

教 案

2025-2026 学年第二学期

课程名称 晶体光学

专业班级 宝石 (专本协同) 251、宝石 (3+) 251

总学时数 36 学时

任课教师 范敦宾

课程基本信息

课程名称	晶体光学			
课程性质	专业基础课	学分	2	
学时	总学时： 36 学时 其中：课堂讲授 28 学时； 课内实验 8 学时			
开课部门	机电工程系	任课教师	范敦宾	
授课专业、班级	宝石（专本协同）251、宝石（3+）251	开课学期	2025-2026 学年第二学期	
成绩评定	平时成绩占 50%；期末成绩占 50%	考核方式	考查	
选用教材	书 名	主 编	出版社	出版日期
	晶体光学	曹建劲	中山大学	2023. 09
本课程在本专业人才培养方案中的地位和作用	晶体光学是全日制专科宝石鉴定与加工专业学生必修的专业基础课，开设此课程的目的是：以阐明本门学科的系统知识为主，为学生今后学习宝石学和宝石鉴定等后继课程和继续自学打下良好的基础。			
本课程教学目标	<ul style="list-style-type: none"> （一）学会使用偏光显微镜 （二）掌握晶体光学基础原理 （三）熟悉单偏光镜、正交偏光镜、锥光镜的装置、特点及鉴定的内容 （四）学会测定透明矿物光学性质的基本方法和基本操作 			
素质(思政)内容与要求	通过本课程的学习，增强学生对中华优秀传统文化的认可和自信；提高学生团结协作、共同学习的习惯的精神；引导学生养成严谨认真的学习习惯，激发学生的求索创新意识。			
学生用主要参考资料	李德惠主编《晶体光学》、林培英主编的《晶体光学与造岩矿物》、常丽华、陈曼云等主编《透明矿物薄片鉴定手册》等			

《晶体光学》教案

第一章：晶体光学基础

一、教学目的和要求：

- 1.掌握光学基础知识；折射定律和反射定律；
- 2.光的干涉和衍射的条件；
- 3.自然光和偏光的特点；
- 4.掌握光性均质体及光性非均质体的概念；
- 5.掌握光率体的概念和构成、各种光率体形态、主要切面及要素；
- 6.掌握光性方位的概念、中级晶族和低级晶族的光性方位；

二、教学重点及难点：1.折射定律；

- 2.光的干涉和衍射的条件；
- 3.自然光和偏光的特点；
- 4 均质体
- 5.一轴晶、二轴晶光率体的形状及主要切面的形态及光性符合的判断；

三、教学方式：讲授、演示、互动

四、素质（思政）内容与要求

- 1.通过光学的古典文献记载历史，增强学生民族自豪感。
- 2.激发学生对新领域知识的求知欲。

五、课时数：8

教学内容：

第一章 晶体光学基础

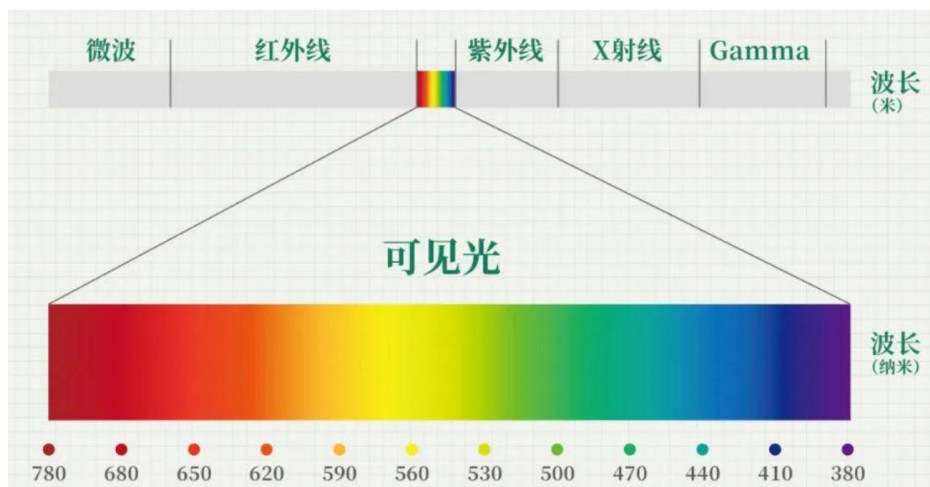
晶体光学涉及某些重要的物理光学原理和结晶矿物学基础知识，本章要求学生重点掌握光的偏振现象、折射及折射率、光在晶体中的传播特性、晶体中的双折射现象、光率体和光性方位。其中重点是晶体中的双折射现象和光率体的构成；难点是光性方位。

第一节 光的性质与传播

一、光的波动性

晶体光学主要利用的是光的波动理论。

光波是一种横波。光的传播方向与振动方向互相垂直。以波动的形式将光源辐射能从近至远向前传播。



光波波长越小，光源辐射能量越大。 $(\lambda=cT=C/f \quad E=hf)$

光振动的振幅 A 大小放映光强度的大小。

电磁波谱包括：无线电波、红外线、可见光、紫外线、x 射线、r 射线。

可见光各单色光波长范围:

红光 770~620nm; 橙光 620~590nm; 黄光 590~570nm; 绿光 570~500nm; 青光 500~460nm; 蓝光 460~430nm; 紫光 430~390nm;

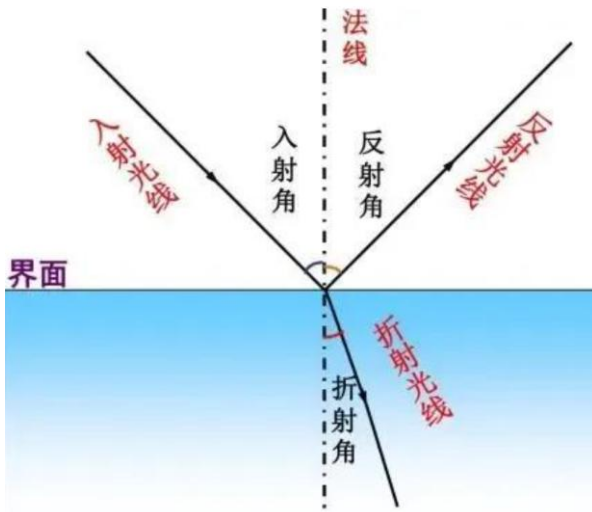
二、光的粒子性

各种频率的光只能不连续地被发射和吸收。光子的能量与频率成正比。E=hf

第二节 光的折射与全反射

一、光的折射与反射现象

二、折射定律及折射率



折射定律

$$\frac{V_i}{V_r} = N$$

V_i = 入射光的传播速度 V_r = 折射光的传播速度
 N = 相对折射率

↓

如果入射介质为真空/空气
则 N = 绝对折射率/折射率

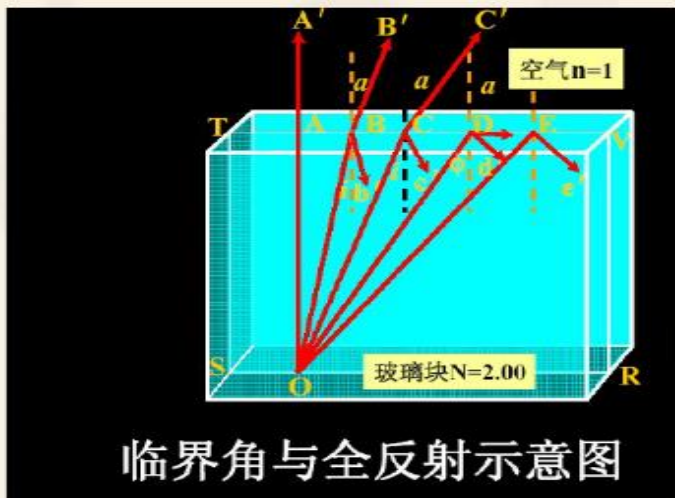
N_{r-i} 为介质 r 对介质 i 的相对折射率。当介质 i 为真空时, N_{r-i} 称介质的(绝对) 折射率, 以 N 表示。 N 是介质微观特征的宏观反映, 是物质的固有属性之一, 因此它是鉴定矿物的重要光学常数之一。

三、光的全反射及全反射临界角

当光波从光密介质入射到光疏介质时, 入射角 i 总是小于折射角 r , 当 $r = 90^\circ$ 时, $i = i_0$, 此时入射角 i_0 称为全反射临界角。当入射角 $i > i_0$ 时, 折射光波不再进入折射介质而全部返回到入射介质, 这种现象称为全反射。

由折射定律可得: $n = N \sin i_0$

(由 $\sin i_0 / \sin 90^\circ = n / N$) $n \rightarrow$ 光疏介质的折射率 $N \rightarrow$ 光密介质的折射率



临界角与全反射示意图

由折射定律可知:

当光由光疏介质射入到光密介质时, $N > 1$;

当由光密介质射入到光疏介质, 折射角大于入射角, 并随着入射角的增大折射角必将不断增大, 折射线愈来愈远离法线。当入射角逐渐增大到一定角度时, 相应的折射线沿界面进行。此后, 如果光线的入射角继续增大, 则发生全反射, 反射线强度随着折射线的消失而出现突变性的飞跃增强。

当 n 一定时, $\sin i_0$ 与 N 成反比。

例 i_0 (水) = 48.36°; i_0 (玻璃) = 41.5°; i_0 (刚玉) = 34.37°; i_0 (金刚石) = 24.25°

临界角 $i_0 \downarrow$, 则光的全反射范围 \uparrow , 反射光的量 \uparrow 。

问题: 为什么在视觉上, 金刚石的光泽比水晶要强?

一、光的干涉

1、光的干涉条件: ① 两束光频率相同 (相同光源) ② 振动方向相同 ③ 相位相同或相位差恒定。

2、光薄膜干涉的成因

在薄膜中, 从底层反射的光与薄膜顶部反射的光相叠加干涉而成色。(例晕彩石英)

二、光的衍射

光的衍射: 光波在遇到障碍物时, 偏离直线方向传播的现象。

光的衍射条件: 障碍物大小与光波波长十分相近或略大于光波波长。(例欧泊的变彩)

第三节 自然光与偏振光

1、自然光——从光源直接发出的光, 是由无数方向横振动合成的复杂混合波 (如: 太阳光, 灯光等)。

❖ **特点:** 在垂直光波传播方向的平面内, 任意方向上都有振幅相等的光振动。

2、偏振光——只在垂直传播方向上的某一固定方向上振动的光波。偏光振动方向与传播方向所构成的平面称为振动面, 也叫平面偏振光。

特点: 只有一个振动面

自然光经过反射、折射、双折射及选择吸收作用可以转变成振动方向固定的偏光。(起偏镜)

第一章 晶体光学基础

课题: 矿物的结晶学特征

教学目的及要求: 了解晶体的基本性质; 晶体的对称要素及分类; 掌握光性均质体及光性非均质体的概念;

教学重点及难点: 晶体的对称; 七个晶系的常数特点及常见矿物;

一、晶体和非晶体

1. 晶体

晶体是具格子构造的固体, 即晶体内部的质点 (原子、离子或分子) 作规则排列, 且这种排列在三维空间作周期性重复。在自由生长条件下, 能自发形成规则的多面体形态。例红宝石、钻石等

晶体是具有格子构造的固体, 空间格子中任意两个相交的行列可确定一个面网。

空间格子可以被看成是由无数个平行六面体在三维空间无间隙地重复堆叠而成。

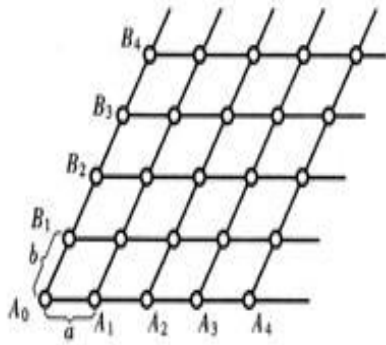


图 2-5 面网

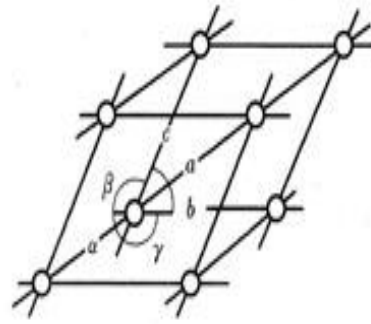


图 2-6 平行六面体

体积平行六面体为空间格子中的最小单位。

晶体的基本性质：

(1) 自限性：自限性是指晶体在适当条件下可以自发地形成几何多面体的性质。

(2) 均一性：因为晶体是具有格子构造的固体，在同一晶体的各个不同部分，质点的分布是一样的，所以晶体的各个部分的物理性质与化学性质也是相同的，这就是晶体的均一性。

(3) 各向异性：同一格子构造中，在不同方向上质点排列一般是不一样的，因此，晶体的性质也随方向的不同而有所差异，这就是晶体的各向异性。

(4) 对称性：晶体具各向异性，但这并不排斥在某些特定的方向上具有相同的性质。

在晶体的外形上，也常有相等的晶面、晶棱和角顶重复出现。这种相同的性质在不同的方向或位置上作有规律地重复，就是对称性。

晶体的格子构造本身就是质点重复规律的体现。对称性是晶体极重要的性质，是晶体分类的基础。

(5) 稳定性：在相同的热力学条件下晶体与同种物质的非晶质体、液体、气体相比较，其内能最小。

晶体由于有最小内能，因而结晶状态是一个相对稳定的状态。这就是晶体的稳定性。

2. 非晶体

非晶体的内部质点不作规则排列，因而不具格子构造。无一定的外观形态。例玻璃、琥珀等

3. 多晶质体

(1) 显晶质体：由多个小晶体组合在一起形成的岩石或者玉石，其组成晶体可用放大镜甚至肉眼观察到，称为多晶质体。如：翡翠、东陵石等。

(2) 隐晶质宝石：由无数个非常小的晶体组合在一起形成的岩石或者玉石，这些微晶小到在光学显微镜下也不易分辨出晶体的个体，称为隐晶质体，如蛇纹石玉、玛瑙等。

二、晶体对称和晶体分类

1. 晶体对称

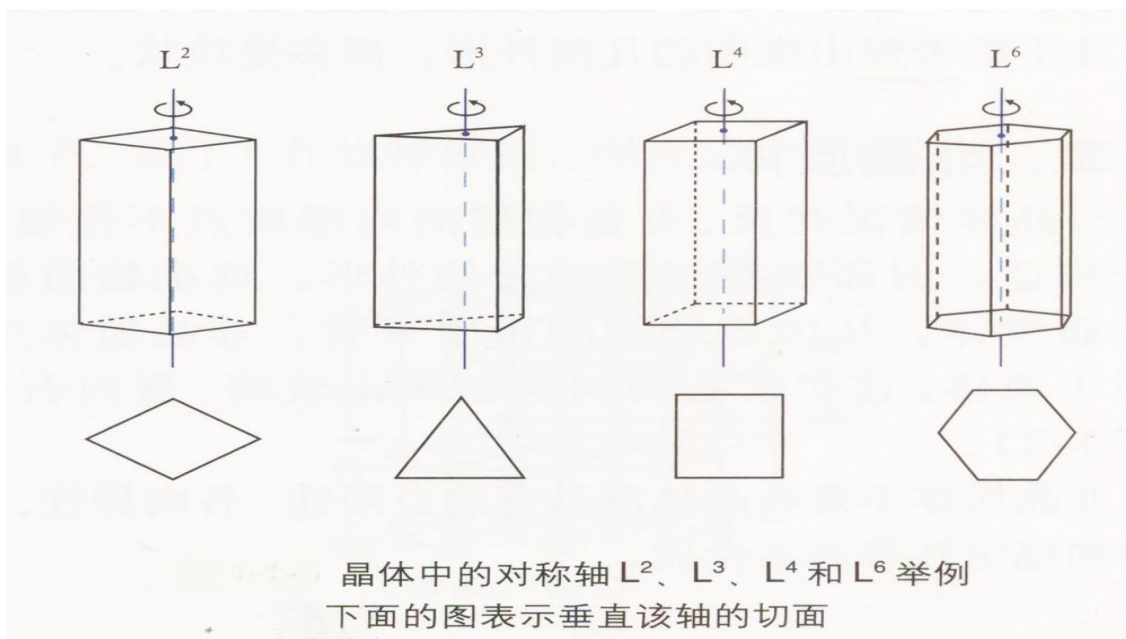
晶体是具有对称性的，它严格受内部格子构造控制，晶体的对称性不仅表现在外部形态上，也表现在物理性质上。晶体的对称规律为宝石鉴定提供了可靠的依据。

使物体或图形的相同部分重复出现的操作称为对称操作。在操作时，要借助一些假想的几何要素，即点、线、面。点是对称中心 (C)，线是对称轴 (L)，面是对称面 (P)。

(1) 对称面 P：是一个假象的平面，将一个晶体划分为互为镜像反映的两个相等部分。如果一个晶体沿对称面切割成两半，并将切割下来的半个晶体的切割面对着镜面放置，影像将重现所失去的另半个晶体。

根据晶体的特点，晶体中的对称面的可能数目是 0-9 个，立方体最高，有 9 个对称面。中级晶族中的四方晶系最多有 5 个对称面；六方晶系最多有 7 个对称面；三方晶系最多有 3 个对称面；低级晶族中的斜方晶系最多有 3 个对称面；单斜晶系最多有 1 个对称面，三斜晶系没有对称面。

(2) 对称轴 L: 是指通过晶体中心的一根假象的直线。当晶体围绕其旋转一圈 360° 时, 其相同的外形能重复出现 2、3、4 或 6 次。对称轴分别称为二次轴、三次轴、四次轴和六次轴。三次对称轴以上的称之为高次轴。对称轴穿过晶面中心、晶棱中心、角顶中心



(3) 对称中心 C: 一个假想的点, 通过此地作任意直线, 在此线上与对称中心 C 等距离的两端上必定可找到对应的点。

对称中心最多一个, 最少无。

2. 晶体分类

结晶轴: 简称晶轴, 用来确定晶面, 晶棱在晶体上的方向而人为选定的三根或四根坐标轴。

结晶轴交于晶体中心—原点, 平行于对称轴、对称面的线或平行晶棱。

轴角: 结晶轴的夹角 α 、 β 、 γ

轴率: 轴单位比 a : b : c

根据晶体对称中有无高次对称轴, 以及高次对称轴的多少, 可把晶体构成三个晶族。

高级晶族: 有数个高次对称轴, 如 3L44L36L29PC。

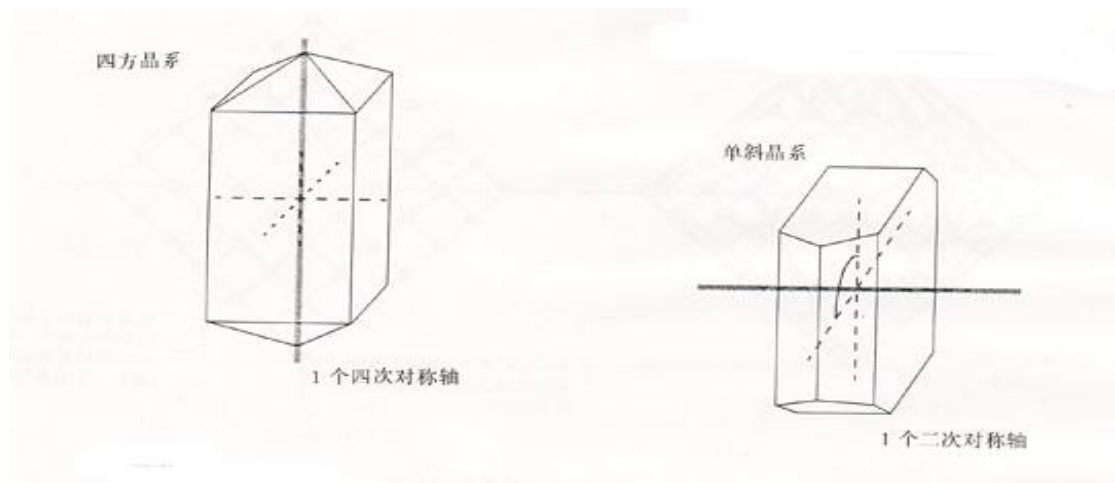
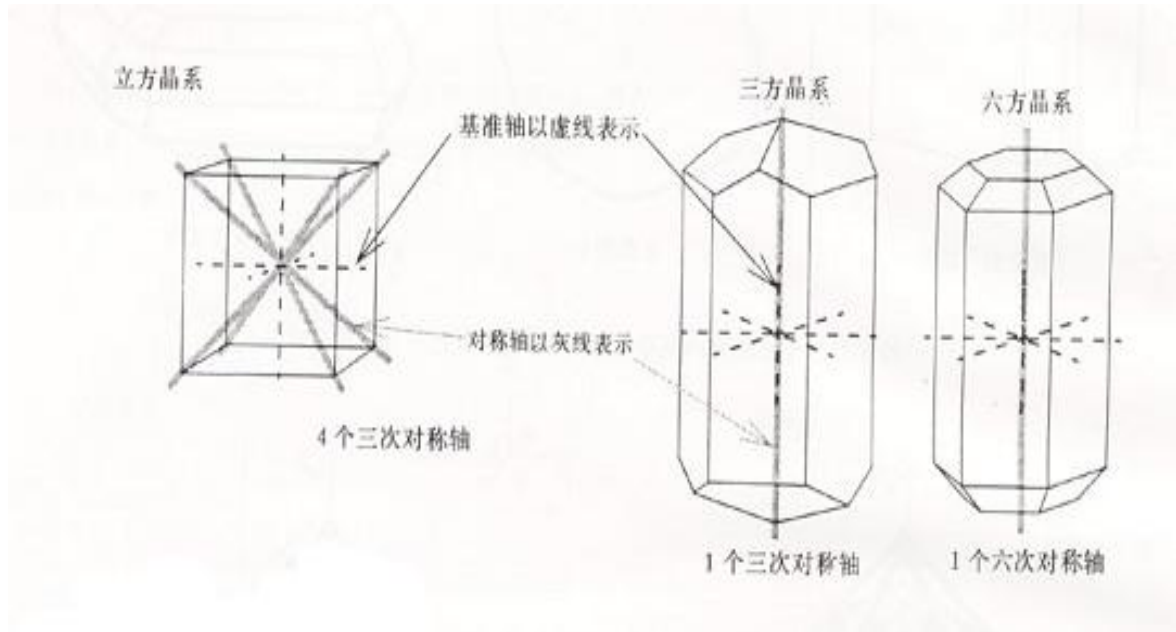
中级晶族: 只有一个高次对称轴, 如 L44L25PC;

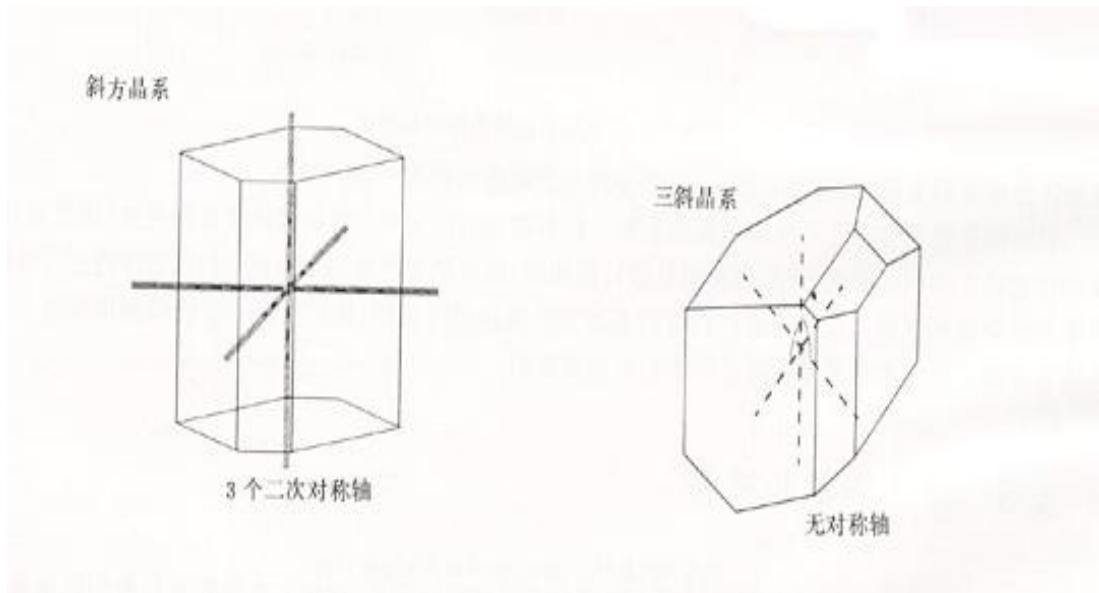
低级晶族: 无高次对称轴, 如 L2PC 等;

每个晶族又可按其特点进一步划分晶系, 三个晶族共划为七个晶系。

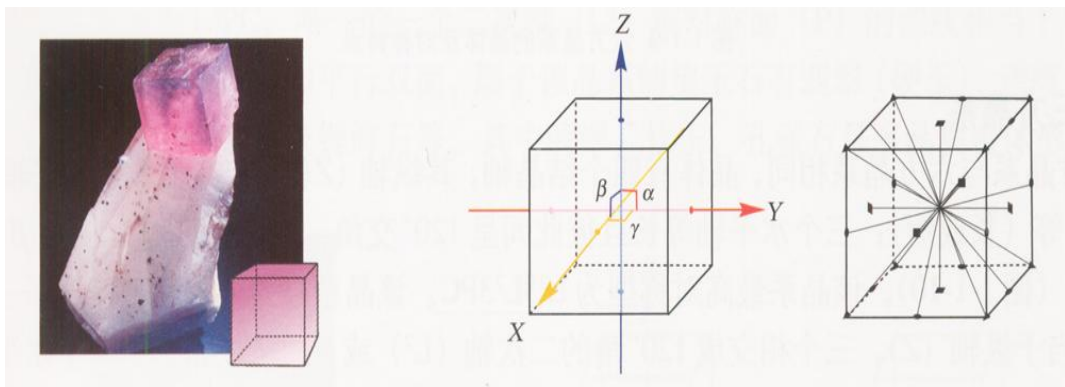
晶族	晶系	对称特征
高级晶族	立方晶系	有数个高次对称轴 (四个三次对称轴)

中级晶族	六方晶系	有一个六次对称轴
	四方晶系	有一个四次对称轴
	三方晶系	有一个三次对称轴
低级晶族	斜方晶系	有二次对称轴或对称面多于一个
	单斜晶系	有二次对称轴或对称面不多于一个
	三斜晶系	无对称轴，无对称面

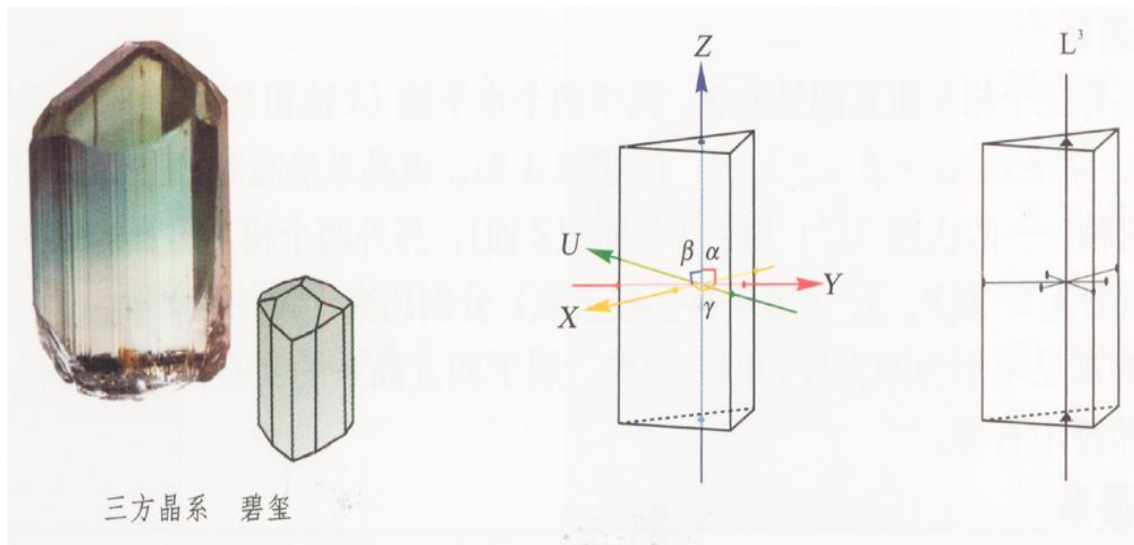




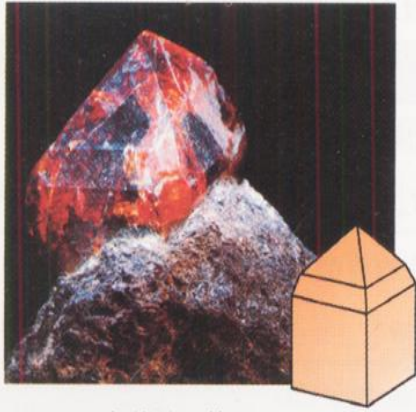
不同晶系晶体的对称特征



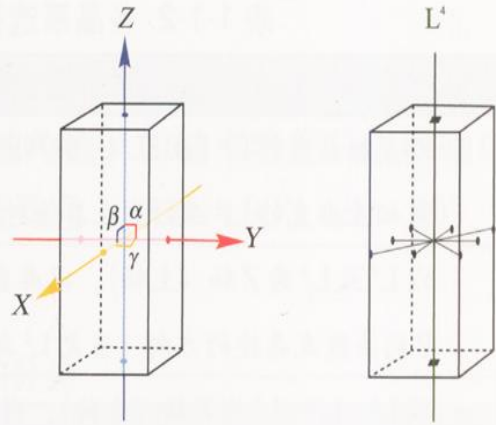
等轴晶系对称特点： $a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
 常见宝石：钻石、石榴石、尖晶石、萤石、方钠石、青金
 理想晶形：立方体、八面体、菱形十二面体



三方晶系对称特点： $a = b \neq c$ $\alpha = \beta = 90^\circ = \gamma = 120^\circ$
 常见宝石：红宝石、蓝宝石、碧玺、水晶、方解石、赤铁矿等
 理想晶形：三方柱、菱面体、三方单锥



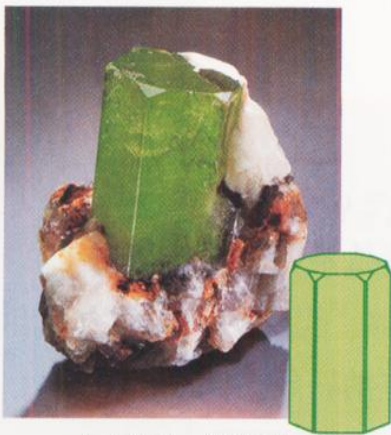
四方晶系 锆石



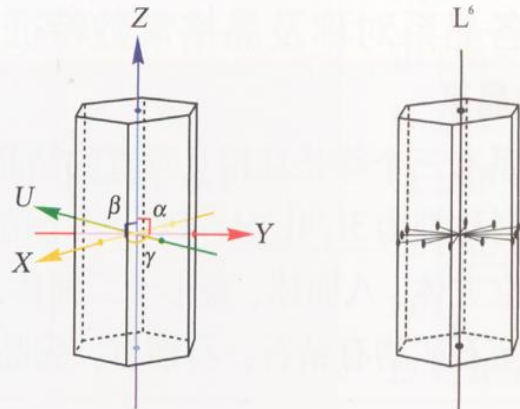
四方晶系对称特点: $a = b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$

理想晶形: 四方柱、四方双锥

常见宝石: 锆石、符山石、方柱石、金红石等



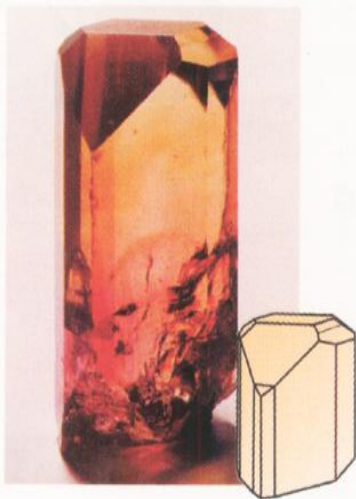
六方晶系 绿柱石



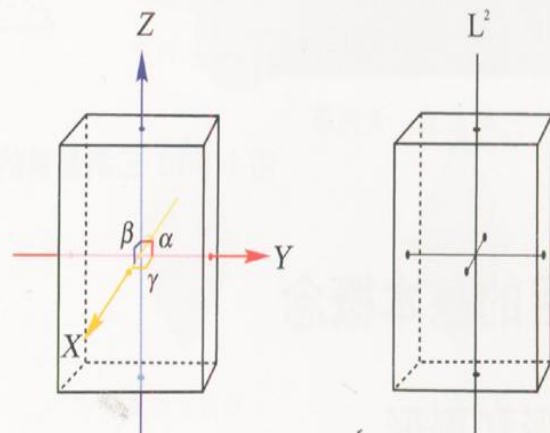
六方晶系对称特点: $a = b \neq c$ $\alpha = \beta = 90^\circ$ $\gamma = 120^\circ$

常见宝石: 绿柱石、祖母绿、海蓝宝石、磷灰石、蓝锥矿等

理想晶形: 六方柱、六方双锥



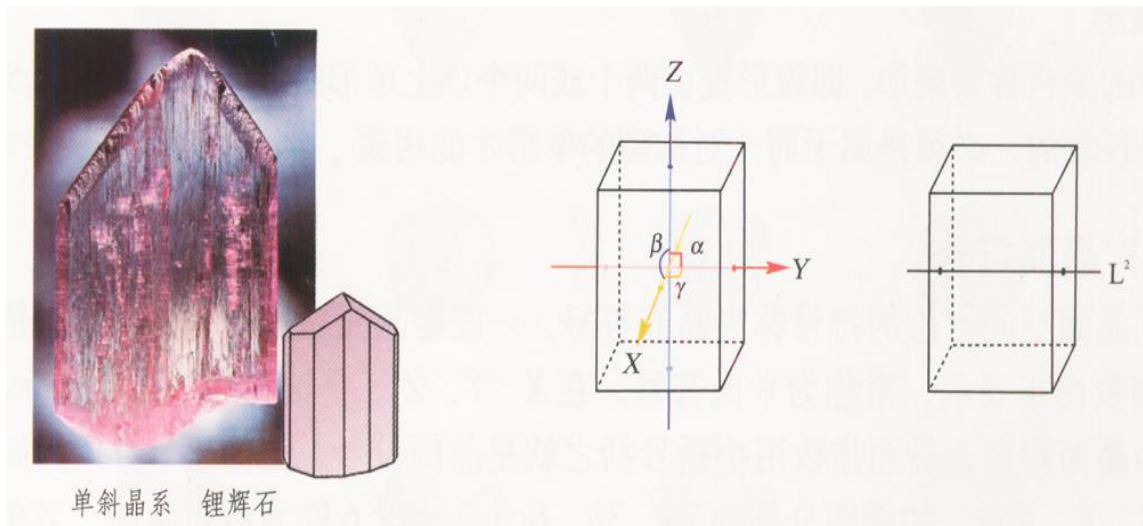
斜方晶系 黄玉



斜方晶系对称特点: $a \neq b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$

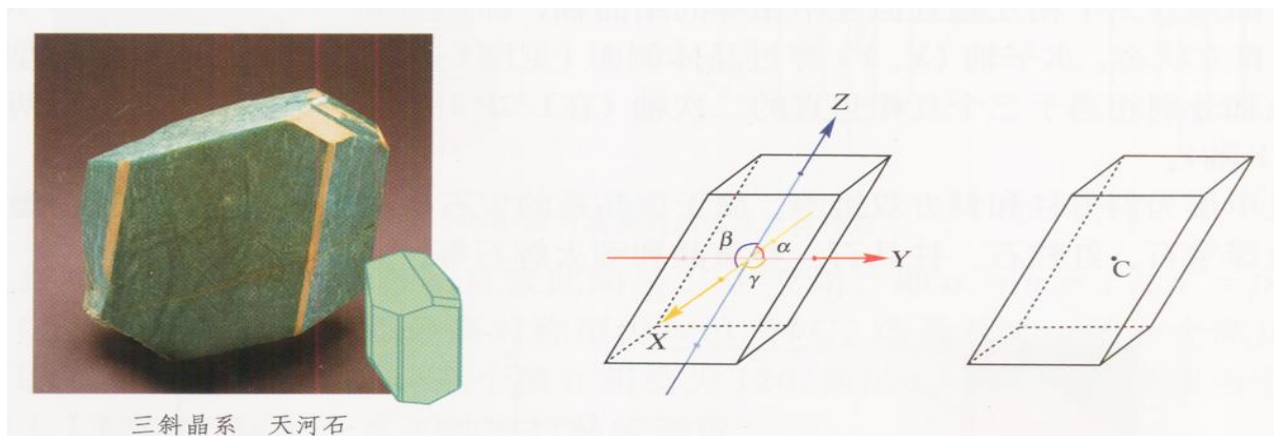
常见宝石: 托帕石、橄榄石、金绿宝石、堇青石、红柱石等

理想晶形: 长方形底面上柱、双锥和平行双面



单斜晶系 锂辉石

单斜晶系对称特点： $a \neq b \neq c$ $\alpha = \gamma = 90^\circ < \beta > 90^\circ$
 常见宝石：翡翠、透辉石、正长石、孔雀石、软玉等
 理想晶形：柱状和平行双面



三斜晶系 天河石

三斜晶系对称特点： $a \neq b \neq c$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$
 常见宝石：绿松石、斜长石、日光石、蓝晶石等
 理想晶形：平行双面

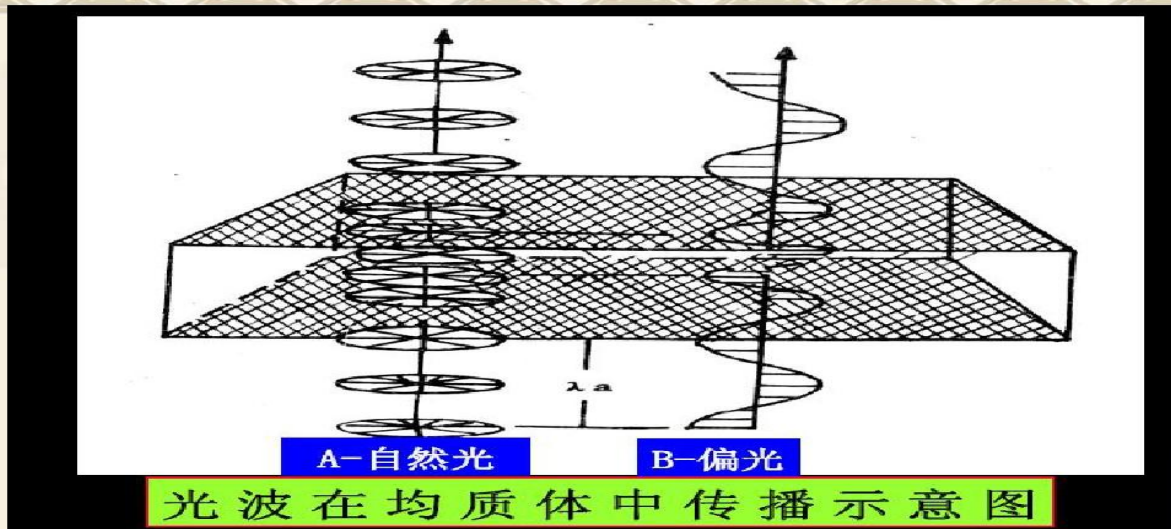
第四节：光波在均质体和非均质体中的传播特点

一. 光性均质体

特点：光学性质各方向相同（**各向同性：**传播速度、折射率、光的振动性质、颜色、光泽等）。

包括：等轴晶系矿物和非晶质物质。

光波在均质体中的传播特点：光波的传播速度不因振动方向不同而发生改变，即均质体的折射率不因光波在晶体中的振动方向*不同而发生改变，折射率值只有一个。



二. 光性非均质体

特点:光性非均质体的光学性质因方向不同而改变.

包括:中级晶族(一轴晶)和低级晶族(二轴晶)的矿物.

光波在非均质体介质中的传播特点:其传播速度因光波在晶体中的振动方向不同而发生改变. 因而非均质体的折射率也因光波在晶体中的振动方向不同而改变.

非均质体的折射率值有许多个.

双折射和双折射率

- ❖ 光性非均质体将入射光分解为速度不等、折射率各异、振动面方向互相正交的两列平面偏振光的现象称为“**双折射(Double refraction)**”。
- ❖ 两列振动面互相正交的偏振光之折射率的差值称为“**双折射率(重折射率)**”。

$$\text{双折率 } \Delta N \text{ (DR)} = N_s - N_f$$

最大双折率表示为 ΔN_{\max} 或 DR_{\max}

问题: 是不是光波沿任何方向射入非均质体内, 都要发生双折射呢?

光轴: 光波沿非均质体的特殊方向入射时, 不发生双折射, 这种特殊的方向称为光轴。

三、一轴晶

中级晶族具有一个这样的特殊方向，称为一轴晶矿物

两个基本规律：

(1) 传播速度：一束偏光的传播速度不随入射方向改变而改变为常光，用 o 表示。另一束偏光的传播速度随入射方向改变而改变为非常光，用 e 表示。

(2) 振动方向：常光振动方向垂直于入射面(光轴与入射光构成的平面)。非常光振动方向平行于入射面。

四、二轴晶

(1) 双折射后的两束偏光都是非常光， N_g' 为慢光折射率， N_p' 为快光折射率。

(2) 二个光轴产生两个入射面，两束偏光的振动方向分别平行于两个相交入射面的两个分角面

第五节：光率体

一、光率体概念

光在晶体中传播时，光波的振动方向与相应的折射率值之间关系的立体图形。

(1) 假想的图形（物理模型）

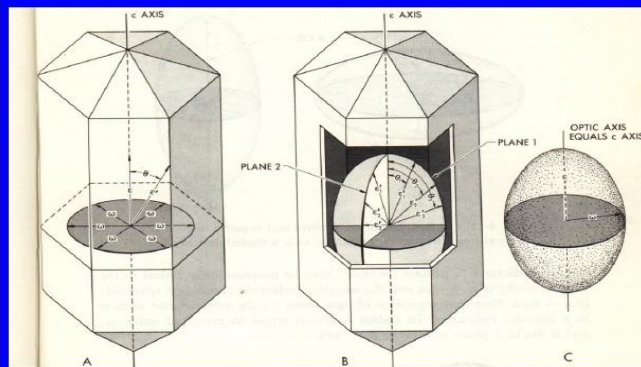
(2) 光性指示体。指示折射率与光振动方向的关系。

(3) 做法：自晶体中心沿光波振动方向按比例截取相应的折射率值。每一个振动方向都可以作出一个线段，连接个线段的端点，得到一个集合图形，即是晶体光率体。

(4) 光率体形状简单，应用方便。

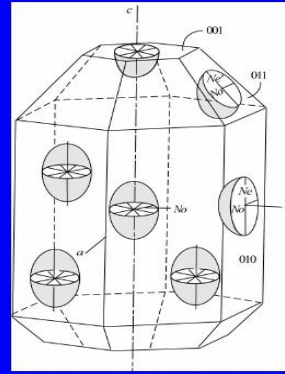
光率体的制作

- 设想自晶体的中心起，沿光波各个振动方向，以线段的方向表示光波的振动方向，以线段的长短按比例表示折射率值的大小，然后将各线段的端点连接起来构成一立体形态，称之为光率体。



应用

- 光率体是从晶体光学的具体现象中抽象得出的立体概念。光率体在晶体中不表示具体位置,只表示方向。它可在晶体中任何部位存在。可以光率体想像位于晶体的中心。光率体的任何切面都必须通过光率体中心。
- 应用光率体时随时都应想到光率体切面与立体模型之间的关系。光率体是用来解释一切晶体光学现象的基础,在镜下观察时,实质上是研究通过光率体中心作的一个切面。



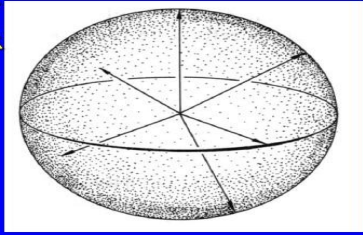
光率体同一方向折射率一样,不同方向切面折射率不同

光率体概念的重要意义

- 光率体反映了晶体光学性质中最本质的特点,其形状简单、应用方便
- 研究光率体的意义在于光率体在每一种透明矿物中的位置(即光性方位)是鉴定透明矿物主要依据之一
- 由光率体可导出一系列光学常数和一些光学现象(如折射率、双折率、多色性、吸收性、干涉色级序、光性符号、光轴角、光性方位等),不同矿物有不同光学性质和光学常数。总之用偏光显微镜鉴定造岩矿物时,是以光率体在每种矿物中的方位为依据的,掌握了光率体的特征,才能真正学会利用偏光显微镜鉴定透明矿物的方法。

二、均质体光率体

1. 均质体包括高级晶族的等轴晶系矿物 ($a=b=c, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$) 及非晶质物质。



2. 光率体特征:

形状——圆球体

各个方向折射率值唯一—— N

任何方向切面——都是圆切面, 其半径为折射率值 N

需要强调: 切面均指过光率体中心的切面

三、一轴晶光率体

1. 一轴晶矿物定义: 光波在中级晶族矿物晶体中传播时, 只有一个沿 C 轴入射的特殊方向不会发生双折射, 这个方向称为光轴, 这样的晶体称为一轴晶。

一轴晶矿物(中级晶族) { 三方晶系—白云石, 方解石, α 石英
四方晶系—金红石 (TiO_2), 锆石 (ZrSiO_4)
六方晶系—绿柱石, 磷灰石, β 石英

$a=b \neq c,$

$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ (四方晶系)

$\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$ (三方、六方)

有一个光轴, 光轴= C 轴



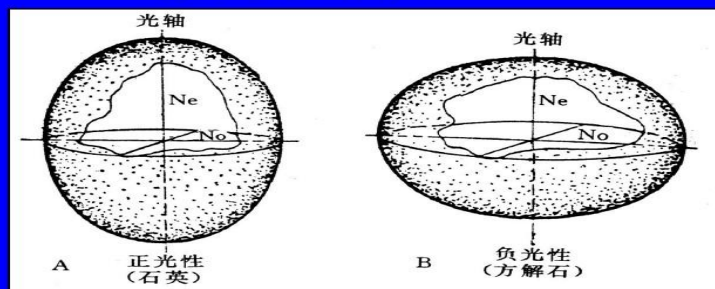
2. 一轴晶光率体特征

(1) 形态——旋转椭球体

以 N_e 轴为旋转轴(平行 C 轴)

N_o (垂直 C 轴) 为半径

组成的旋转椭球体。



(2) 构成要素

A. 2个主轴——Ne和No,

Ne \perp No, 代表一轴晶两个主要光学方向, 又称光学主轴, 即Ne轴和No轴; 轴的长短就是N的大小

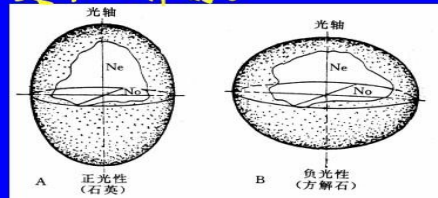
B. 2个主折射率——

常光的为No, No \perp C

非常光的为Ne, Ne//C

Ne与No在不同的一轴晶中, 其大小是不一样的。

两种情况: $\begin{cases} \text{Ne} > \text{No} \text{ (一轴正晶)} \\ \text{Ne} < \text{No} \text{ (一轴负晶)} \end{cases}$

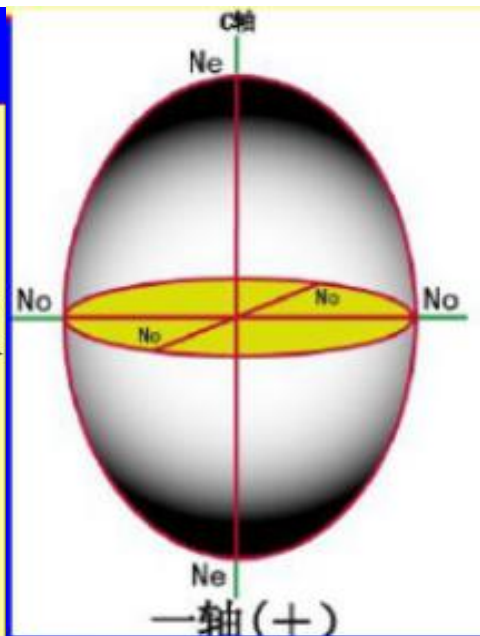


(3) 光性符号

一轴正晶, 标记为: 一 (+)

Ne > No, 如 石英

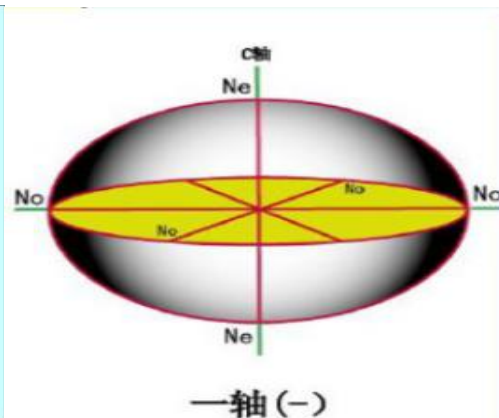
定义: 旋转轴为长轴Ne, 呈沿C轴拉长的光率体。光波平行于C轴振动时的折射率总是大于垂直于C轴振动的折射率, 即Ne > No, 这种光率体称为一轴晶正光性光率体, 相应的矿物称为一轴晶正光性矿物, 或一轴正晶。



一轴负晶, 标记为: 一 (-)

Ne < No, 如 方解石

定义: 旋转轴为短轴Ne, 呈沿C轴压扁的光率体。光波平行于C轴振动时的折射率总是小于垂直于C轴振动的折射率, 即Ne < No, 这种光率体称为一轴晶负光性光率体, 相应的矿物称为一轴晶负光性矿物, 或一轴负晶。

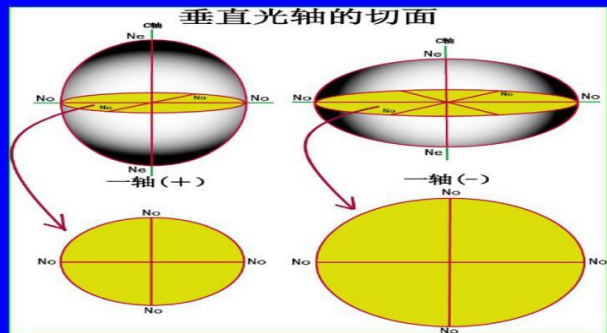


(4) 三种主要切面类型

可以理解为从不同的视角进行投影。其必要性在于我们将利用厚度只有0.03mm的岩石薄片，一般情况下观察到的是平面投影。

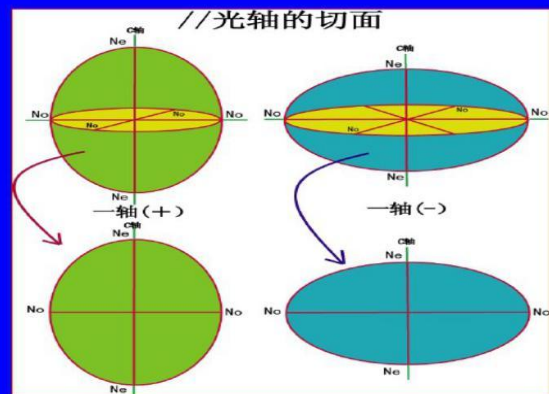
a. 垂直光轴的切面

- 光率体切面为圆，其半径等于 N_o ，
- 光波垂直这种切面入射(平行光轴入射)，不发生双折射，不改变光波的振动方向，其折射率等于 N_o ，
- 双折率 $\Delta N = 0$
- 一轴晶只有一个这样的圆切面。



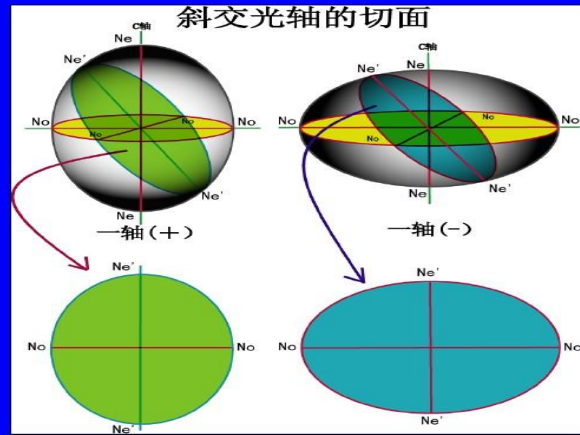
b. 平行光轴的切面

- 光率体切面形状为椭圆
- 光波垂直此切面入射，发生双折射，分解成两种偏光，其振动方向必然平行椭圆切面的长短半径，相应地折射率为两个主折射率 N_e 和 N_o ，
- 双折率 $\Delta N = |N_e - N_o|$ ，是一轴晶矿物的最大双折率。
- 如石英
 $N_e = 1.553$, $N_o = 1.544$,
 最大双折率
 $\Delta N = 1.553 - 1.544 = 0.009$ 。



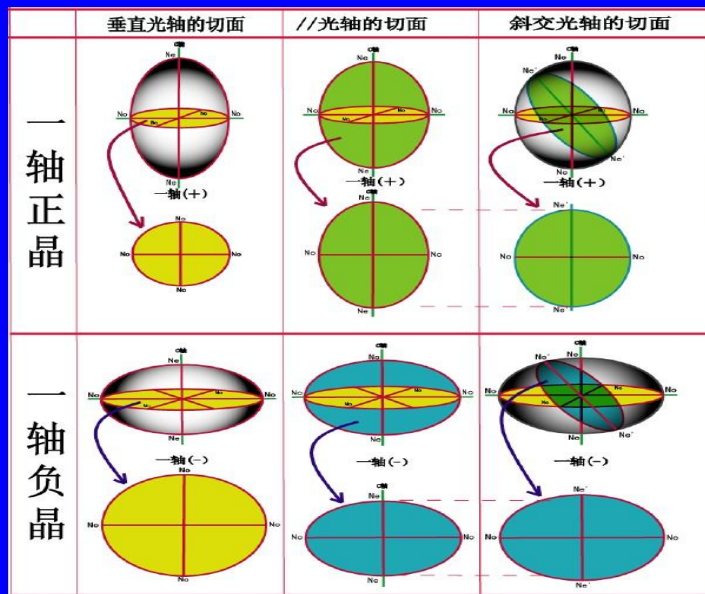
C. 斜交光轴的切面

- 切面为椭圆形
- 光波垂直于此切面入射, 即斜交光轴入射, 会发生双折射分解成两种偏光, 其振动方向分别平行椭圆切面的长短半径, 相应的折射率分别为 N_o 和 $N_{e'}$, 且总有一个为 N_o
- 双折率, $\Delta N = |N_{e'} - N_o| < |N_e - N_o|$
- 正晶时, 短半径为 N_o ; 负晶时, 长半径为 N_o



一轴晶三种切面全图

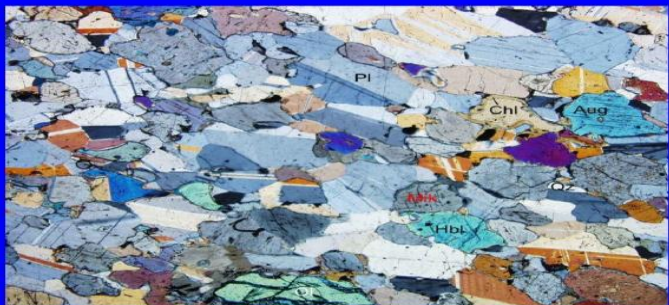
无论何种切面, 总有一个是 N_o , 原因是切面均过中心. 因此一轴晶 N_o 非常重要.



四、二轴晶光率体

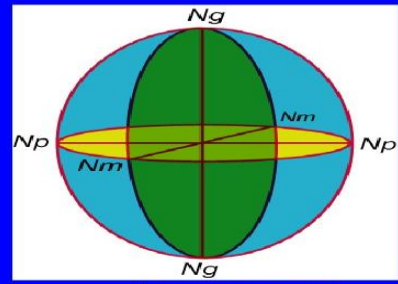
二轴晶矿物:

- 包括低级晶族(斜方、单斜、三斜晶系)的矿物。
- 均具有两个光轴故称二轴晶。
- 晶胞参数——三个结晶轴各不相同 ($a \neq b \neq c$, $a \neq c$), 表示它们三度空间方向的不均一性。



1. 光率体的形态

为三轴不等椭球体
类似橄榄球



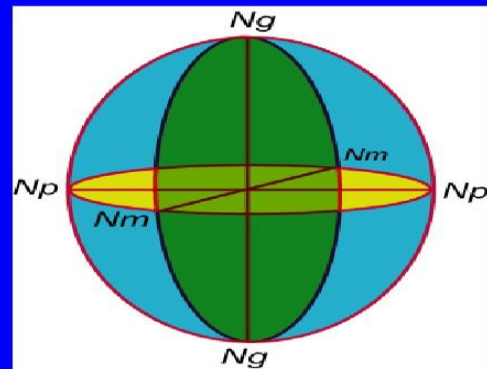
2. 构成要素

(1) 三个主轴

三个相互上的光率体轴，

代表3个主要光学方向，称为光学主轴，简称主轴，即Ng轴、Nm轴、Np轴，

3个主轴—3个主折射率关系：
 $N_g > N_m > N_p$ 。

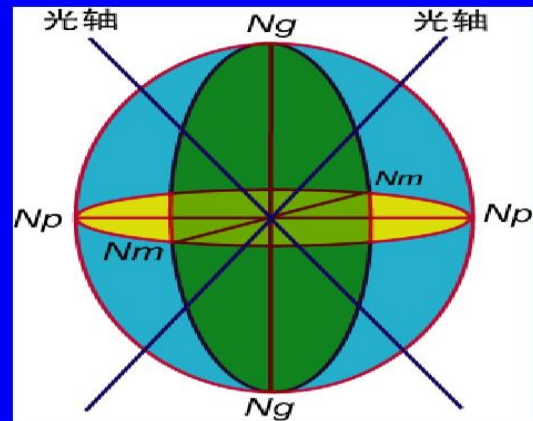


(2) 三个主轴面(主切面)

包含任意2个主轴的切面称主轴面或主切面

二轴晶光率体有3个互相垂直的主轴面，

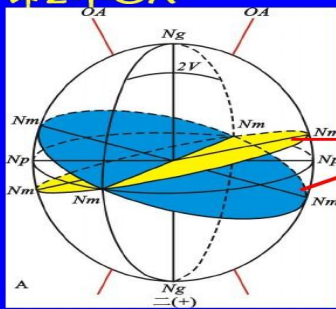
- ① Ng-Np主轴面，它是包含两个光轴的切面，又称光轴面，以Ap表示；
- ② Nm-Np主轴面；
- ③ Ng-Nm主轴面。



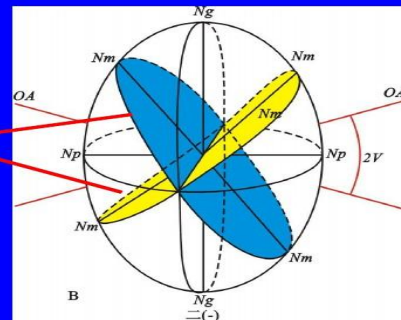
(3) 二个光轴(OA)及两个圆切面

通过Nm轴在光率体的一侧(Ng轴与Np轴之间)可以连续作一系列椭圆切面, 这些切面半径之一始终是Nm轴, 另一半径则递变于Ng和Np之间, 在它们中间总可以找到一个半径=Nm的圆切面, 另一侧还有一个圆切面, 共计2个圆切面。

光波垂直这2个圆切面入射, 无双折射, 这2个方向就是光轴, 即2个OA

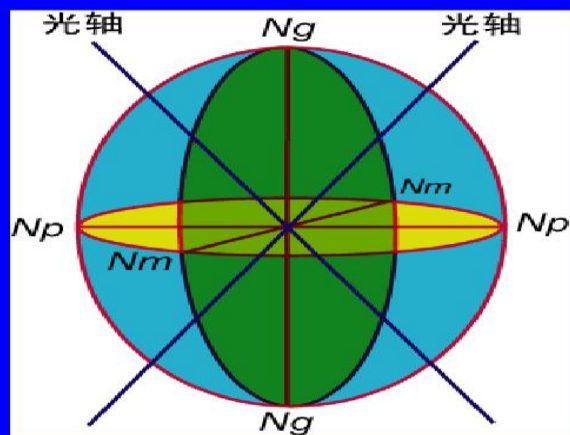


圆切面



(4) 光学法线: 通过光率体中心而垂直光轴面的方向称光学法线, 光学法线与主轴Nm轴一致。

光轴面 = NgNp面

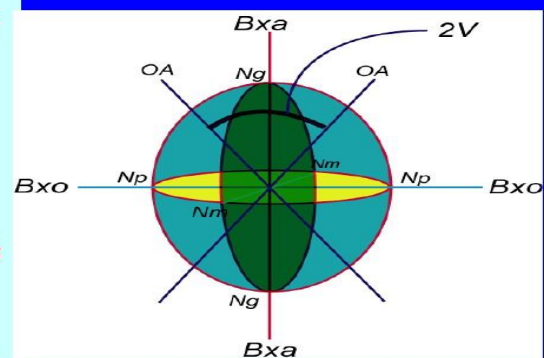


(5) 光轴角: 两个光轴之间所夹的锐角称光轴角, 以符号“2V”表示,

2V的平分线称锐角等分线, 以Bxa表示;

两个光轴之间的钝角平分线称钝角等分线, 以Bxo表示。

Bxa与Bxo均包含在NgNp主轴面中。



3、二轴晶光率体的光性符号

(1) 根据锐角等分线Bxa是Ng还是Np决定二轴晶光性符号正负：

- 当Bxa=Ng时，为正光性(+)
- 当Bxa=Np时，为负光性(-)

(2) 根据Ng、Nm、Np的相对大小，判断二轴晶光性符号正、负

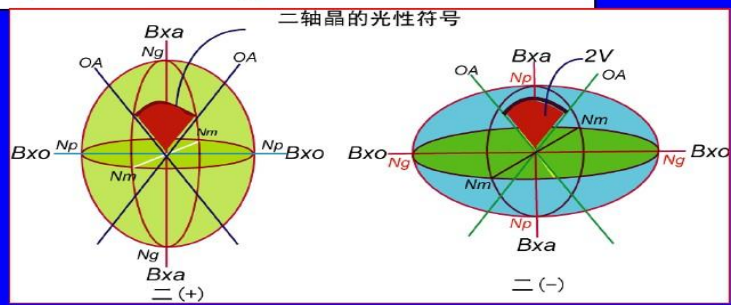
- 当Ng-Nm > Nm-Np时，为正光性(+)
- 当Ng-Nm < Nm-Np时，为负光性(-)

(3) 根据光轴角的大小，可按下列简化公式求得：

- 当 $\text{tg}V = \sqrt{(Nm-Np)/(Ng-Nm)}$ 时，为正光性(+)
- 当 $\text{tg}V = \sqrt{(Ng-Nm)/(Nm-Np)}$ 时，为负光性(-)

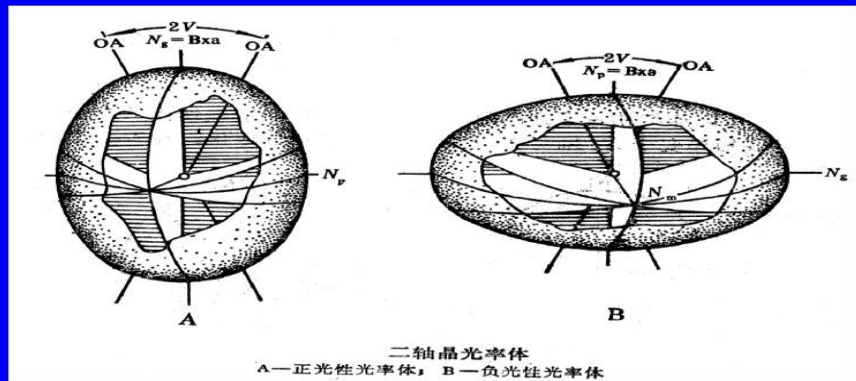
如果 $2V=90^\circ$ ，则没有锐角等分线和钝角等分线之分，没有光性正负区别

意义：不同二轴晶矿物的 $2V$ 角是重要的鉴定参数，可以根据Ng-Nm-Np计算 $2V$



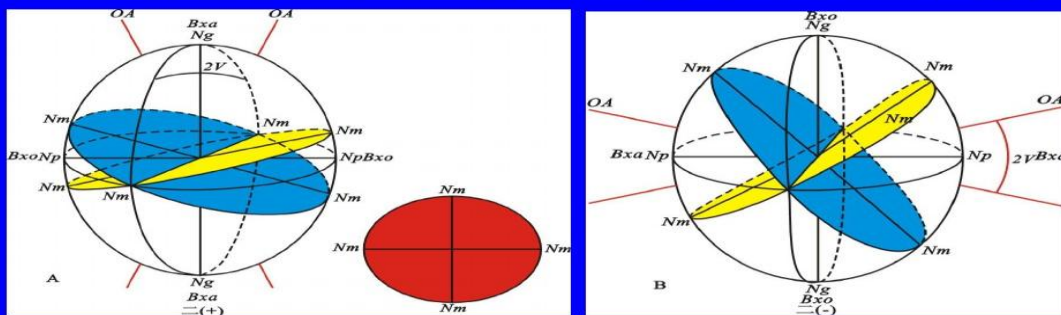
4、五种切面类型

- 由于二轴晶光率体为三轴不等椭球体，其切面类型复杂一些，一共有五种典型切面。



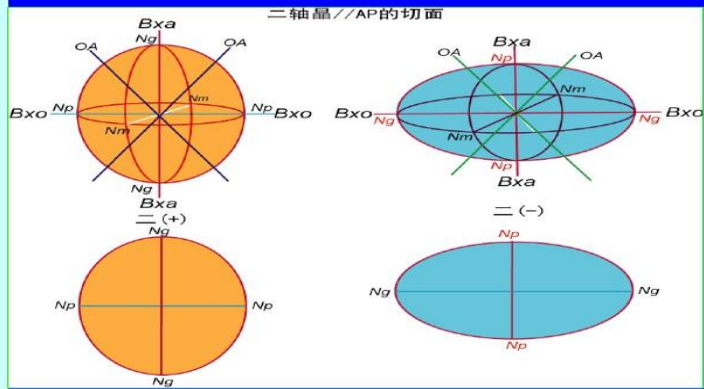
(1) 垂直光轴($\perp OA$)的切面

- A. $\perp OA$ 为圆切面，只有一个半径Nm
- B. 垂直此切面入射的光不发生双折射，不改变光波振动方向
- C. 圆切面内任何振动方向上的折射率均等于Nm，双折率为零。



(2) 平行光轴面(//AP)的切面

- A. 即垂直Nm主轴的切面：为椭圆，即NgNp主轴面，
- B. 其长半径为Ng，短半径为Np，
- C. 光沿主轴Nm入射，产生双折射，分解为两束偏光
- D. 双折率等于Ng-Np，为最大双折率。



(3) 垂直Bxa的切面

椭圆切面

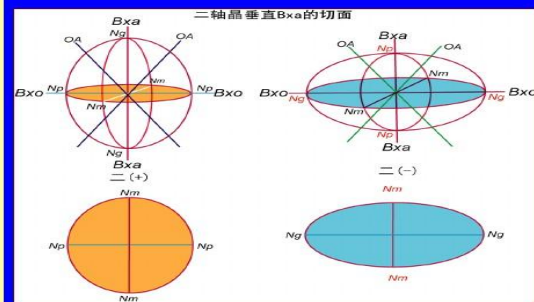
二轴(+)

NmNp主轴面，光波垂直此切面入射时（即沿Bxa方向入射），发生双折射，分解形成两种偏光——必定分别平行椭圆切面长短半径Nm和Np， $\Delta N = N_m - N_p$

二轴(-)

NgNm主轴面，光波垂直此切面入射时（即沿Bxa方向入射），发生双折射，分解形成两种偏光——必定分别平行椭圆切面长短半径Ng和Nm， $\Delta N = N_g - N_m$

ΔN 值介于0—最大之间



(4) 垂直Bxo的切面

椭圆切面

二轴(+)

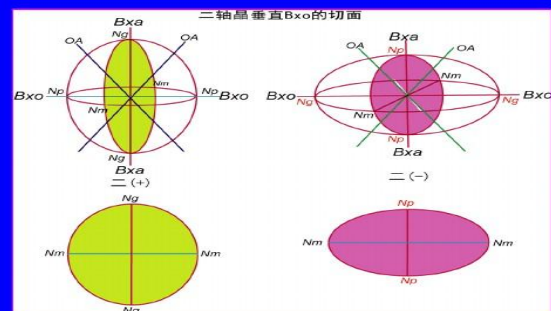
NgNm主轴面，

光波垂直此切面入射时（即沿Bxo方向入射），发生双折射，分解形成2种偏光——必定分别平行椭圆切面长短半径Ng和Nm， $\Delta N = N_g - N_m$

二轴(-)

NmNp主轴面，光波垂直此切面入射时（即沿Bxo方向入射），发生双折射，分解形成2种偏光——必定分别平行椭圆切面长短半径Ng和Nm， $\Delta N = N_m - N_p$

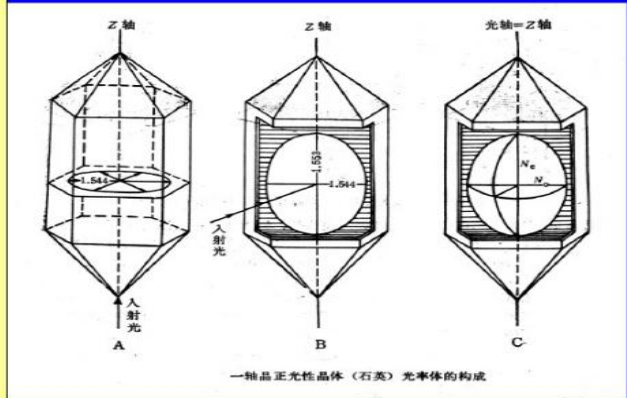
ΔN 值介于0—最大之间



一、概念

光性方位：光率体主轴与晶体结晶轴之间的关系就是光性方位，表示光率体的主轴 N_e 、 N_o 或者 N_g 、 N_m 、 N_p 与晶体的结晶轴 a 、 b 、 c 之间的关系。

不同晶族矿物的光性方位不同。



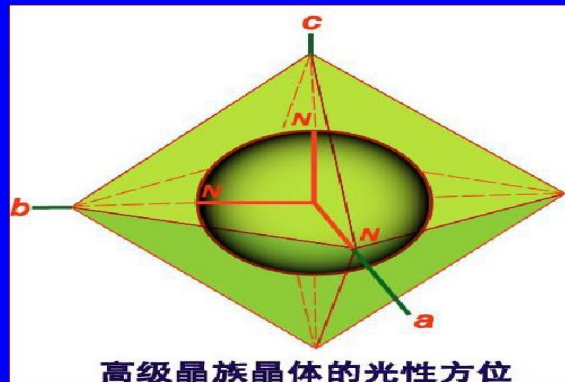
二、高级晶族晶体的光性方位

高级晶族——

为等轴晶系，均质体矿物，光率体为圆球体，各向同性，只有一个折射率 N ，各个方向都是主轴，可有3个相互垂直的方向

等轴晶系3个结晶轴 $a=b=c$ ， $a \perp b \perp c$

因此：高级晶族晶体的光性方位与其3个结晶轴重合



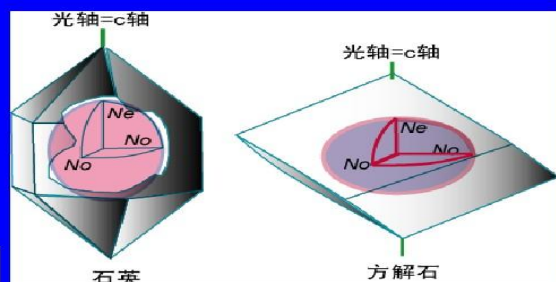
三、中级晶族晶体的光性方位

中级晶族——包括三方、四方、六方晶系，有高次对称轴(L3、L4、L6)

为一轴晶光率体，光率体为旋转椭球体，

对应关系

光率体		晶体
旋转轴 N_e	=	高次对称轴C轴
正光性 短轴 N_o	=	a, b
负光性 长轴 N_o	=	a, b



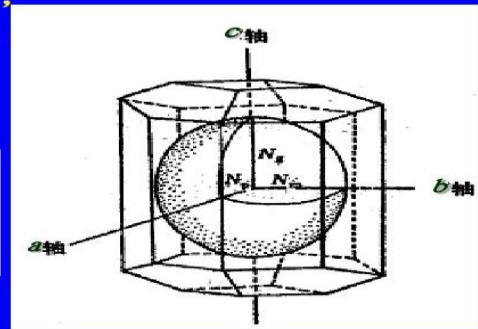
三、低级晶族晶体的光性方位

低级晶族包括斜方、单斜、三斜晶系，属二轴晶光率体，光率体为三轴不等椭球体。

1. 斜方晶系

光率体		晶体
3个主轴互相⊥	=	3个结晶轴
具体对应关系因矿物而异		

例如黄玉, $Al_2[SiO_4](OH, F)_2$
 $N_p=a, N_m=b, N_g=c$



2. 单斜晶系晶体的光性方位

单斜晶系	
光率体	晶体结晶轴
三个主轴之一	与b轴重合
其余2个主轴	与另外2个轴a, c斜交
具体对应关系因矿物而异	

矿物举例

(1) 透闪石 $Ca_2Mg_5[Si_8O_{22}](OH)_2$

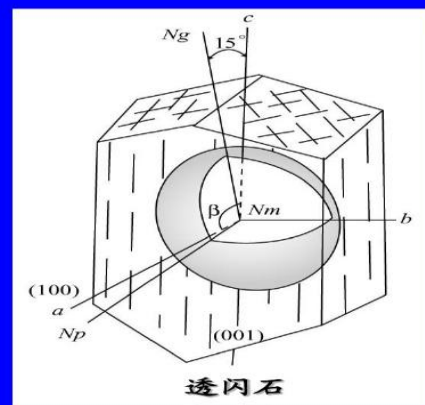
$N_m=b,$

$Ng \wedge c = 15^\circ (16-21^\circ)$

(2) 黑云母, 单斜, 假六方片状或板状

$N_m=b,$

$Ng \wedge a, N_p \wedge c$



3. 三斜晶系晶体的光性方位

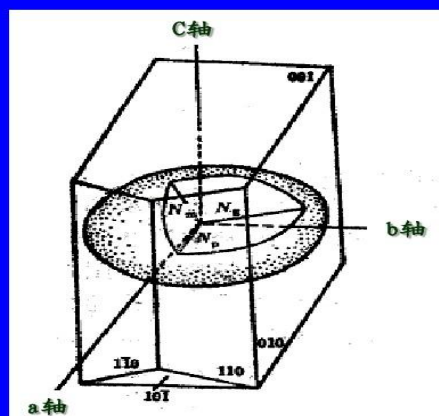
三斜晶系	
光率体	结晶轴
3个主轴	与3个结晶轴均斜交
具体斜交角度和对应关系因矿物而异	

如斜长石 (An35)

$Ng \wedge b,$

$Nm \wedge c$

$Np \wedge a,$



第二章 偏光显微镜

- 一、教学目的和要求：1. 熟悉偏光显微镜的构造；
2. 各部件名称及性能、主要附件；
3. 熟练掌握偏光显微镜的调节和校正；了解岩石薄片结构。
- 二、教学重点及难点：掌握偏光显微镜的调节和校正
- 三、教学方式：讲授、演示、实验
- 四、素质（思政）内容与要求
1. 引导学生形成细致、严谨的学习习惯。
2. 通过学习提高学生团结协作的精神。
- 五、课时数：2

教学内容：

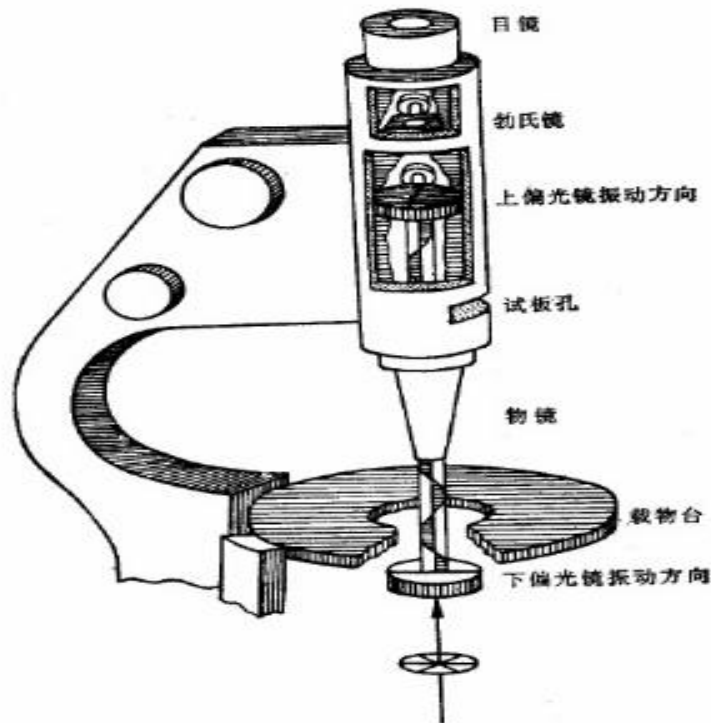


图 22 偏光显微镜的基本构造示意图

第一节 偏光显微镜的构造 (江南厂 XPT-7 型)

一、机械系统主要部件

- (1) 镜座与镜臂：支撑显微镜及连接光源、物台、镜筒。
- (2) 镜筒：连接目镜和物镜的部件。
- (3) 载物台：放置薄片用的可 360 度转动的圆形平台。
- (4) 焦准设备(升降系统)：分粗调和微调，作用是调节焦距，使物象清晰。
- (5) 锁光圈：控制光的通过量。

二、光学系统主要部件（从上到下）

- (1) 目镜（装有十字丝）

三种：10 倍（常用），5 倍，20 倍。

- (2) 勃氏镜（起放大作用）

位于目镜和上偏光镜间，可自由的推入或拉出，与聚光镜和高倍镜配合使用。

(3) 上偏光镜：位于目镜和物镜间，振动方向与下偏光振动方向垂直。

振动方向：南北方向，用 AA 表示。

(4) 物镜：由多组透镜组成，是决定放大倍数及成像质量的重要部件。按放大倍数分为三类：高倍镜（40 倍）中倍镜（10 倍）、低倍镜（4 倍）。

a 工作距离：准焦后物镜前端与薄片平面之间的距离。

b 放大倍数：

$5 \times 4 = 20$ 倍

$20 \times 40 = 800$ 倍

c 光孔角 2θ ：通过物镜前透镜最边缘光线与前焦点所构成的夹角。

d 数值孔径 (N·A)

$N \cdot A = n \sin \theta$

n 为介质的折射率

e 分辨率 d

$d = 0.61 \lambda / N \cdot A$

λ 为自然光平均波长， $\lambda = 550 \text{nm}$

对于物镜，一般在上面标上放大倍数和数值孔径：例 10/0.25 40/0.65

(5) 下偏光镜：在聚光镜架底部，作用是把自然光转变为偏光。其振动方向一般为东西方向。用 PP 表示

(6) 聚光镜：在聚光镜架上部，作用是把偏光转变为锥光，使显微镜处于锥光系统。

(7) 光源：分为自然光源和人工光源，目前多数显微镜采用人工光源。

第二节 偏光显微镜的调节与校正

一、调节

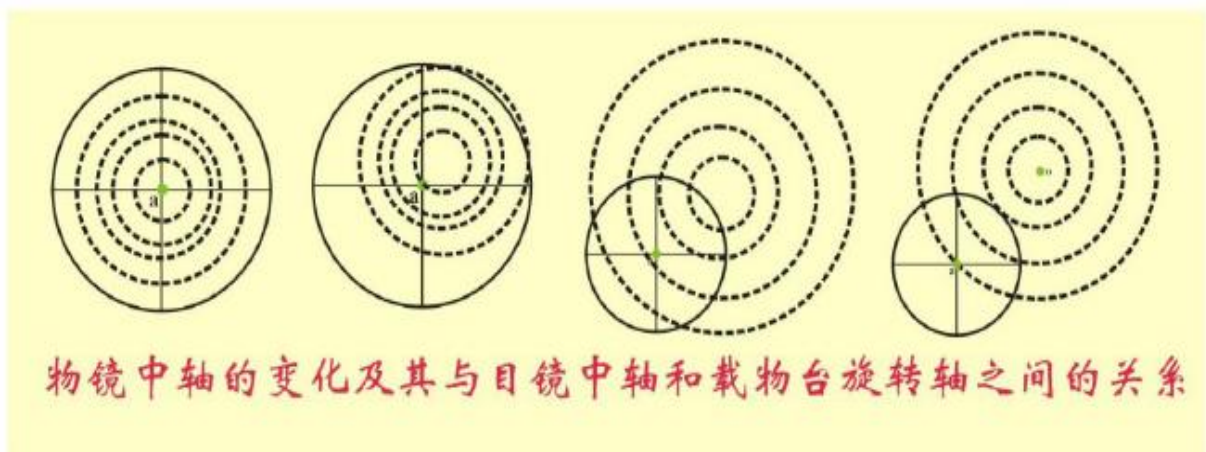
(1) 选择并装配物镜和目镜：按需要选择物镜和目镜，在安装目镜时注意其内十字丝的方向。

(2) 调节照明：打开光源灯，调节变压器旋扭，直到亮度适度为止。

(3) 焦准：将薄片置于物台上，用粗调或微调调焦至物象清晰。在此过程中，千万注意，物镜前透镜不要与薄片接触，以免打碎薄片或损坏镜头。

二、校正

物台旋转轴、物镜中轴、镜筒中轴、目镜中轴必须保持在一条直线上，偏光显微镜才能正常使用。



中心校正步骤：

1、物镜安装正确，准焦。

2、薄片上选一质点 a（可认得）置于视域中心。

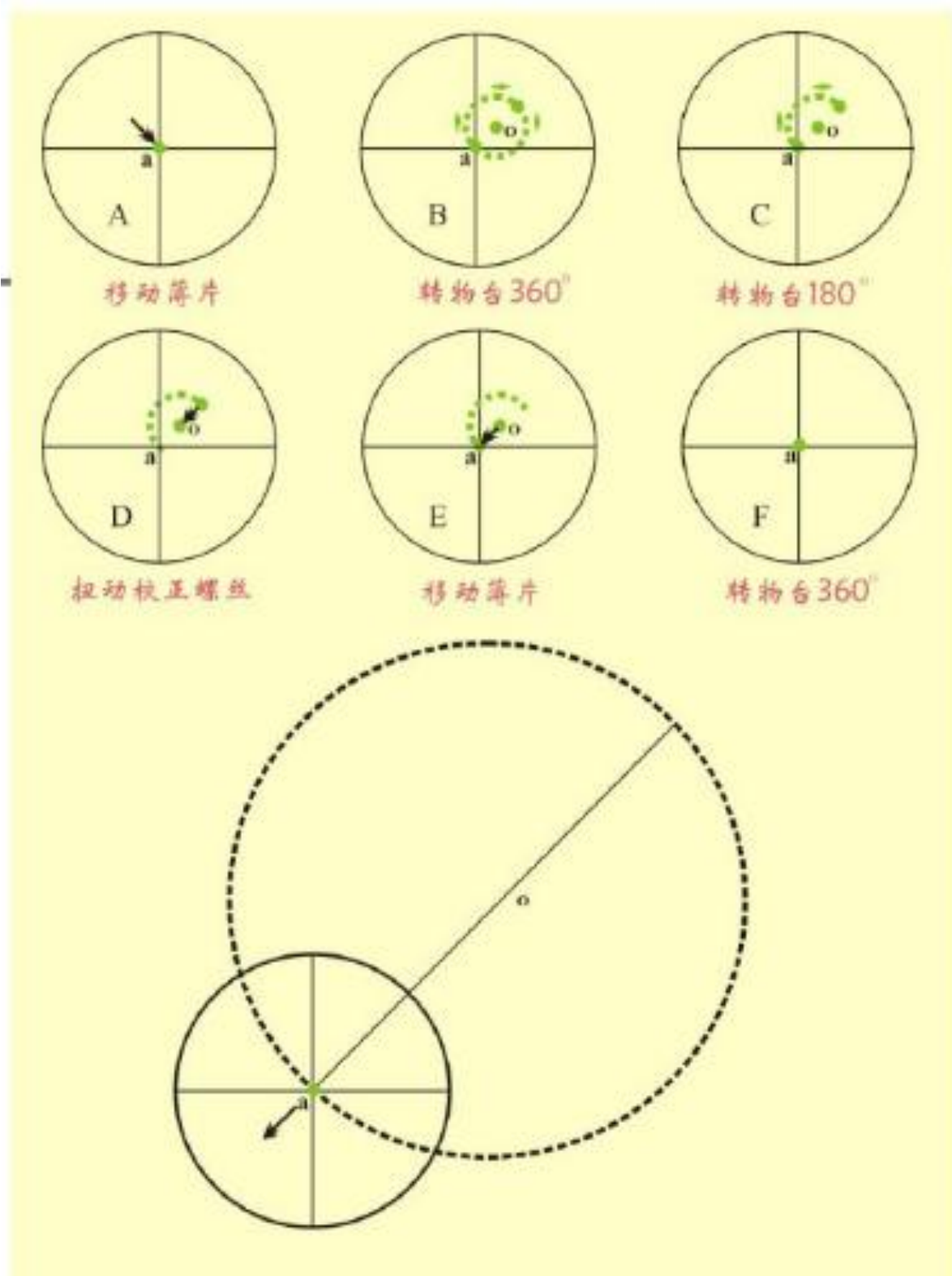
3、将薄片固定，旋转物台观察 a 点的运动轨迹→如果是点，则已校正好；如果是圆，则：

4、旋转物台 180 度，使 a 点由十字丝中心移至 a' 处。

5、调节物镜上的调节螺丝，使质点 a' 移至偏心圆的圆心 O 点。

6、移动薄片，使质点从 O 点移至十字丝的中心。

7、重复 4→6，直至旋转物台时质点不动。



8、中心偏离大时的调节：将质点转回十字丝交点，扭动物镜调节螺丝，使质点由十字丝向偏心圆圆心 O 点相反方向移动大约相当于偏心圆半径的距离，再移动薄片使质点回移至十字丝交点处，转动载物台，该质点可能在视域内呈小圆圈移动，此时按上面的校正步骤进行校正。

三、偏光显微镜的养护

偏光显微镜价格昂贵并且是我们日常教学和科研中必备的光学仪器。要想保证偏光显微镜的良好使用状态，延长偏光显微镜的使用寿命，就必须精心养护，有关偏光显微镜的使用规定及养护原则请参见实验室管理规定。

注意：1、使用偏光显微镜时不得任意拆卸各个部件。

2、所有镜头均经校正，不得自行拆开。

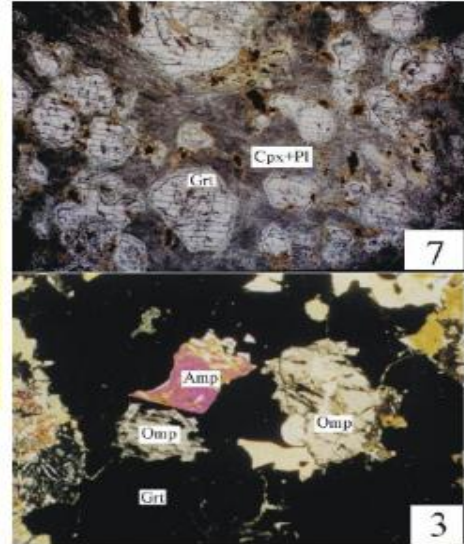
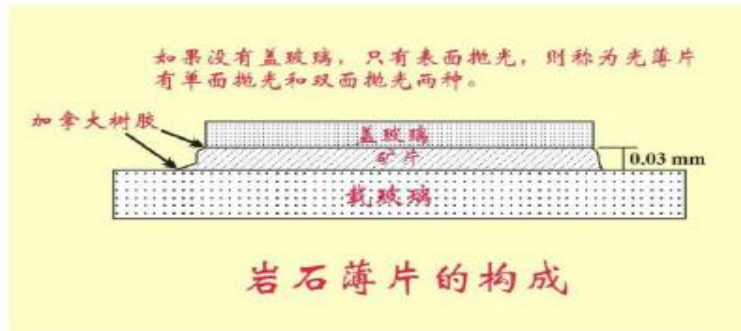
3、物镜和目镜使用后应装入盒内。

第三节 薄片的制备

载玻片：25mm×80mm×1mm

样品厚度 $d=0.03\text{mm}$

盖玻片：15mm×15mm 厚度 0.1-0.2mm



制作过程：

切片机→小片（一般不定向）→磨片机（先磨平一个面）→加拿大树脂（ $N=1.54$ ）粘在载玻片上，再磨另一面→磨成厚度为 0.03mm 的薄片→用加拿大树脂粘上盖玻片。

第三章 单偏光下的晶体光学性质

一、教学目的和要求：1.熟悉单偏光装置及特点；

2.熟悉矿物的结晶习性、切面形态、集合体形态；

3.掌握矿物解理概念、影响解理可见的因素、解理夹角的测量

二、教学重点及难点：1.单偏光装置及特点；

2.切面形态及解理产生的原因；

3.影响解理可见的因素。

三、教学方式：讲授、演示

四、素质（思政）内容与要求

1.引导学生形成踏实严谨的学习习惯。

2.培养学生积极探索新知识的意识。

五、课时数：4

教学内容：

第一节 单偏光的装置及特点

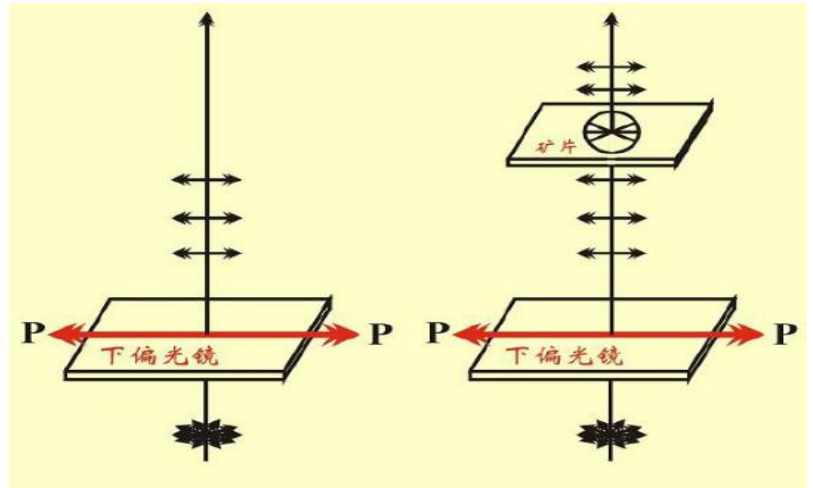
一、装置

光线（自然光）→下偏光镜→偏光（平行 PP 方向）→矿物样品→物镜→上偏光镜→目镜

二、光学特点

三、1、均质体或垂直光轴的非均质体

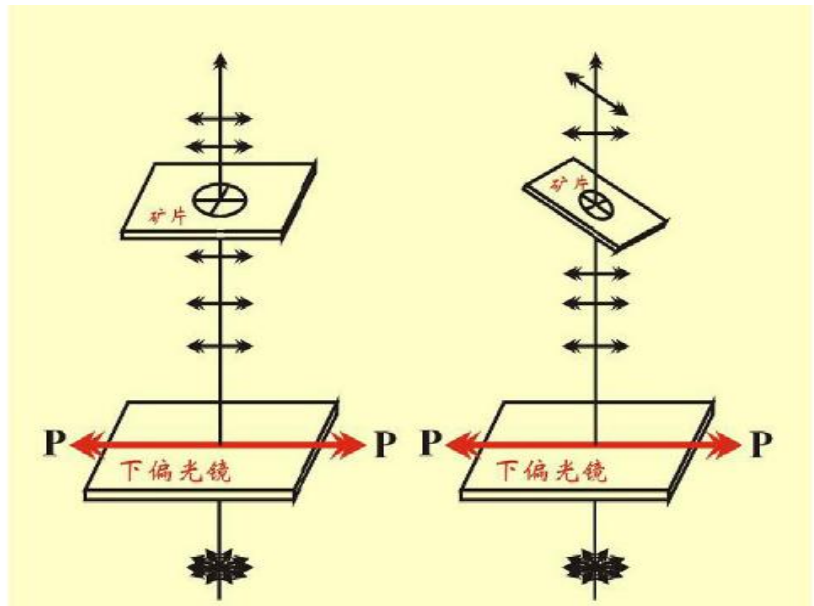
如果是均质体或非均质体垂直光轴矿片，光率体切面为圆切面，不发生双折射，折射率等于圆半径。



四、
2、非均质体（光率体切面为椭圆）

偏光方向与非均质体矿片的光率体椭圆长、短半径之一平行时，不改变原来的振动方向，折射率值等于该半径的长度。

偏光方向与非均质体矿片的光率体椭圆长、短半径之一斜交时，发生双折射，分解成振动方向平行光率体椭圆长、短半径的两条偏光。其折射率值分别等于椭圆长、短半径。



三、单偏光系统测定矿物的性质

- 1、矿物的外表特征（形态、解理等）
- 2、与矿物吸收性有关的光学性质(颜色、多色性、吸收性等)
- 3、与矿物折射率有关的光学性质（突起、闪突起、糙面、边缘、贝克线等）

第二节 矿物的形态及解理

一、矿物的形态

控制因素：矿物成分、内部结构、物化条件、晶出顺序。

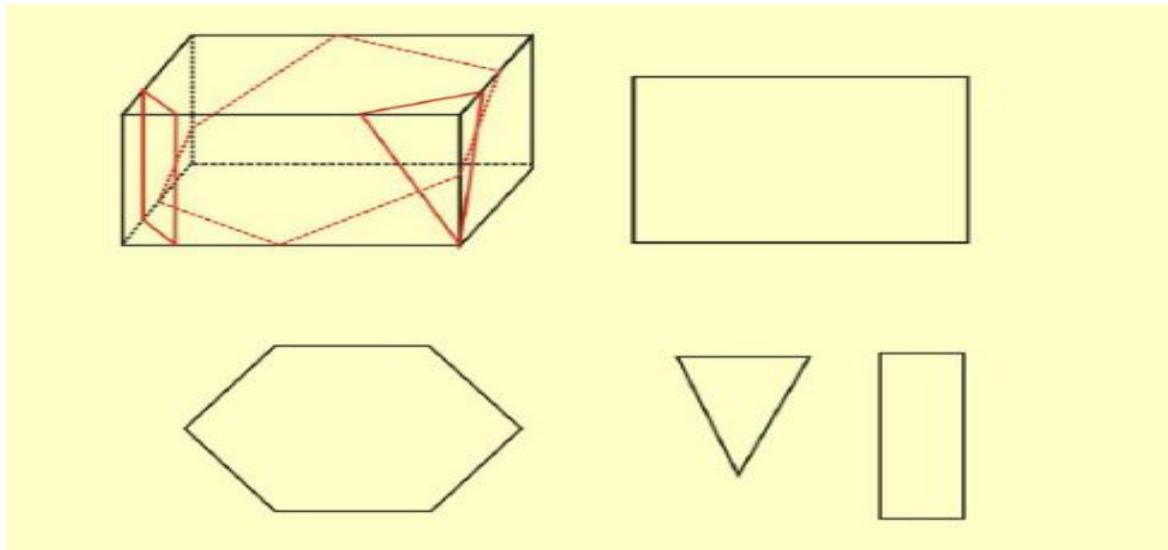
观察内容：矿物自形程度、矿物单体形态、矿物集合体形态。

矿物自形程度：自形晶、半自形晶、它形晶。

矿物单体形态：粒状、针状、板（条）状、柱状、片状。

矿物集合体形态：纤维状、放射状、球粒状、网状、交生状、锥晶状。

切面形态：①切面形态不同→可以为同种矿物 ②切面形态相同→可以为不同种矿物
同一单体不同切面形态示意图



观察矿物的切面形态，能得到下列信息：

- (1) 查明矿物的形态：利用不同方向的切面形态在空间上的组合。
- (2) 判断切面方向（对已知矿物而言）。
- (3) 了解矿物的自形程度：
 - ① 自形→规则的几何外形→多边形。
 - ② 半自形→部分边缘为直线。
 - ③ 它形→不规则，边缘为曲线。
- (4) 从切面的可见度了解矿物的折射率的大致范围。

二、解理（识别矿物特征之一）

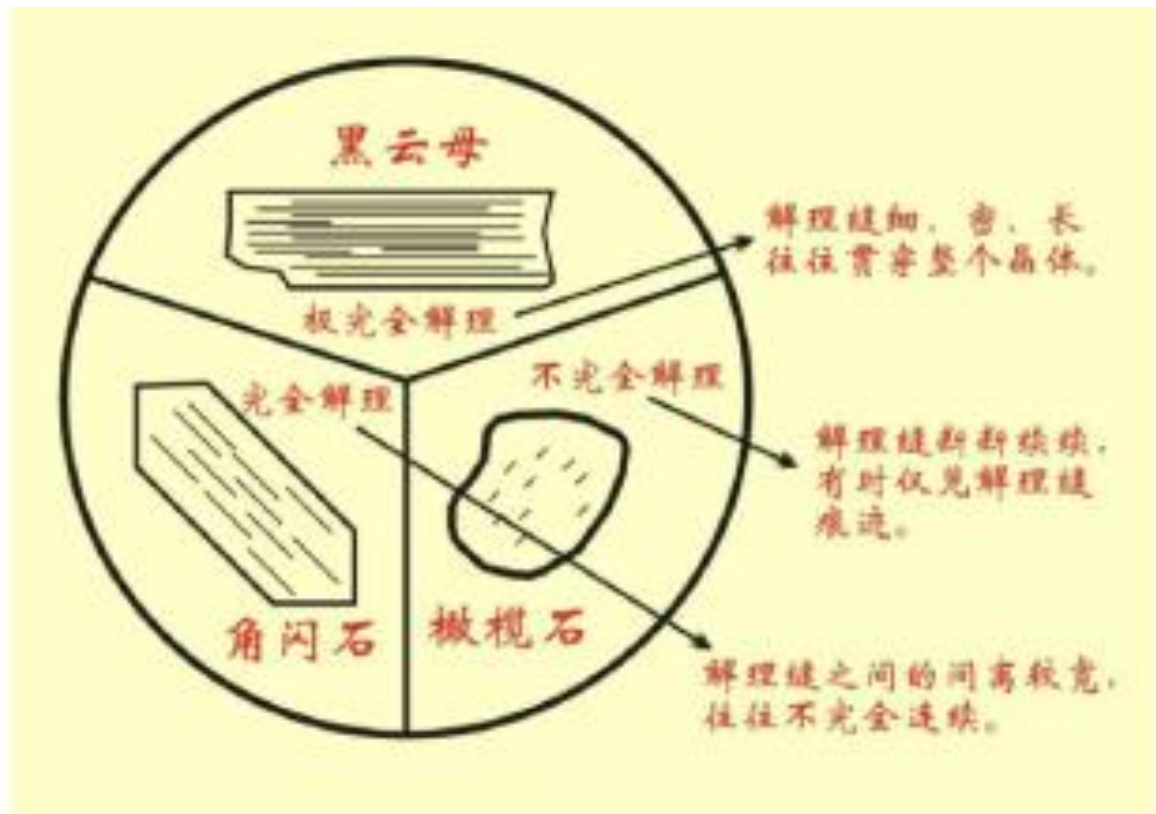
解理：晶体在外力作用下沿特定的结晶方向裂开成光滑平面的性质。

解理产生的原因：外力（磨）作用→沿解理面裂开→解理面充胶→N 胶与 N 矿不同。

1、解理的表现形式：在薄片上，解理表现为沿一定方向平行排列的细缝(解理缝)。缝中 为树胶所充填，因矿物的折射率与树胶不同而使解理缝得以显现。

2、解理等级的划分：薄片中的解理按其完善程度可以分为三级。

- (1) 极完全解理：解理缝很细、很密集、很清楚，且贯穿整个晶体，例如黑云母、石墨的解理。
- (2) 完全解理：解理缝清楚，疏密中等，不完全贯穿晶体，例如钻石、辉石、托帕石、角闪石的解理。
- (3) 不完全解理：解理缝宽而稀疏，不清楚，断续通过晶体，例如磷灰石、橄榄石的解理。



3、影响解理缝清晰程度的因素：主要应考虑以下三方面。

(1) 矿物解理的完善程度：解理缝清晰程度与解理的完善程度成正向关系。

(2) 切片的方向：切片的法线方向与解理面平行时解理最清楚。随着两者夹角增大，解理缝变得不清楚。增大到一定角度时，解理缝就看不见了，这个角度称解理可见临界角。

(3) 矿物折射率：矿物折射率与加拿大树胶折射率的差值，决定着解理缝的可见临界角。差值越大，可见临界角越大。

4、解理缝与裂纹的区别：解理缝较细密、平直，且缝的间距大致相等，以此区别于裂纹。

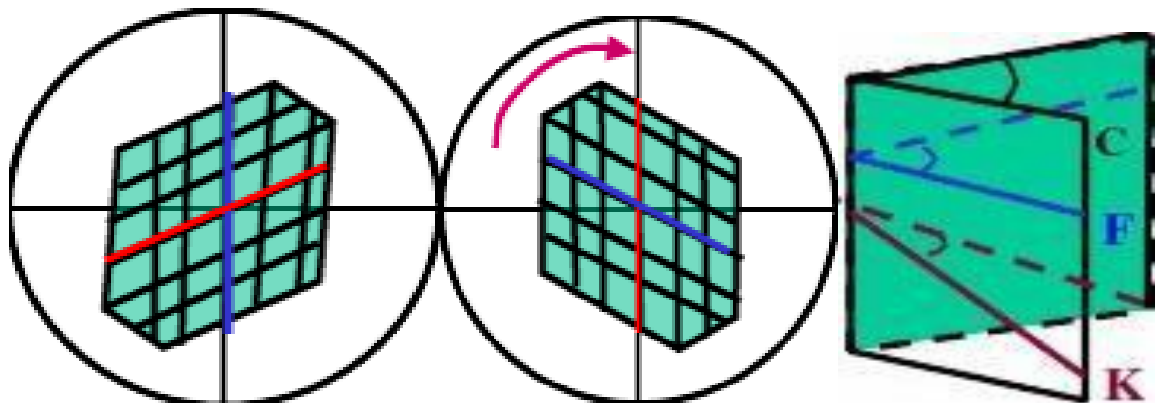
5、解理夹角的测定：

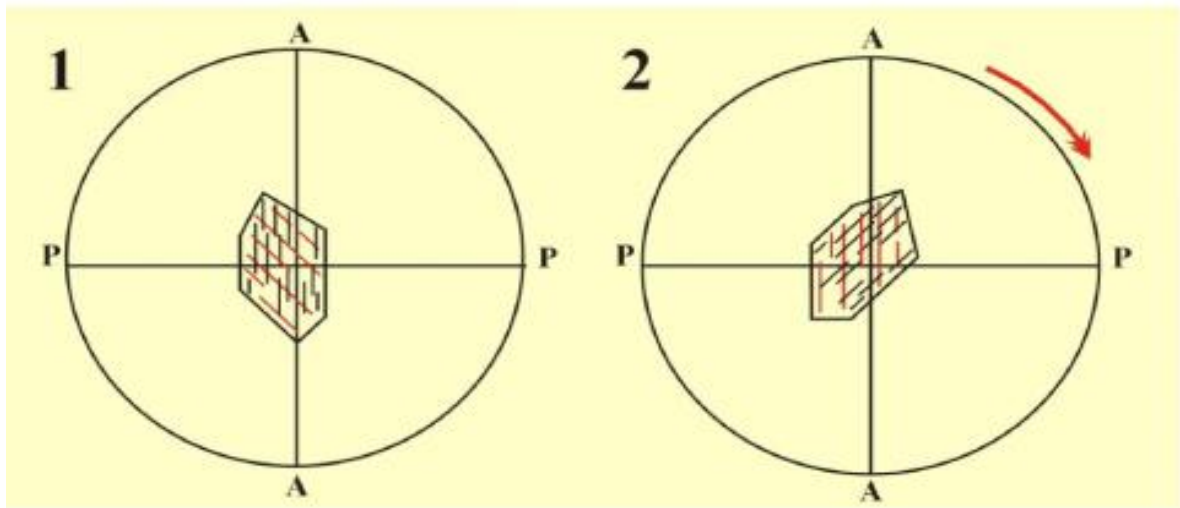
切片方向的选择选择同时垂直两组解理面的切片，特征是两组解理缝最细最清楚，当解理缝平行目镜十字丝时，微微升降镜筒，两组解理缝不左右移动。

解理夹角的测定步骤：

(1) 将选择好的切片置于视域心。转动物台，使一组解理缝平行目镜十字丝纵丝，读取此时物台刻度盘上的度数 a

(2) 再转动物台，使另一组解理缝平行目镜十字丝纵丝，读取此时物台刻度盘上的度数 b ， a 与 b 的差就是所测解理夹角。





第二章 单偏光下的晶体光学性质

课题：第三节：薄片矿物的颜色、多色性和吸收性；第四节：薄片矿物的边缘、贝克线、糙面及突起
学时：2 学时

教学目的和要求：熟悉矿物的颜色、多色性和多色性公式、吸收性和吸收性公式；掌握矿物边缘、贝克线及成因、糙面、突起和闪突起的概念

教学重点及难点：多色性的原理；贝克线的移动规律及突起等级。

教学方法及手段：讲授

教学过程：

第三节 与矿物吸收性有关的光学性质 (颜色、多色性、吸收性)

一、矿片的颜色

指在单偏光镜下，白光透过晶体后所呈现出来的颜色，它是矿物对不同色光选择性吸收的结果。即矿片对光选择性吸收→残余色的综合→矿片的颜色。

注意：(1) 薄片中的颜色不同于手标本的颜色。(2) 同一矿物，矿片愈厚，颜色愈深。(3) 薄片中的颜色与矿物的化学成分和结构有关。

二、多色性和吸收性

在单偏光镜下，某些非均质体矿物的颜色随物台转动而发生变化，这种现象称为多色性，颜色深浅的变化成为吸收性。

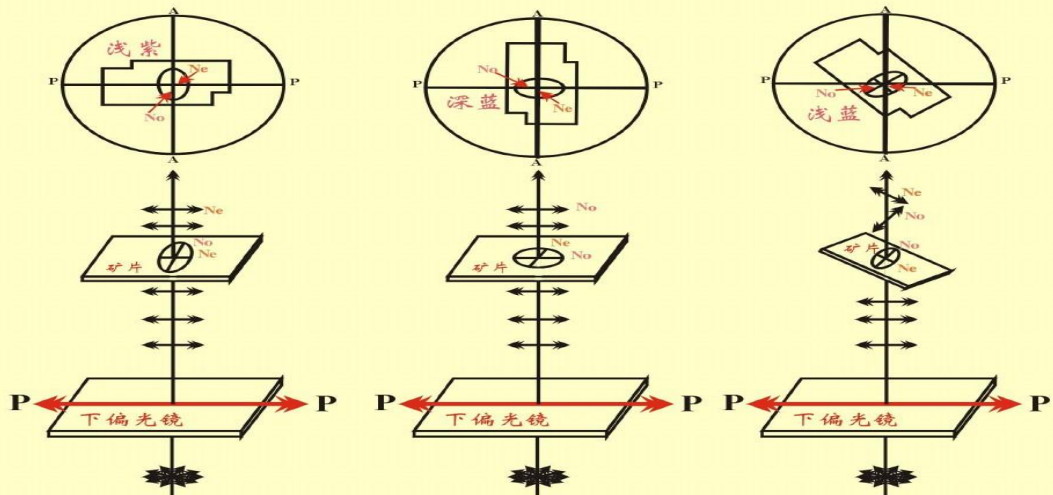
均质体矿物无多色性和无吸收性。

非均质体矿物具有多色性和吸收性，成因：非均质体矿物非垂直光轴切片，各方向的光学性质不同，对光波的选择性吸收及吸收总强度也随方向而变化，只是多数非均质体矿物这种变化不明显而已。

(1) 一轴晶矿物多色性：

有两个主要的颜色，通常与 N_e 、 N_o 相当。如黑电气石(如下图)

电气石



多色性公式: $N_o = \text{深蓝色}$, $N_e = \text{浅紫色}$

吸收性公式: $N_o > N_e$

(2) **二轴晶矿物多色性**: 有三个主要的颜色通常与 N_g 、 N_m 、 N_p 相当。

如普通角闪石

多色性公式: $N_g = \text{深绿色}$, $N_m = \text{绿色}$, $N_p = \text{浅黄绿色}$

吸收性公式: $N_g > N_m > N_p$

(3) 非均质体矿物多色性的影响因素

① 矿物本身性质

② 切片方向: 平行光轴方向, 多色性最明显 (双折率最大)。垂直光轴方向, 不具有多色性 (双折率为 0)。

③ 薄片厚度: 越厚越明显

第四节 与矿物折射率有关的光学性质

(边缘、贝克线、糙面、突起、闪突起)

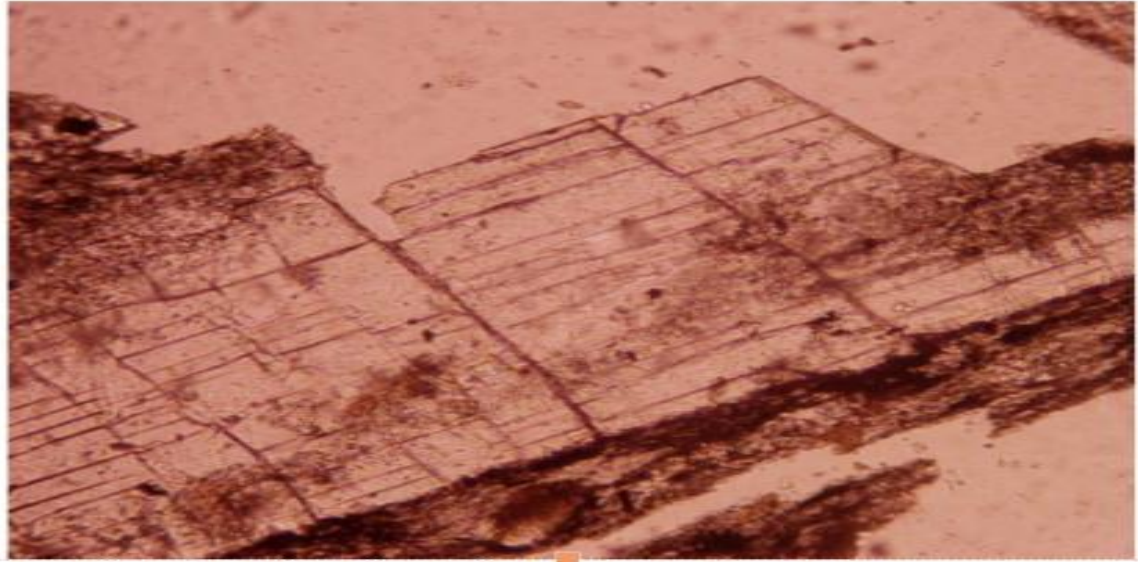
一、矿物的边缘(轮廓)、贝克线

1、贝克线(光带): 折射率不同的矿物接触时, 由于光的折射和反射作用, 使其接触处的光线聚散不一。光线集中的一侧产生一条亮线;

2、边缘: 折射率不同的矿物接触时, 由于光的折射和反射作用, 使其接触处的光线聚散不一。光线缺少的一侧产生一条黑暗的轮廓。

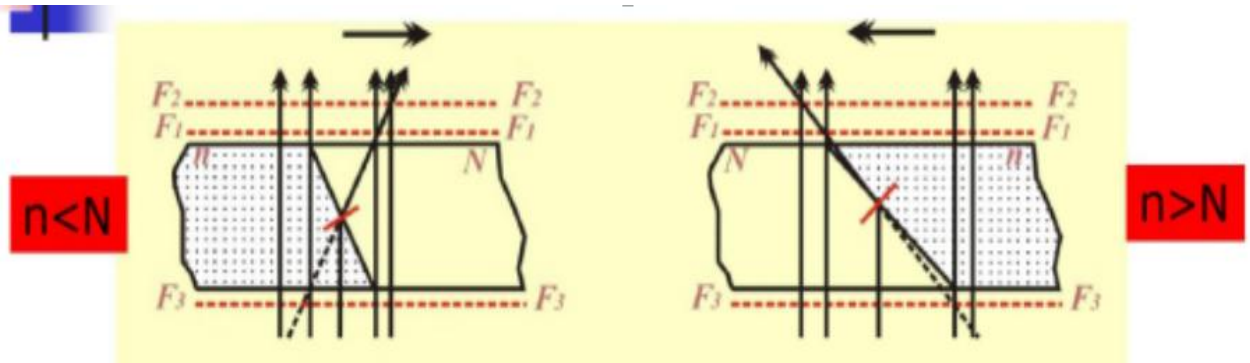
利用贝克线和边缘可以用来判断相邻两矿物折射率相对大小(突起高低)。

★ 红柱石颗粒的边缘



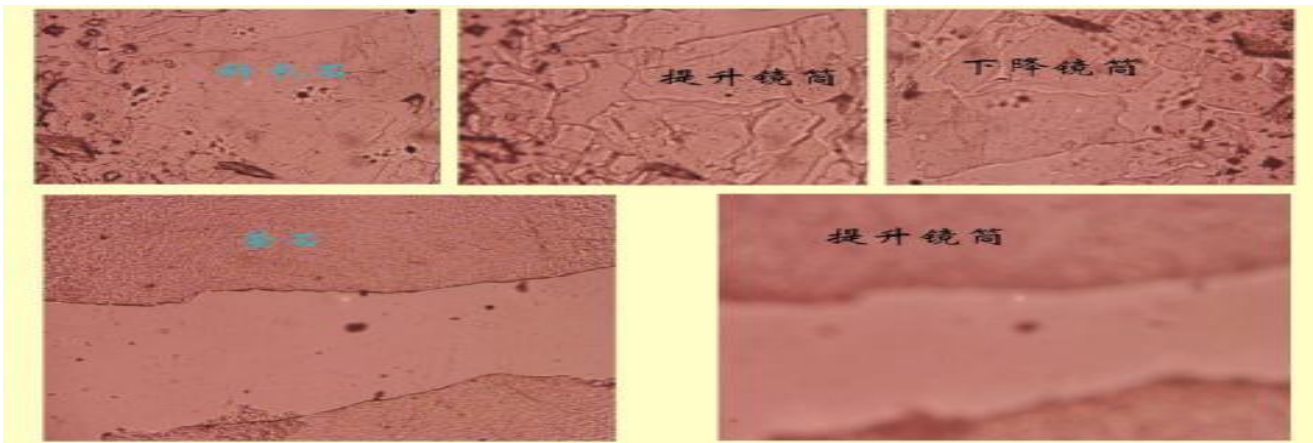
3、边缘和贝克线产生的原因：

折射率不同的矿物接触时，由于光的折射和反射作用，使其接触处的 光线聚散不一。



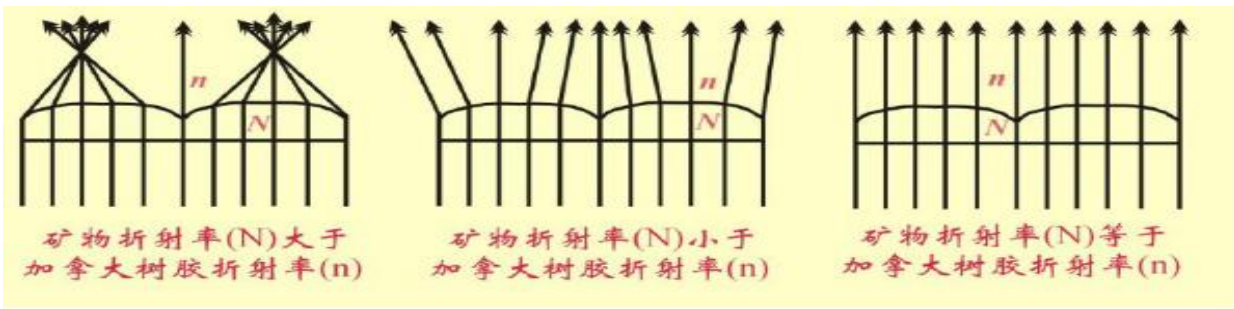
4、贝克线移动规律

1) 贝克线的移动规律：**提升镜筒，贝克线向折射率大的物质移动。下降镜筒，贝克线向折射率小的物质移动。**



二、糙面

矿物表面的光滑程度不同，有些矿物的表面显得较为粗糙，这种现象称糙面。



糙面的明显程度取决于矿物折射率与加拿大树胶折射率的差值及矿片表面的磨光程度。

一般来说，两者的差值越大，矿片表面的磨光程度越差，其糙面就越明显。

三、突起

在薄片观察中，不同矿物的表面有高低不平的感觉，这种现象称突起。

1、原因和影响因素

突起是薄片中的矿物颗粒看起来凸出或凹入的现象。它是由于矿物折射率与加拿大树胶折射率不同，光波通过两者之间界面而发生折射、全反射作用的结果。

矿物突起的影响因素：**矿物突起的高低与矿物折射率值与加拿大树胶折射率值(1.54)的差值大小，差值愈大，突起愈高。**

2、分类：

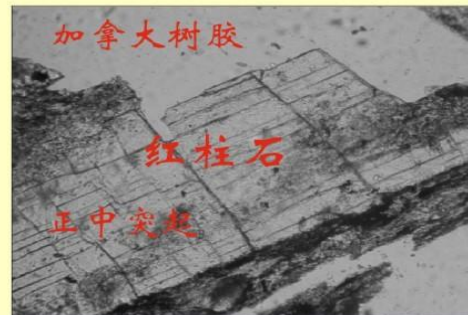
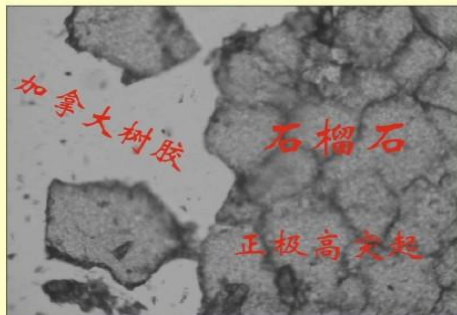
矿物的折射率大于树胶的折射率时，称正突起，矿物的折射率小于树胶的折射率时，称负突起。

正负突起判断：提升镜筒，贝克线由加拿大树胶向矿物移动为正突起；反之，则为负突起。

具体划分为六个等级。

★ 矿物突起等级的划分

突起等级	折射率	糙面及边缘等特征	矿物实例
负高突起	小于1.48	糙面及边缘显著, 提升镜筒, 贝克线移向树胶	萤石
负低突起	1.48-1.54	表面光滑, 边缘不明显, 提升镜筒, 贝克线移向树胶	正长石
正低突起	1.54-1.60	表面光滑, 边缘不清楚, 提升镜筒, 贝克线移向矿物	石英、中长石
正中突起	1.60-1.66	表面略显粗糙, 边缘清楚, 提升镜筒, 贝克线移向矿物	透闪石、磷灰石
正高突起	1.66-1.78	糙面显著, 边缘明显而且较粗, 提升镜筒, 贝克线移向矿物	辉石、十字石
正极高突起	大于1.78	糙面显著, 边缘很宽, 提升镜筒, 贝克线移向矿物	石榴石



4、闪突起

在单偏光镜下, 旋转物台, 双折射率很大的矿片, 突起高低会发生明显的变化。这种现象称闪突起。方解石、白云母等矿物的闪突起是其重要的鉴定特征。

闪突起的明显程度取决于矿物的切面方向和双折率的大小。

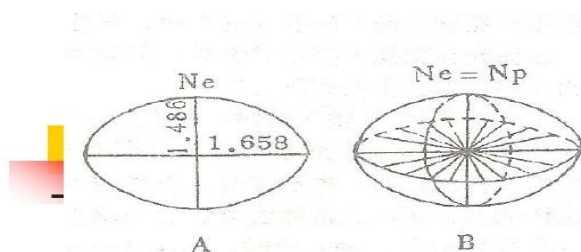
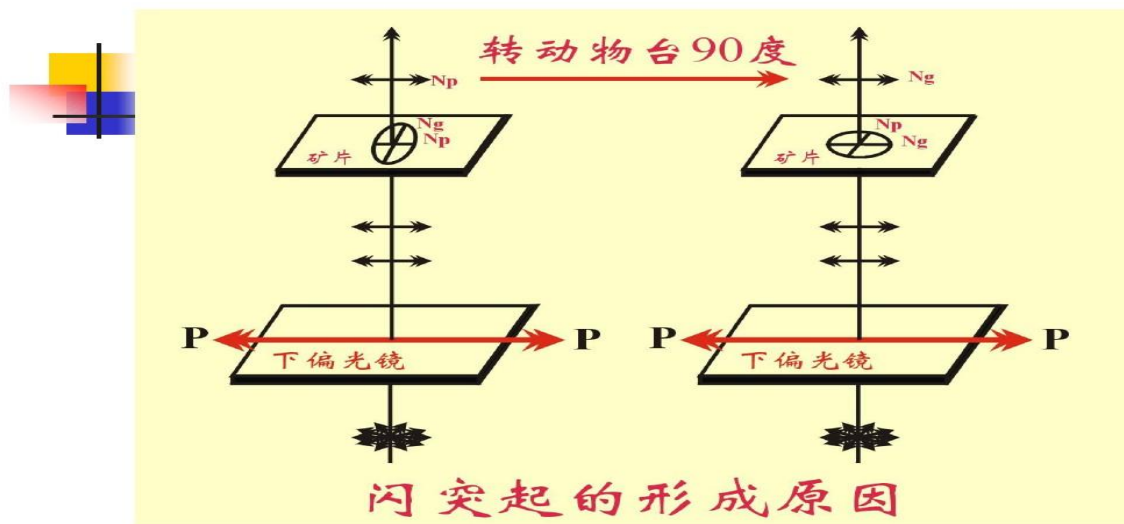
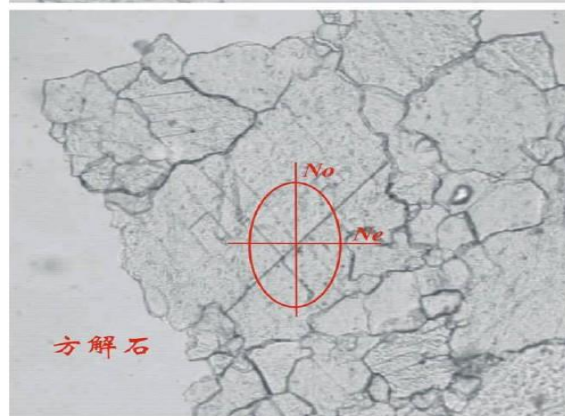
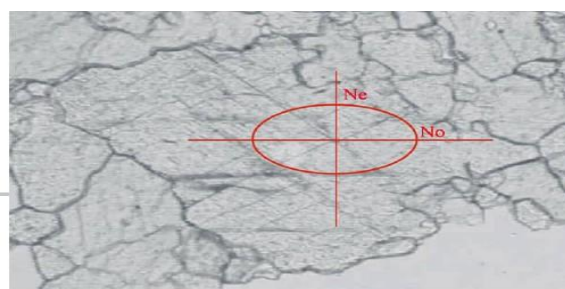


图 1-8 一轴晶负光性光率体的构成 (以方解石为例)



**矿物颗粒闪突起现象
通常在何种情况下比较明显?**

问题:

- 1、岩石薄片中，矿物的突起高低取决于什么因素？如何区分正负突起？
- 2、矿物的多色性在什么方向切面上最明显？为什么？测定一轴晶和二轴晶矿物的多色性公式，需要选择什么方向的切面？
- 3、在二轴晶光率体中，有几种包含 N_m 主轴的不同切面？试分别说明 N_m 主轴在这些切面上代表 N_f 还是 N_s 方向。

第四章 正交偏光下的晶体光学性质

一、教学目的和要求：1.熟悉正交偏光装置及特点；

2.熟悉消光、全消光、消光位的概念；

3.掌握干涉原理

4.掌握干涉色及成因、色序、级序的概念；

5.干涉色级序和色谱表、光程差公式；

6.掌握补色法则和熟悉常用补色器（石膏试板、云母试板、石英楔）

7.掌握正交偏光下主要光学性质的观察测定、矿片上光率体椭圆切面半径方位和名称测定、

矿物干涉色级序的测定、双折率的测定、消光类型、消光角、延性的测定、双晶观察。

二、教学重点及难点：1.正交偏光镜的装置及光学特点；

2.消光位的概念；干涉原理

3 干涉色及成因；

4.色谱表和补色法则的应用

5. 矿物干涉色级序的测定、双折率的测定、双晶观察。

三、教学方式：讲授、演示

四、素质（思政）内容与要求

1. 引导学生养成仔细严谨的学习习惯。

2. 锻炼学生分组协作、高效沟通的能力。

五、课时数：6

教学内容：

第一节 正交偏光装置及光学特点

正交偏光系统指在同时使用上、下两个偏光镜的情况下，观察和测定矿物光学性质的系统。在正交偏光系统下，通过下偏光镜的偏光，进入薄片，通过上偏光镜后到达目镜，将产生一系列光学现象。内容包括消光现象及消光位、干涉现象及干涉色、补色法则和补色器及正交偏光间主要光学性质的观测和测定。注意，在不放任何矿片时，通过下偏光镜的光波其振动方向与上偏光镜的振动方向互相垂直，光波不能通过，视域黑暗，以此可以检查上、下两个偏光镜的振动方向是否互相垂直。

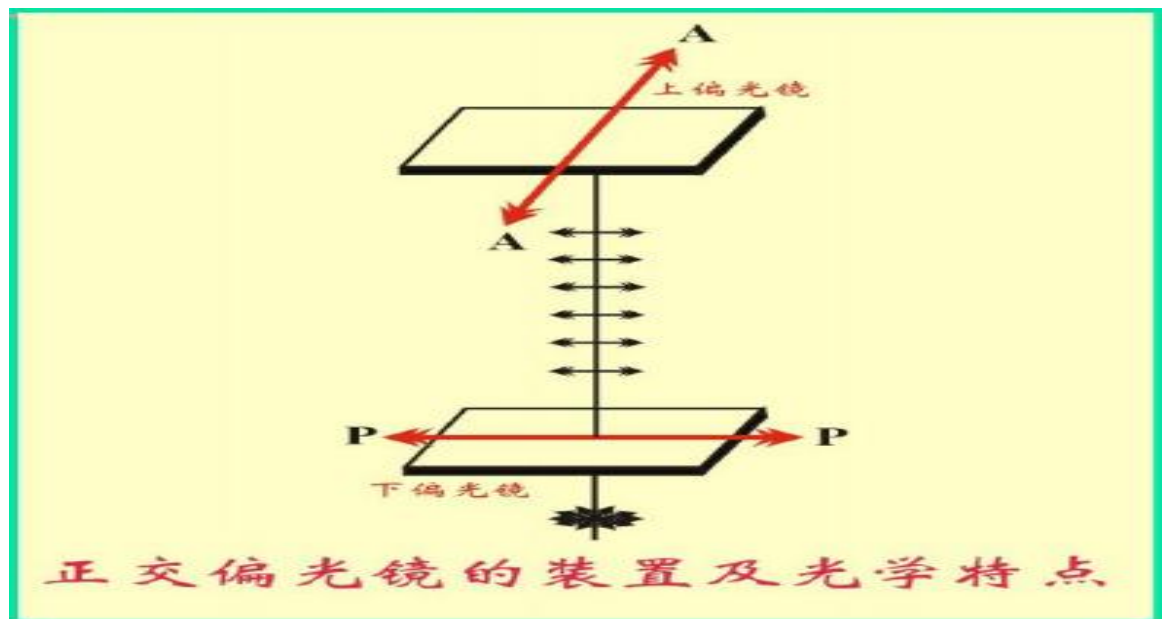
一、装置

自然光→下偏光镜→样品→物镜→上偏光镜(PP_{LAA})→目镜

二、光学特点

在不放任何矿片时，通过下偏光镜的光波其振动方向与上偏光镜的振动方向互相垂直，光波不能通过，视域黑暗。

当正交偏光镜间的物台放置矿片时，由于矿物性质和切面方向不同，显示不同的光学现象。



第二节 正交偏光镜间矿片的消光现象及消光位

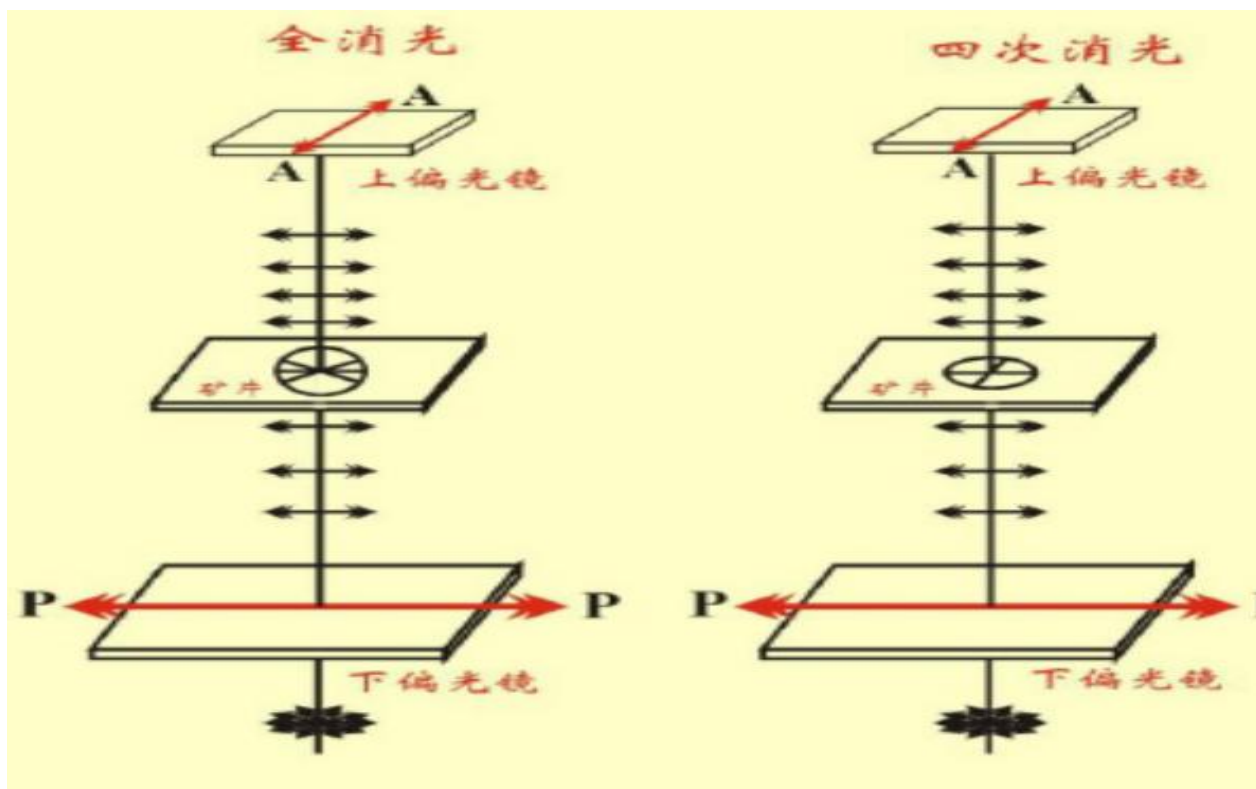
一、消光现象

矿片在正交偏光镜间呈现黑暗的现象。按其特点分为全消光和四次消光。

(1) 全消光：旋转物台一周，均质体或非均质体垂直光轴切片的消光现象（黑暗）不改变。

(2) 四次消光：旋转物台一周，非均质体晶体非垂直光轴切片的光率体椭圆半径有四次与下偏光镜平行的机

会，故出现四次黑暗（消光）现象。



二、消光位

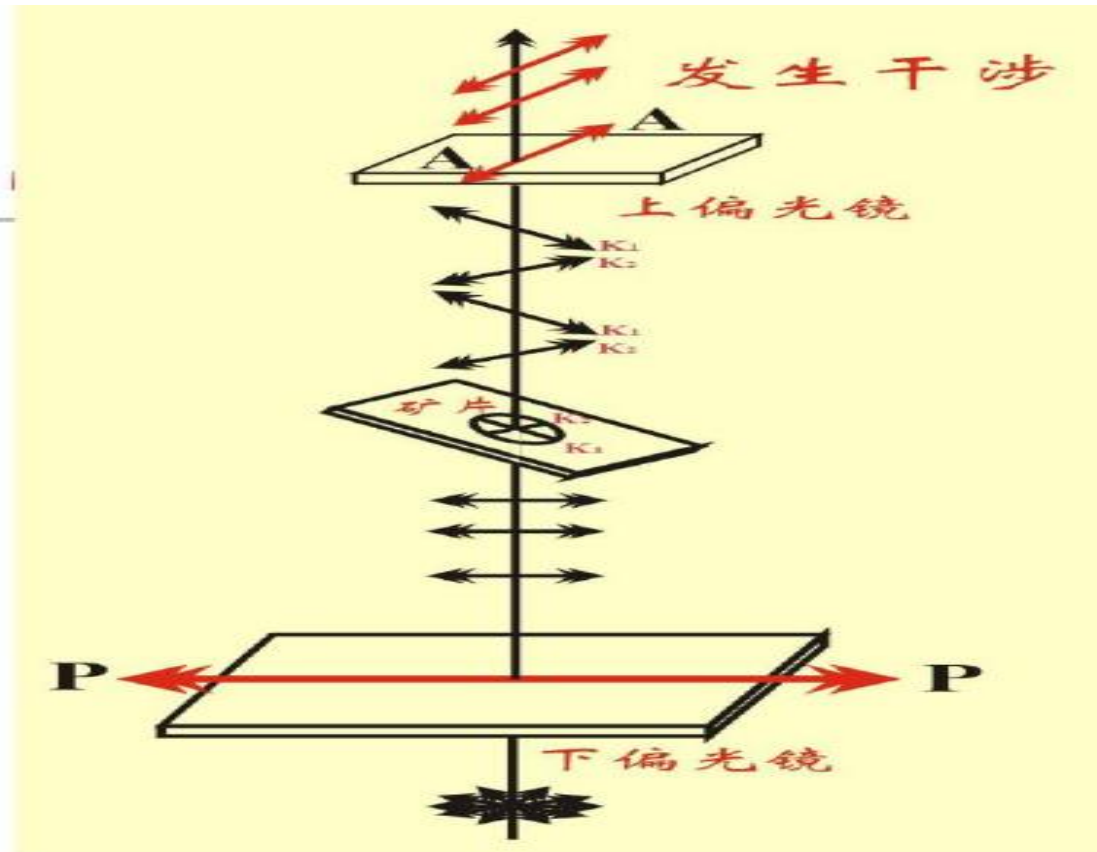
非均质体非垂直光轴切片在正交偏光镜间处于消光现象时的位置。

注意：矿片处于消光位时矿片光率体椭圆半径分别与上、下偏光镜的振动方向平行。

第三节 正交偏光镜间矿片的干涉现象

一、干涉作用：

非均质体晶体非垂直光轴的矿片，其光率体椭圆半径与上、下偏光镜振动方向斜交（即矿片不在消光）时，透过晶体分解的两束光波，频率相等，具有固定的光程差且在同一平面内振动（上偏光镜振动面），因此必然发生干涉作用。



光程 Nd : 光波在某一介质中所经历的几何路程 d 与介质的折射率 N 的乘积。

光程差 $R=d \cdot \Delta N$

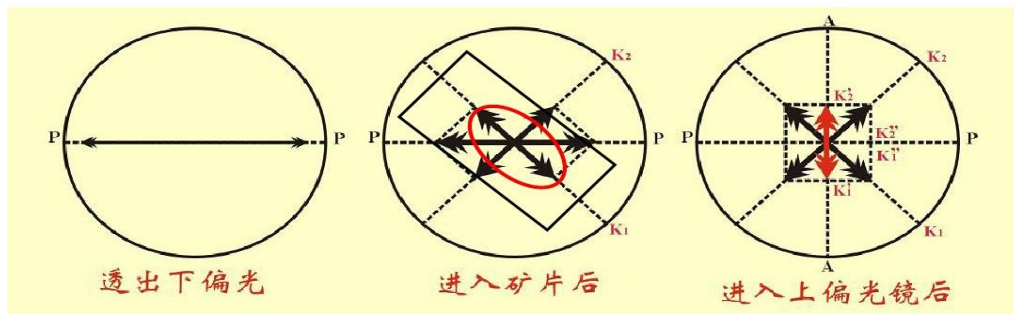
d 为矿片厚度; ΔN 为矿物的双折射率。

二、干涉现象

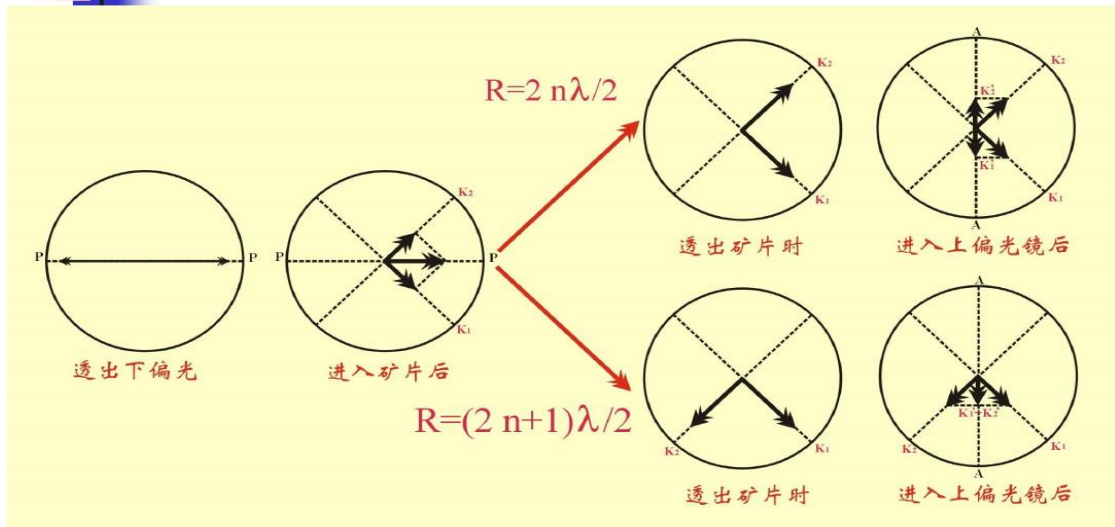
矿片的光率体椭圆半径与上、下偏光镜的振动方向成 45° 的位置时, 矿片最明亮。

干涉的成因

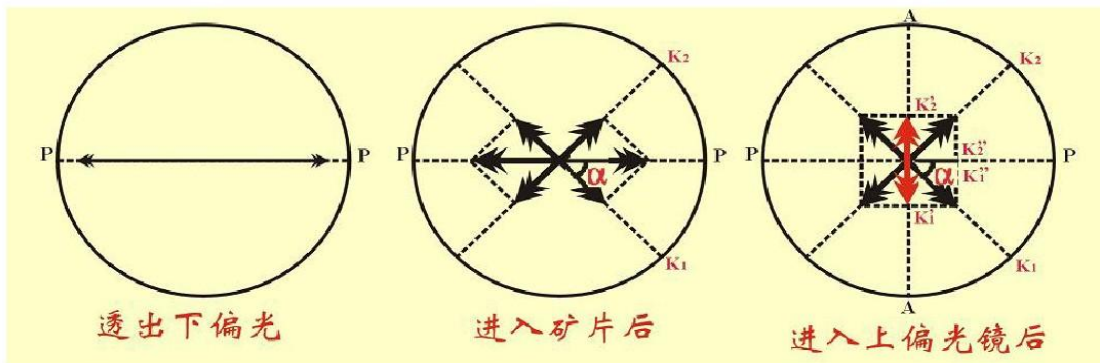
- K_1 、 K_2 由同一束偏光经两次分解而成, 其频率相同;
- K_1 、 K_2 固定的光程差
- K_1 、 K_2 在同一平面内振动



如果光源为单色光波，则当光程差为光波半波长的偶数倍时，干涉结果是二者相互抵消而变黑暗；而当光程差为光波半波长的奇数倍时，干涉结果是二者相互叠加，其亮度增加一倍(见下图)



矿片干涉结果的明亮程度除取决于光程差外，还与透过上偏镜两种偏光的振幅大小有关，其振幅越大亮度就越强。而这两种偏光的振幅大小则取决于矿片上光率体椭圆半径与上、下偏光镜振动方向之间的夹角。当它们之间的夹角为45度时，振幅最大，矿片最明亮。这时的矿片位置称45度位。(见下图)



干涉结果取决于光程差 R ，影响光程差 R 的主要因素有：(1) 矿物性质。(2) 矿物切面方向 (3) 矿片的厚度

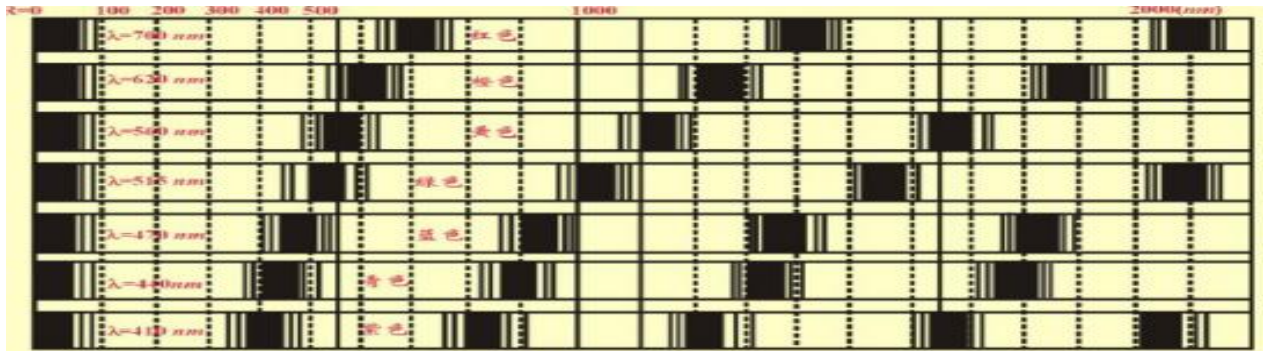
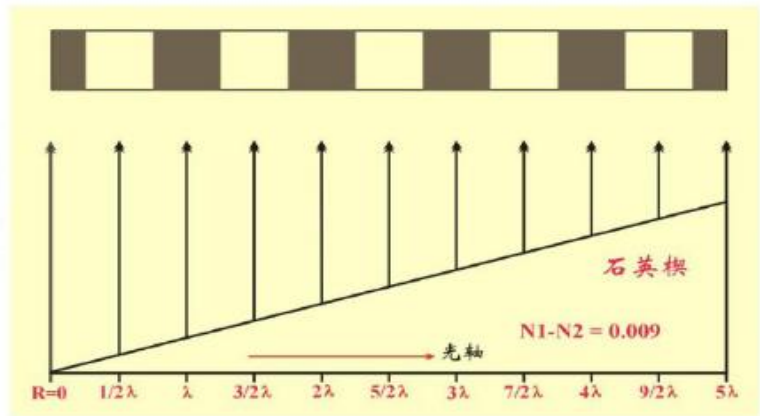
第四节 干涉色及干涉色色谱表

一、干涉色

白光通过正交偏光下的矿片后，经干涉作用形成的颜色。

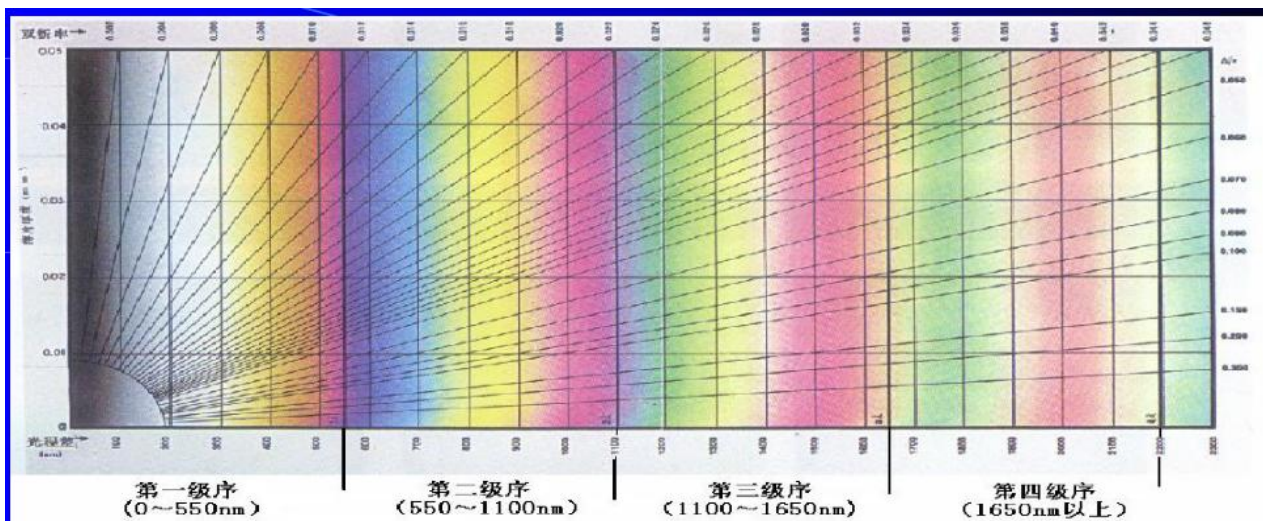
1、干涉色

如果光源为单色光，在正交偏光镜间，在45度位时插入石英楔，随着石英楔的慢慢推入，视域内依次出现明暗相间的干涉条带。亮带代表增强，暗带代表减弱。



如果光源为白光时，在正交偏光镜间，在45度位时插入石英楔，随着石英楔的慢慢推入，视域内出现的不是暗相间的干涉条带，而是不同的颜色。

72%



二、干涉色与矿片颜色的区别

- (1) 干涉色是光的干涉作用形成的；矿片的颜色是物体对光的选择性吸收产生的。
- (2) 干涉色是未被抵消的单色光的综合；矿片的颜色是未被吸收的单色光的综合。（混合互补原理）
- (3) 干涉色反映了矿物薄片光程差的大小；而矿片的颜色不能。
- (4) 干涉色在正交偏光系统下观察；矿片的颜色在单交偏光系统下观察。

三、干涉色色序与级序

(1) 色序：颜色的排列顺序，相邻两个干涉色改变→一个色序的改变。

(2) 级序：以紫红色为界（灵视色）。

（550nm 为一个级序）

第一级序：光程差从 0→550nm

干涉色：暗灰→灰白→黄→橙→紫红

第二级序：光程差从 550nm→1100nm

干涉色：蓝→绿→黄→橙→紫红

特点：色调浓而纯，比较鲜艳，干涉色条带的界线较清楚。

干涉色：蓝→绿→黄→橙→紫红

特点：色调比较浅、淡。

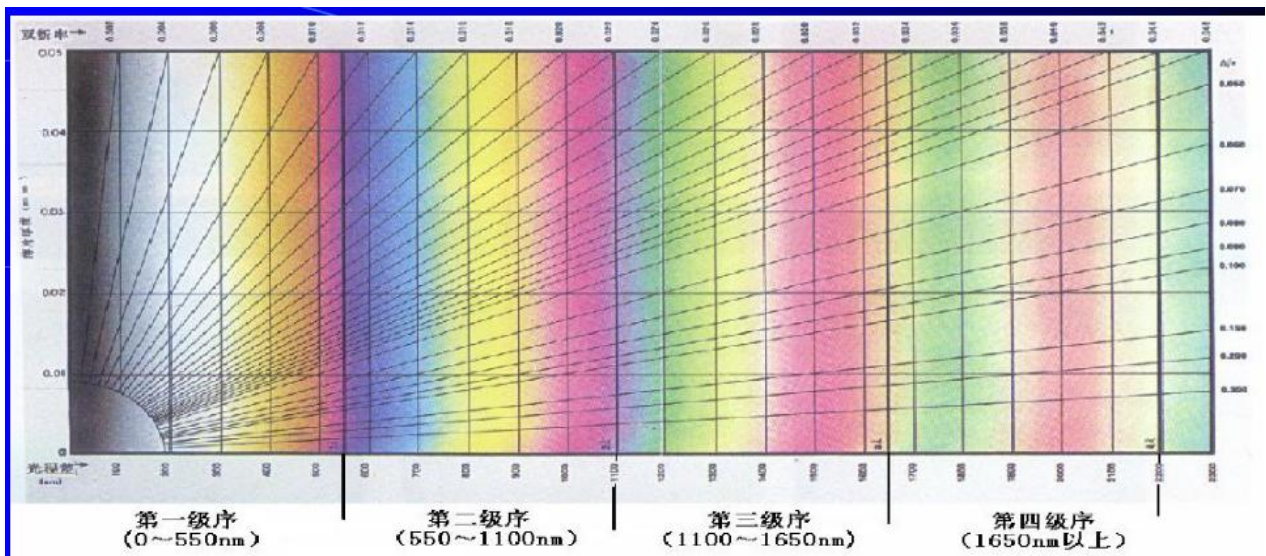
第四级序：光程差> 1650nm

当光程差个个时，干涉色为高级白。

高级白：更高级序各色光波混杂形成一种与珍珠表面相似的亮白色。

所以矿片干涉色级序和色序取决于光程差 R。由 $R = d \cdot \Delta n$ ，即取决于（1）矿物性质（2）矿物切面方向（3）矿片的厚度

同一矿片，平行光轴或光轴面具有最大双折率，呈现最高干涉色。



四、干涉色谱表

(1) 概念：表示干涉色级序、双折率、矿片的厚度之间关系的图表。

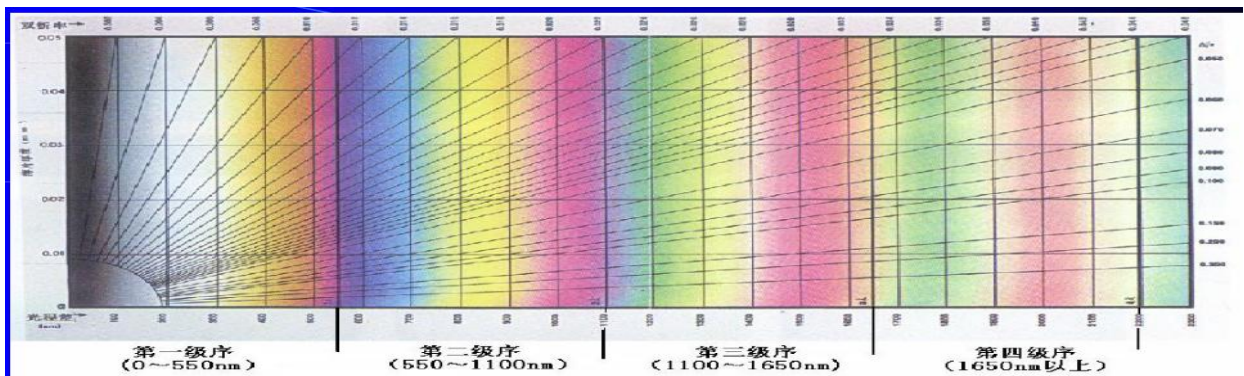
(2) 构成

横坐标：光程差 R 从 0→2300nm

纵坐标：矿片厚度 d: 0.01→0.05mm

一般取 0.03mm

斜线：表示双折率的大小 (0.002→0.300)



(3) 用途

- ①测定最高干涉色
- ②求最大双折率
- ③求薄片的厚度

问题：如何区分高级白与第一级序的灰白？（加入试板后干涉色基本不变即为高级白。）

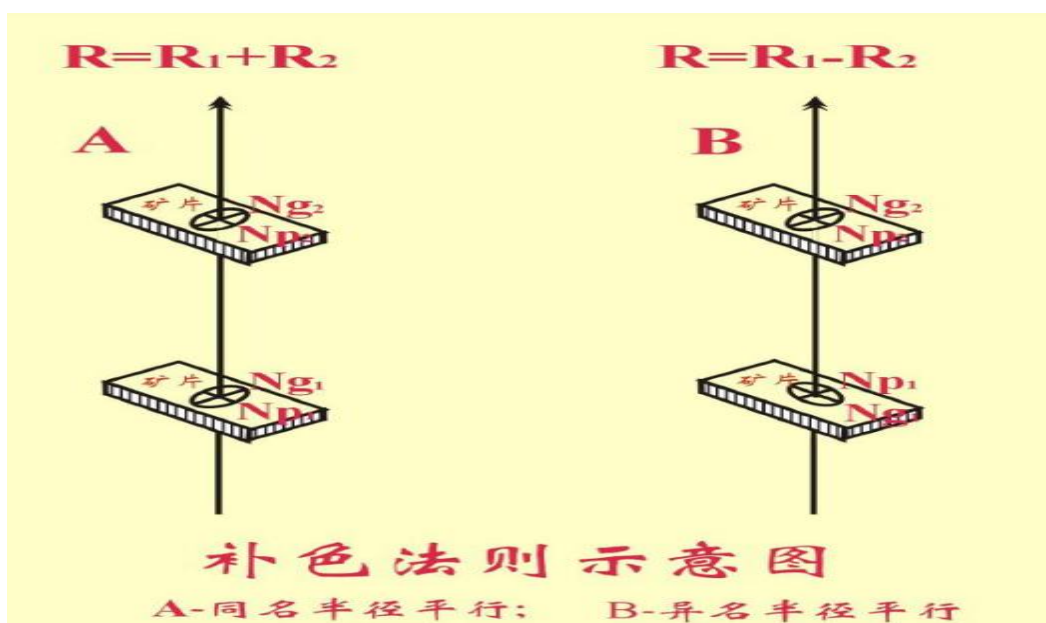
第五节 补色法则和补色器

一、补色法则

(1) 补色法则：在正交偏光镜间的 45° 位置，放置两个互相重迭的非均质体矿片(垂直光轴 方向切片除外)，光通过这两个矿片后，它们总的光程差增减的法则。

在正交偏光镜间，两个非均质体任意方向的切片（除垂直光轴以外的），在 45° 位置重叠时，两矿片光率体椭圆半径同名半径平行，总光程差等于原来两矿片光程差之和，表现为干涉色升高。异名半径平行时，总光程差等于原来两矿片光程差之差，其干涉色降低（比原来高的干涉色降低，比原来低的干涉色不一定降低）。

当异名半径平行时，如果总光程差等于零，那么矿片就会变成灰黑色，此现象就是矿片消色。



二、几种常用的补色器（已知光率体的椭圆半径名称和光程差）

(1) 石膏试板 (λ)

光程差为550 nm，在正交偏光 45° 位置时，呈现一级紫红干涉色，使矿片升高或降低一个级序。如矿片干涉色为一级灰，升高变为二级蓝，降低变为一级黄。

(2) 云母试板 ($1/4\lambda$)

光程差为147nm，使矿片升、降一个色序。如矿片为一级紫红，升高变为二级蓝，降低变为一级橙黄。

思考：如矿物颗粒干涉色为灰色，加入云母试板后干涉色的变化？

(3) 石英楔

光程差为0至1680 nm，在 45° 位置时依次产生一级到三级干涉色。同名半径平行，干涉色不断升高。异名半径平行时，干涉色不断降低。

主要的用途？

$$R=R_1-R_2=0$$

$$R_1=R_2$$

消色：当补色器与矿片的异名半径平行，且两者光程差相等时，矿片产生的干涉色消去的现象。

第六节 正交偏光镜间主要光学性质

一、非均质体矿片上光率体椭圆半径方向及名称的测定

方法：（1）选切面→视域中心→消光位

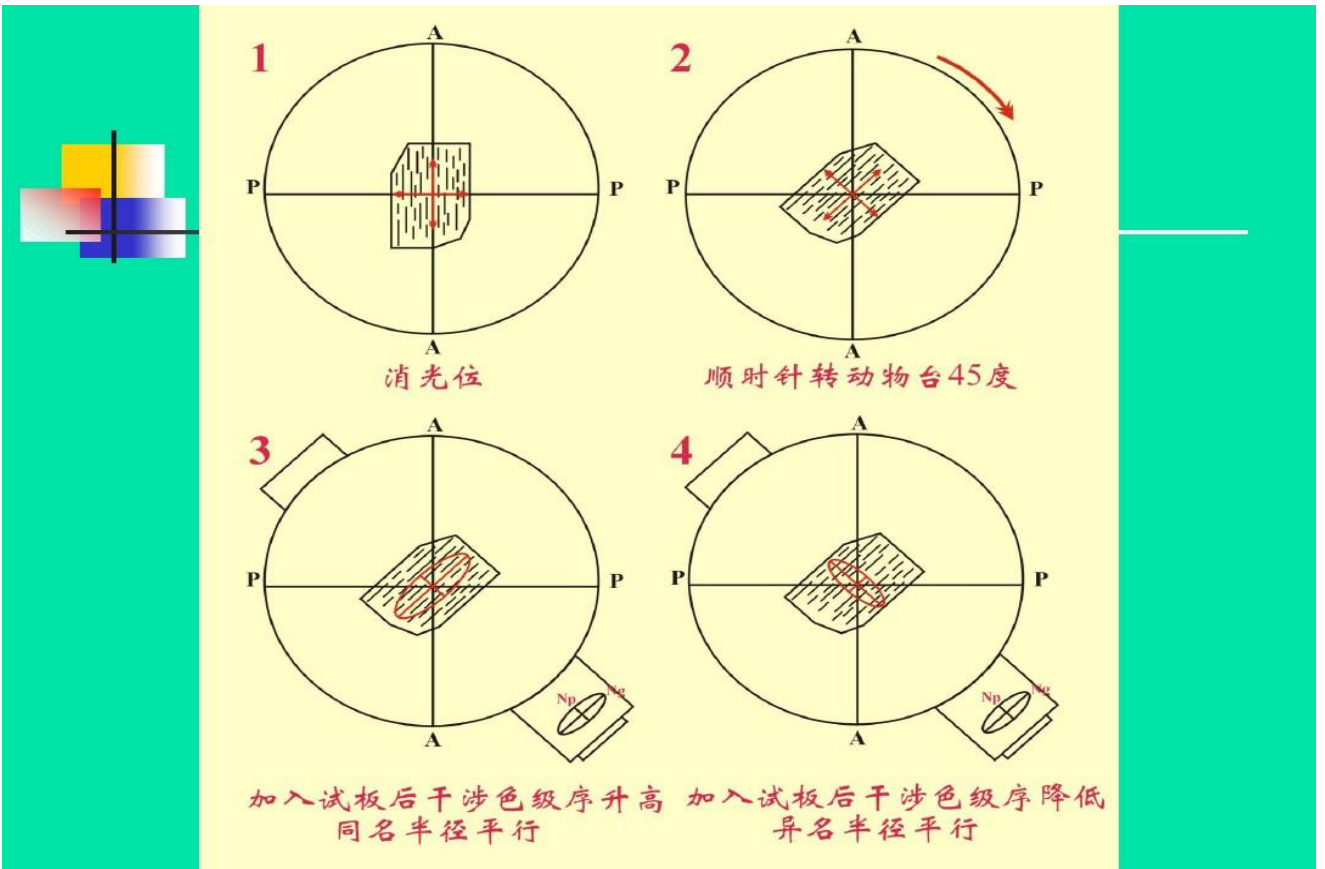
（椭圆半径平行 AA、PP）

（2）旋转物台 45° （干涉色最亮）。

（椭圆半径与 AA、PP 成 45° ）

（3）插入试板，判断干涉色升高或降低。

（4）补色法则判定→确定椭圆半径方向及名称。



试板选用及干涉色升降判断

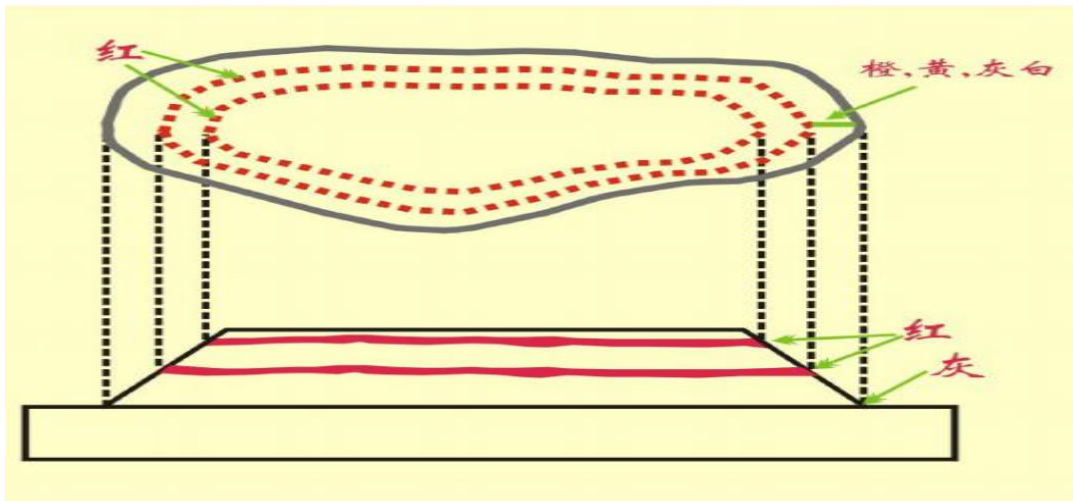
①干涉色在二级黄以下，选用石青试板，如原来矿片干涉色为一级灰，加入石青试板后，升高为二级蓝，降低为一级黄。②干涉色在二级黄以上，选用云母试板，如原来矿片干涉色为二

级黄，升高为二级紫红，降低为二级绿。

二、最高干涉色的测定

1、楔边形法

- (1) 选择切面→//光轴或光轴面（在单偏光下多色性最明显）
- (2) 置视域中心→从消光位转 45°，观察主体颜色。
- (3) 观察切面边缘→切面中心紫红色出现的次数 n。
- (4) 确定干涉色级序为 n+1。



2、试板法

- (1) 选择切面→∥光轴或光轴面（在单偏光下多色性最明显）
- (2) 置视域中心→从消光位转 45°，观察主体颜色。分别插入石膏试板或云母试板。
- (3) 由补色法则确定干涉色级序。

3、石英楔法

- (1) 选择切面→∥光轴或光轴面（在单偏光下多色性最明显）
- (2) 置视域中心→从消光位转 45°，记录干涉色的色调。
- (3) 45°位置慢慢插入石英楔（0→1650nm），干涉色变化，找到消色位：①若同名半径平行，干涉色升高，没有消色位，转物台 90°，异名半径平行，再找消色位。②若异名半径平行，找到消色位。
- (4) 从消色位慢慢拉出石英楔，记录紫红色出现的次数 n 。则干涉色级序为 $n+1$ 。

三、测定最大双折率

根据 $R=d(N_1-N_2)$ 测定，而且要测定最大双折率才有意义。平行光轴或光轴面切面的双折率最大，这种切面干涉色最高，多色性最明显。

(1) 光程差的测定：测定最高干涉色，在干涉色色谱表上求出相应的光程差。

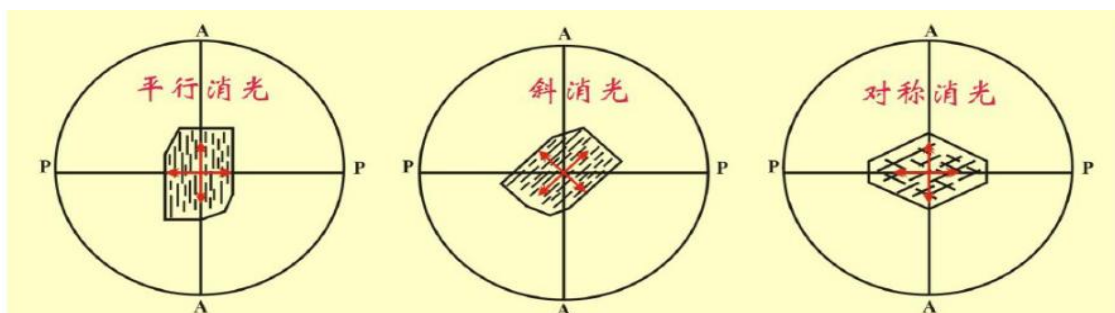
(2) 矿片厚度：一般为 0.03mm。

(3) 在色谱表上查未知矿物的双折率，或根据 $R=d(N_1-N_2)$ 计算。

四、消光类型

根据矿片在消光位时，解理缝、双晶缝及晶面迹线等与目镜十字丝之间的关系

- (1) 平行消光
- (2) 斜消光
- (3) 对称消光



五、矿物延性符号的测定（对柱状矿物）

延性符号的规定：

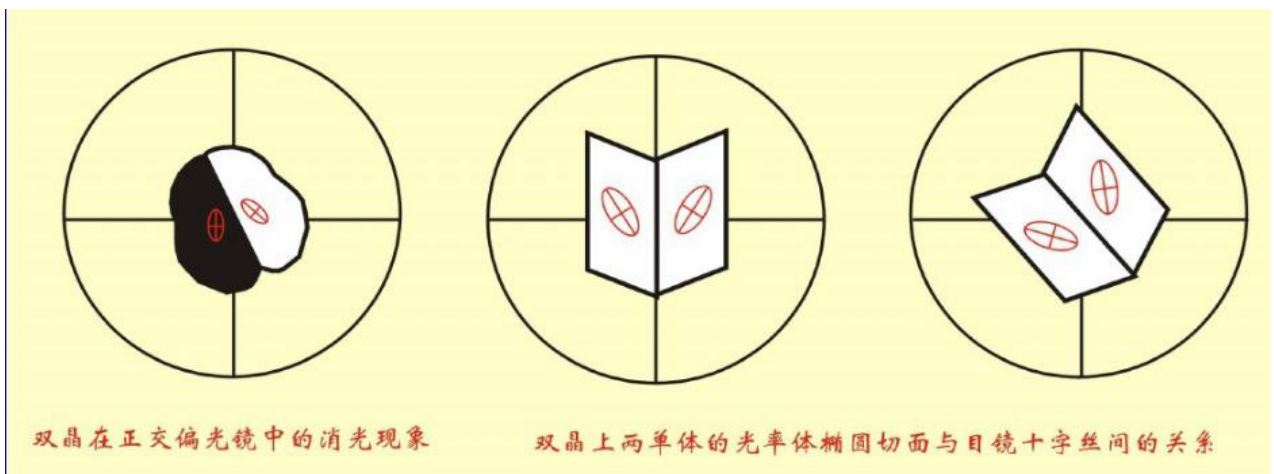
正延性：长条状矿物切面，其延长方向或解理缝方向与光率体椭圆长半径 N_g 或 N_g' 平行或其夹角小于 45° ；

负延性：长条状矿物切面，其延长方向或解理缝方向与光率体椭圆短半径 N_p 或 N_p' 平行或其夹角小于 45° 。

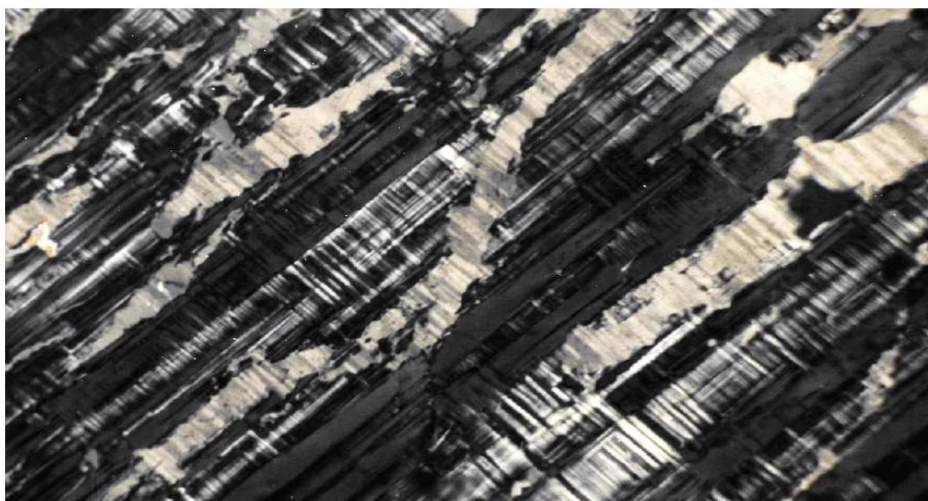
当两者的夹角为 45° 时，延性可正可负。

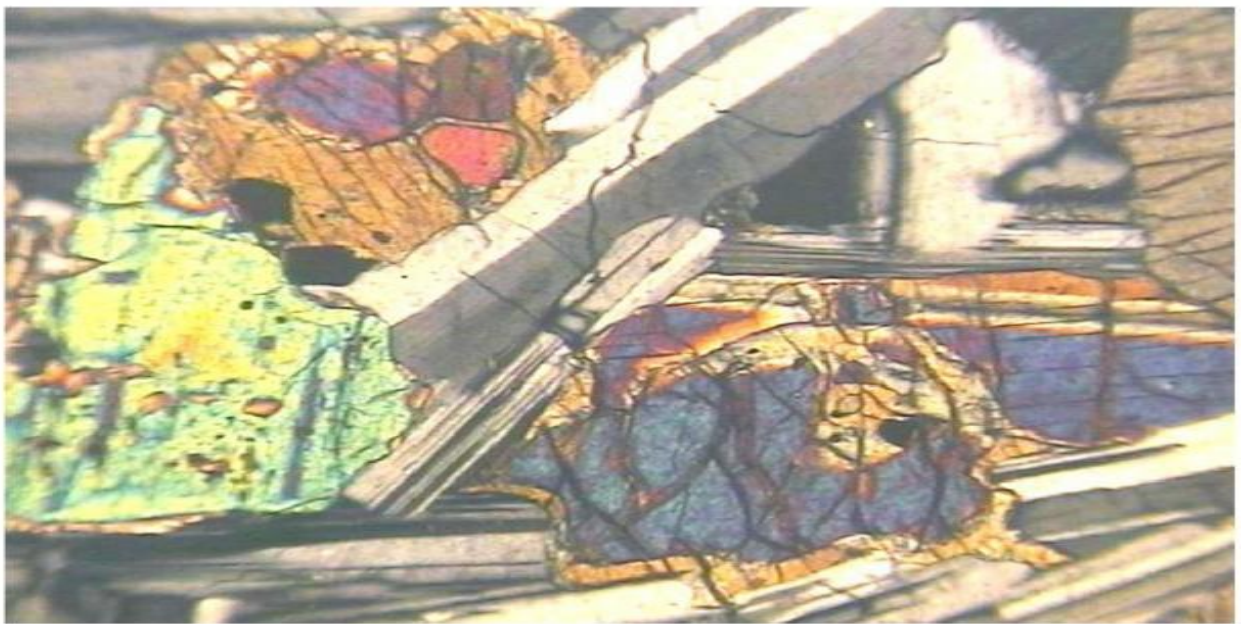
六、双晶的观察

双晶中两个或两个以上的单体在正交偏光下不可能同时消光，呈现一明一暗的现象。



微斜长石的格子状双晶





实验一、偏光显微镜的调节与校正

课题：偏光显微镜的调节与校正

学时：2 学时

实验目的和要求：熟悉偏光显微镜的构造；各部件名称及性能；熟练掌握偏光显微镜的调节和校正

教学重点及难点：偏光显微镜的调节和校正

教学方式：实训

实验内容：

实验一 偏光显微镜的调节及校正

一 目的：

熟悉偏光显微镜的构造，了解掌握偏光显微镜的调节和中心校正等操作方法。

二 实验过程：

1、偏光显微镜的调节

2、偏光显微镜的中心校正

三 问题

偏光显微镜和普通显微镜有什么区别？

实验二、晶体在单偏光下的观察

课题：晶体在单偏光下的观察

实验目的和要求：1、在单偏光下认识晶体形态、解理、颜色、多色性、吸收性等性质。

2、熟悉晶体的突起等级、糙面、贝克线及掌握比较晶体折射率的方法。

教学重点及难点：在单偏光下认识晶体形态、解理、颜色、多色性；从贝克线的移动比较晶体折射率的方法

学时：2 学时

教学方式：实训

实验内容：

实验二 晶体在单偏光下的观察

一 目的：

1. 在单偏光下认识晶体形态、解理、颜色、多色性、吸收性等性质。
2. 熟悉晶体的突起等级、糙面、贝克线及掌握比较晶体折射率的方法。

二 内容：

1. 分别观察石英、角闪石、辉石、石榴石、萤石晶体的形态、解理、颜色、多色性及吸收性。
2. 观察上述晶体突起等级，并根据贝克线的移动方向判断突起正负。

三 实验记录表格

实验晶体名称	形态	解理	颜色	突起等级	贝克线移动情况	多色性
石英						
角闪石						
辉石						
石榴石						
萤石						

四 问题

1、岩石薄片，矿物的突起高低取决于什么因素？如何区分正负突起？

2、矿物的多色性在什么方向切面上最明显？为什么？测定一轴晶和二轴晶矿物的多色性公式，需要选择什么方向的切面？

第五章 锥光镜下的晶体光学性质

一、教学目的和要求：1.掌握锥光镜的装置、特点及干涉图的概念；

2.掌握一轴晶干涉图中垂直 OA 切面干涉图的图象特点、成因及应用和平行 OA 切面干涉图的图象特点及应用；

3.了解斜交 OA 切面干涉图的图象特点及应用

二、教学重点及难点：1.一轴晶干涉图中垂直 OA 切面、平行 OA 切面和斜交 OA 切面干涉图的图象特点及应用

三、教学方式：讲授、演示

四、素质（思政）内容及要求：1.引导学生形成团结互助、共同学习的习惯。

2.激发学生的求索创新意识。

五、课时数：6

教学内容：

第一节 锥光镜的装置及特点

1 锥光镜的装置

自然光→下偏光镜→样品→聚光镜→高倍物镜→上偏光镜(PP⊥AA)→勃氏镜→目镜

(1) 在正交偏光的基础上，加上聚光镜。(2) 使用高倍物镜，通常是 40 倍以上。(3) 加上勃氏镜

2 锥光镜的特点

1) 聚光镜的作用：使平行偏光变成锥形偏光。

2) 勃氏镜或取去目镜作用：放大干涉图。

3) 高倍物镜作用：使图象更清晰。

3 观察干涉图应注意的问题：

(1) 首先使用低倍或者中倍物镜找到所需观察的矿物颗粒，置于视域中心后，换用高倍物镜。

(2) 换用高倍物镜后，检查是否已准焦，准焦应注意物镜不要与薄片相碰。

(3) 加上载物台下的聚光镜后，要把聚光镜上升到最高位置，但不要与薄片相碰。

(4) 检查高倍物镜是否需要校正中心。

(5) 干涉图是消光和干涉效应的总和。

4 光学特点

(1) 均质体：不显示干涉图

均质体：光学性质各方向一致。任何方向的入射光都不发生双折射，不会产生干涉图。

(2) 非均质体：能形成干涉图，其干涉图特点随矿物的轴性和切面方向而异。

非均质体：光学性质随方向而异。在锥光系统中，观察到的是锥形偏光束中各个不同方向的入射光波，通过晶体到达上偏光镜后产生的消光现象和干涉现象的总和，它们构成一种特殊的图形，称为干涉图。

5 用途（锥光系统）

通过观察干涉图的特点，确定矿物的轴性、光性符号、光轴角的大小（对 B）和切面方位。

第二节 一轴晶干涉图

1、垂直光轴切面的干涉图

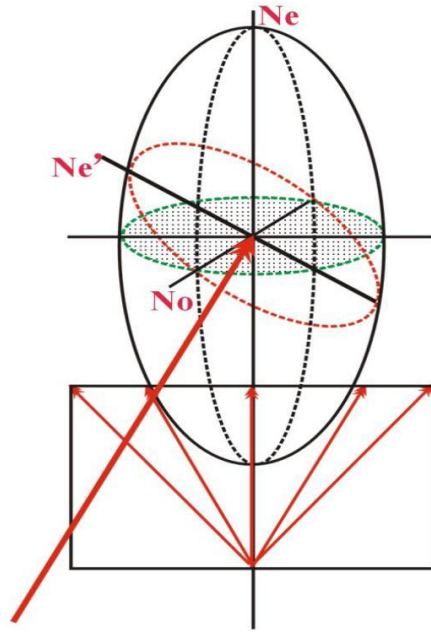
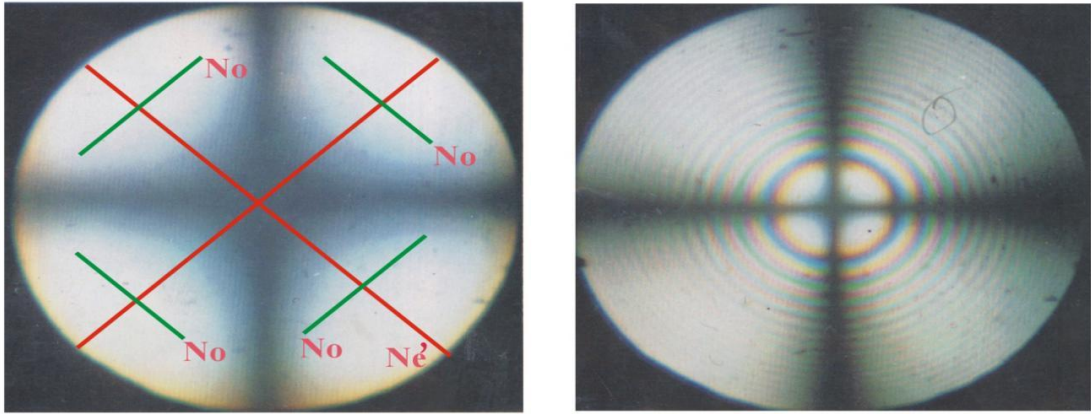
(1) 图像特点

① 由黑十字和同心圆状的干涉色圈组成，黑十字交点位于十字丝中心。

② 干涉色圈以黑十字交点为中心，成同心环状。干涉色圈的多少，取决于矿物双折率的大小及矿片厚度。

③ 转动物台 360°，干涉图不发生变化。

(2) 成因



注意:黑十字交点位于视域中心,是光轴的出露点,两条黑带分别平行上下偏光镜的振动方向,干涉色色圈从中心向

外干涉色级序升高。

(3) 应用

1、确定轴性和切面方向

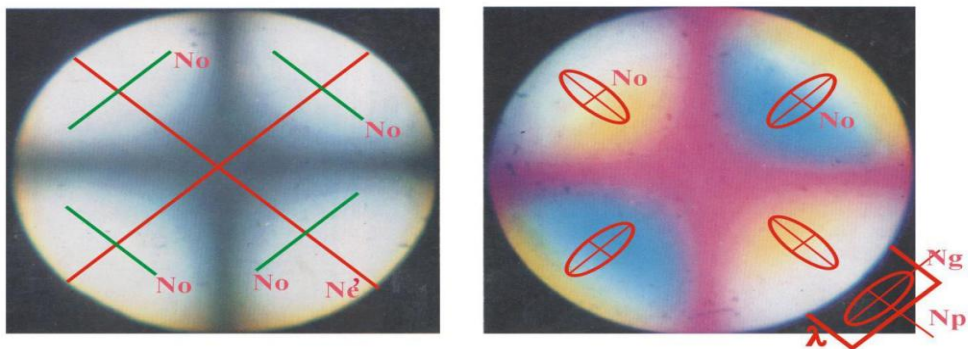
根据图像特点,可确定为一轴晶垂直光轴的切面。

2、测定光性符号

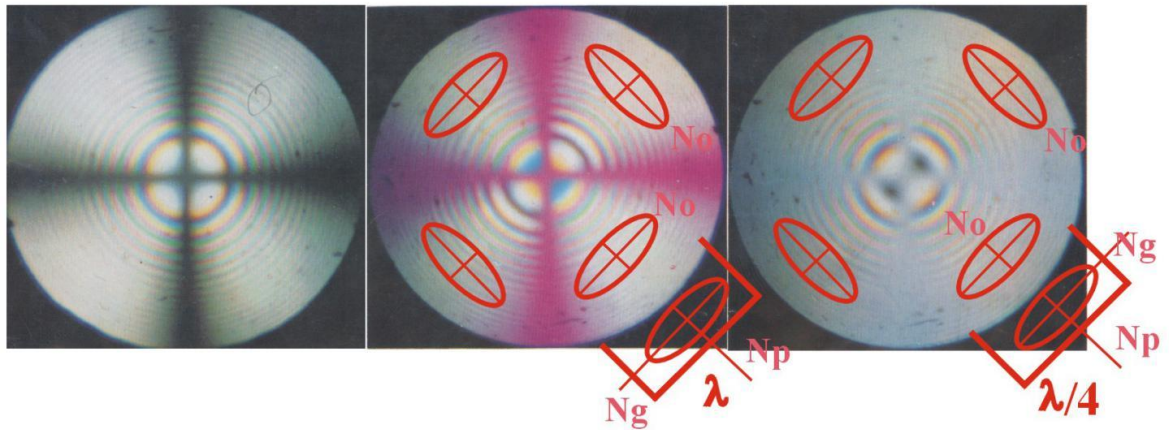
$Ne > No$: 正光性

$Ne < No$: 负光性

石英垂直光轴切面的光性确定



方解石垂直光轴切面的光性确定



3、加入试板判断光性正负：

一级灰干涉色加石膏试板，判断与正交偏光的情况相同。蓝—升高，黄—降低。

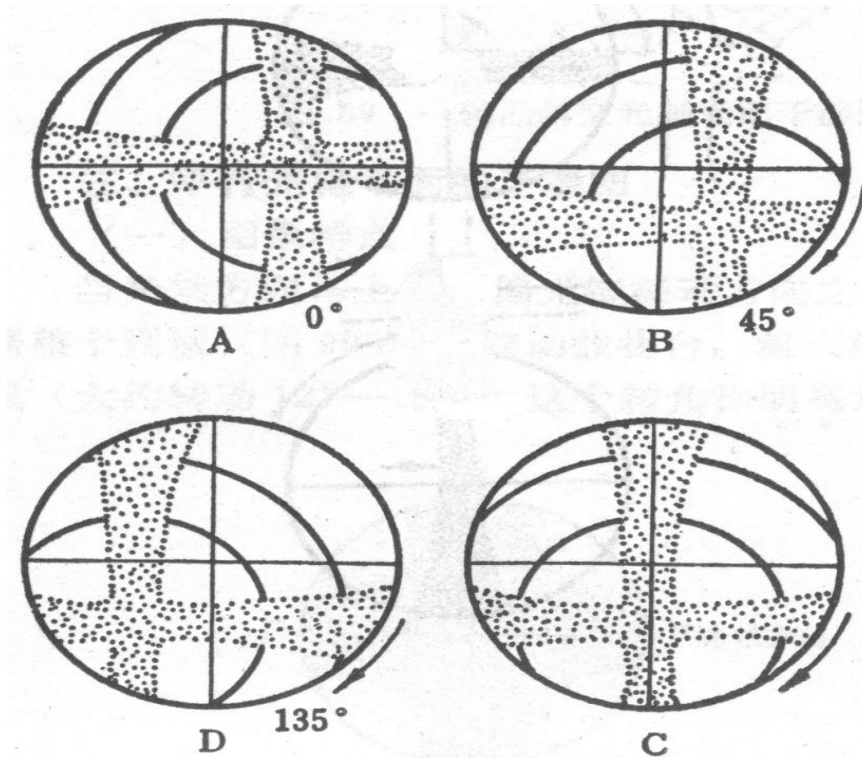
干涉色圈较多时，加云母试板（升降一个色序）。这时，升高区域的干涉色环向内移动，降低区域的干涉色环向外移动。

即加入石膏试板或云母试板，有补色法则判断干涉色升高或降低，如一、三象限干涉色升高为正光性；如一、三象限干涉色降低为负光性；

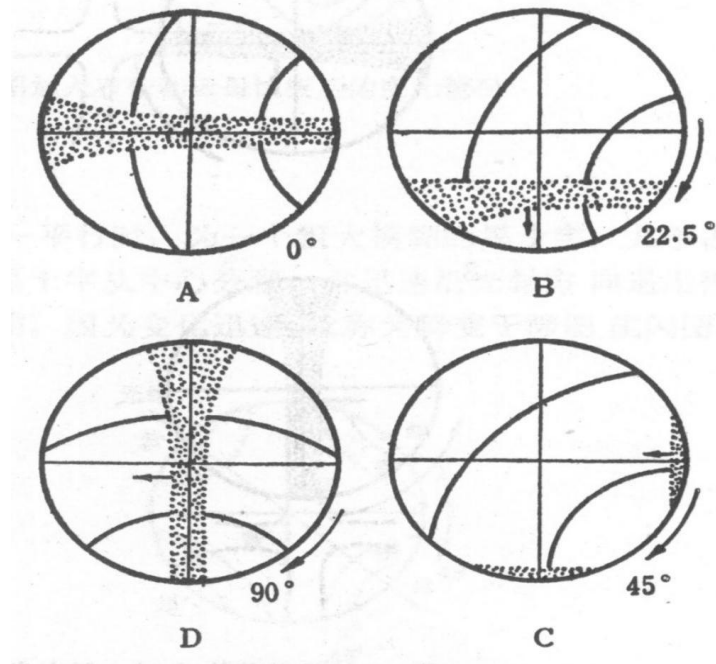
3、斜交光轴切面干涉图

图像相当于垂直光轴的一部分，也即斜交光轴切面的干涉图是由不完整的黑十字和不完整的干涉色圈组成。这种切面也可用于确定轴性及切面方向，测定光性符号，但关键是需要确定光轴出露点及对应的四个象限。其判别方法同垂直光轴切面干涉图。

1) 光轴倾角不大时，光轴出露点仍在视域中心，四个象限也比较清楚，很容易判别。（见下图）



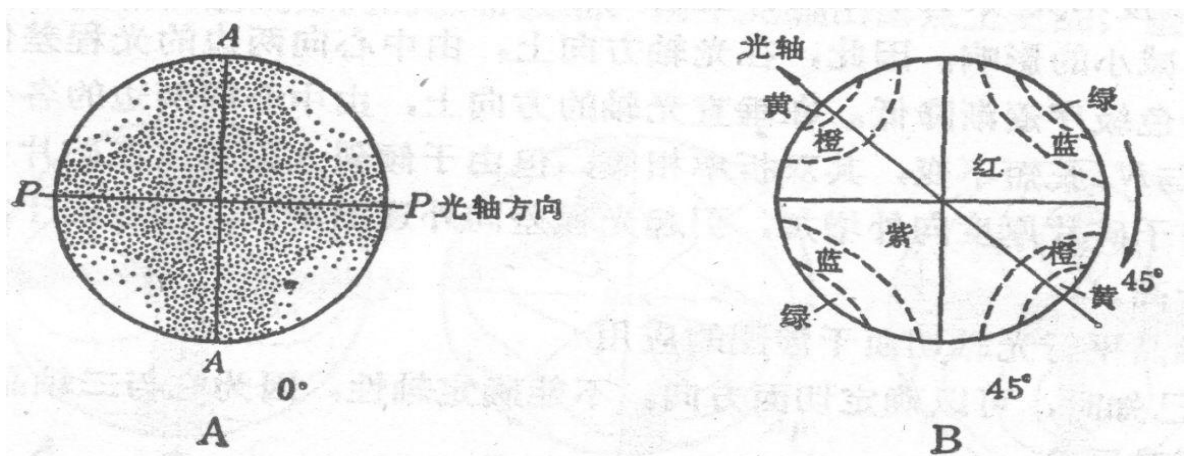
2) 光轴倾角较大时，光轴出露点已不在视域中心，也没有黑十字存在，只有一根黑带。这种情况下，需要确定光轴出露点位置及象限归属，然后才能判别相应性质。（见下图）



3、 平行光轴切面的干涉图

当光轴方向与上下偏光镜振动方向之一平行时，为一粗大的模糊的黑十字，转动载物台，粗大黑十字从中心分裂，并迅速沿光轴方向退出视域。在轴性已知的情况下，可以用于确定切面方向和光性符号。

一轴晶平行光轴切面的干涉图



第三章 锥光镜下的晶体光学性质

课题：第三节：一轴晶干涉图

教学目的和要求：掌握二轴晶干涉图中垂直 Bxa 切面、垂直 OA 切面、平行 OAP 切面干涉图的图象特点及应用

教学重点及难点：二轴晶干涉图中垂直 Bxa 切面干涉图的图象特点及应用

学时：2 学时

教学方法及手段：讲授

教学过程：

第三节 二轴晶干涉图

1、垂直锐角等分线($\perp Bxa$)切面的干涉图

(1) 图像特点

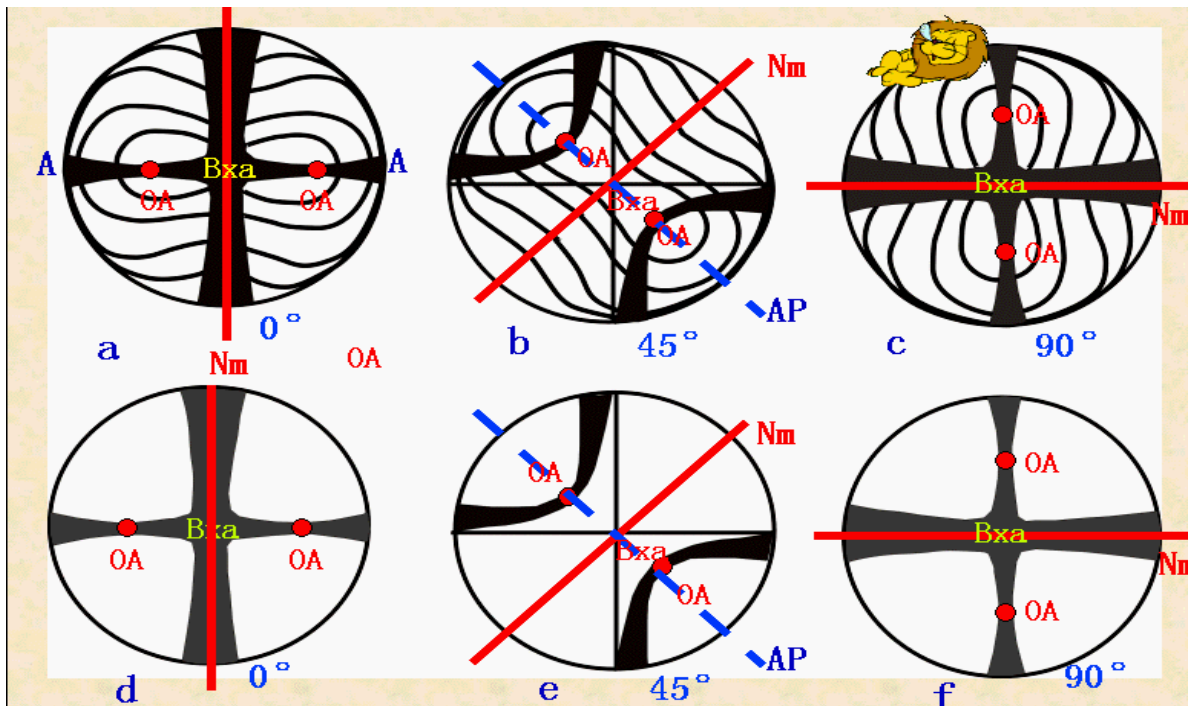
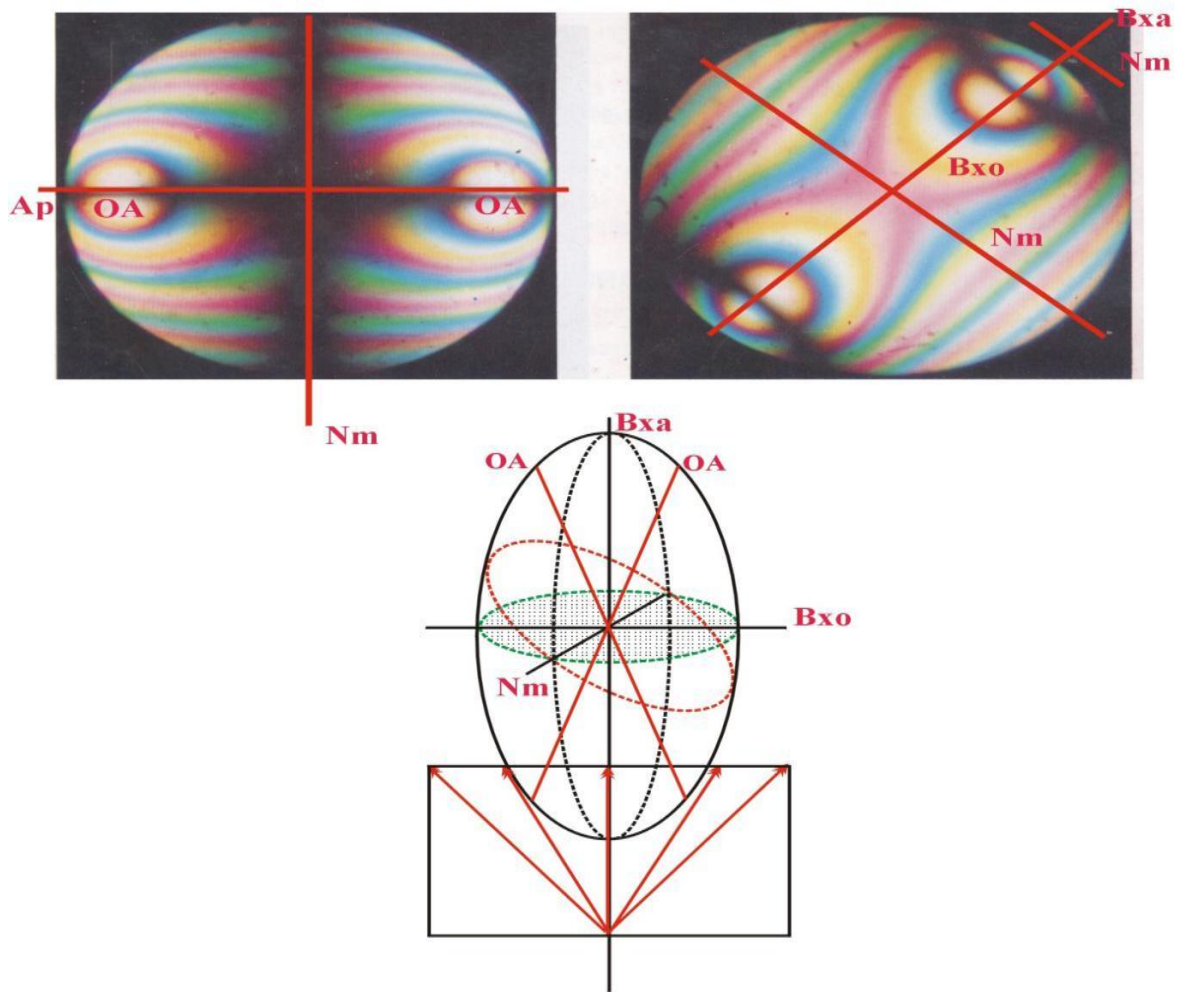
① 当光轴面与上下偏光镜振动方向之一平行时，干涉图由黑十字和“ ∞ ”干涉色圈组成，干涉色圈的多少，取决于矿物双折率的大小及矿片厚度。

② 转动载物台，黑十字从中心分裂形成两个弯曲的黑带，当光轴面与上下偏光镜振动方向成 45° 夹角时，两个弯曲的黑带顶点之间距离最远。

③ 转动载物台 90° 时，弯曲黑带又合成黑十字，但其粗细黑带已更换了位置。

0° 位:光轴面 AP 与 AA 或 PP 之一平行。

45° 位：光轴面 AP 与 AA 或 PP 之一成 45°。



(3) 应用

a) 确定轴性和切面方向

根据图像特点,可确定为二轴晶垂直锐角等

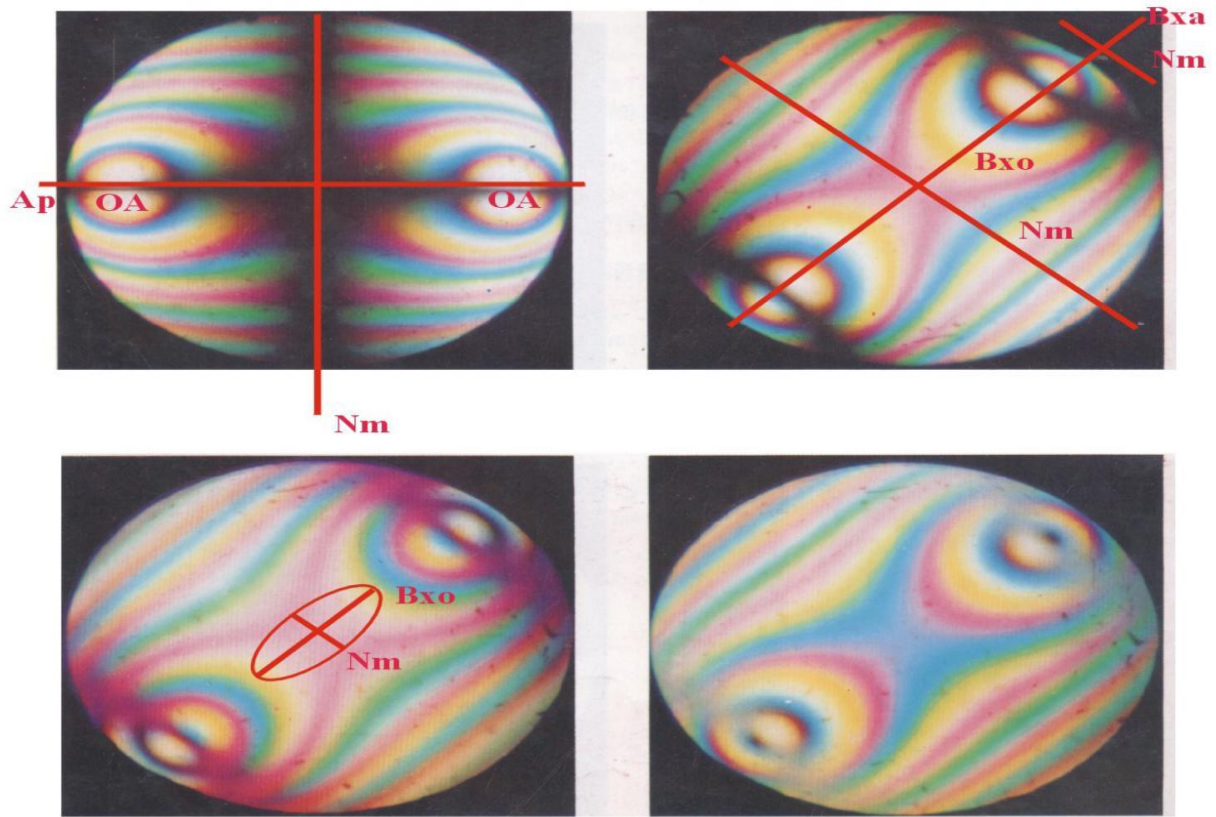
分线($\perp Bxa$)的切面。

b) 测定光性符号

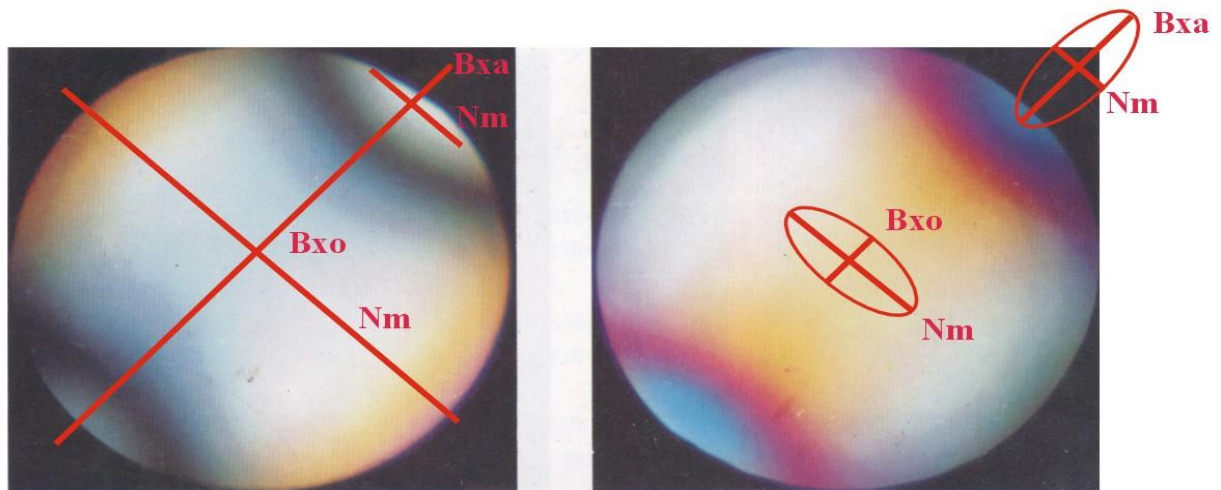
$Bxa = Ng$: 正光性

$Bxa = Np$: 负光性

二轴晶垂直 Bxa 切面干涉图的特征



二轴晶垂直 Bxa 切面干涉图在 45° 位时光率体椭圆半径的分布及光性符号的测定



c) 测定方法

确定弯曲黑带围绕的区域干涉色升降，干涉色升高， $Bxa = Ng$ ，正光性。干涉色降低， $Bxa = Np$ ，负光性。确定

干涉色升降方法与一轴晶垂直光轴切面的方法相同。

2、垂直一个光轴切面的干涉图

(1) 图像特点

- ① 图像特点相当于垂直锐角等分线($\perp Bxa$)切面的干涉图的一半。
- ② 当光轴面与上下偏光镜振动方向之一平行时，干涉图由一条直的黑带和卵形干涉色圈组成。
- ③ 转动载物台，黑带发生弯曲，这是与一轴晶垂直光轴切面干涉图的区别之一。

(2) 应用

a) 确定轴性和切面方向

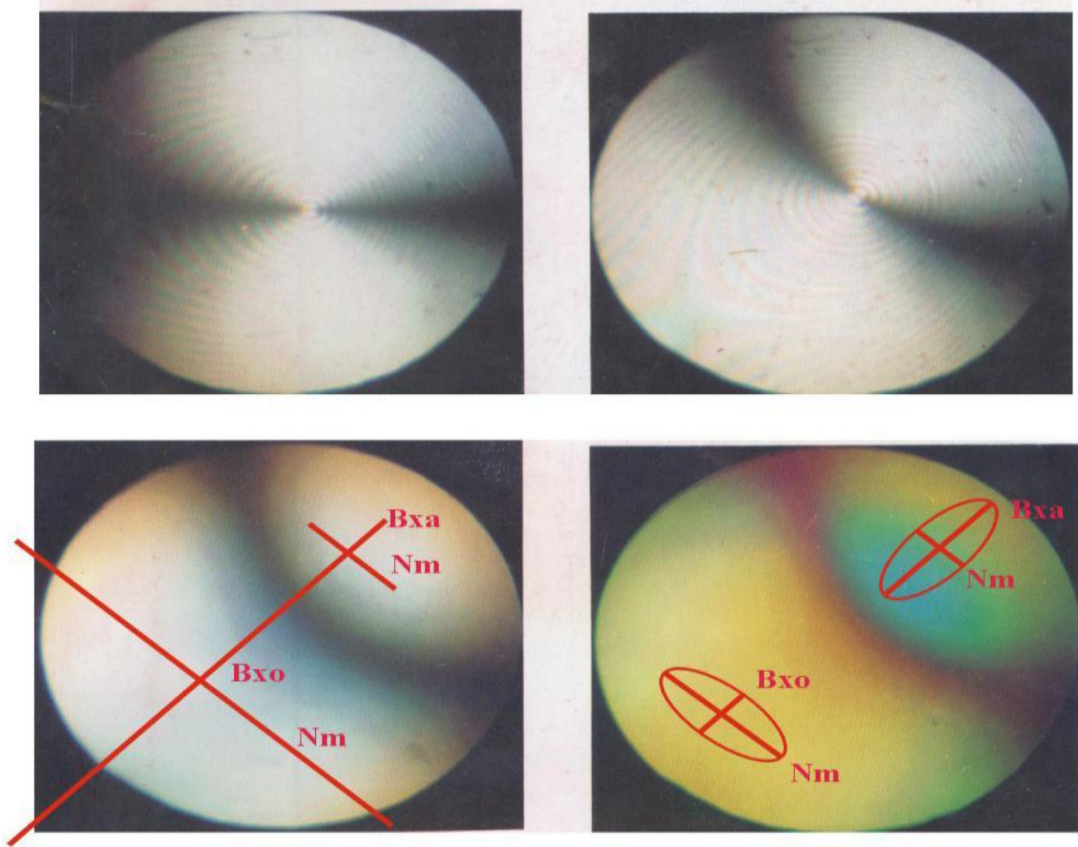
根据图像特点,可确定为二轴晶垂直一个光轴的切面。

b) 测定光性符号 $Bxa = Ng$: 正光性 $Bxa = Np$: 负光性

c) 估计光轴角的大小

当光轴面与上下偏光镜振动方向成 45° 夹角时，黑带的弯曲程度与光轴角大小成反比，光轴角愈大，黑带的弯曲程度愈小。

二轴晶垂直一根光轴切面干涉图的特征及其光率体椭圆半径分布、光性符号测定

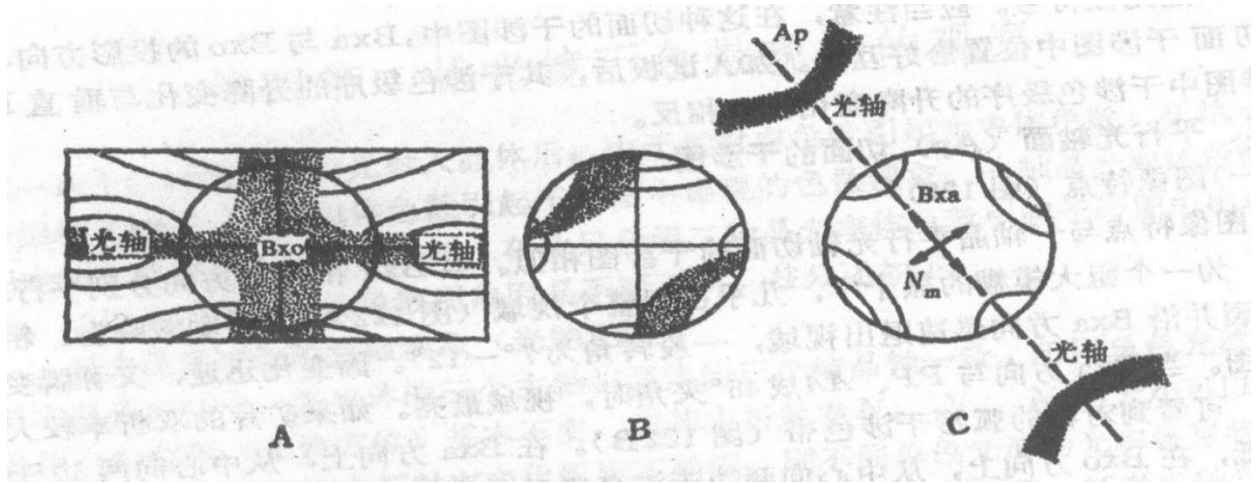


3 垂直 Bxo 切面的干涉图

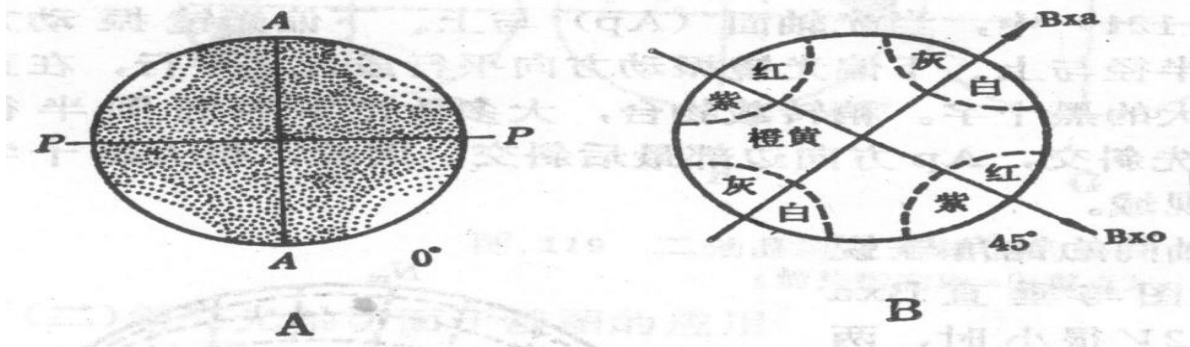
当光轴面与上、下偏光镜振动方向之一平行时，为一粗大的黑十字(下图 A)，黑十字交点为 Bxo 出露点，光轴出露点在视域之外。转动物台，黑十字很快地分裂成两个弯曲黑带(下图 B)，沿光轴面(Ap)方向退出视域。当光轴面与上、下偏光镜振动方向成 45° 夹角时，弯曲黑带顶点间的距离最远，但顶点仍为光轴出露点(下图 C)。

在确定为垂直 Bxo 切面干涉图后，可用于确定矿物的切面方向和测定光性符号。

二轴晶垂直 Bxo 切面的干涉图



4、平行光轴面切面的干涉图



实验三、晶体在正交偏光下的观察

课题：晶体在正交偏光下的观察

实验目的和要求：掌握正交偏光下的调节，熟悉正交偏光的消光类型。熟悉干涉色级序及补色法则。

教学重点及难点：熟悉正交偏光的消光类型（全暗、四明四暗）；补色法则及应用

学时：2 学时

教学方式：实训

实验内容：

实验三 晶体在正交偏光下的观察

一 目的

1. 掌握正交偏光下的调节，熟悉正交偏光的消光类型。
2. 熟悉干涉色级序及补色法则。

二 内容

1. 观察萤石、石榴石的全消光及石英、硅灰石、角闪石的四次消光现象。区别哪些是均质体，哪些是非均质体
2. 将石英楔子慢慢插入镜筒切口，观察并记录干涉色及干涉色级序。
3. 分别观察石膏 1λ ($R=560\text{nm}$)，云母 $\lambda/4$ ($R=140\text{nm}$) 试板的干涉色级序及二试板叠加时同名轴相叠干涉色升高，异名轴相叠干涉色降低的补色法则。

三 实验记录格式

晶体名称	消光情况	是否均质体	晶型

萤石			
石英			
石榴石			
硅灰石			
角闪石			

插入石英楔看到的颜色分别为：_____。

石膏试板的干涉色为：_____；云母试板的干涉色为：_____。石膏试板与云母试板平行时的干涉色为：_____；互相垂直时的干涉色为：_____。

四 问题

矿片在单偏光下看到晶体的颜色和正交偏光下看到的干涉色在成因上有什么不同？

实验四、晶体在锥光下的观察

课题：晶体在锥光下的观察

实验目的和要求：了解锥光镜的装置及特点。观察一轴晶、二轴晶各种类型的干涉图特点及光性符号的测定。

教学重点及难点：从一轴晶、二轴晶干涉图特点确定矿物的轴性、光性符合及切面方向

学时：2 学时

教学方式：实训

实验内容：

实验四 晶体在锥光下的观察

一、目的

- 1、了解锥光镜的装置及特点。
- 2、观察一轴晶、二轴晶各种类型的干涉图特点及光性符号的测定。

二、内容及步骤

- 1、用 10×物镜在薄片中选择尺寸大、干涉色均匀的矿物颗粒移至视域中心。
- 2、调好锥光装置：（1）换上 40×物镜并校正中心；（2）推入上偏光镜和勃氏镜即可看到干涉图。
- 3、观察一轴晶石英晶体斜交 OA 切面的干涉图，并测定光性符号。
- 4、观察白云母垂直 Bxa 切面的干涉图，并测定光性符号。

三、实验记录

晶体名称	干涉图特点	插入试板干涉色变化 (注明使用的试板)	光性符号	切面方位
石英				

白云母				

四、问题

什么是干涉图的 0° 位？从干涉图中可以得出哪些信息？

第六章 透明矿物的系统鉴定

一、教学目的和要求：

- 1.掌握单偏光镜、正交偏光镜、锥光镜下晶体光学系统鉴定的内容、定向切面的特征及用途。
- 2.熟悉系统鉴定的程序

二、**教学重点及难点：**单偏光镜、正交偏光镜、锥光镜下晶体光学系统鉴定的内容、定向切片的选择及其应用

三、**教学方式：**讲授

四、**素质（思政）内容**与要求 1. 引导学生养成仔细严谨的学习习惯。

2. 通过矿物系统鉴定的学习培养学生辩证的思维

五、**课时数：**2

教学内容：

第六章：透明矿物薄片系统鉴定

在单偏光、正交偏光、锥光系统下观察测定未知透明矿物的一系列光学性质和光学常数，对照《光性矿物鉴定表》，准确定出矿物名称的过程(必要时配合其它测试方法)。本章将前面所学知识有机地结合起来，按照一定的内容、方法、程序来达到鉴定矿物的目的。其中，定向切片的选择及其应用是本章的重点。

一、透明矿物系统鉴定的内容

- 1、单偏光系统：矿物形态、解理等级、解理夹角、颜色、多色性、吸收性、突起等级。

- 1、晶形：需要综合各种切面进行归纳；
- 2、解理：不同方向的切面具有不同的解理形态，需要进行综合归纳。

1) 无解理；

2) 有解理：

完善程度：极完善、完善、不完善。

解理组数：一组、二组及夹角。

2、正交偏光系统：最高干涉色级序、最大双折射率、消光类型、延性符号、双晶的观察。

3、锥光系统：轴性、切面方向、光性符号、光轴角。

二、定向切片的选择

1、定向切片选择的必要性：矿物的许多光学常数必须在定向切片上测定，因此要进行透明矿物的系统鉴定，必须选好定向切片。

2、常用定向切片类型

(1)垂直光轴切片(近于垂直光轴切片)

(2)平行光轴或平行光轴面切片

★需要在定向切面上进行测定的内容：

1、多色性公式、吸收性公式、双折射率及消光角，需要在平行光轴或光轴面的切面上测定。

2、光性正负需要在除平行光轴或光轴面的切面外的各种切面上进行。

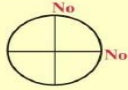

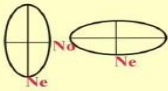

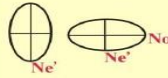

3、 $2V$ 大小需要在垂直光轴的切面上测定。

★特殊切面特征：



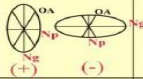

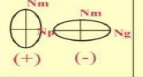

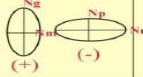

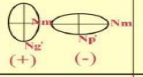

(1)垂直光轴切面特征：①有色矿物不显多色性；②全消光；③锥光下显示一轴晶或二轴晶垂直光轴切面干涉图。

(2)平行光轴或平行光轴面切面特征：①多色性最明显；②干涉级序最高；③锥光下显示平行光轴或光轴面切面干涉图。

一轴晶矿物

	切面	-N	+N	C.L.
$\perp A$		无多色性 无闪突起	全消光	 旋转360度,不变
$// A$		多色性、 闪突起 最明显	四次消光 干涉色级 序最高	 逸出角 12-15度
$\wedge A$			四次消光	

二轴晶矿物

	切面	-N	+N	C.L.
$\perp OA$		无多色性 无闪突起	全消光	
$// Ap$		多色性、 闪突起 最明显	干涉色级 序最高	 逸出角 小于10度
$\perp Bxa$				
$\perp Bxo$				 逸出角 10-35度
$\perp Ap$ 的 斜交 切面				
任意 斜交 切面				

2、常用定向切片的特点及应用

切片类型	单偏光		正交偏光	锥光	可测常数
	无色	有色			

垂直光轴切片	当该矿物具有闪突起时，该矿片不显闪突起	多色性不明显	全消光。转动物台其明暗变化不明显	一轴晶干涉图由黑十字和干涉色圈组成，转动物台 360° 图像不变。 二轴晶干涉图由一条黑臂与干涉色圈组成，转动物台黑臂弯曲（当 $2V=90^\circ$ 时黑臂不弯曲）	N_o 或 N_m 的颜色及折射率值、轴性、光性符号、二轴晶光轴角及色散
平行光轴或光轴面切片	当该矿物具有闪突起时，该矿片闪突起最明显	多色性明显	干涉色最高	闪图	N_e , N_o 或 N_g , N_p 的颜色及折射率值，最高干涉色、最大双折射率， $C \wedge Ng$ （单斜辉石及闪石。 $Nm // b$ ）

三、透明矿物薄片系统鉴定的程序

1、区分均质体与非均质体矿物

(1) 均质体矿物：在正交偏光镜下为全消光，在锥光镜下无干涉图。

(2) 非均质体矿物：除垂直光轴的切片在正交偏光镜下为全消光外，其它切片在正交偏光镜下为四次消光，四次明亮。非均质体矿片在锥光镜下呈现各种不同的干涉图。

2、均质体矿物的鉴定：观察单偏光镜下晶体光学性质(晶形、解理、颜色、突起等级、包裹体、次生变化等)。

3、非均质体矿物的鉴定

(1) 非定向切片的观察和测定

在单偏光镜下观察和测定：晶形，解理，测定解理夹角，颜色，突起等级，闪突起及包裹体等特征。正交偏光镜下观察和测定：消光类型，测定延性符号，观察双晶类型。

(2) 定向切片的观察和测定

在锥光镜下确定轴性、切片类型、光性符号、光轴角的大小。

在单偏光镜下观测多色性、异向吸收性。

在正交偏光镜下观测最高干涉色级序、最大双折射率值。

4、查阅《光性矿物鉴定表》(P168)，确定出矿物名称。

四、系统鉴定程序

(1) 区分均质体和非均质体

均质体：各个方向切面全消光，无干涉图。

非均质体：仅垂直光轴切面全消光，有干涉图。

均质体：(2)在单偏光下观察晶形、解理、突起等级、颜色、等。

非均质体：(2)在单偏光下观察晶形、解理、突起等级、闪突起、颜色、多色性、测定解理夹角等。

非均质体：

(3) 在正交偏光镜下观察消光类型、双晶、延性符号及干涉色级序等。

(4) 选择一个垂直光轴的切面，在锥光镜下确定轴性测定光性符号。如为有色矿物，在单偏光镜下观察 N_o 或 N_m 的颜色。

(5) 选择一个平行光轴或平行光轴面的切面，在正交偏光镜下测定最高干涉色级序、最大双折率和消光角的大小。如为有色矿物，观察 N_o 、 N_e 或 N_g 、 N_p 等颜色。写出多色性和吸收性公式。

★实例分析：普通角闪石的系统鉴定

单偏光：长柱状，正中偏高突起，具有两组完全解理，解理夹角 56° 。多色性： N_g =深绿色， N_m =绿色， N_p =浅绿色。吸收性： $N_g > N_m > N_p$ 。

正交偏光：最高干涉色级序为二级蓝，最大双折率为0.020，最大消光角： $N_g \wedge C = 23^\circ$ ，正延性，一组解理颗粒为斜消光，两组解理为对称消光。

锥光：二轴晶，负光性，光轴角为 60° 。

例 2：方解石的鉴定特征

方解石的光性特征：

三方晶系，一般无色，镜下常见两组解理，闪突起明显，对称消光，高级白干涉色，一轴晶 (-)。方解石的鉴定特征：闪突起、高级白干涉色、一轴晶(-)。

例 3：紫苏辉石的描述（内容）：

单偏光：自形一半自形，短柱状，两组完全解理，夹角 87° ，正高突起，多色性明显， N_p =淡红色， N_m =淡黄色， N_g =淡绿色。

正交偏光：最高干涉色为一级紫红，横截面为对称消光，柱面为平行消光，斜切面为斜消光，正延性，可见简单双晶。

锥光： $B(-)$ ， $2V$ 中等。