

第5章 光的双折射

晶体的双折射现象

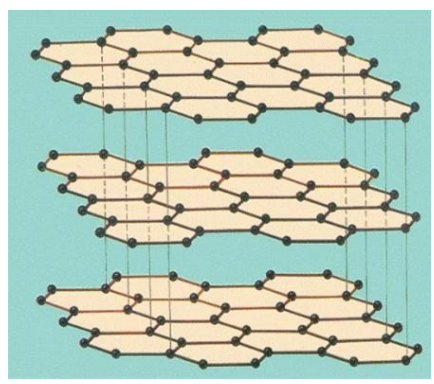
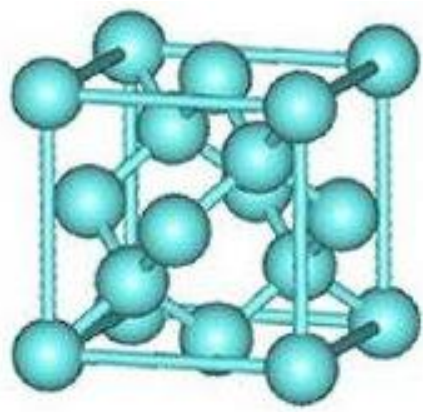
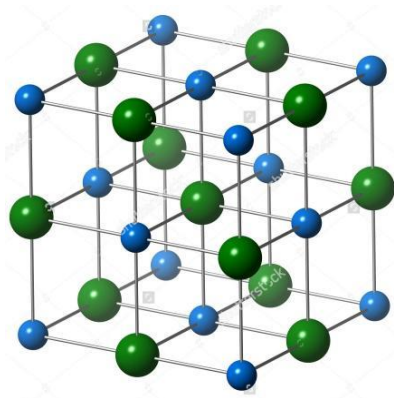
晶体中光的波面

晶体光学器件

椭圆偏振光的检验和获得

5.1 晶体的双折射现象

5.1.1 晶体简介 晶体的周期性结构——各向异性



按空间对称性分：

立方晶系 CUBIC
 $a=b=c$
 $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$

四方晶系 TETRAGONAL
 $a=b \neq c$
 $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$

正交晶系 ORTHORHOMBIC
 $a \neq b \neq c$
 $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$

六方晶系 HEXAGONAL
 $a=b \neq c$
 $\alpha=\beta=90^\circ$
 $\gamma=120^\circ$

单斜晶系 MONOCLINIC
 $a \neq b \neq c$
 $\alpha=\gamma=90^\circ$
 $\beta \neq 90^\circ$

三斜晶系 TRICLINIC
 $a \neq b \neq c$
 $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$

三方晶系 TRIGONAL
 $a=b=c$
 $\alpha=\beta=\gamma \neq 90^\circ$

4 Types of Unit Cell
P = Primitive
I = Body-Centred
F = Face-Centred
C = Side-Centred
+
7 Crystal Classes
→ 14 Bravais Lattices

如果你的三个边长

按光学性质分：

- 1.单轴晶体（三方，四方，六方晶系）
- 2.双轴晶体（单斜，三斜，正交晶系）
- 3.立方晶系（各向同性）

四种晶胞类型：

P = 简单 (•)

I = 体心 (••)

F = 面心 (•••)

C = 底心 (•••)

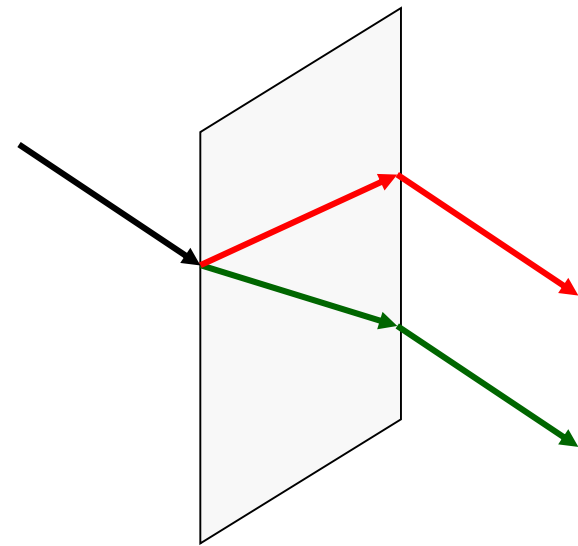
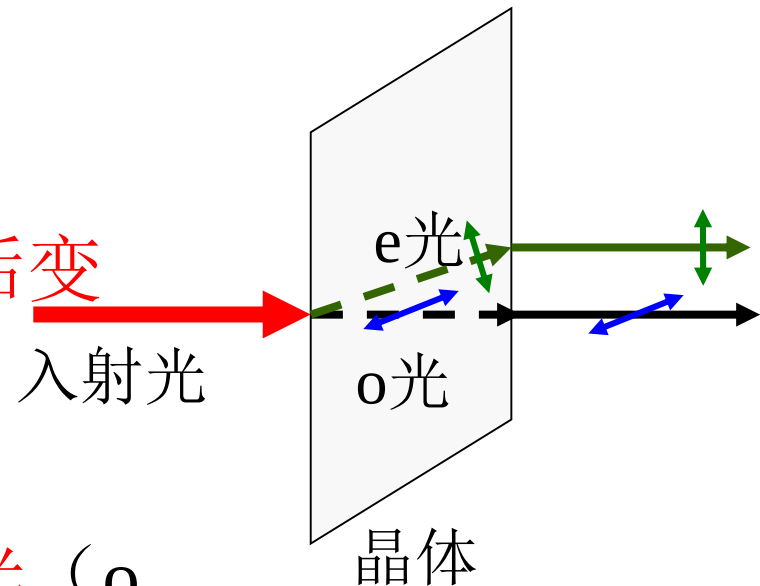
5.1.2 晶体的双折射现象



方解石晶体的双折射

光的双折射

- 一束入射到介质中的光经折射后变为两束光，称为双折射。
- 折射后的两束光都是线偏光。
- 一束遵循折射定律，称为寻常光（o光）。
- 一束不遵循折射定律，称为非常光（e光）。
- 从晶体中射出后，不再称o光、e光



双折射晶体

- 能够产生双折射的晶体。它们都是具有各向异性结构的。
- 方解石晶体，即 CaCO_3 ，碳酸钙的三角晶系，是一种典型的双折射晶体（单轴）。常含杂质，无色的称冰洲石晶体
- 石英（水晶）、红宝石、冰等也是双折射晶体。
- 云母、蓝宝石、橄榄石、硫黄等是另一类双折射晶体。

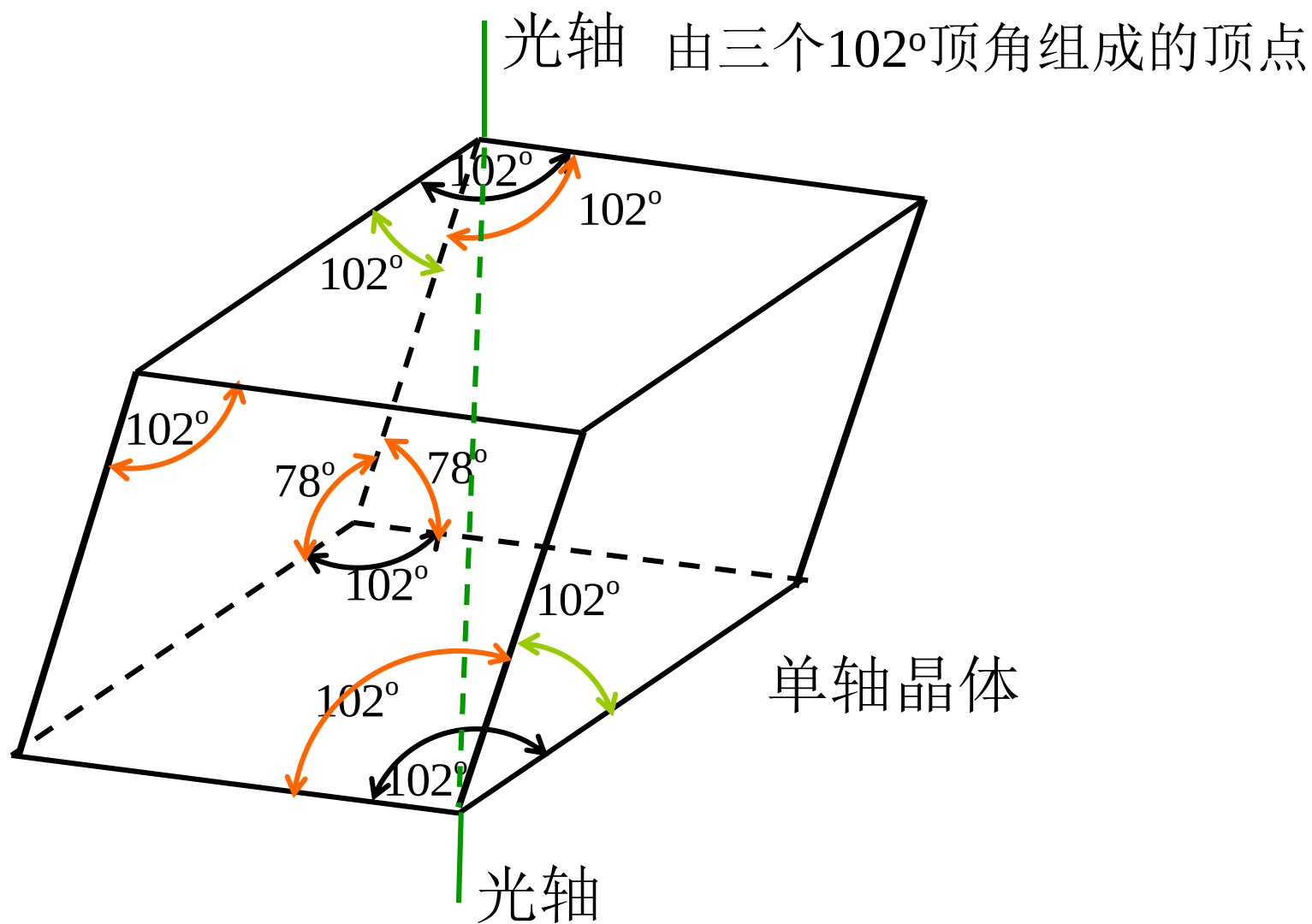


冰洲石晶体，30x45 cm

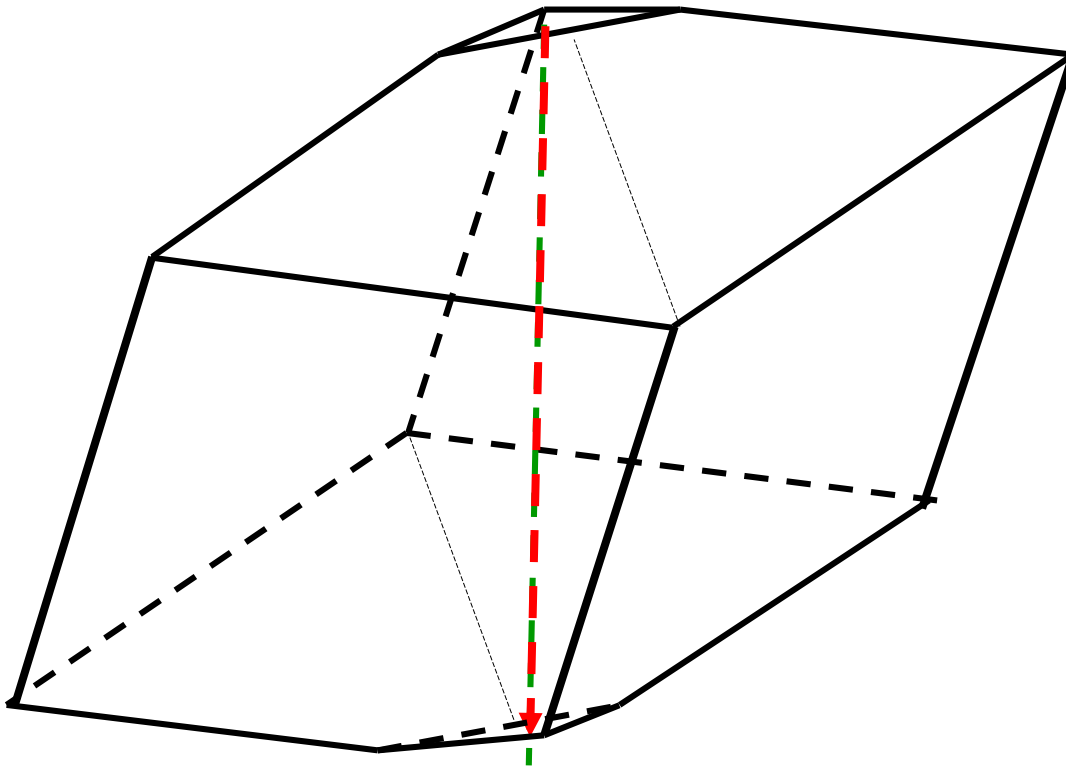
1. 晶体的光轴：光沿此方向入射时无双折射。

- 光轴不是指一条线，而是一个特殊的方向。
- e光和o光沿这个方向的传播速度和方向相同。
- 单轴晶体：方解石晶体、石英、红宝石、冰，等等。
- 双轴晶体：云母、蓝宝石、橄榄石、硫黄，等等。

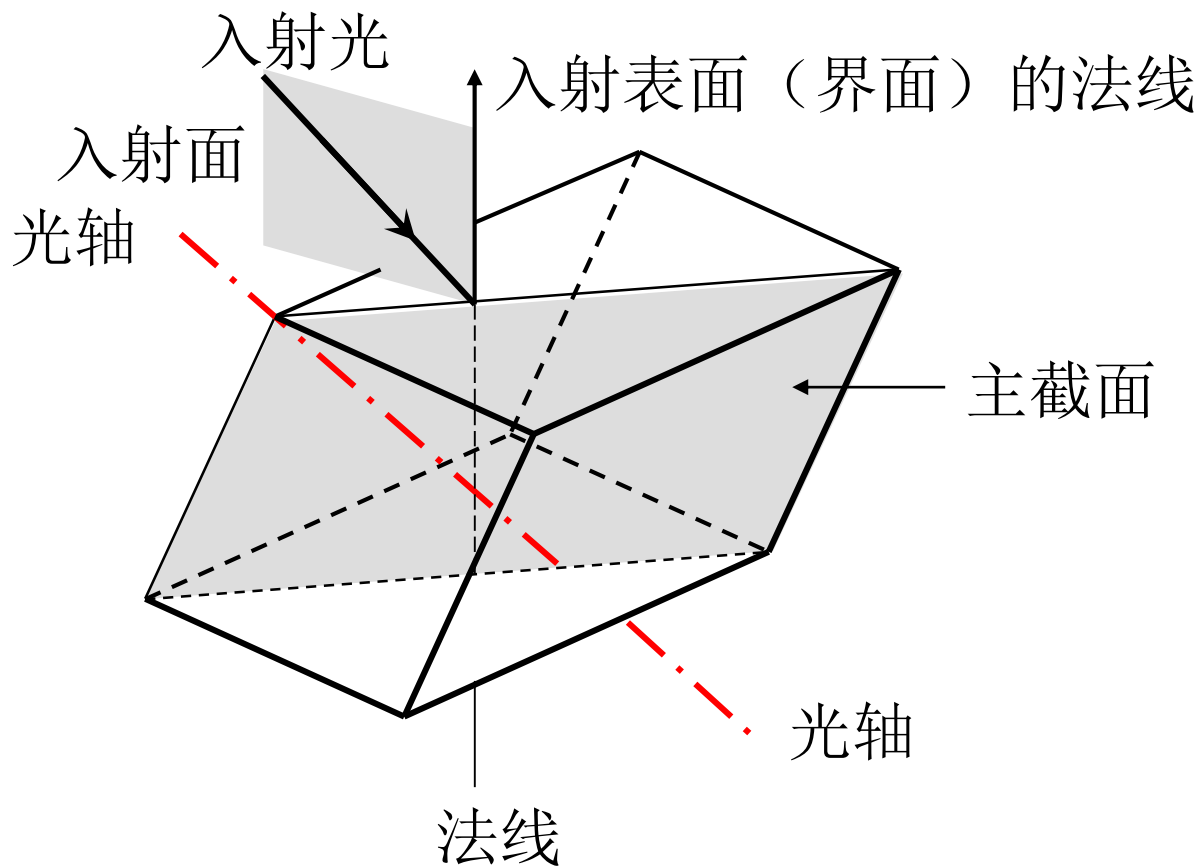
方解石的光轴



沿光轴入射，无双折射

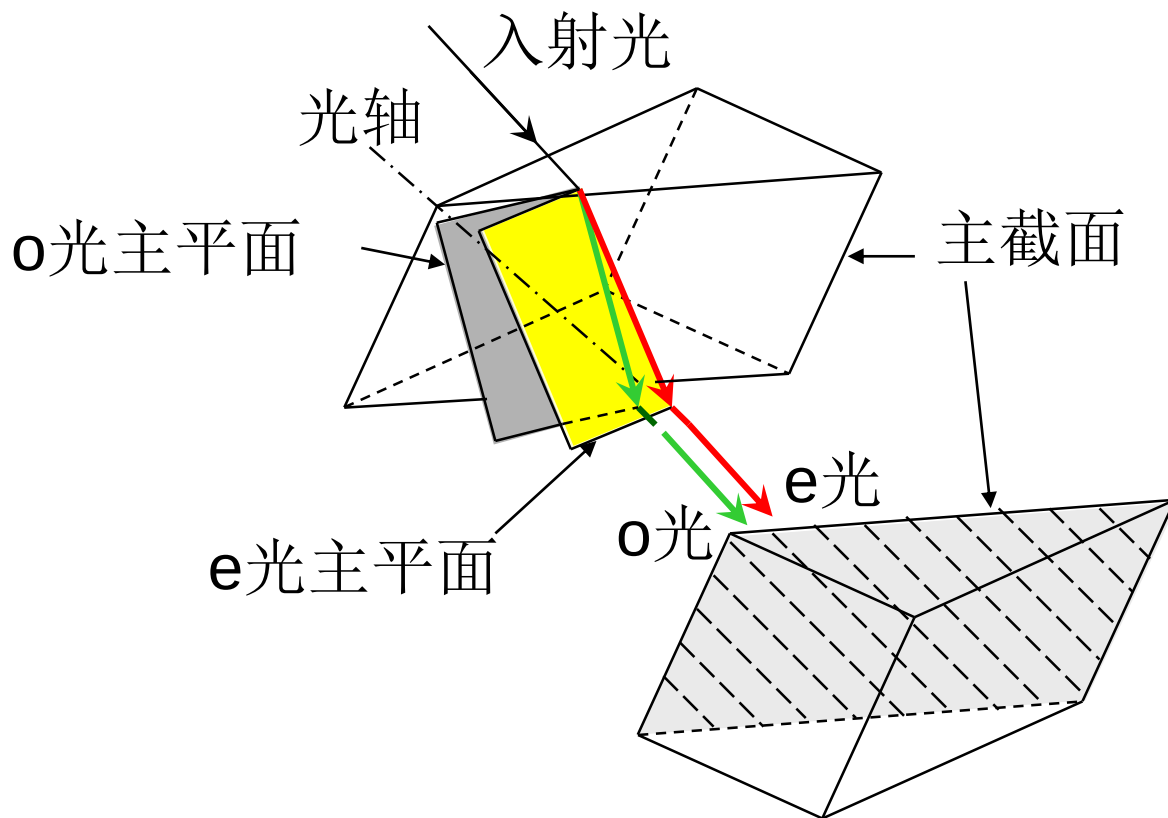


2. 主截面：入射界面（晶体表面）的法线与光轴形成的平面。与晶体相关的，与光线无关。

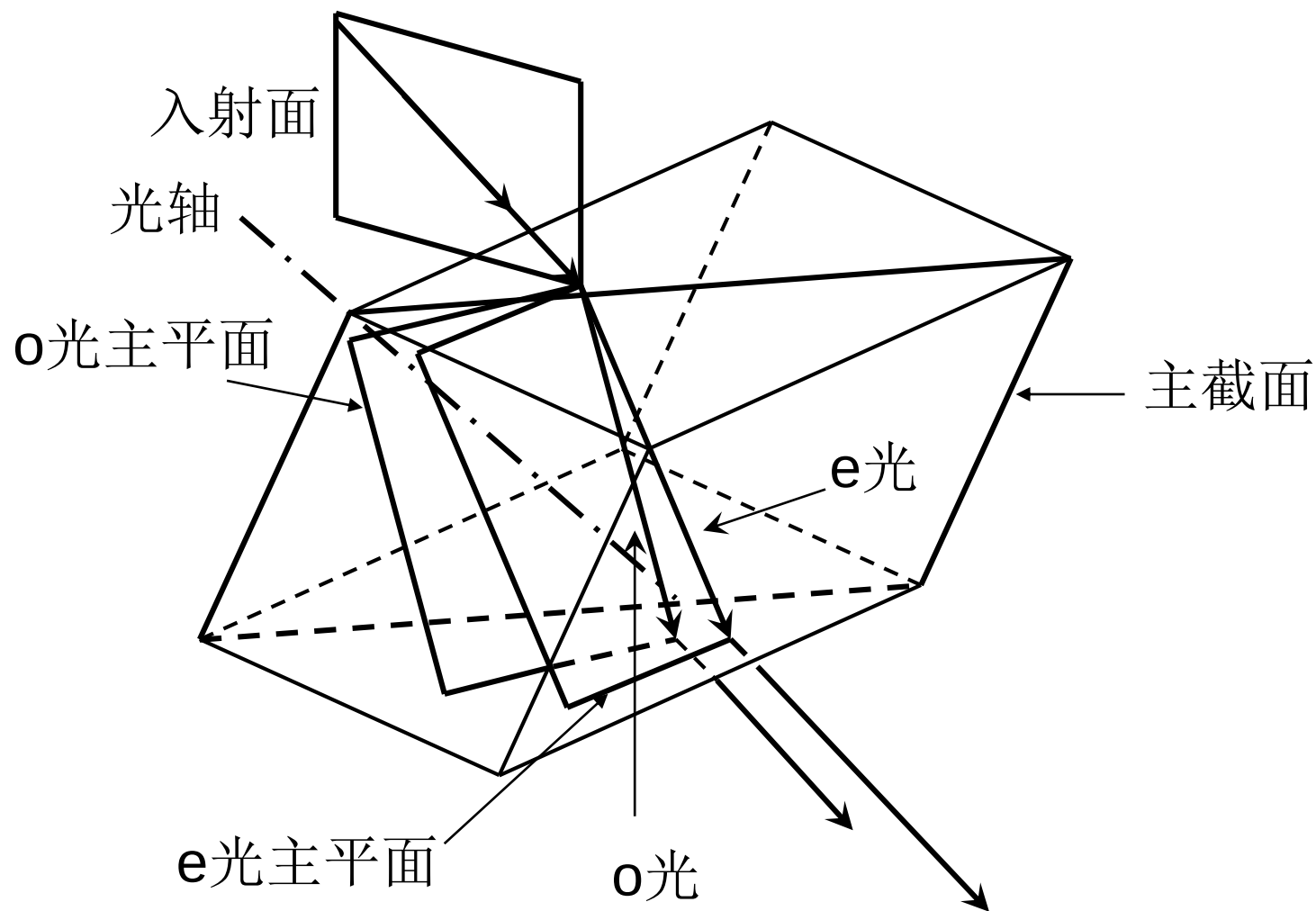


3.主平面：晶体中的光线与光轴所形成的平面。

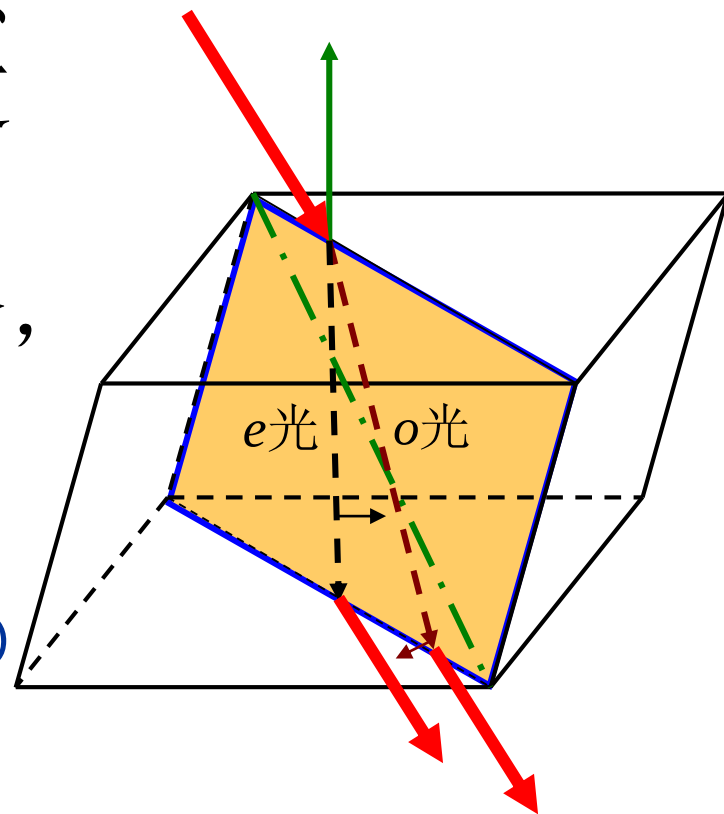
- o光主平面， o光振动方向垂直于o光主平面，即垂直于光轴。
- e光主平面， e光电矢量平行于e光主平面。



一般情况下，各个面并不重合

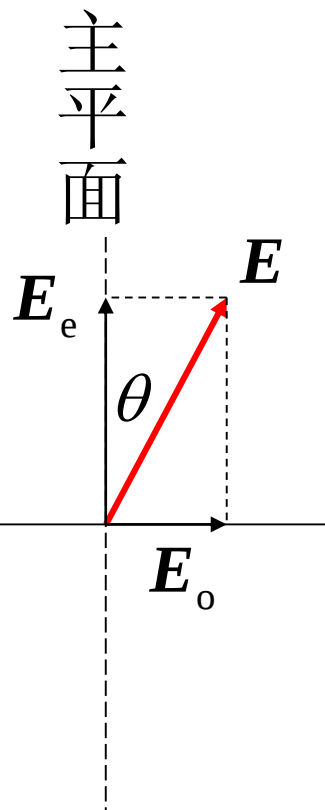
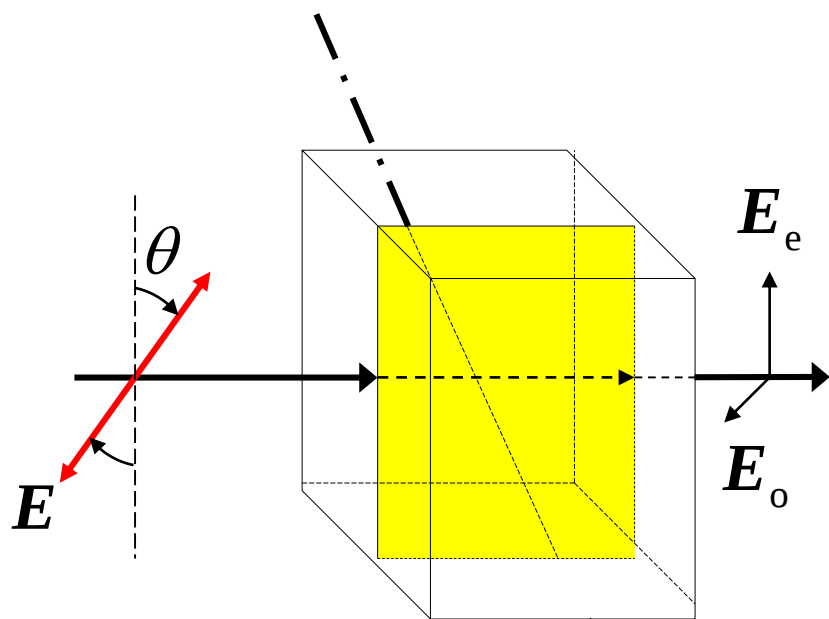


- 选择合适的入射方向，可以使入射面与主截面重合，这时光轴处于入射面之中。
- o光主平面、e光主平面重合，且均与主截面重合。
- o光：电矢量垂直于光轴，垂直于o光主平面（主截面）
- e光：电矢量平行于主平面，即电矢量在e光主平面（主截面）内。



4. o光、e光的光强

入射面与主截面重合
o光e光主平面重合



$$E_o = E \sin \theta$$

$$E_e = E \cos \theta$$

$$I_o = I \sin^2 \theta$$

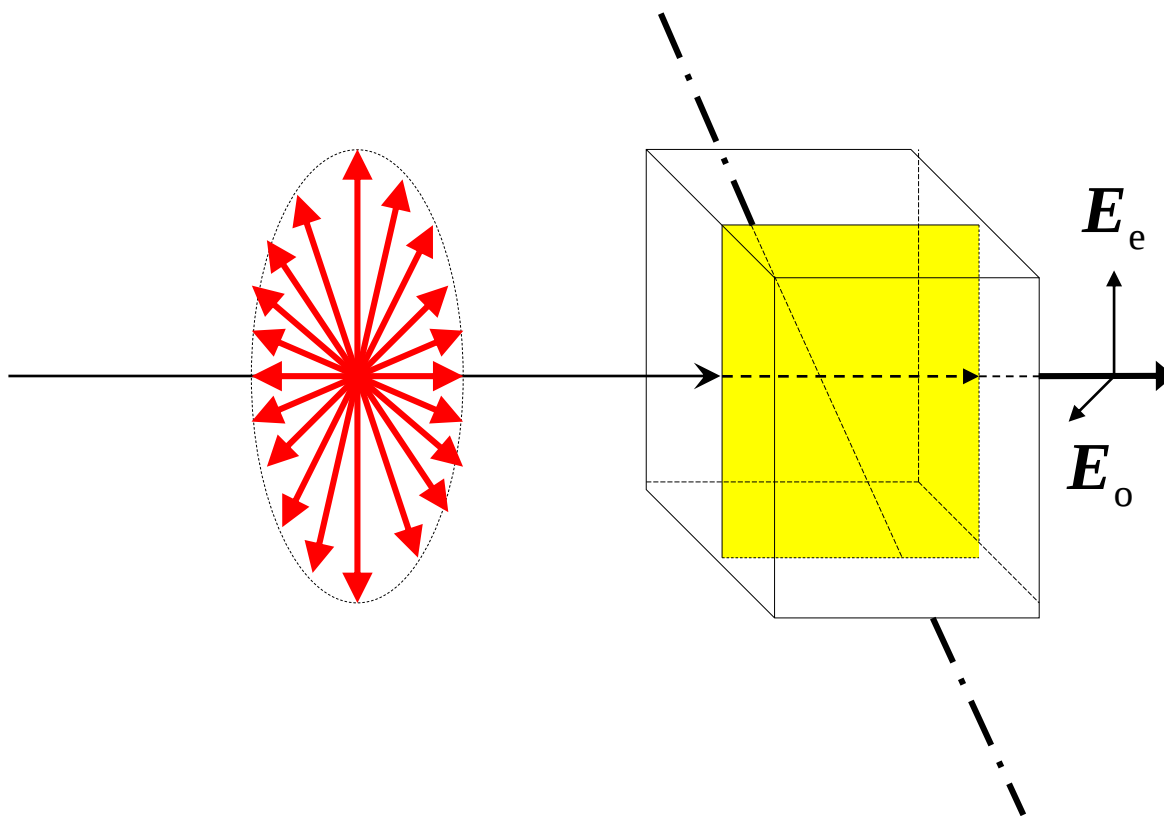
$$I_e = I \cos^2 \theta$$

线偏光入射

没有考虑折射率对光强的影响

自然光入射时，如果不考虑吸收，有

$$I_o = I_e = \frac{1}{2} I$$



5.1.3 双折射现象的惠更斯原理描述

1. 单轴晶体中的波面

对于光波在单轴晶体中的传播，

惠更斯假定：

- 1) 晶体中任一次波中心发出的次波有两个，相应地有两个波面。
- 2) 寻常光的次波面是球面，非常光的次波面是旋转椭球面（不同方向，速度不同）。
- 3) 在光轴方向，这两个波面相切（具有相同的速度）。

晶体中光波波面的特点

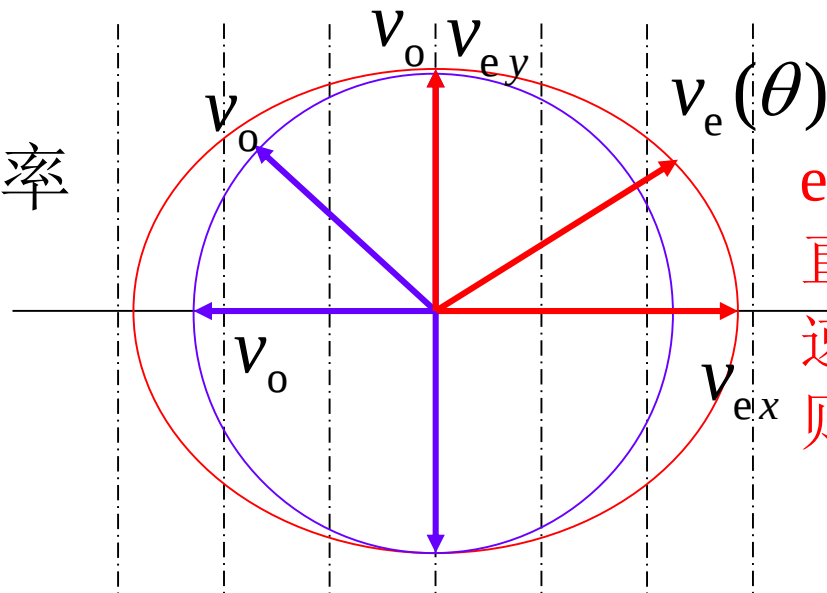
- **o光**:波面是球面，故其传播方向处处与其波面垂直，各个方向速度相等。
- **e光**: 除了两个特殊的方向，e光的传播方向与其波面不垂直。这是因为其波面为椭球面。

由于e光在不同方向传播速度不同，折射率也不同。

定义e光的主折射率为垂直于光轴方向： $n_e = c/v_e$ 。

晶体对o光的折射率与方向无关

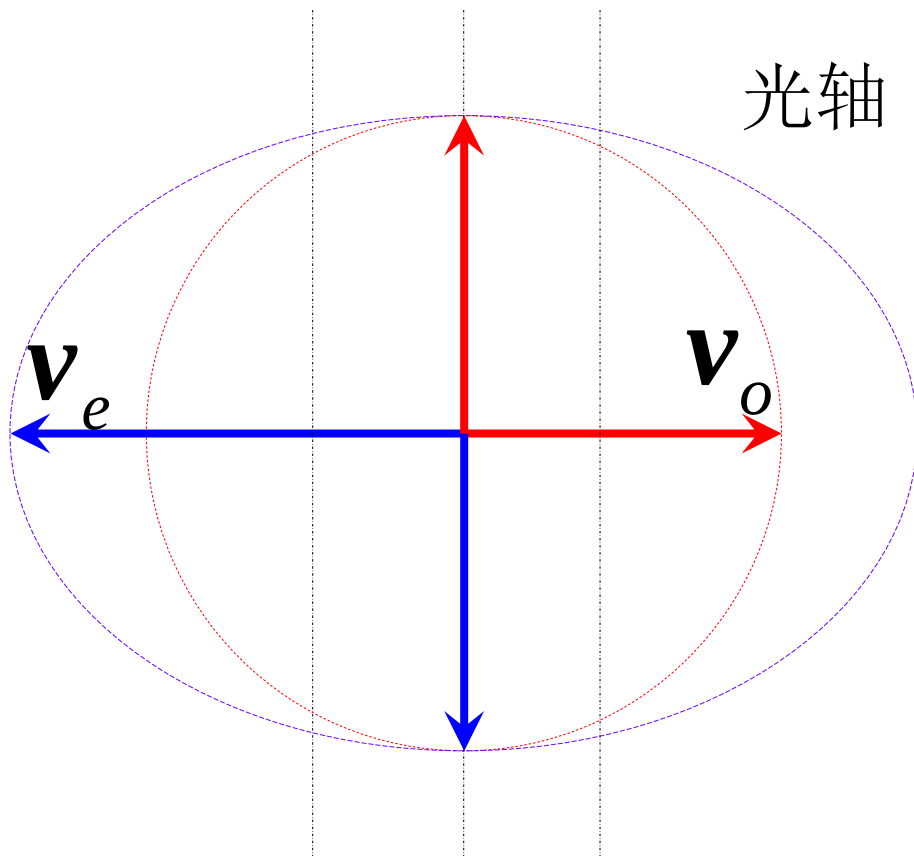
$$n_o = \frac{c}{v_o}$$



e光沿与光轴垂直方向传播时的速度为 v_e ，则其主折射率为 $n_e = c/v_e$

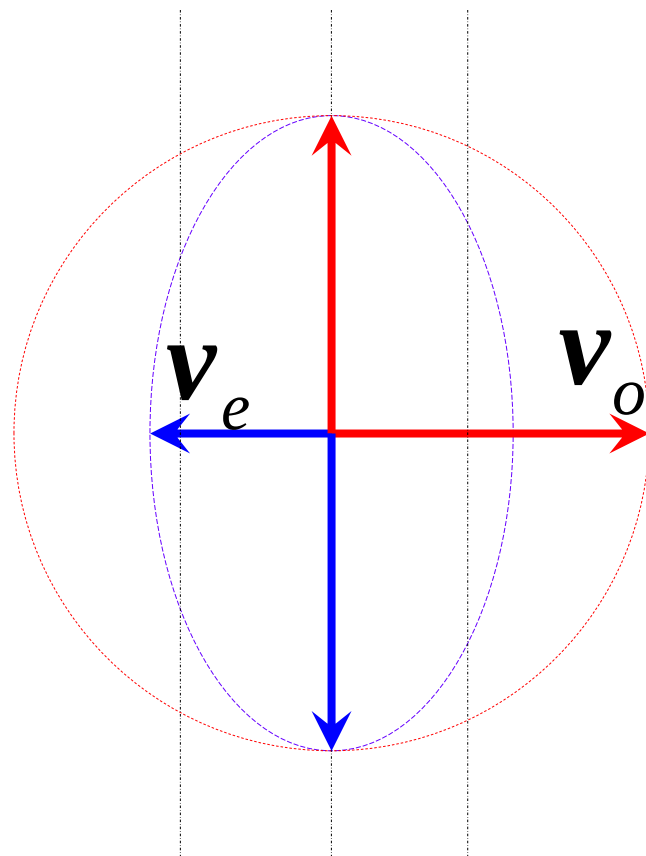
负晶体

$$v_o < v_e$$
$$n_o > n_e$$



正晶体

$$v_o > v_e$$
$$n_o < n_e$$



2. 晶体双折射的惠更斯作图法

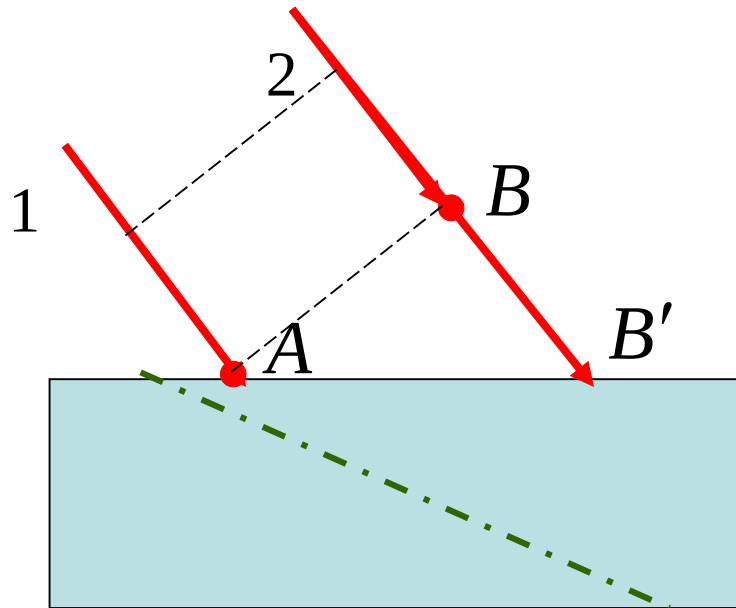
可得到e光和o光在晶体中的传播方向

(一) 光轴在入射面内，并与表面成一斜角，负晶体
步骤：

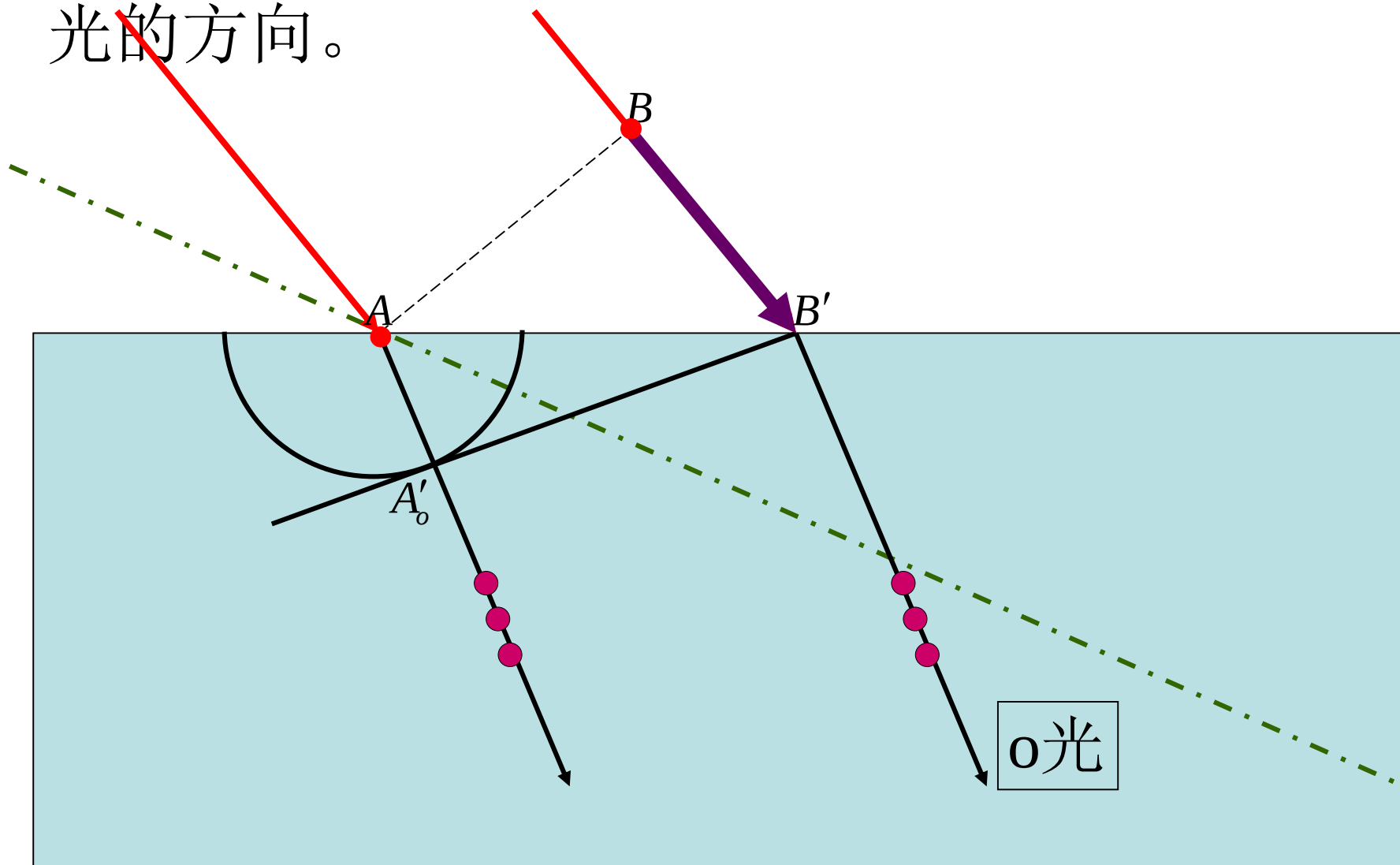
1) 作出入射光的波面

由1与入射界面的交点A向2作垂线，交于B点。AB即为入射光波面。则光线2到达界面B'时，A点的光已在介质中传播的时间

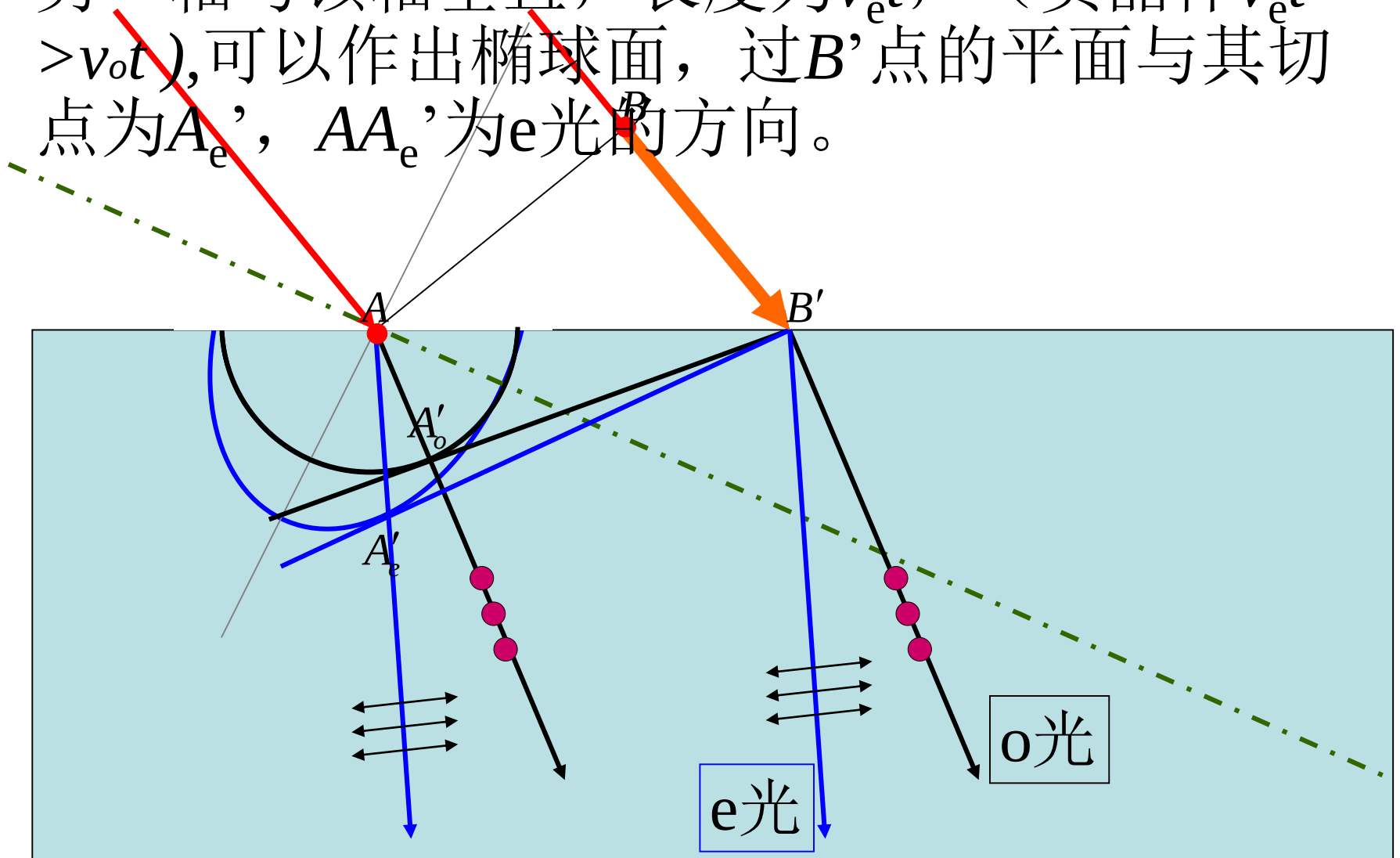
为 $t = BB' / c$ 。

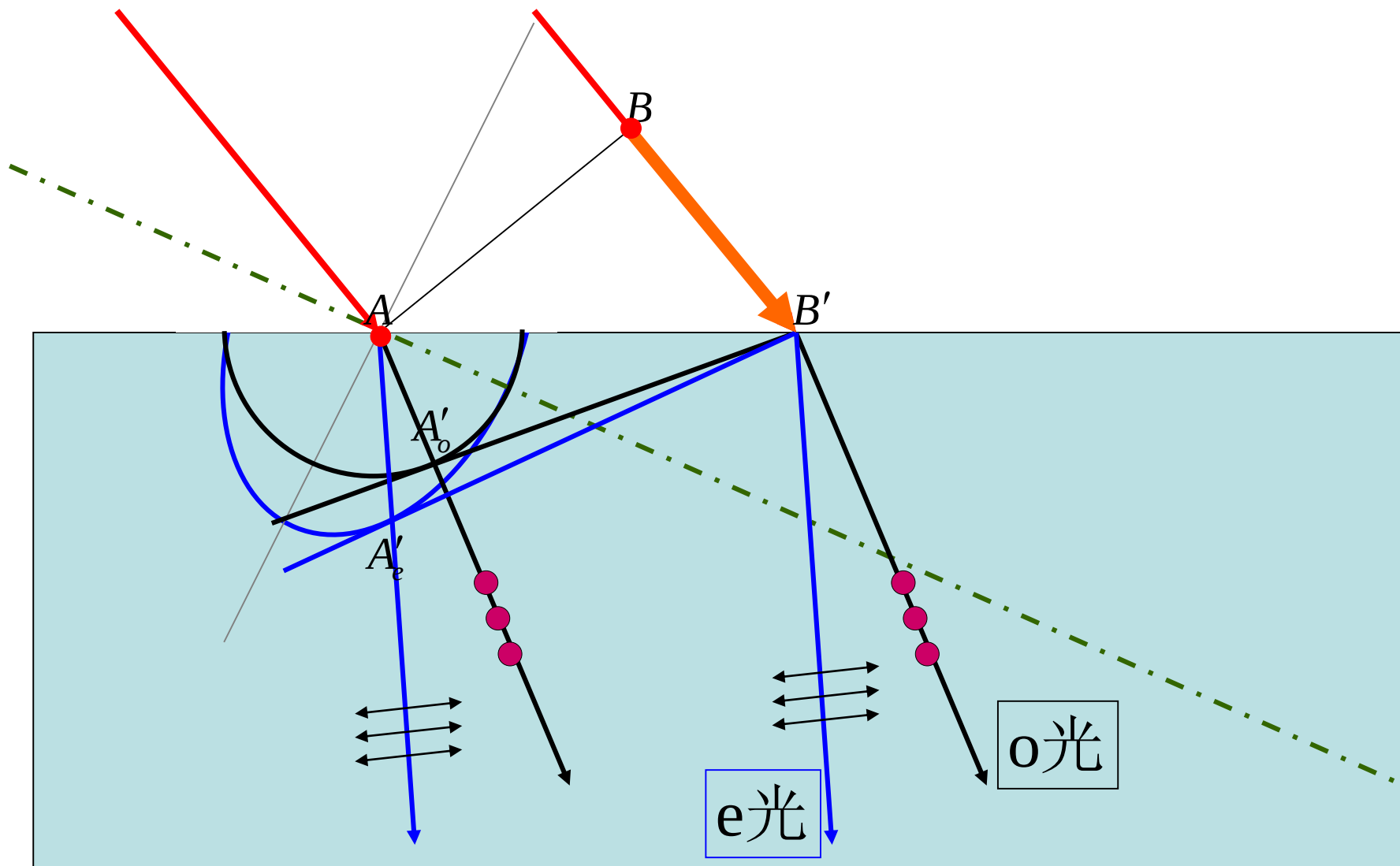


2) 作o光波面: 以A为中心, $v_o t$ 为半径作球面, 该球面与过B'的平面的切点为A_o', AA_o'即为o光的方向。

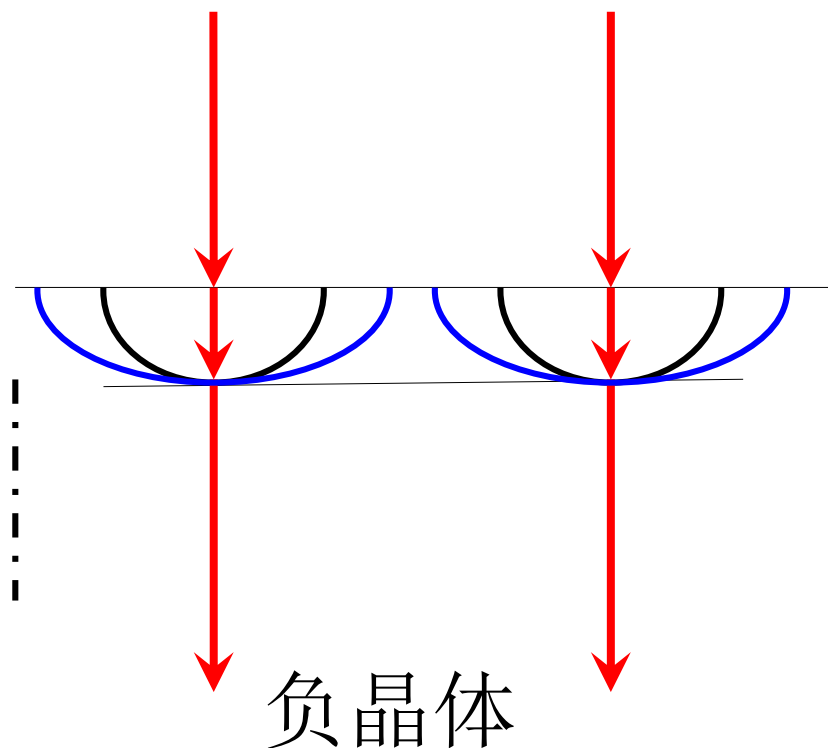


3) 作e光的波面：光轴与o光波面的交点也是光轴与e光波面的交点，为椭球面的一个轴，另一轴与该轴垂直，长度为 $v_e t$ ，（负晶体 $v_e t > v_o t$ ），可以作出椭球面，过 B' 点的平面与其切点为 A'_e ， AA'_e 为e光的方向。





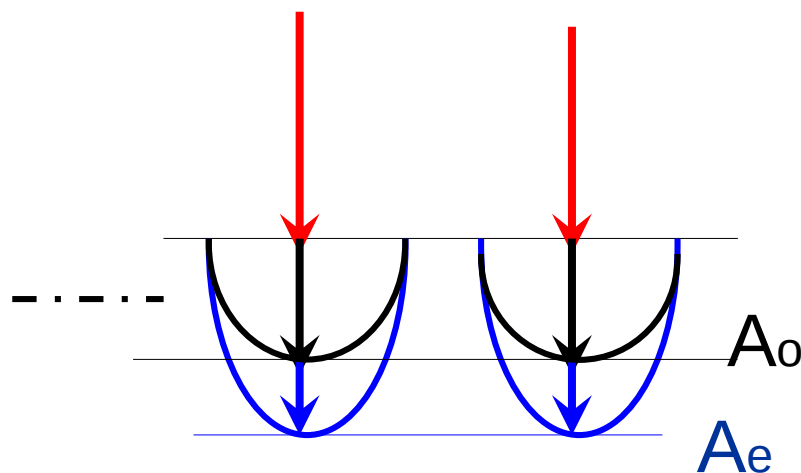
(二) 平行光垂直入射负晶体， 光轴与晶体表面垂直



沿光轴入射，o光、e光传播方向相同，速度相同，波面不分开，不发生双折射

(三) 平行光正入射负晶体，
光轴与晶体表面平行

垂直于光轴，**o**光、**e**光方向相同，但速度不同，波面分开，发生双折射。



负晶体 **e**光超前

正晶体 **o**光超前

(四) 平行光斜入射负晶体

光轴平行于晶体表面，但垂直于入射面

入射光垂直于光轴，入射面垂直于主截面

球面和椭球面在入射面的投影都是圆，**o光**和**e光**的速度不同，两圆的半径不同，发生双折射。
o光和**e光**方向不同，速度不同。

e光的波面与其传播方向垂直。

发生双折射

