者代表的光强相等。



$$I_0 = I_X + I_Y \quad I_X = I_Y = \frac{1}{2} I_0$$



● → 垂直纸面的光振动

| → 纸面内的光振动



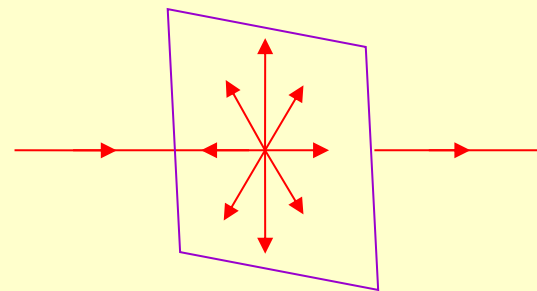
# 光的偏振——光的偏振态

## 三、部分偏振光

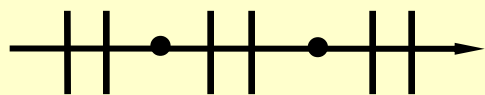
**部分偏振光**：自然光加线偏振光、自然光加椭圆偏振光、自然光加圆偏振光，都是部分偏振光。常讨论的部分偏振光可看成是自然光和线偏振光的混合。

**部分偏振光**：垂直于光传播方向的平面内，各方向上都有光矢量，但光矢量分布不均匀。

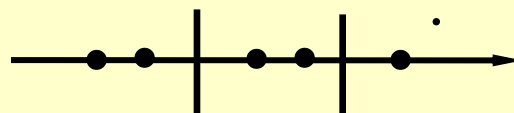
★部分偏振光也可分解为两个振动方向相互垂直、振幅不相等、无固定相位差的线偏振光。



★部分偏振光的表示：短线和点的疏密不一样，两者代表的光强不相等。



平行板面的光振动较强



垂直板面的光振动较强

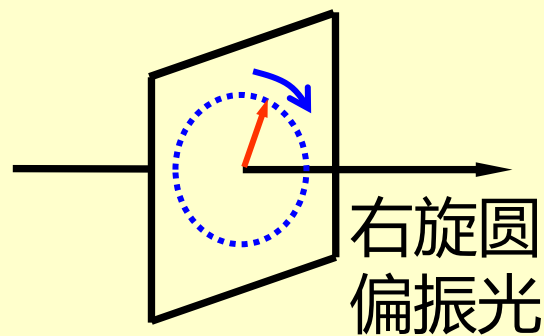
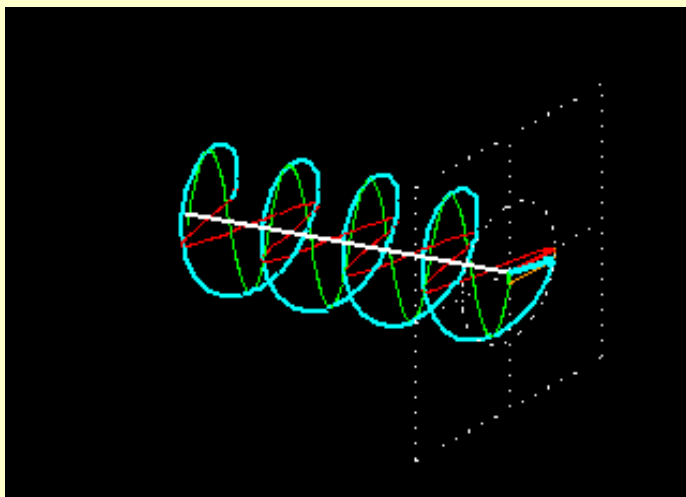




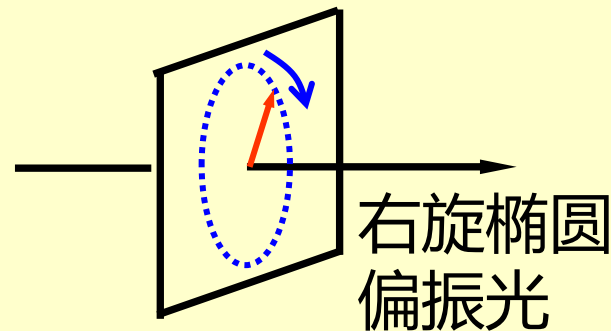
# 光的偏振——光的偏振态

## 四、圆偏振光和椭圆偏振光

**圆偏振光**：在垂直于光传播方向的平面内，光矢量不是在一条直线上变化，而是围绕光的传播方向做圆周运动，光矢量末端的轨迹为圆，这类偏振光称为**圆偏振光**。



**椭圆偏振光**：如果光矢量末端的轨迹为椭圆，这类偏振光则称为**椭圆偏振光**。

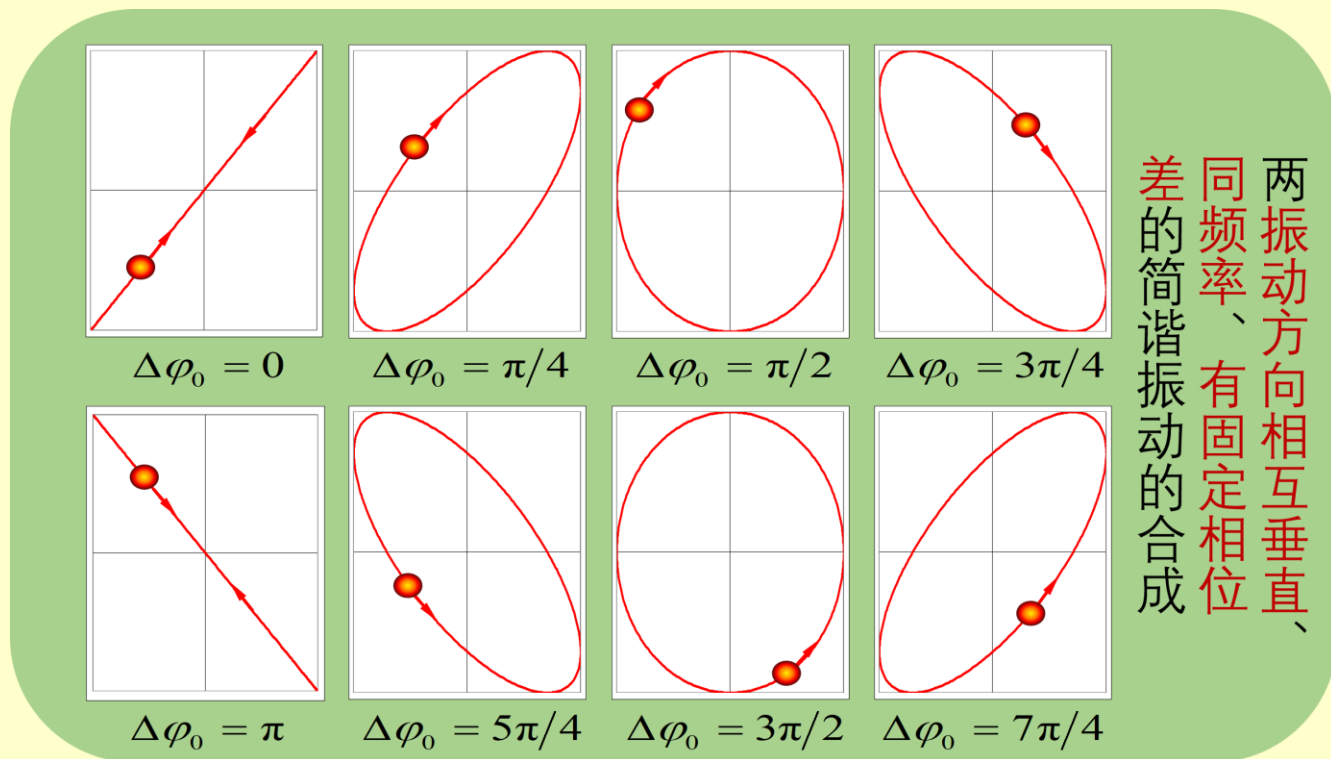




# 光的偏振——光的偏振态

## 四、圆偏振光和椭圆偏振光

**回忆简谐振动的合成：**两个振动方向相互垂直、同频率、有固定相位差的简谐振动叠加时，其合振动矢量的方向和大小都可能随时间发生变化，一般情况下合矢量端点的轨迹是一椭圆。

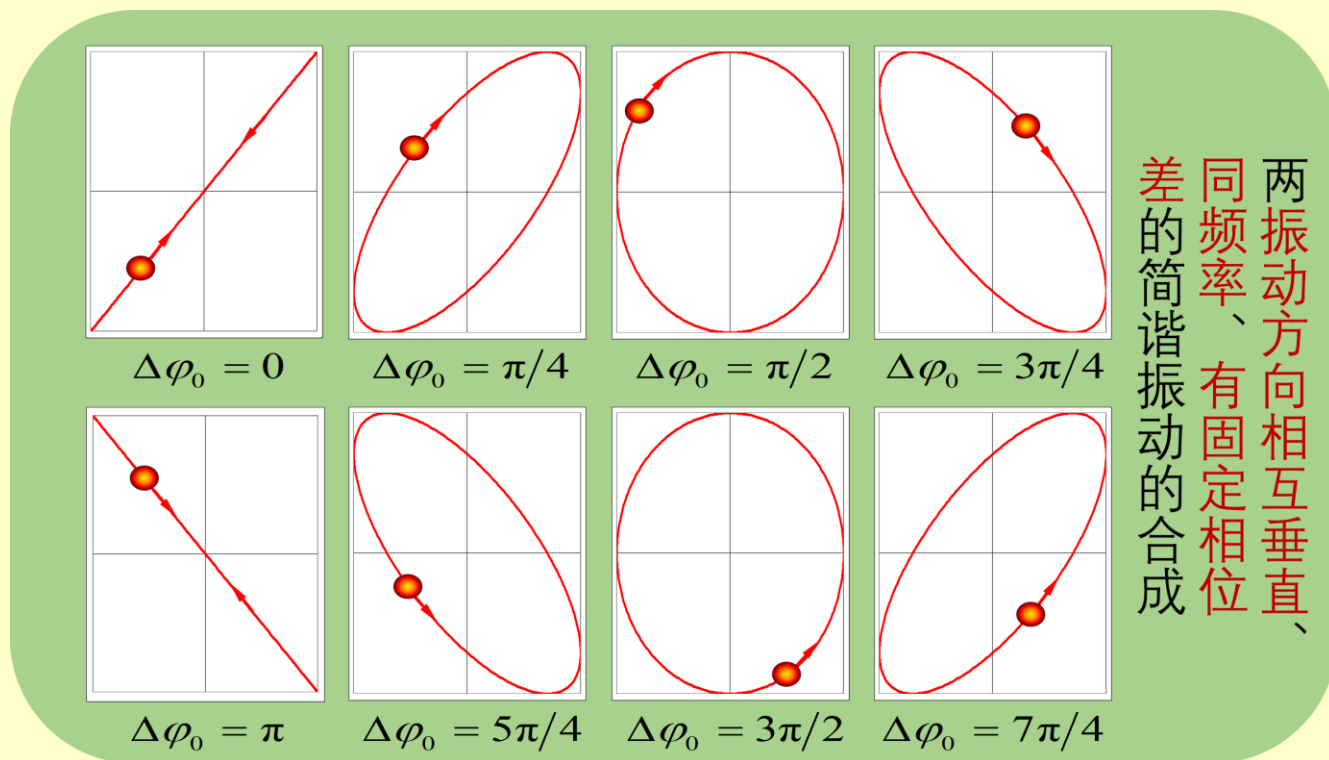


椭圆的性质(方位、长短轴、左右旋)由分振动的**振幅和相位差**决定，某些特殊情况下的轨迹为直线或圆。



# 光的偏振——光的偏振态

## 四、圆偏振光和椭圆偏振光



**椭圆偏振光**：可分解为两束振动方向相互垂直、频率相同、有固定相位差、振幅不等的线偏振光。

**圆偏振光**：可分解为两束振动方向相互垂直、频率相同、有固定相位差为 $\pm\frac{\pi}{2}$ 、振幅相等的线偏振光。



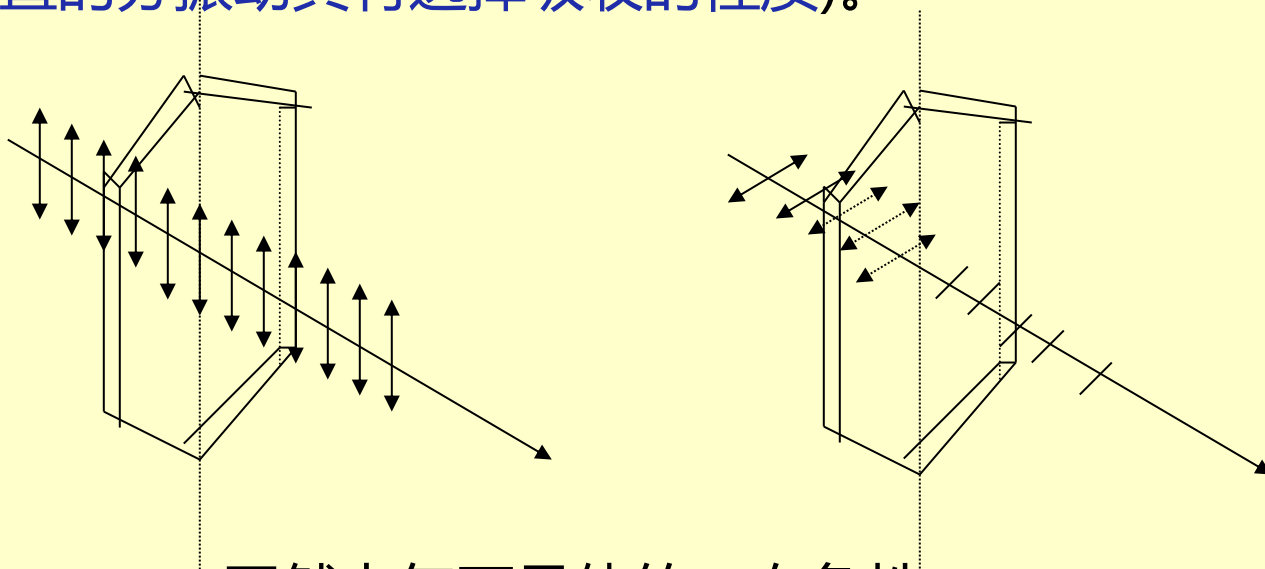
# 光的偏振——偏振片的起偏和检偏

## 一、起偏

从实用的角度必须解决两大问题：**一是如何判别光的偏振态；二是如何从普通光源中取得线偏振光。**

★**起偏**：从自然光等**非线偏振光**获得**线偏振光**的过程称为起偏。

★**起偏的方法**：其中之一是利用某些晶体的**二向色性**(只允许某一特殊方向的光振动透过去，而对与之垂直方向上的光振动有强烈吸收，即对于光的互相垂直的分振动具有选择吸收的性质)。



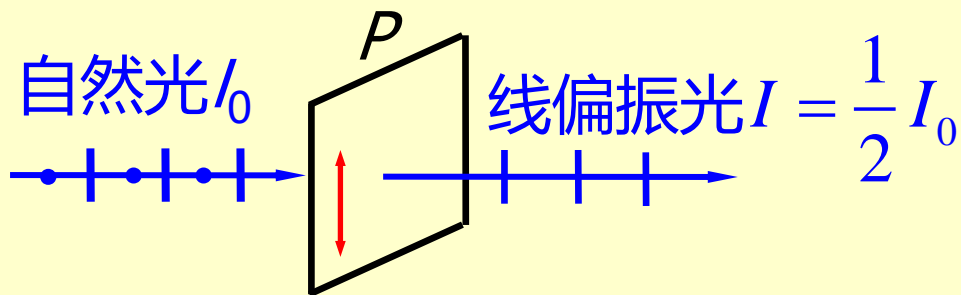
天然电气石晶体的二向色性



# 光的偏振——偏振片的起偏和检偏

★**偏振片**：利用具有二向色性的材料制备而成的光学薄片。

★**偏振化方向**：偏振片上**允许通过的光振动方向**称为偏振片的偏振化方向。



★自然光入射至偏振片，垂直于偏振片偏振化方向的光振动被全部吸收，只有平行于偏振片偏振化方向的光振动射出。



腰横扁担进不了城门

★自然光通过偏振片后**强度减半**，因此将偏振片以入射光方向为轴转过一周，出射光的强度不会发生变化，总是入射光的一半。

**任何光通过偏振片后，都成为线偏振光，且振动方向与偏振片偏振化方向一致。**





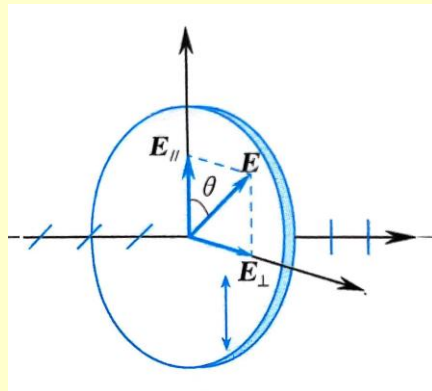
# 光的偏振——偏振片的起偏和检偏

## 二、马吕斯定律及检偏

下面分析线偏振光通过偏振片后出射的光强

设入射光振幅为 $E$ ，光振动方向和偏振片的偏振化方向之间的夹角为 $\theta$ ，将 $E$ 分解成与偏振化方向平行的部分 $E_{\parallel}$ 和垂直的部分 $E_{\perp}$ ： $E_{\parallel} = E \cos \theta$ ， $E_{\perp} = E \sin \theta$

垂直部分 $E_{\perp}$ 被吸收，只有平行部分 $E_{\parallel}$ 通过，出射光只剩下与偏振片偏振化方向一致的部分。



光强 $I$ 正比于振幅的平方，因此出射光强和入射光强的比值为：

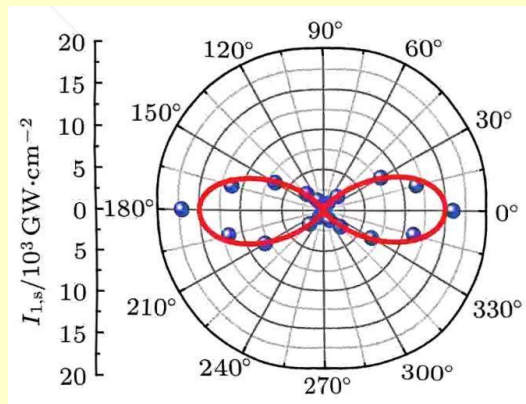
$$\frac{I}{I_0} = \frac{E_{\parallel}^2}{E^2} = \cos^2 \theta \quad \Rightarrow \quad \boxed{I = I_0 \cos^2 \theta}$$

**马吕斯定律(Malus' law)**

★当 $\theta = 0$ 或 $\pi$ 时，出射光最强；

★当 $\theta = \pi/2$ 或 $3\pi/2$ 时，出射光为零(消光)；

★当 $\theta$ 为其他值时，出射光强介于最强和零之间。



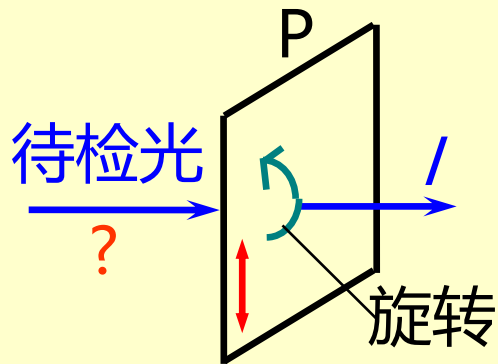


# 光的偏振——偏振片的起偏和检偏

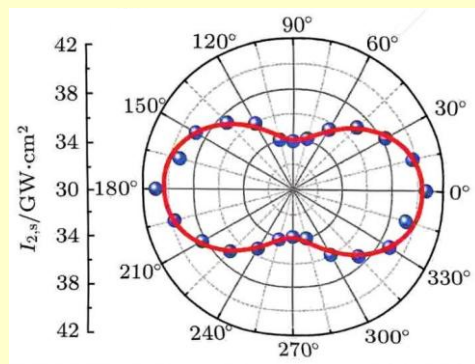
## 马吕斯定律

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

★**入射光为线偏振光**：通过观察偏振片绕入射光方向旋转一周的过程中，出射光会存在**两最明亮** ( $\theta = 0$ 或 $\pi$ )和**两消光** ( $\theta = \pi/2$ 或 $3\pi/2$ )位置。



★**入射光为部分线偏振光**：将其看成自然光和线偏振光的组合，自然光通过偏振片后强度减半且不随旋转角度变化，线偏振光通过偏振片后出射的光强按马吕斯定律变化。偏振片绕入射方向旋转一周，**出射光强也会有较强位置和较弱位置(不为零)**。



**检偏**：偏振片可用于判断入射光是否为线偏振光或部分线偏振光等。  
人造偏振片既可以作为起偏器，又可以作为检偏器。

★**无法区分自然光和圆偏振光**：偏振片旋转一周，自然光和圆偏振光通过偏振片后出射光强都不随旋转角度变化。

★**无法区分部分偏振光和椭圆偏振光**：偏振片旋转一周，部分偏振光和椭圆偏振光出射光强都有强弱变化，都不存在消光现象。



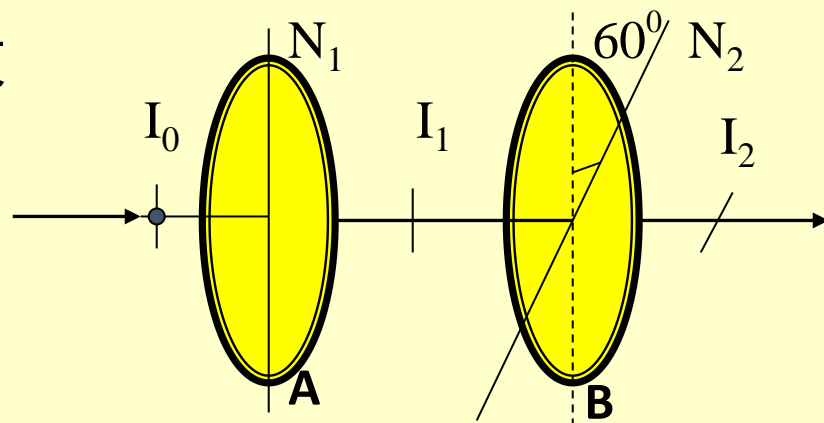
# 光的偏振——偏振片的起偏和检偏

例8.1：有两块偏振片A和B,偏振化方向的夹角为 $60^\circ$ 。(1)入射光是自然光,求穿过A和B后的透射光与入射光的光强比;(2)入射光是线偏振光,振动方向与第一块偏振片的偏振化方向的夹角为 $30^\circ$ ,求穿过A,B后透射光与入射光的光强比;(3)如果偏振片的吸收系数为0.1,再求(2)的结果。

解: (1)自然光通过偏振片A,光强被吸收

一半,有:  $I_1 = \frac{1}{2} I_0$ .

$$I_2 = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 60^\circ = \frac{1}{8} I_0, \therefore \frac{I_2}{I_0} = \frac{1}{8}.$$



$$(2) I_1 = I_0 \cos^2 30^\circ$$

$$I_2 = I_1 \cos^2 60^\circ = I_0 \cos^2 30^\circ \cos^2 60^\circ$$

$$\therefore \frac{I_2}{I_0} = \frac{3}{16}$$

$$(3) I_1 = I_0 \cos^2 30^\circ (1 - 0.1)$$

$$I_2 = I_1 \cos^2 60^\circ (1 - 0.1)$$

$$\frac{I_2}{I_0} = 15.2\%$$

教材P207: 自主学习例9.1



# 光的偏振——反射光与折射光的偏振

## 一、反射光和折射光的偏振化情况

自然光射到两种各向同性介质分界面上发生反射和折射，实验表明：

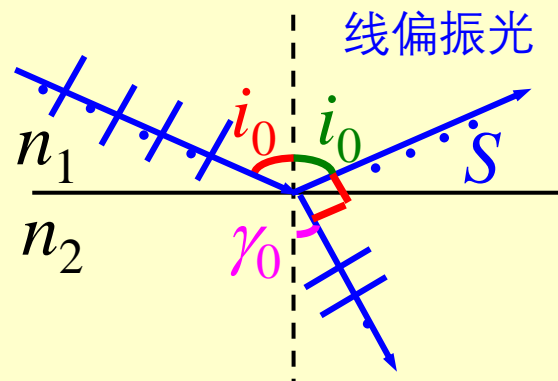
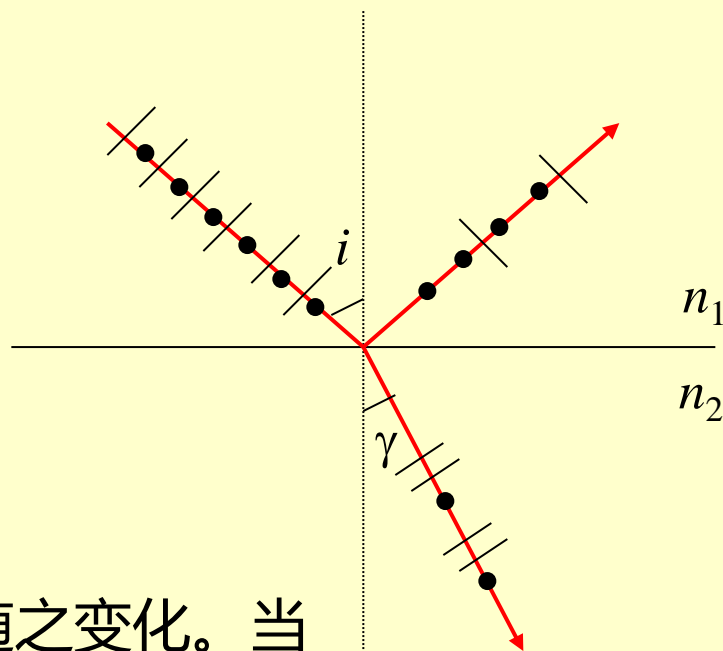
反射光和折射光一般都是部分偏振光。

- ★反射光中**垂直**于入射面的光振动占优；
- ★折射光中**平行**于入射面的光振动占优。

入射角 $i$ 变化，反射光和折射光的偏振度也随之变化。当入射角为某一角度 $i_0$ 时：

- ★反射光中只有垂直于入射面方向的光振动，  
反射光是线偏振光；
- ★折射光仍然是部分偏振光。

该入射角 $i_0$ 称为**布儒斯特角(Brewster angle)**，也称起偏角。



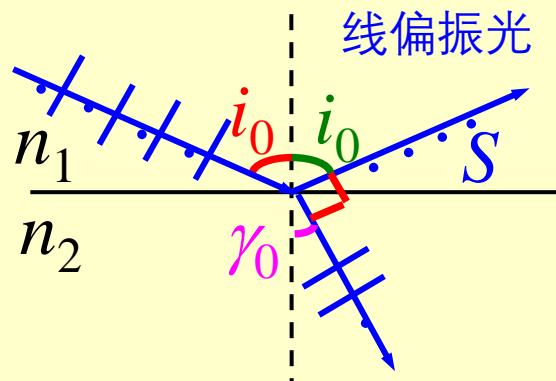


# 光的偏振——反射光与折射光的偏振

## 二、布儒斯特定律

1812年，布儒斯特通过实验发现：

对于两种给定的各向同性透明介质，当入射光从一种介质向另一种介质以起偏角  $i_0$  入射时，反射光和折射光相互垂直，即  $i_0 + \gamma_0 = 90^\circ$ 。



根据折射定律： $n_1 \sin i_0 = n_2 \sin \gamma_0 = n_2 \cos i_0$

得到：

$$\tan i_0 = \frac{n_2}{n_1}$$

——布儒斯特定律

**注意：**自然光以布儒斯特角入射时，反射光是振动方向垂直于入射面的线偏振光，但绝大部分垂直于入射面的光振动都进入了折射光中，故反射光强度很弱，通常约为入射总光强的7.5%。





# 光的偏振——反射光与折射光的偏振

## 三、玻璃片堆

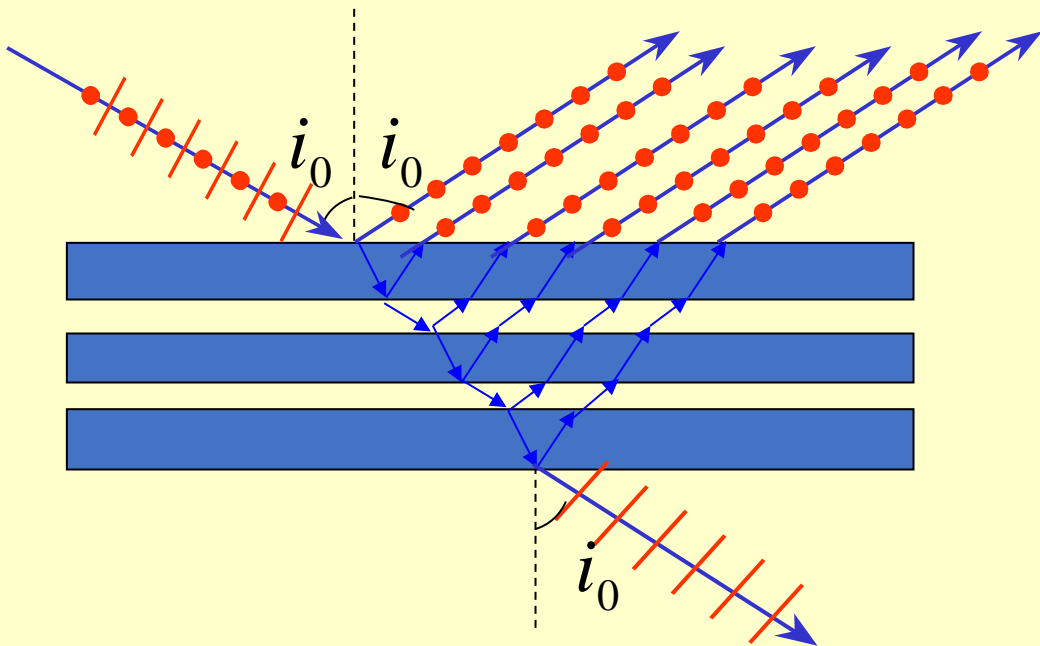
为了增强反射光的强度和um提高折射光的偏振化程度，可使用由许多平行的玻璃片组成的玻璃片堆。

自然光以**布儒斯特角入射**到玻璃片堆上，在每一玻璃片上表明(由空气到玻璃)和下表面(由玻璃到空气)反射。

垂直于入射面的光振动经过一次次反射，使得反射光强不断增强，一般经过10片以上玻璃片，最后出射的：

- ★ **反射光是强度较大且偏振性很好的线偏振光**(光振动垂直于入射面)；
- ★ **折射光也是强度较大且偏振性很好的线偏振光**(光振动平行于入射面)。

**利用玻璃片堆可从普通光源中获得两束线偏振光；**  
玻璃片堆可以作为起偏器，也可以用作检偏器。





# 光的偏振——反射光与折射光的偏振

## 上述反射起偏原理应用于激光器制作

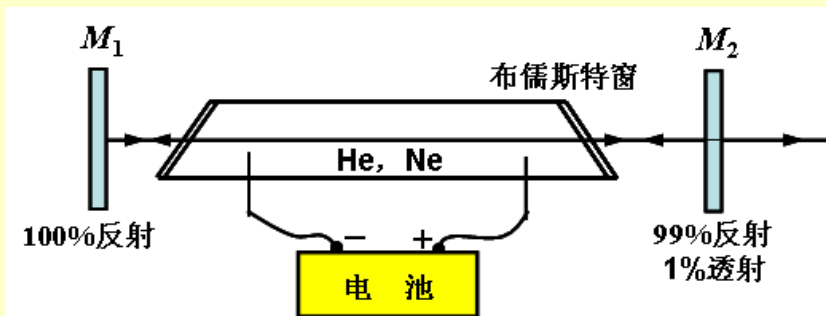
外腔式激光管两端各安装一个玻璃制的“布儒斯特窗”，使其法线与管轴的夹角为布儒斯特角，则出射光为线偏振光。

★激光在两面反射镜 $M_1$ 和 $M_2$ 之间来回反射，光的偏振方向垂直于管轴，一个振动方向垂直于纸面为 $E_{\perp}$ 分量，另一个振动方向平行于纸面为 $E_{\parallel}$ 分量。

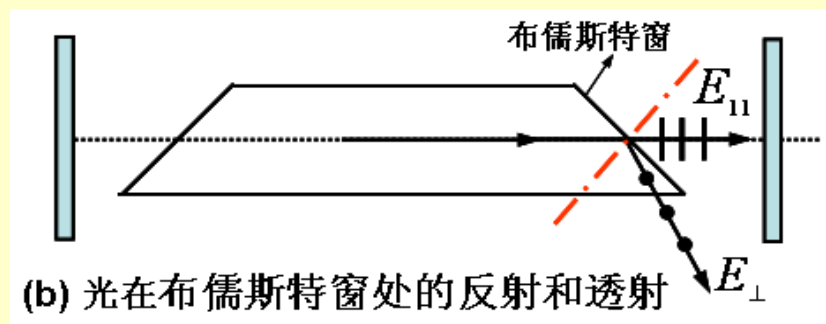
★**反射光**：光入射到布儒斯特窗，其反射光中只有 $E_{\perp}$ 分量，偏离管轴方向。

★**透射光**：其 $E_{\parallel}$ 分量大于 $E_{\perp}$ 分量。

★每次光入射到布儒斯特窗，都会损失一部分 $E_{\perp}$ 分量，经过 $M_1$ 和 $M_2$ 之间的**多次反射**，**沿管轴方向前进的光中 $E_{\perp}$ 分量就越来越少**，**最后将 $E_{\perp}$ 分量全都过滤掉了**，**出射的激光中只剩下 $E_{\parallel}$ 分量**，即得到线偏振光，其光振动方向平行于纸面。



(a) 氦氖激光器结构简图



(b) 光在布儒斯特窗处的反射和透射



# 光的偏振——反射光与折射光的偏振

反射光的部分偏振化现象再日常生活中随处可见。强烈的阳光从水面、玻璃表面、高速公路路面反射的眩光，影响人们的视线，经检测，这种反射光是光振动大多在水平面内的部分偏振光，因此，如果设计偏振光眼镜，由偏振化方向在垂直方向的偏振片制成，戴上它就可以消除或削弱反射的眩光。

## 太阳偏光镜





# 光的偏振——反射光与折射光的偏振

例8.2：一束自然光从空气射到玻璃板上，入射角是 $58^\circ$ ，此时，反射光是线偏振光。求此玻璃的折射率及折射光的折射角。

解：设该材料的折射率为  $n$ ，空气的折射率为1。

因反射光是线偏振光，故入射角必是布儒斯特角，即

$$i_0 = 58^\circ$$

由布儒斯特定律  $\tan i_0 = \frac{n_2}{n_1}$

$$\tan i_0 = \frac{n}{1} = \tan 58^\circ = 1.599 \approx 1.6 \quad n = 1.6$$

又因折射光和反射光相互垂直，故折射角为  $\gamma = 32^\circ$



# 光的偏振——光的双折射

## 一、光的双折射现象

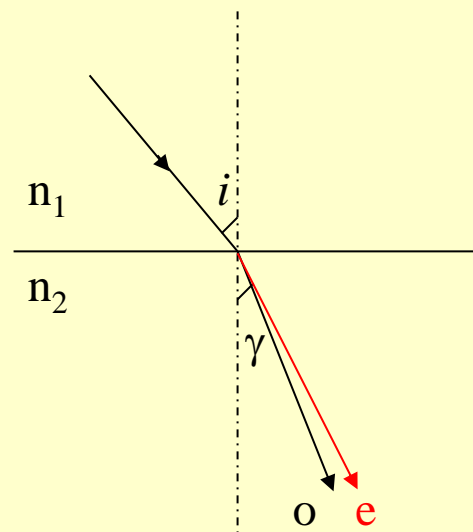
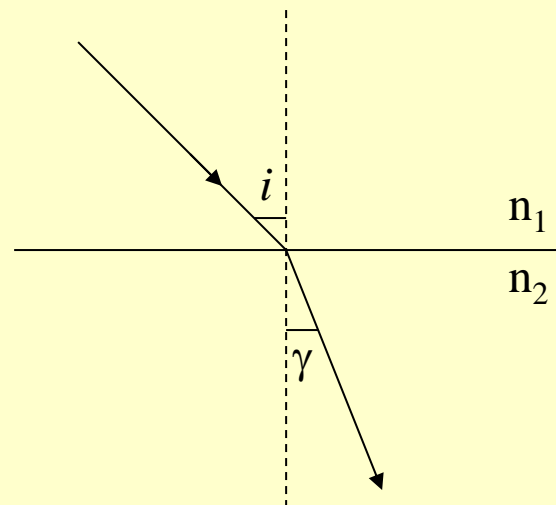
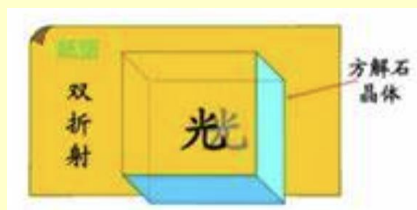
光入射到各向同性的晶体界面，满足折射定律：

$$n_1 \sin i = n_2 \sin \gamma$$

**晶体的各向异性**：即沿晶格的不同方向，原子排列的周期性、疏密程度不尽相同，由此导致晶体在不同方向的物理化学特性也不同。

**双折射现象**：光通过各向异性的晶体或（人造双折射晶体）时，产生两束折射光，这两束光是线偏振光，称为**双折射现象**。

方解石晶体中的双折射现象  
产生双字







# 光的偏振——光的双折射

## 1、o光和e光

自然光入射到各向异性晶体中产生两束折射光：

**o光—寻常光**：双折射中一条折射线，遵循折射定律：

$$n_1 \sin i = n_2 \sin \gamma$$

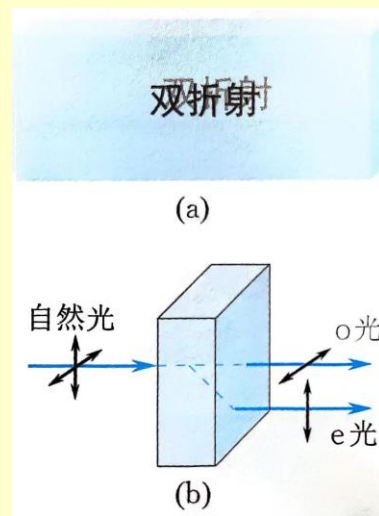
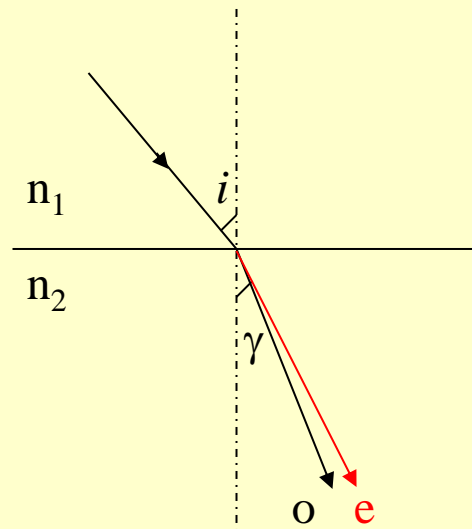
o光的折射率 $n_o$ 为常量，其传播速度沿各方向相同。

**e光—非常光**：双折射中另一条折射线不满足折射定律。

不遵守折射定律是指：

- ① 折射光线不一定在入射面内
- ② **折射率 $n_e$ 不是常量，即e光在各个方向传播速度不同。**

**将晶体绕入射光线旋转，o光不动，而e光会随着晶体旋转而转动，e光传播速度也会随着传播方向发生变化。**





# 光的偏振——光的双折射

## 2、几个与晶体有关的概念

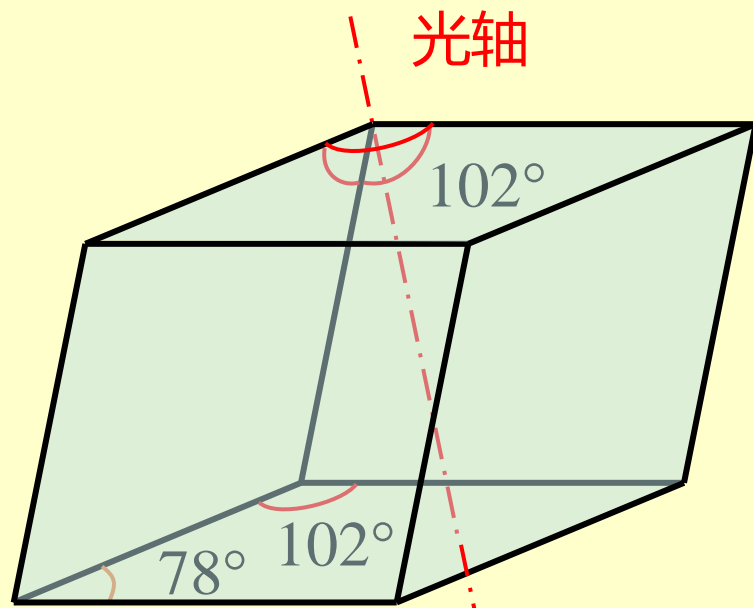
用偏振片检查o光和e光，发现它们都是线偏振光，但偏振方向(光振动方向)不一样。为了描述晶体内o光和e光的偏振情况，需引入几个与晶体有关的概念。

### (1) 光轴

**光轴**：光在晶体中沿光轴这一方向传播时，不发生双折射现象，o光和e光的传播速度相同。**光轴代表一个方向，不是一条直线。**

**单轴晶体**：具有一个光轴的晶体  
例如：方解石、石英、红宝石等。

**双轴晶体**：具有两个光轴的晶体  
例如：云母、硫黄、南宝石等。



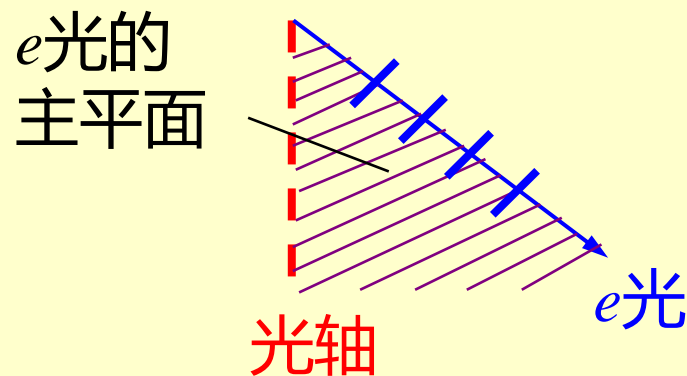
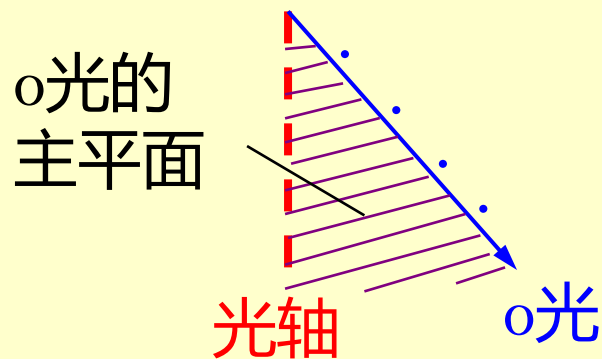
方解石晶体光轴：光轴与三表面交点成相等角度。



# 光的偏振——光的双折射

(2) **主截面**：晶体表面法线与晶体光轴所构成的平面。

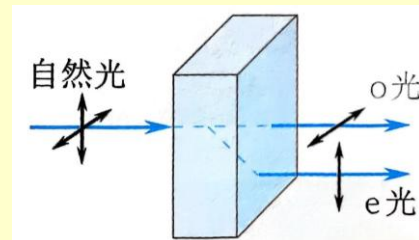
(3) **主平面**：晶体中光的传播方向与晶体光轴构成的平面。



**o光振动方向垂直于o光的主平面；e光振动方向平行于e光的主平面。**

★ 由于o光和e光的主平面在一般情况下不重合，故o光和e光的振动方向也不一定相互垂直。

★ **若光轴在入射面内，则o光和e光的主平面完全重合，o光和e光的振动方向也就相互垂直。**





# 光的偏振——光的双折射

## (4) 主折射率

实验结果表明：

① **在光轴方向**：e光的速度等于o光速度，即等于 $v_o$ 。

② **在垂直光轴方向**：o光、e光两个速度差别最大；与o光速度差别最大的e光速度记做 $v_e$ ，且 $v_e$ 为常数。

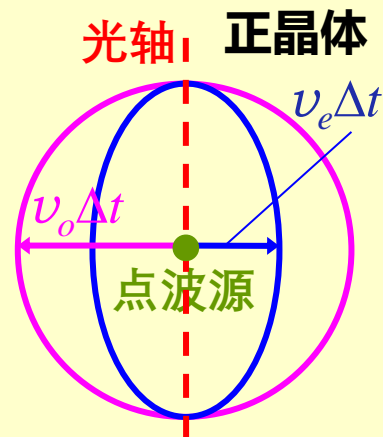
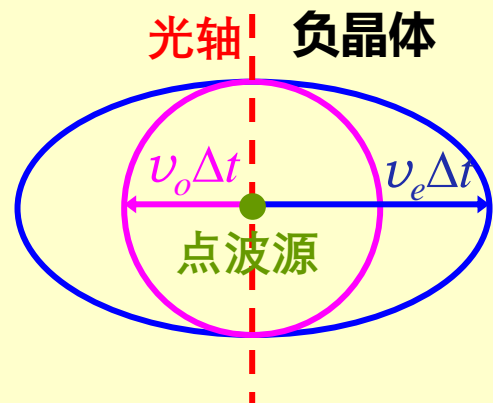
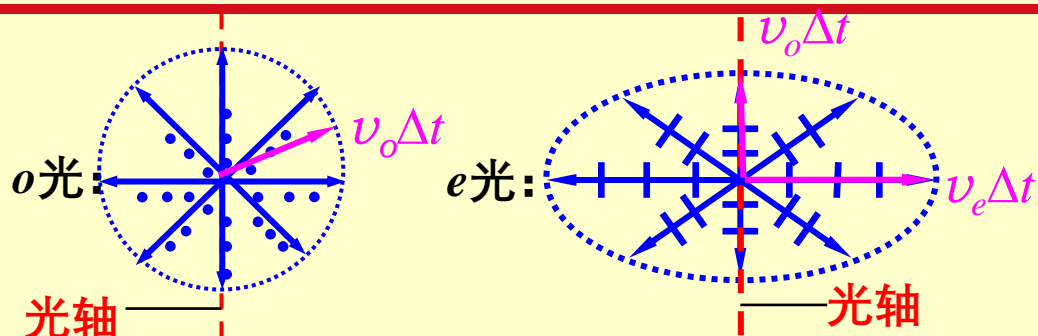
$$n_o = \frac{c}{v_o}, \quad n_e = \frac{c}{v_e} \quad \left[ \quad v_o = \frac{c}{n_o}, \quad v_e = \frac{c}{n_e} \right]$$

$n_o$ ， $n_e$  称为**晶体的主折射率**

e光在其它方向上的折射率在  $n_o$ --- $n_{e\text{主}}$  之间。

★凡属  $n_o > n_{e\text{主}}$ ，即  $v_o < v_e$  晶体称为**负晶体**。

★凡属  $n_o < n_{e\text{主}}$ ，即  $v_o > v_e$  晶体称为**正晶体**。





# 光的偏振——光的双折射

## 二、光的双折射现象的解释

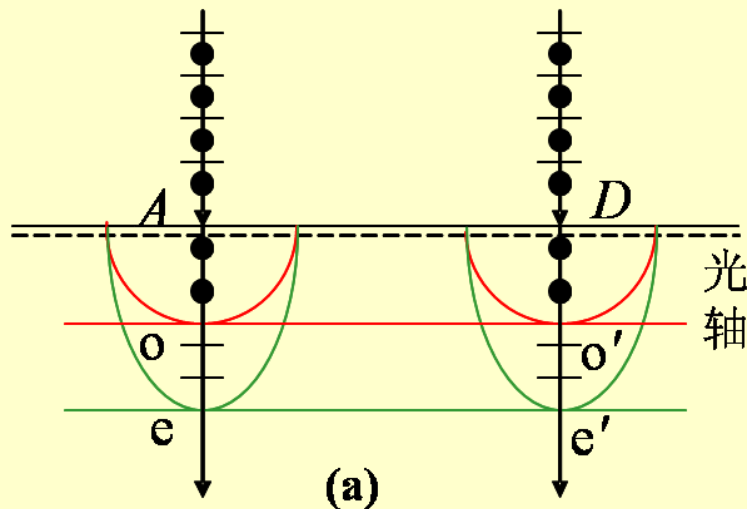
**利用惠更斯原理解释：**利用惠更斯原理，可以确定o光和e光在晶体内的传播方向。以方解石晶体为例，分析几种典型情况。

### 1. 光轴在入射面内，入射光垂直射向晶体

★入射光波面AD上的各点同时到时晶体表面，各点都发出o光和e光两组子波。

★某一时刻晶体中o光和e光的波面分别是其对应子波的包迹 $oo'$  和 $ee'$  。

★从传播方向上看，o光和e光没有分开，但从传播距离看，已经分开了，因而仍应认为是发生了双折射。







# 光的偏振——光的双折射

## 2. 光轴在入射面内，入射光斜射向晶体

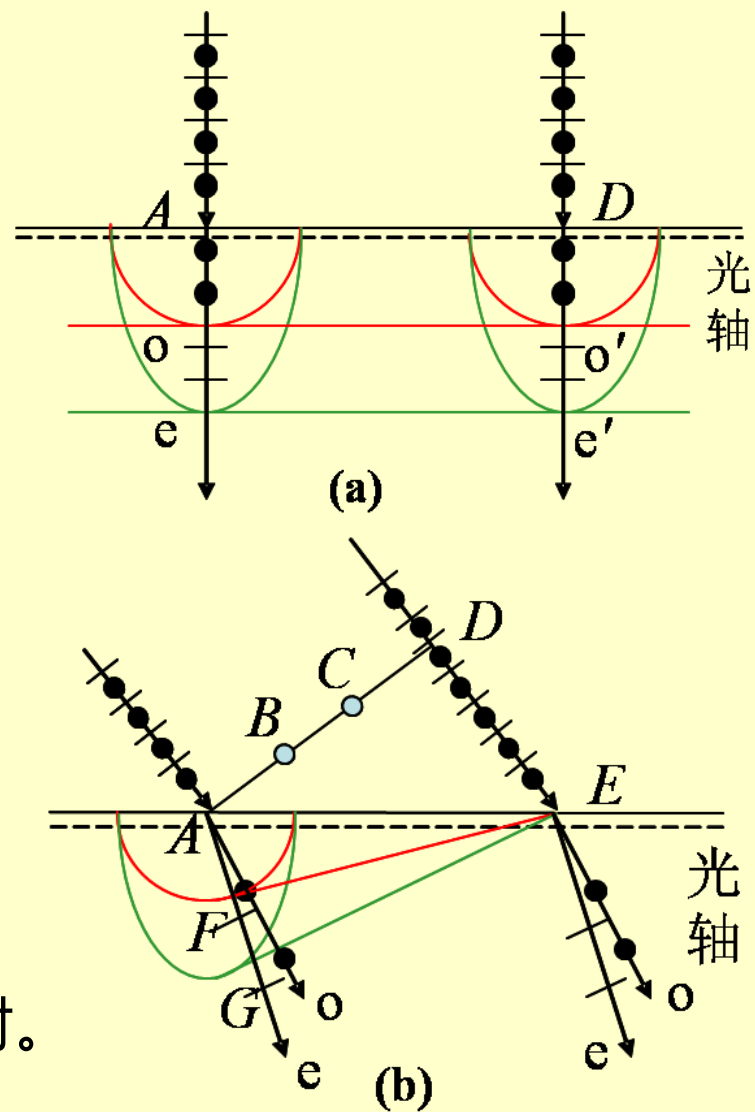
★入射光波面用AD标记。

★当D点振动传到晶体表面E点时，A点发出的o光和e光两个子波在晶体中已传播了一段距离，其波面分别是以A点为中心的球面和旋转椭球面。

★过E点作平面EF、EG分别与球面、椭球面相切，平面EF、EG即为o光和e光的波阵面。

★连线AF、AG即为晶体中o光和e光的传播方向。

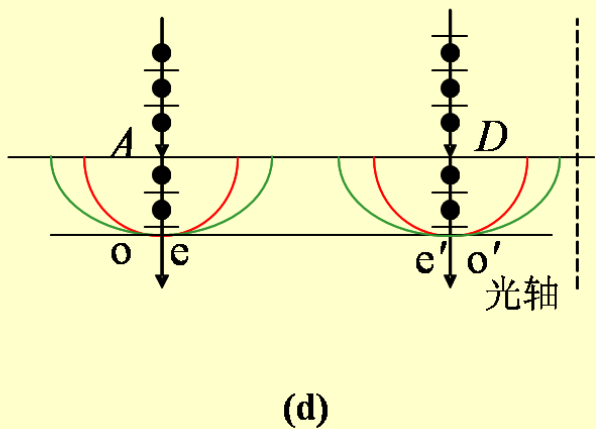
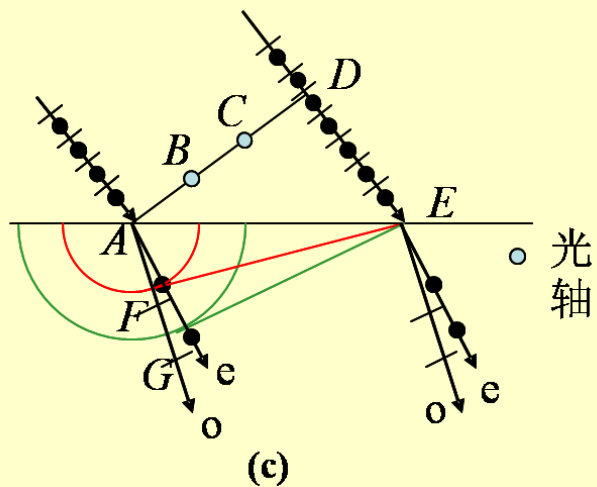
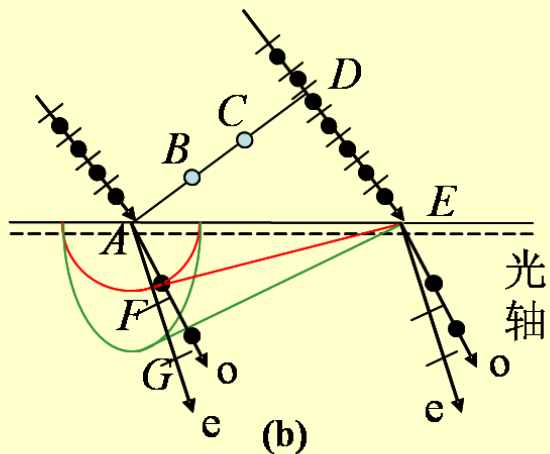
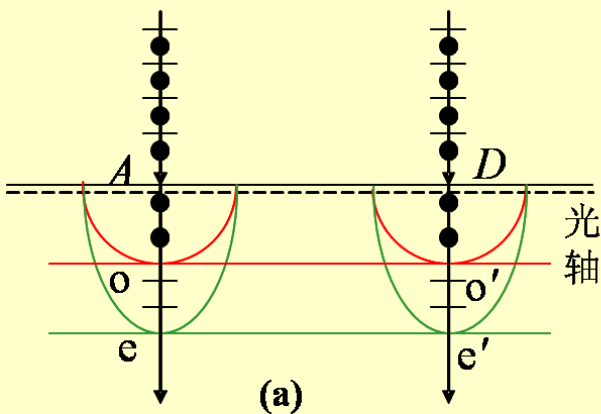
★显然，o光和e光彼此分开，产生了双折射。





# 光的偏振——光的双折射

## 方解石单轴晶体中o光和e光的传播



★(a)光轴在入射面且平行于晶面，入射光垂直入射晶面。

★(b)光轴在入射面且平行于晶面，入射光斜入射晶面。

★(c)光轴垂直入射面，入射光斜入射晶面。

★(d)光轴在入射面且垂直晶面，入射光垂直入射晶面。

**说明：**所谓o光和e光，只是相对于光在晶体中的传播而言，在光射出晶体以后，它们只是振动方向不同的两束线偏振光，再谈o光和e光已无意义。

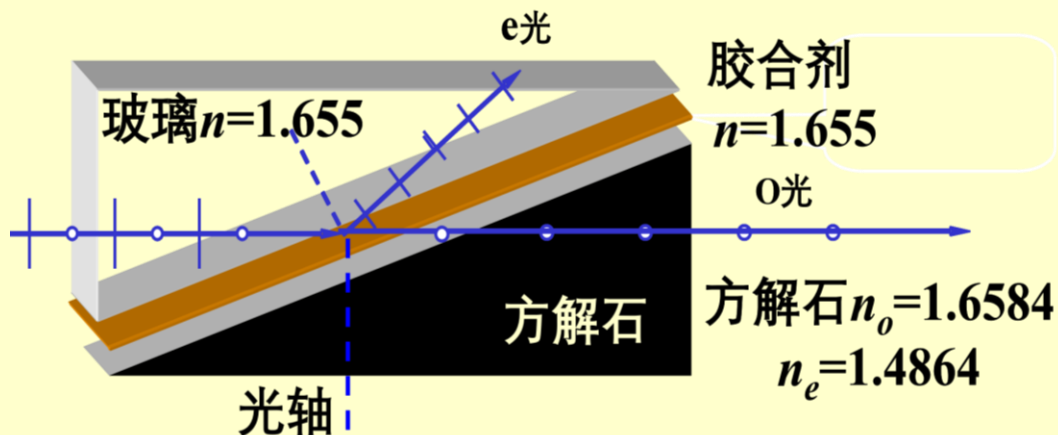


# 光的偏振——光的双折射

## 三、偏振棱镜

偏振棱镜是利用**晶体的双折射**和**光的全反射**原理制成的偏振仪器。

格兰-汤姆逊偏振棱镜是由两块直角棱镜黏合而成。



自然光入射到格兰-汤姆逊偏振棱镜

★方解石o光折射率 $n_o$ 约等于胶合剂的折射率：垂直偏振分量o光几乎无偏折地进入方解石而射出。

★方解石e光折射率 $n_e$ 小于胶合剂的折射率：入射角大于临界角时，平行偏振分量e光发生全反射。

**偏振棱镜就是基于上述光学原理将两种偏振光分开，从而获得偏振度很高的线偏振光。**



# 光的偏振——光的双折射

## 四、总结线偏振光产生的三种方法

★**人造偏振片**：利用各向异性物质的二向色性，即**利用物质对不同光振动方向的光显现出不同的吸收系数**。

★**玻璃片堆**：基于布儒斯特定律，利用自然光在两个各向同性介质表面上的反射光的偏振性，即**利用物质对不同振动方向的光显现出不同的反射系数**。

★**晶体偏振器**：利用各向异性晶体的双折射现象，即**利用物质对不同振动方向的光显现出不同的传播速度**。



# 光的偏振——光的双折射

## 五、线偏振光的双折射、圆偏振光和椭圆偏振光的获得

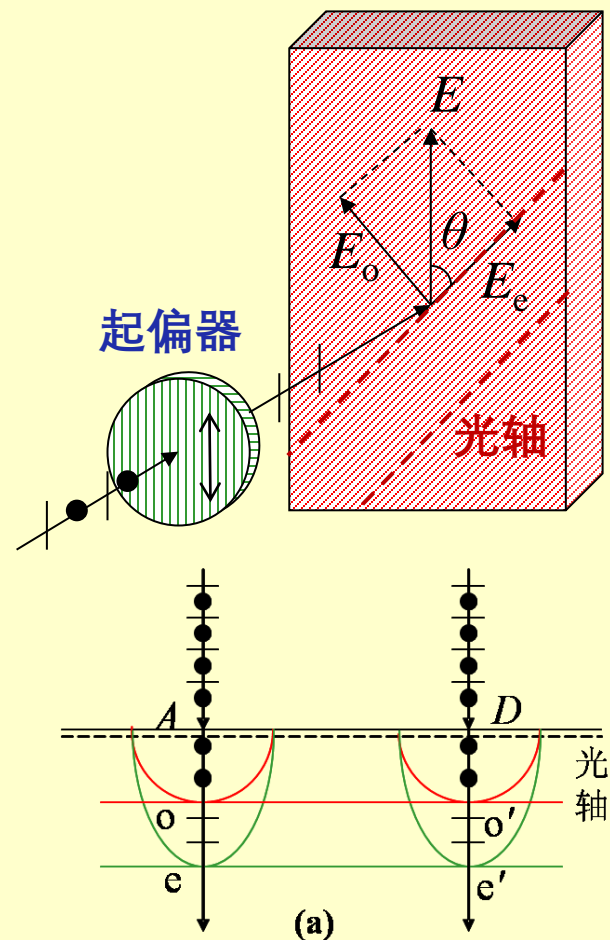
### 1、线偏振光的双折射

★单色线偏振光垂直入射到晶体表面，晶体光轴与晶体表面平行且在入射面内，**o光和e光在传播方向上不分开但传播距离上会分开，而且两者振动方向相互垂直，o光振动方向垂直于光轴，e光振动方向平行于光轴。**

★若入射光偏振方向与光轴间夹角为 $\theta$ ，振幅为 $E$ ，将其按与光轴垂直和平行的方向进行分解，即得到o光和e光的振幅： **$E_o = E \sin\theta$ ,  $E_e = E \cos\theta$**

★在入射点，o光和e光相位相同，但由于两者折射率不同导致传播速度不同，两者传播一段距离 $l$ 后产生一相位差： **$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda_0} (n_o - n_e) l$**

$n_e$ 为e光的主折射率， $\lambda_0$ 为入射光在真空中的波长。



**o光和e光出射的合成光长什么样？**

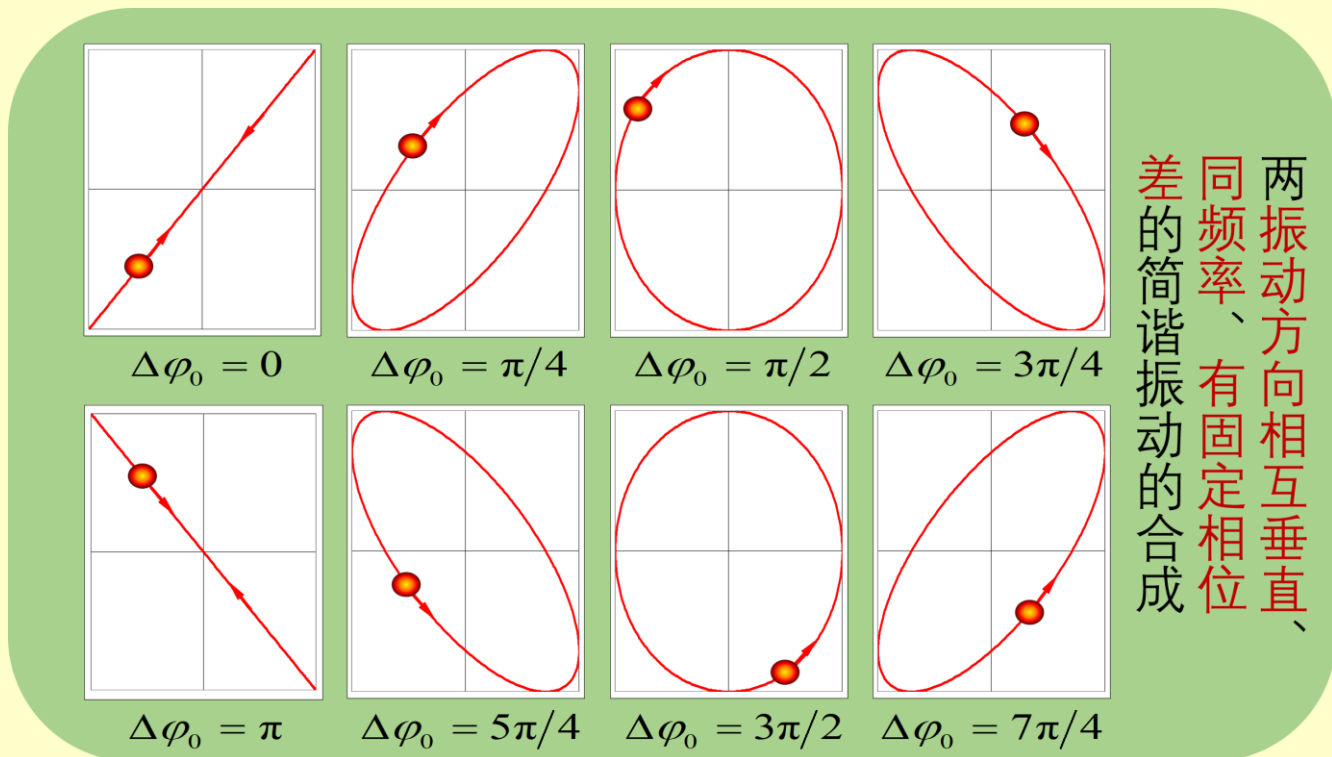


# 光的偏振——光的偏振态

**问题：o光和e光出射后的合成光长什么样？**

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda_0} (n_o - n_e) l$$

**回忆简谐振动的合成：**两个振动方向相互垂直、同频率、有固定相位差的简谐振动叠加时，其合振动矢量的方向和大小都可能随时间发生变化，一般情况下合矢量端点的轨迹是一椭圆。



★  $\Delta\varphi = k\pi$   
线偏振光

★  $\Delta\varphi \neq k\pi$   
椭圆/圆偏振光

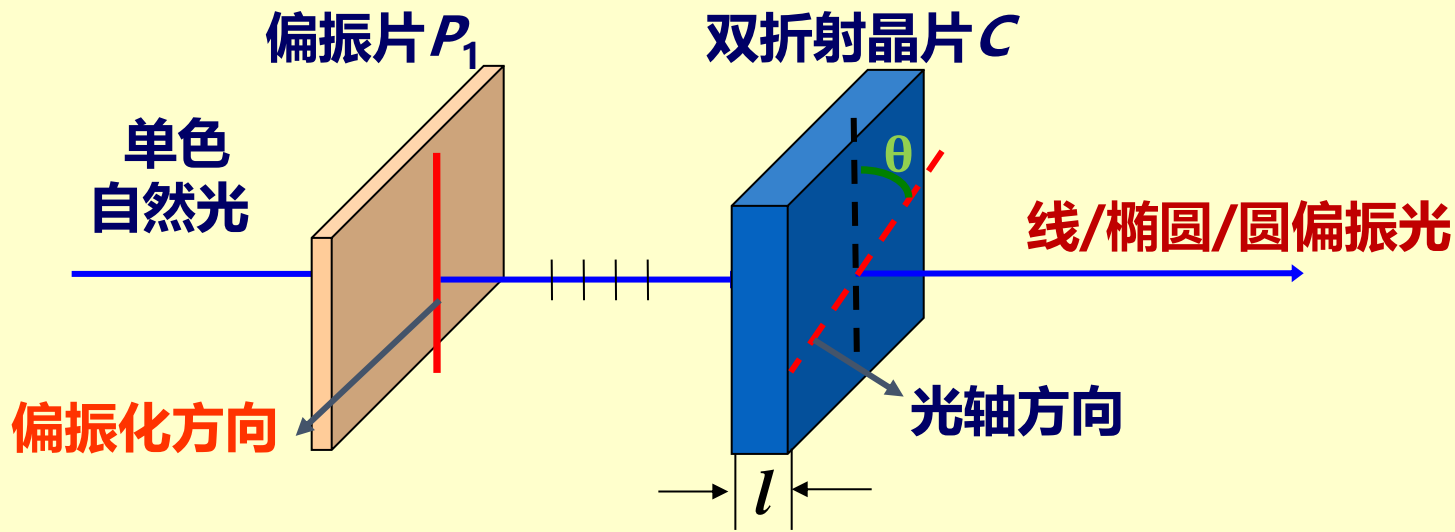
椭圆的性质(方位、长短轴、左右旋)由分振动的**振幅和相位差**决定，某些特殊情况下的轨迹为**直线或圆**。





# 光的偏振——光的双折射

## 二、椭圆偏振光和圆偏振光的获得方法



透过双折射晶片后，o光和e光的相位差为：
$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda_0} (n_o - n_e) l$$

$\Delta\varphi = k\pi$       o光和e光叠加后仍为线偏振光；

$\Delta\varphi \neq k\pi$       o光和e光叠加后成为椭圆偏振光。



# 光的偏振——光的偏振态

## 1、半波片 ( $\frac{\lambda}{2}$ 波片, 二分之一波片)

★o光和e光的相位差  $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(n_o - n_e)l = \pi$

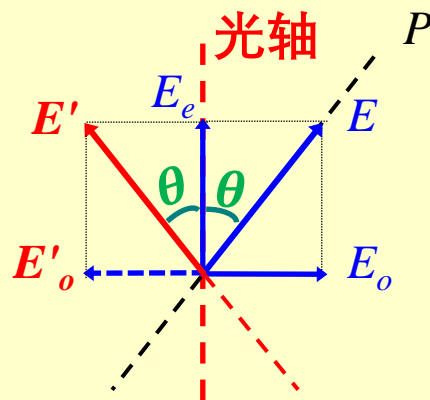
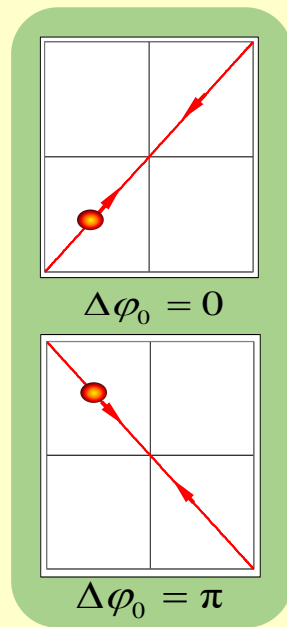
★o光和e光的光程差  $\Delta\delta = (n_o - n_e)l = \frac{\lambda}{2}$

**半波片**：可以使o光和e光的光程差为 $\lambda/2$ 的晶片，合成光仍为线偏振光，但合成光的偏振方向相对于光轴转过了 $2\theta$ 。

$$\begin{array}{l} E_o = E \sin\theta \\ E_e = E \cos\theta \end{array} \xrightarrow{\Delta\delta = \lambda/2, \Delta\varphi = \pi} \begin{array}{l} E'_o = -E \sin\theta \\ E'_e = E \cos\theta \end{array}$$

**半波片可以改变入射偏振光的偏振方向，相对于光轴绕过 $2\theta$ 。**

### 线偏振光





# 光的偏振——光的偏振态

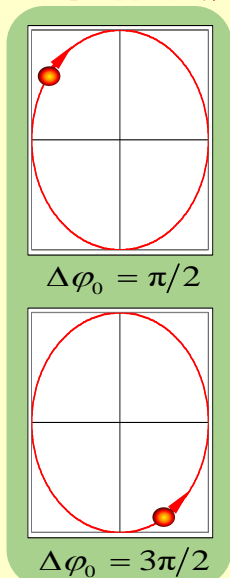
## 2、四分之一波片 ( $\frac{\lambda}{4}$ 波片)

★o光和e光的相位差  $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(n_o - n_e)l = \frac{\pi}{2}$

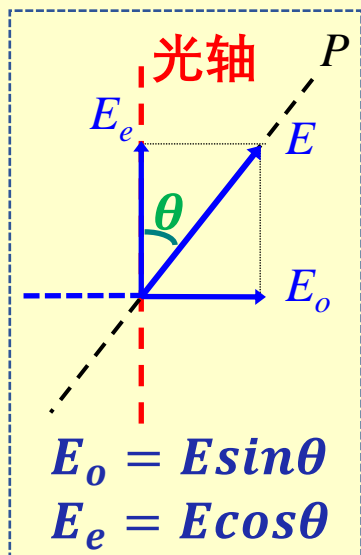
★o光和e光的光程差  $\Delta\delta = (n_o - n_e)l = \frac{\lambda}{4}$

**四分之一波片：**可以使o光和e光的光程差为 $\lambda/4$ 的晶片，合成光为椭圆偏振光或圆偏振光。

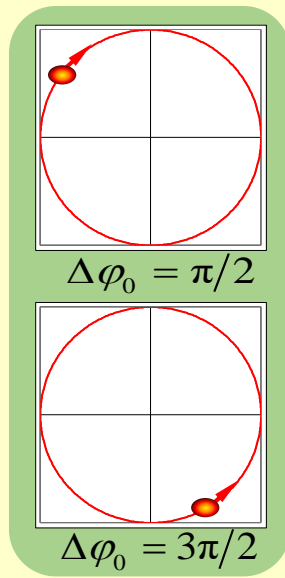
**正椭圆偏振光**



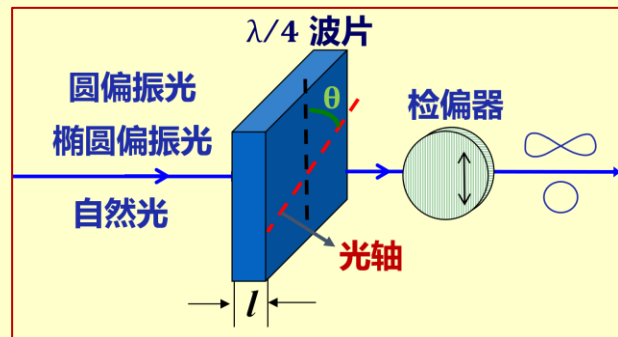
$\theta = 45^\circ, E_o = E_e$



**圆偏振光**



★ $\lambda/4$ 波片用于区分圆偏振光和自然光：



★**圆偏振光**可分解为振动方向相互垂直、同频率、相位差为 $\pm\pi/2$ 的两个线偏振光，分别对应晶体中的o光和e光；

★ $\lambda/4$ 波片可使o光和e光产生附加相位差 $\pi/2$ ，出射的两相互垂直的光振动其相位差为0或 $\pi$ ，合成为线偏振光。

★**检偏器**检验出射光是否存在消光，圆偏振光有消光现象，自然光光强不变无消光。



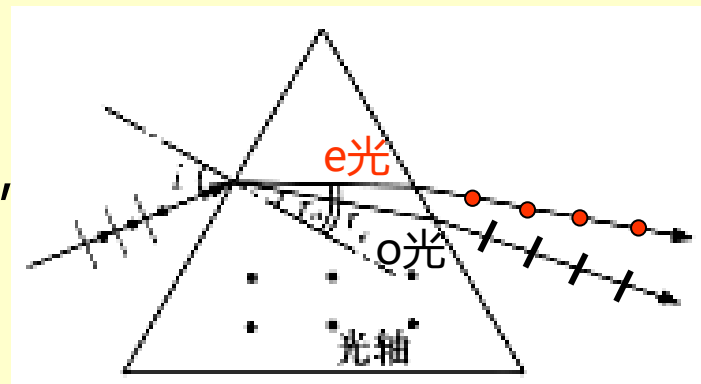
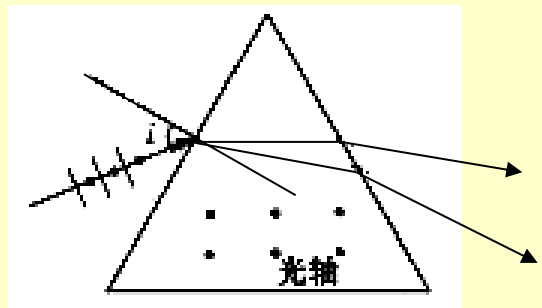
# 光的偏振——光的双折射

例8.3：用方解石晶体（负晶体）切成一个截面为正三角形的棱镜，光轴方向如图所示。若自然光以入射角  $i$  入射并产生双折射，试定性地分别画出o光与e光的光路与振动方向。

解：对负晶体, ( $n_o > n_e$ ) 则根据折射定律，e光的折射角大于o光的折射角。

e光的主平面垂直图面(光轴垂直图面)，e光振动方向平行于其主平面，所以e光振动方向以点表示。

o光的主平面也垂直图面(光轴垂直图面)，o光振动方向垂直于其主平面，所以o光振动方向以线表示。

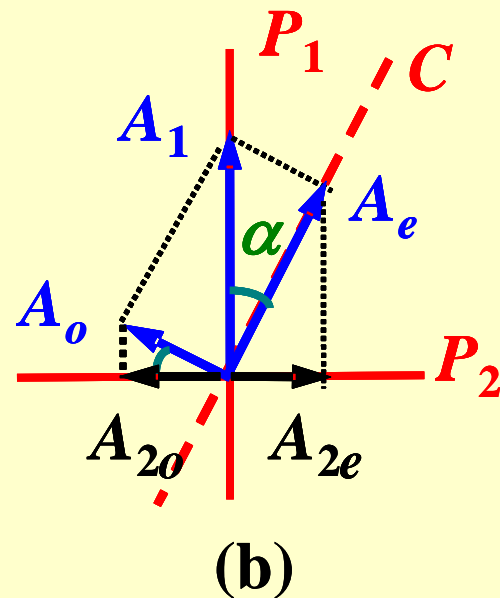
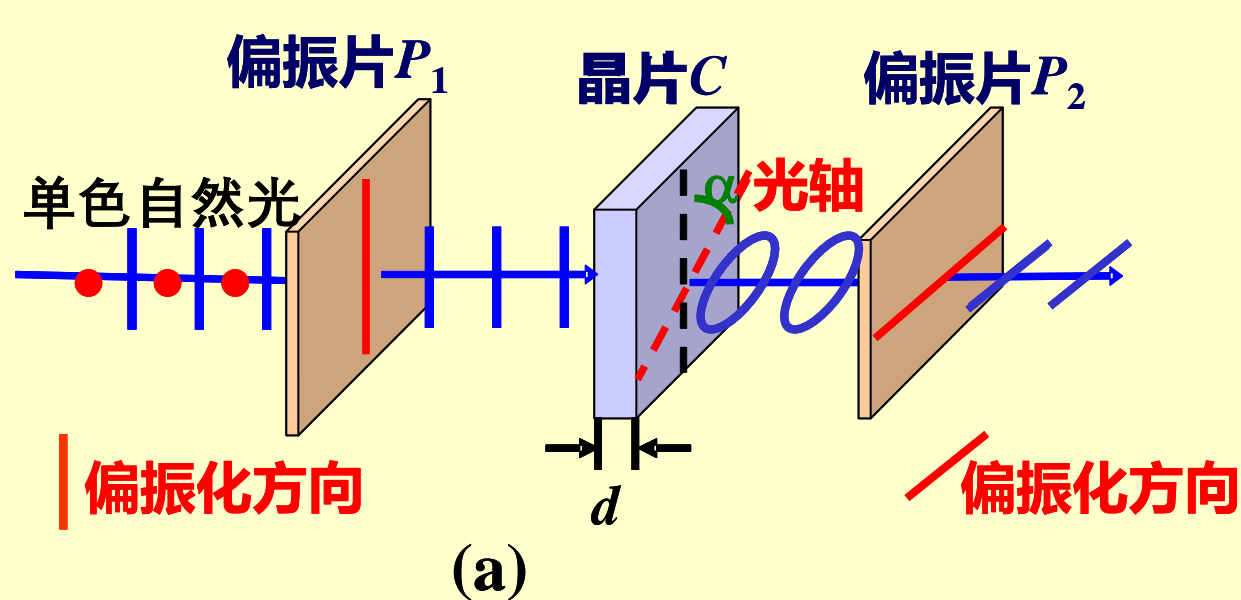


**教材P214: 自主认真学习例9.3，要求掌握！**



# 光的偏振——\* 偏振光的干涉

## 一、相干条件偏振光的获得



通过晶片 $C$ 时  $A_o = A \sin \alpha$ ,  $A_e = A \cos \alpha$

再通过  $P_2$  时,  $o$ 光和 $e$ 光都只剩下与 $P_2$  偏振化方向一致的分量, 其振幅为

$$A_{2o} = A \sin \alpha \cos \alpha \quad A_{2e} = A \cos \alpha \sin \alpha$$

从 $P_2$ 出射的两相干线偏振光的相位差:  $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} (n_o - n_e)l + \pi$



# 光的偏振——\* 偏振光的干涉

## 二、干涉加强和减弱的条件

从 $P_2$ 出射的两相干线偏振光的相位差： $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(n_0 - n_e)l + \pi$

$$\Delta\varphi = 2k\pi \quad \text{干涉加强}$$

$$\Delta\varphi = (2k + 1)\pi \quad \text{干涉减弱}$$

即  $(n_0 - n_e)l = k\lambda \quad (k = 1, 2, 3 \dots)$  干涉加强

$$(n_0 - n_e)l = (2k - 1)\frac{\lambda}{2} \quad (k = 1, 2, 3 \dots) \quad \text{干涉减弱}$$

可知，用单色光入射时，若晶片的厚度不均匀，视场中可观察到明暗相间的等厚干涉条纹。





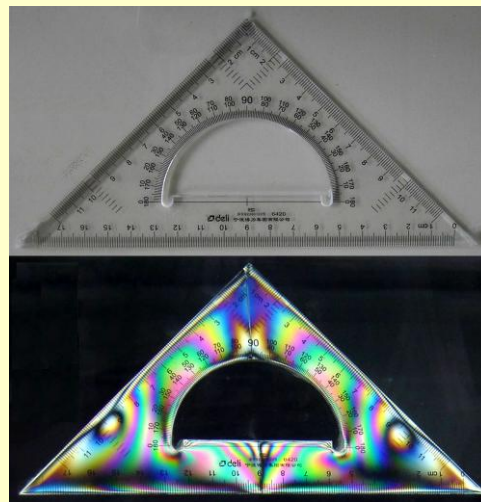
# 光的偏振——\* 偏振光的干涉

三、晶片厚度不均匀，或插入其他的性质不均匀的双折射材料

## (1) 偏振光的干涉图样



(a)

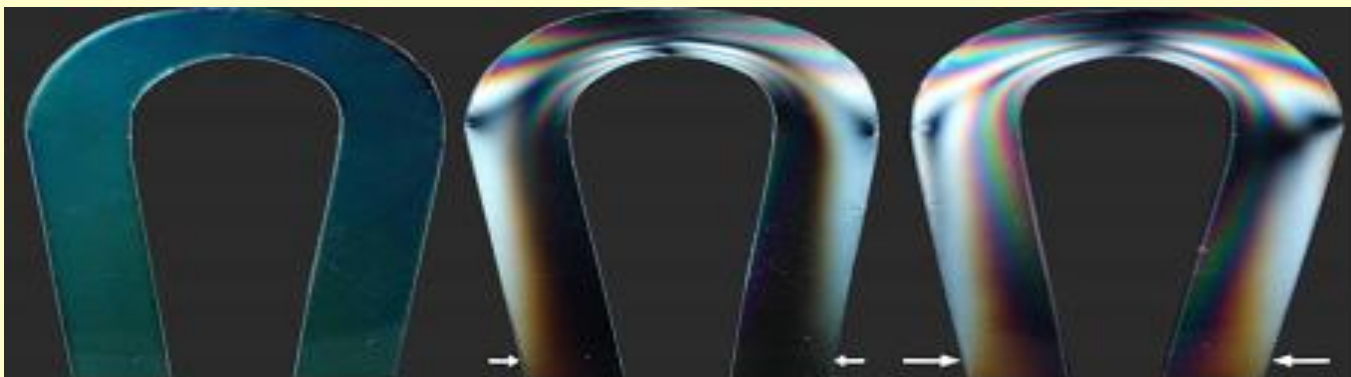


(b)



# 光的偏振——\* 偏振光的干涉

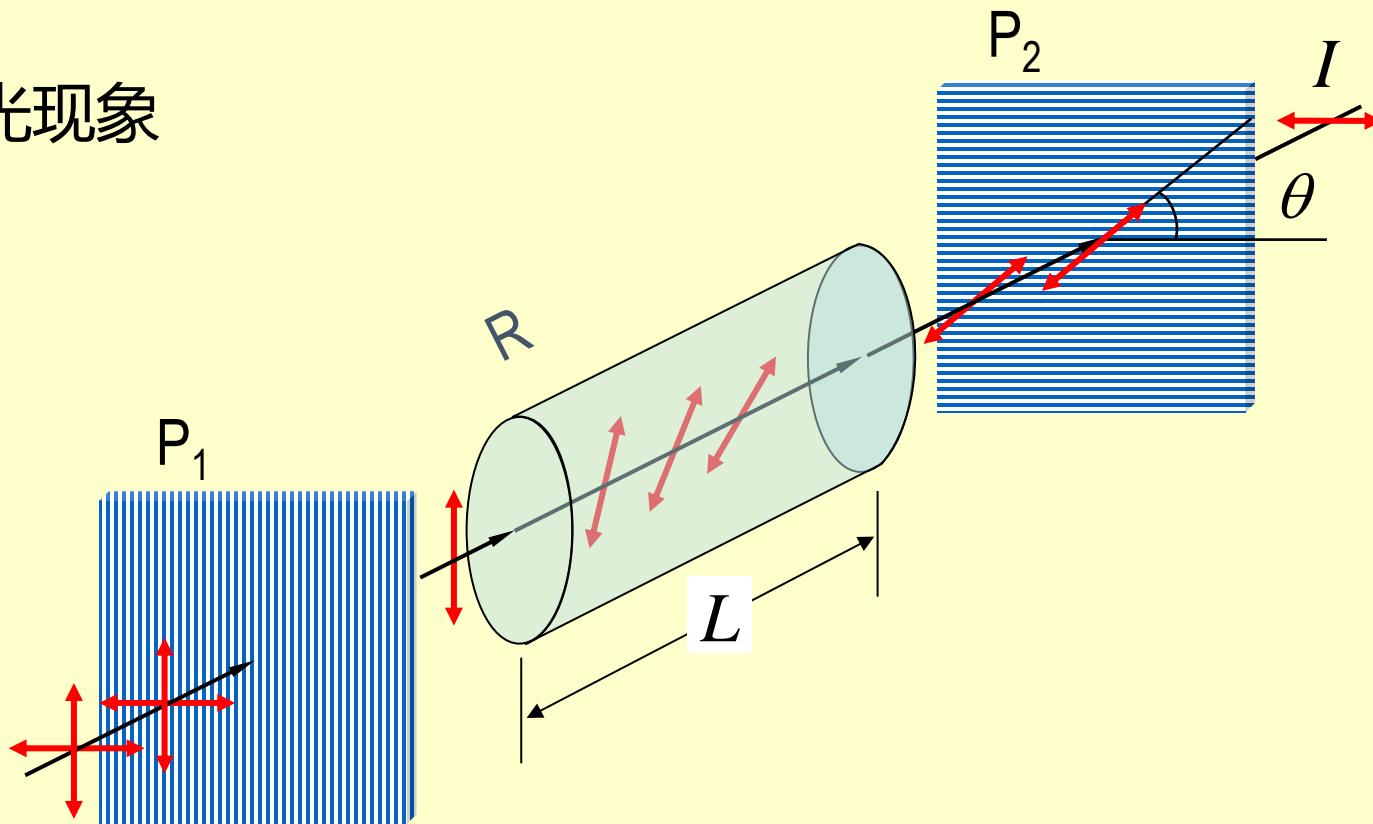
## (2) 光测弹性干涉图样





# 光的偏振——\* 旋光现象

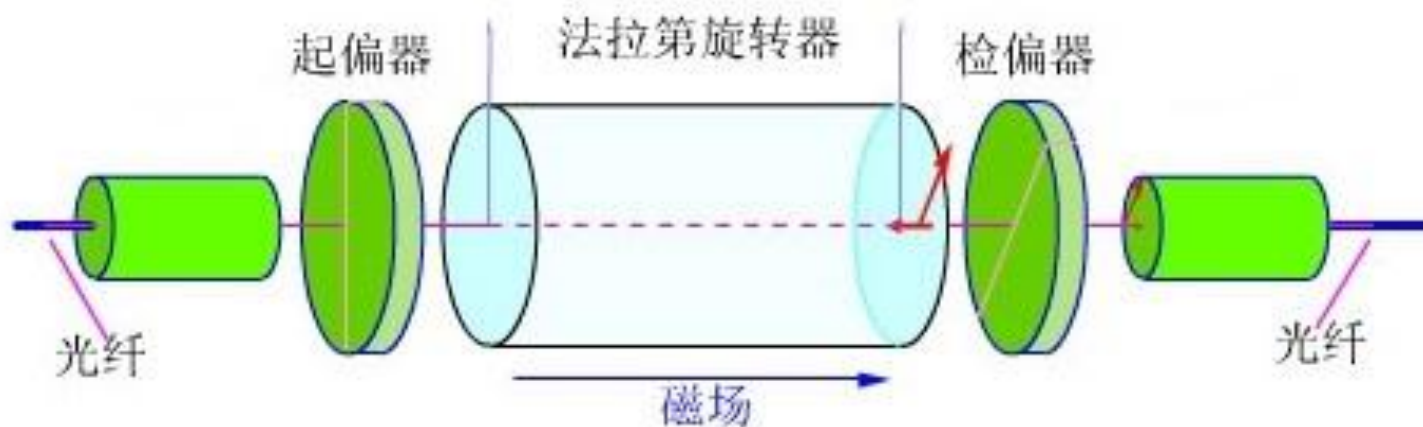
旋光现象





# 光的偏振——\* 旋光现象

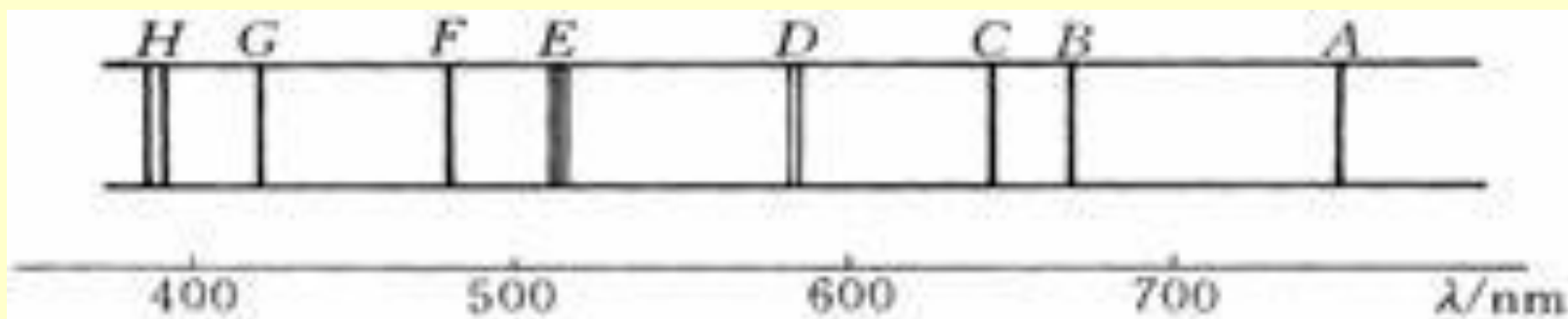
## 光隔离器





# 光的偏振——\* 光的吸收、散射与色散

## 一、光的吸收

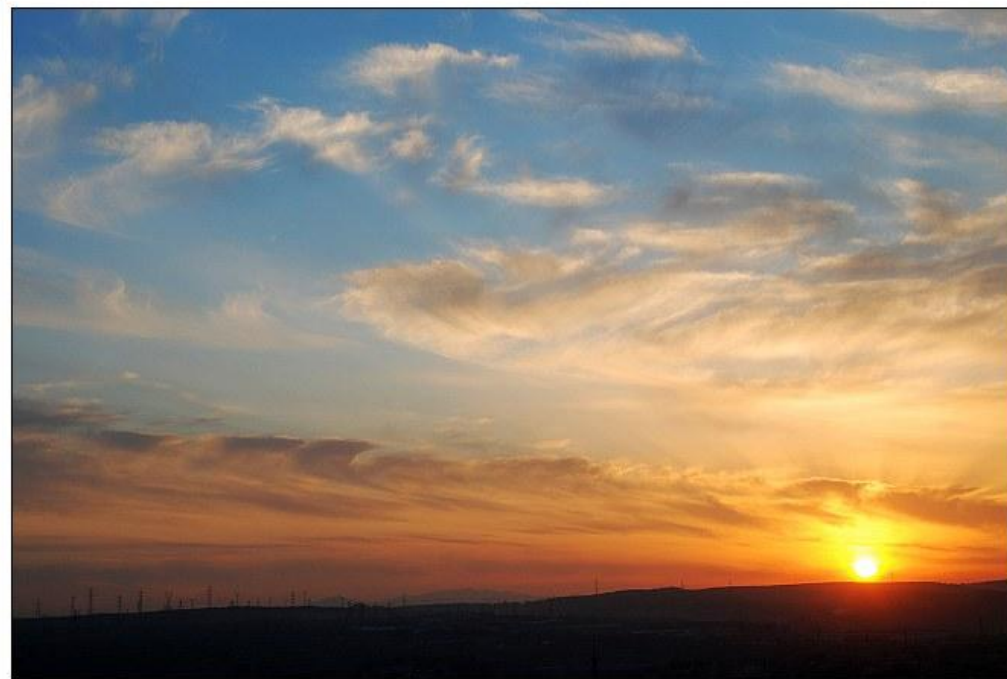


暗线吸收光谱



# 光的偏振——\* 光的吸收、散射与色散

## 二、光的散射



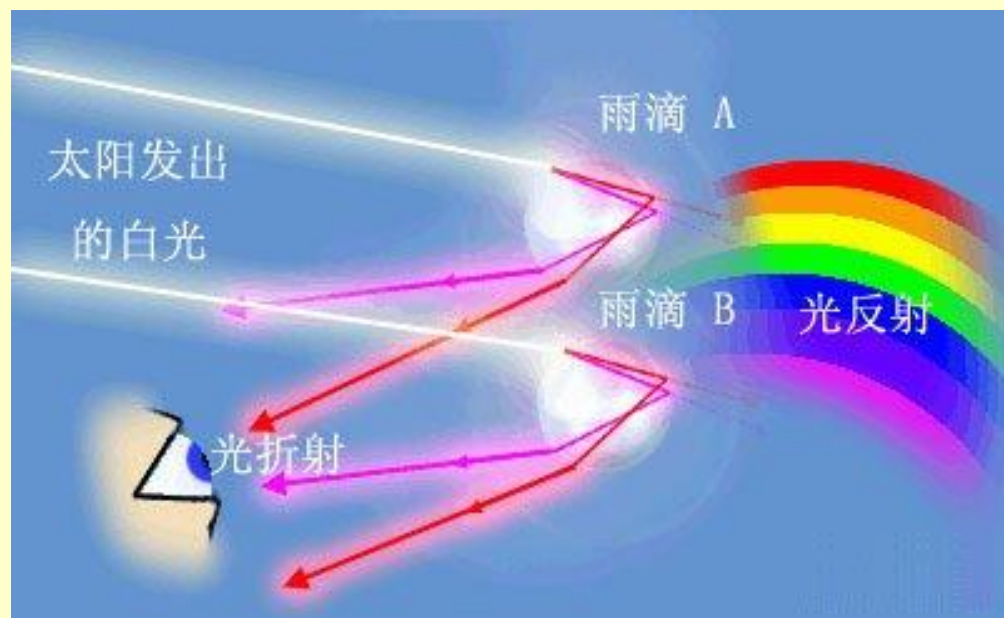
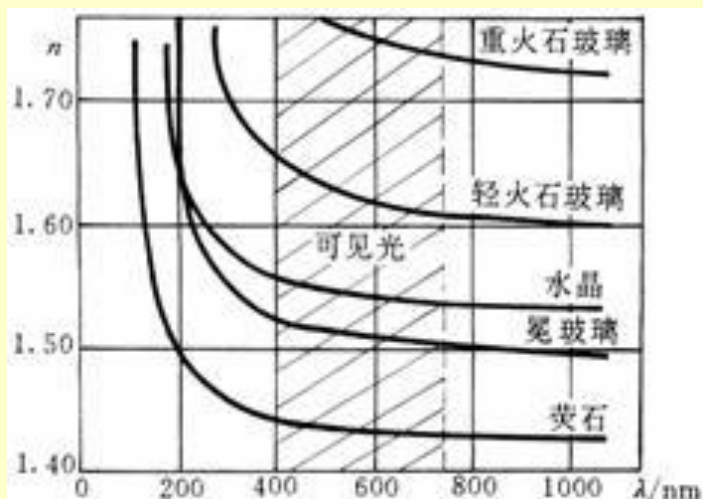
wuzi





# 光的偏振——\* 光的吸收、散射与色散

## 三、光的色散

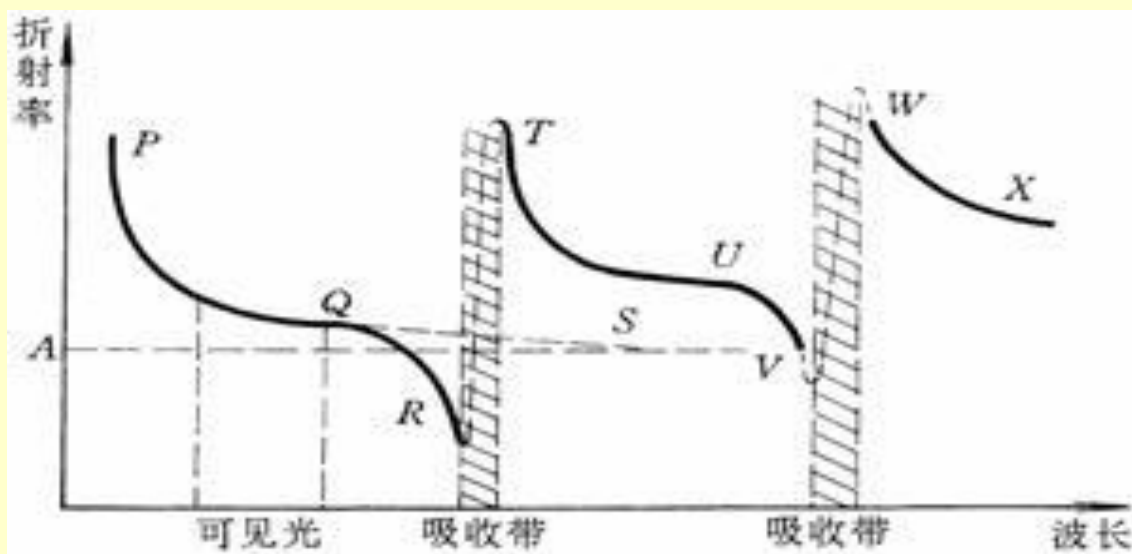




# 光的偏振——\* 光的吸收、散射与色散

## 三、光的色散

反常色散





# 光的偏振——作业

---

## 1. 练习册B（第8章 光的偏振）

选择：1-8； 填空：1-8； 计算：1-6； 研讨提：1， 2。