www.salampnu.com

سایت مرجع دانشجوی پیام نور

- ✓ نمونه سوالات پیام نور : بیش از ۱۱۰ هزار نمونه سوال همراه با پاسخنامه تستی و تشریحی
- ✓ کتاب ، جزوه و خلاصه دروس
- ✓ برنامه امتحانات
- ✓ منابع و لیست دروس هر ترم
- ✓ دانلود کاملا رایگان بیش از ۱۴۰ هزار فایل مختص دانشجویان پیام نور

www.salampnu.com

دانشگاه پیام نور

گروه زمین شناسی

نام درس: بلور شناسی نوری

تعداد واحد:2

نام منبع: بلور شناسی نوری، حسین پروین

انتشارات: دانشگاه پیام نور

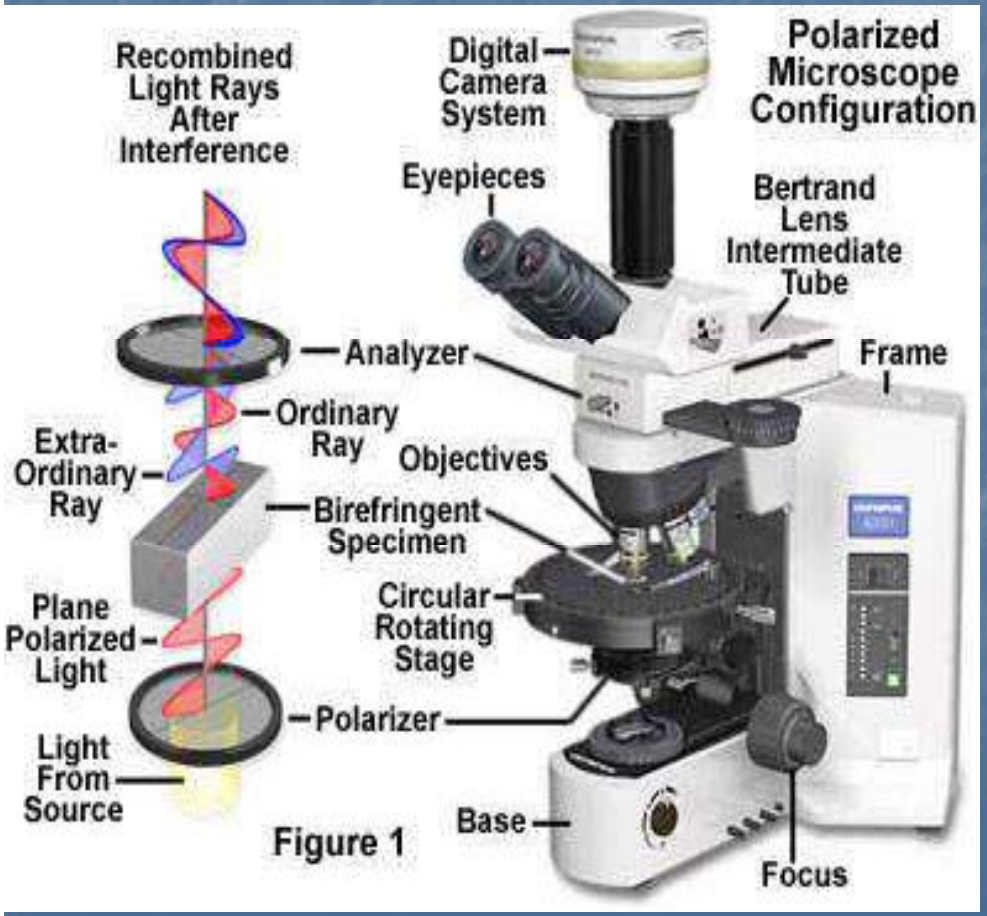
تهیه اسلاید: دکترسیروس اتردی

جایگاه درس

- بلور شناسی نوری یکی از دروس اصلی دوره کارشناسی رشته زمین شناسی است که پیش نیاز دروس متعددی نظیر کانی شناسی ، سنگ شناسی (آذرین ،دگرگونی و رسوبی) می باشد .

هدف نهایی درس

آشنا شدن با مهمترین مشخصه های نوری بلورها و
چگونگی شناسایی آنها با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان



هدفهای مرحله ای

- 1-آشنایی با نظریه های نور و تفاوت نور معمولی و پلاریزه .
- 2-فراگیری مفهوم شکست نور ، اصول حاکم بر آن و ضریب شکست و بیرفرنژانس کانی ها .
- 3-آشنایی با بلور های یک محوری و دو محوری و چگونگی تشکیل سطح موج ها و اندیکاتریکس .
- 4-آشنایی با میکروسکوپ پلاریزان و استفاده از آن در شناسایی ویژگی های نوری بلور ها .
- 5-فراگیری مشخصه های کانی ها در نور پلاریزه (ساده، متقاطع، متقارب) و چگونگی تشخیص آن ها به کمک میکروسکوپ پلاریزان .

جدول مفاهیم

- پیش از مطالعه ی این کتاب باید با مفاهیم و اصطلاحات زیر آشنا شده باشید :

تعریف نور

خواص موجی نور

طول موج

سرعت سیر

قوانین حرکت

امواج

نور سفید

سیستم های مختلف تبلور

- پس از مطالعه ی این کتاب با مفاهیم و اصطلاحات زیر آشنا خواهید شد :

- نور طبیعی یا نور معمولی یا نور عادی
- نور پلاریزه ساده
- نور تکرنگ
- پلاریزور
- آنالیزور
- نور پلاریزه موازی
- نور پلاریزه متقارب
- جسم شفاف ، نیمه شفاف و کدر
- رنگ کانی
- در نور طبیعی
- در نور پلاریزه
- تداخل امواج
- بیرفرنژانس
- ضریب شکست
- اندیکاتریکس
- شکست مضاعف
- محور نوری

همسانگردی و ناهمسانگردی(ایزوتروپی و انیزوتروپی)

سطح موج ها

منشور نیکول

میکروسکوپ پلاریزان

نیکول های متقاطع

خاموشی

رنگ های تداخلی

سری رنگ ها ی نیوتون

ارتوسکوپی

کنوسکوپی

ماکل

طویل شدگی

تیغه های کمکی

زاویه نوری

پاشیدگی

گفتار اول

نور

- هدف از ارائه این فصل آشنایی با مفاهیم زیر است:

- آشنایی با نظریه های مربوط به نور، تفاوت نور معمولی و نور پلاریزه

هدفهای رفتاری

- نظریه های مهم درباره ی نور
- ویژگیهای یک موج نوری
- تداخل امواج
- نور معمولی(عادی) ، نور پلاریزه و اختلاف آنها

نظریه های نور

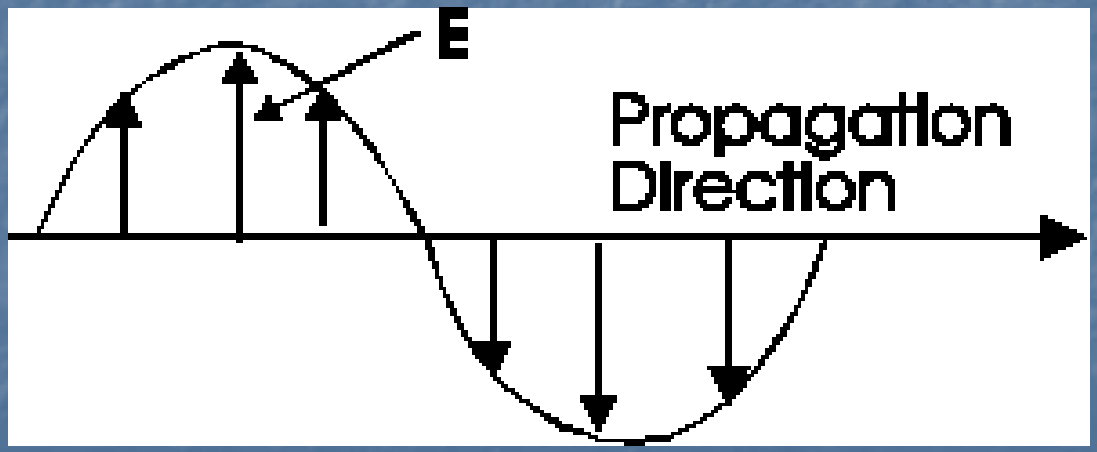
- نور معمولی یا نور سفید، نوری است که از یک منبع نورانی مثل خورشید یا لامپ خارج می شود.
- دو نظریه در مورد نور وجود دارد: نظریه **موجی** و نظریه **کوانتومی**

بر اساس آن انعکاس، شکست و تداخل قابل بررسی است.

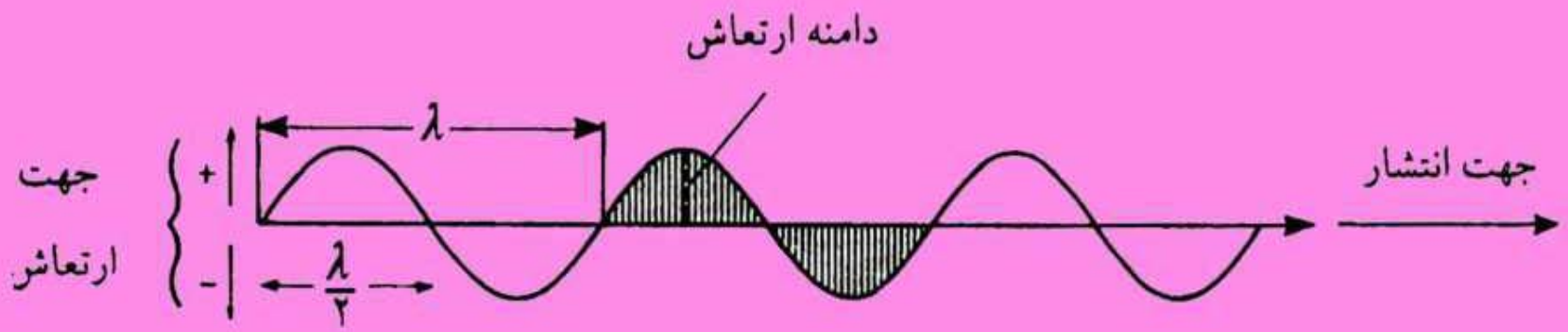
بر اساس آن پرتو ایکس،فوتوالکتریسیته و پرتونگاری قابل بررسی است.

نظریه موجی: بر اساس کارهای هویگنس و ماکسول بنیان نهاده شده است.

- بر طبق این نظریه:نور به صورت امواج الکترومغناطیسی است.حرکت این امواج سینوسی است، و در آن جهت ارتعاش برجهت انتشار عمود است.



فاصله دو نقطه متوالی از یک موج را که دارای موقعیت ارتعاشی مشابه اند طول موج می گویند و با λ نشان می دهند



شکل ۱-۱. طول موج، دامنهٔ ارتعاش، جهت ارتعاش و جهت انتشاریک موج نوری.

طول موج هر نور از رابطه $\lambda = VT$ به دست می آید.

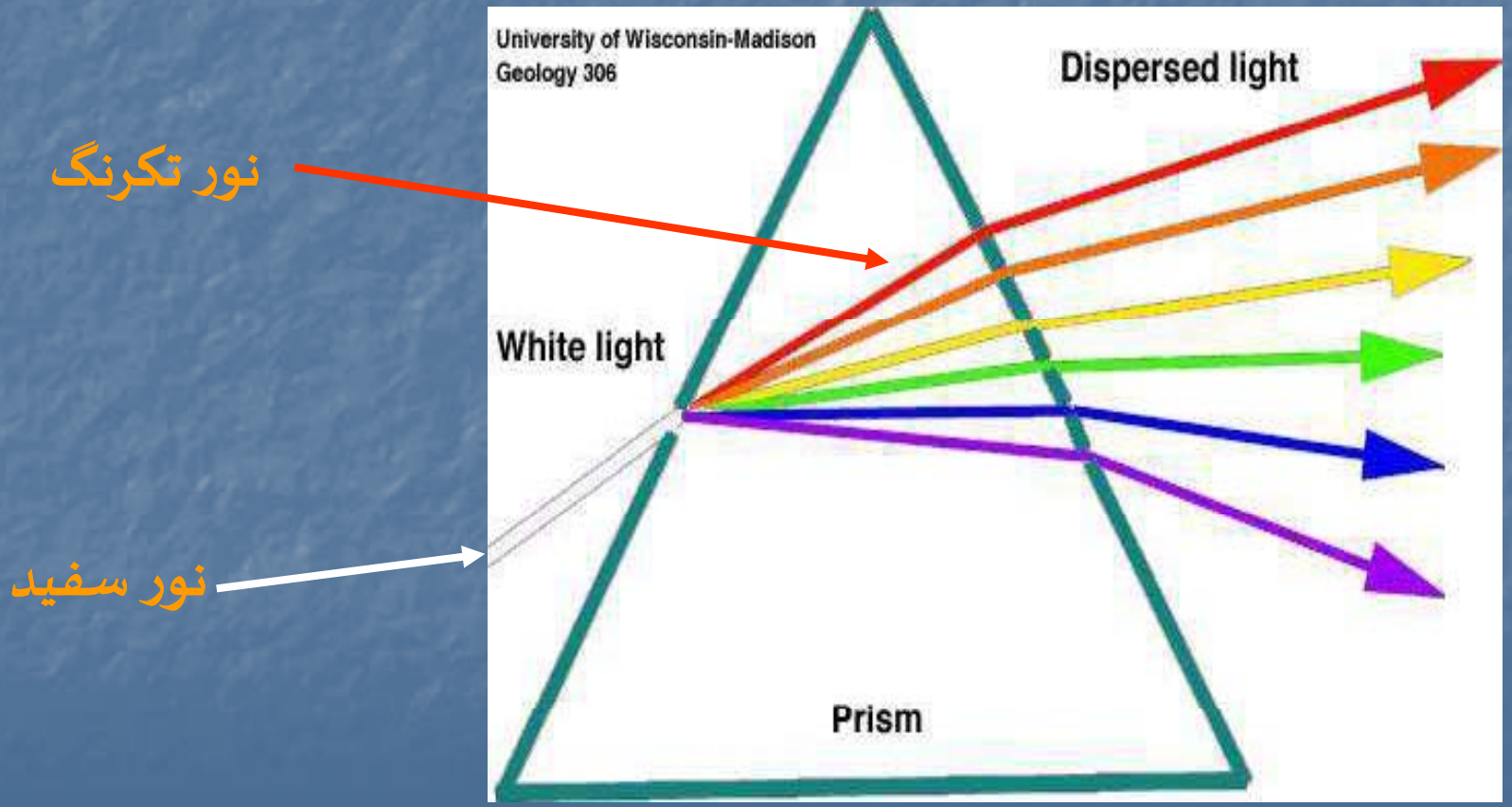
λ طول موج

V سرعت سیر نور

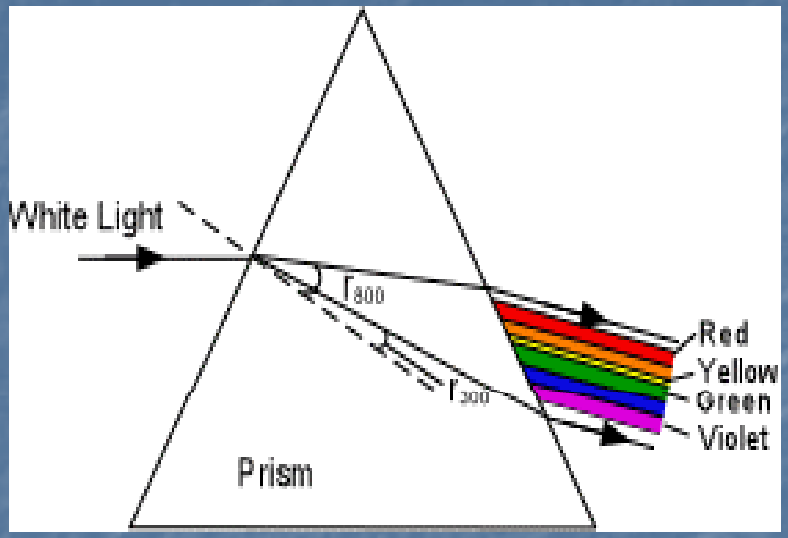
T زمان تناوب

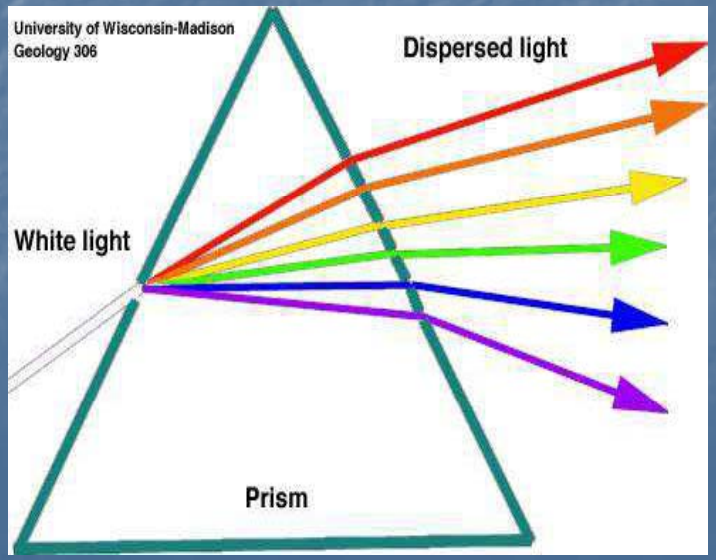
نور سفید و نور تکرنگ

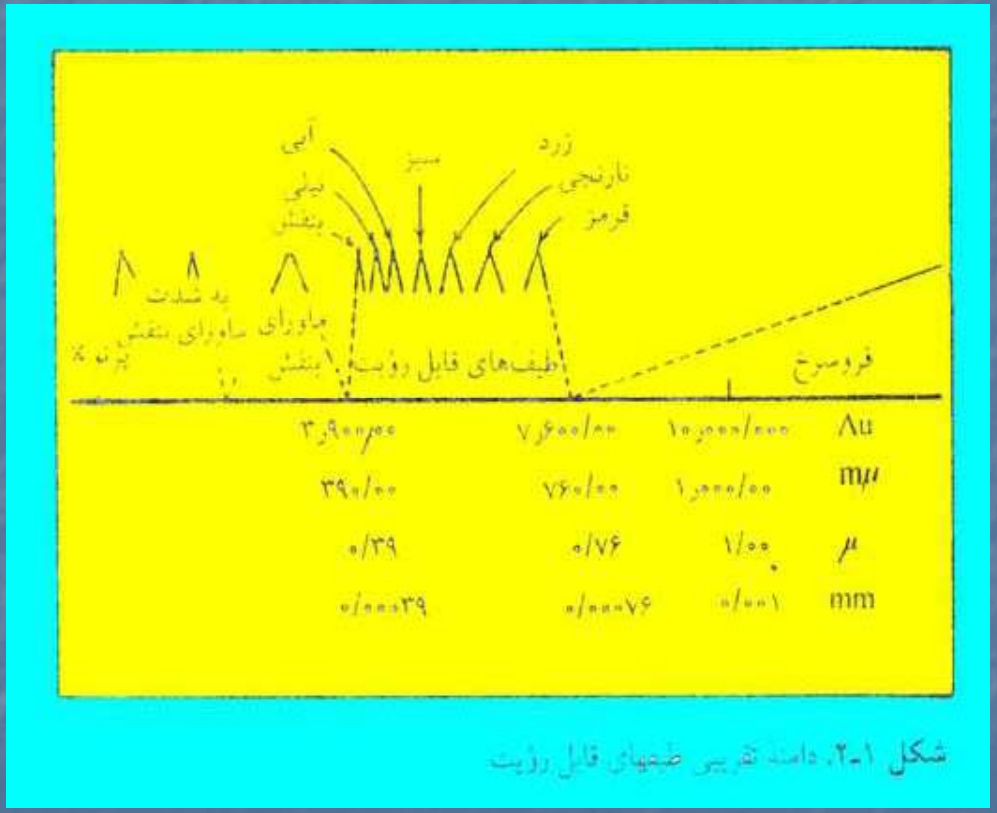
- هر نوری را که دارای یک طول موج معین و ساده باشد نور تکرنگ می گویند.
- مجموعه چند نور تکرنگ، نور معمولی یا نور سفید نامیده می شود.



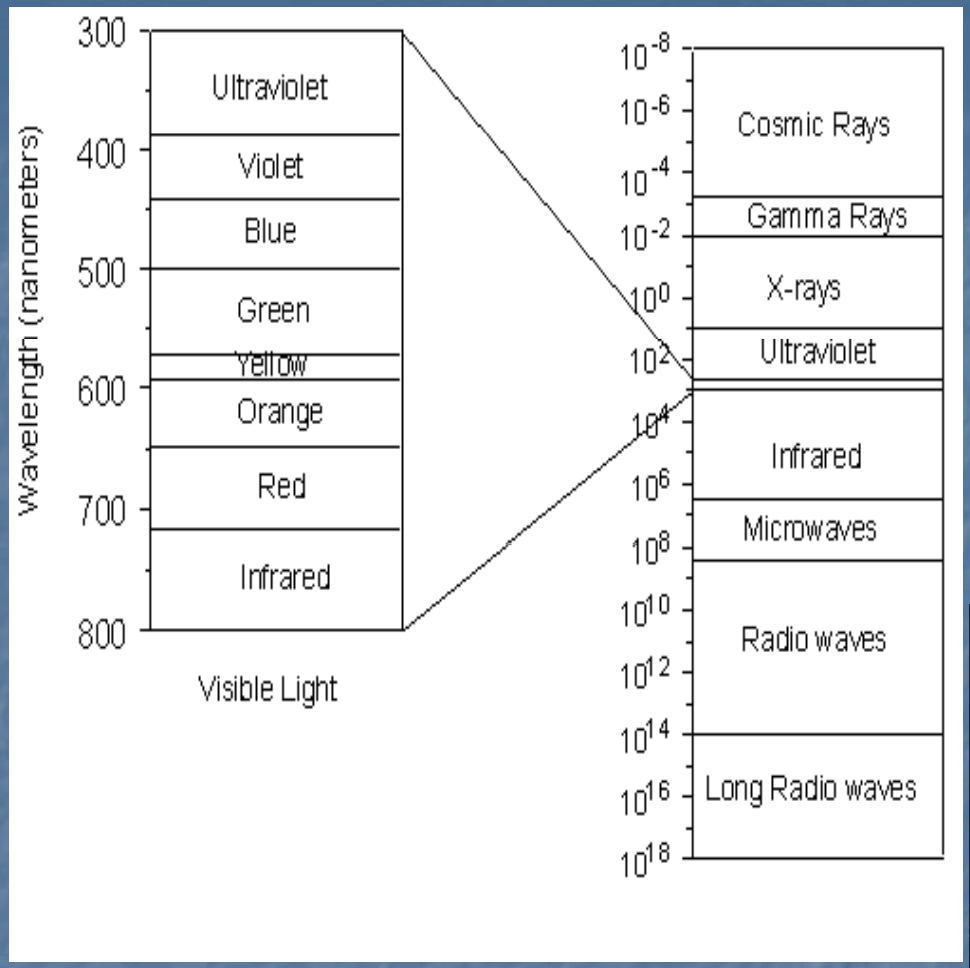
- عبور نور خورشید از یک منشور، رنگهای مختلفی با طول موجهای معینی ایجاد می کند که طیفهای نور سفید نامیده می شود.







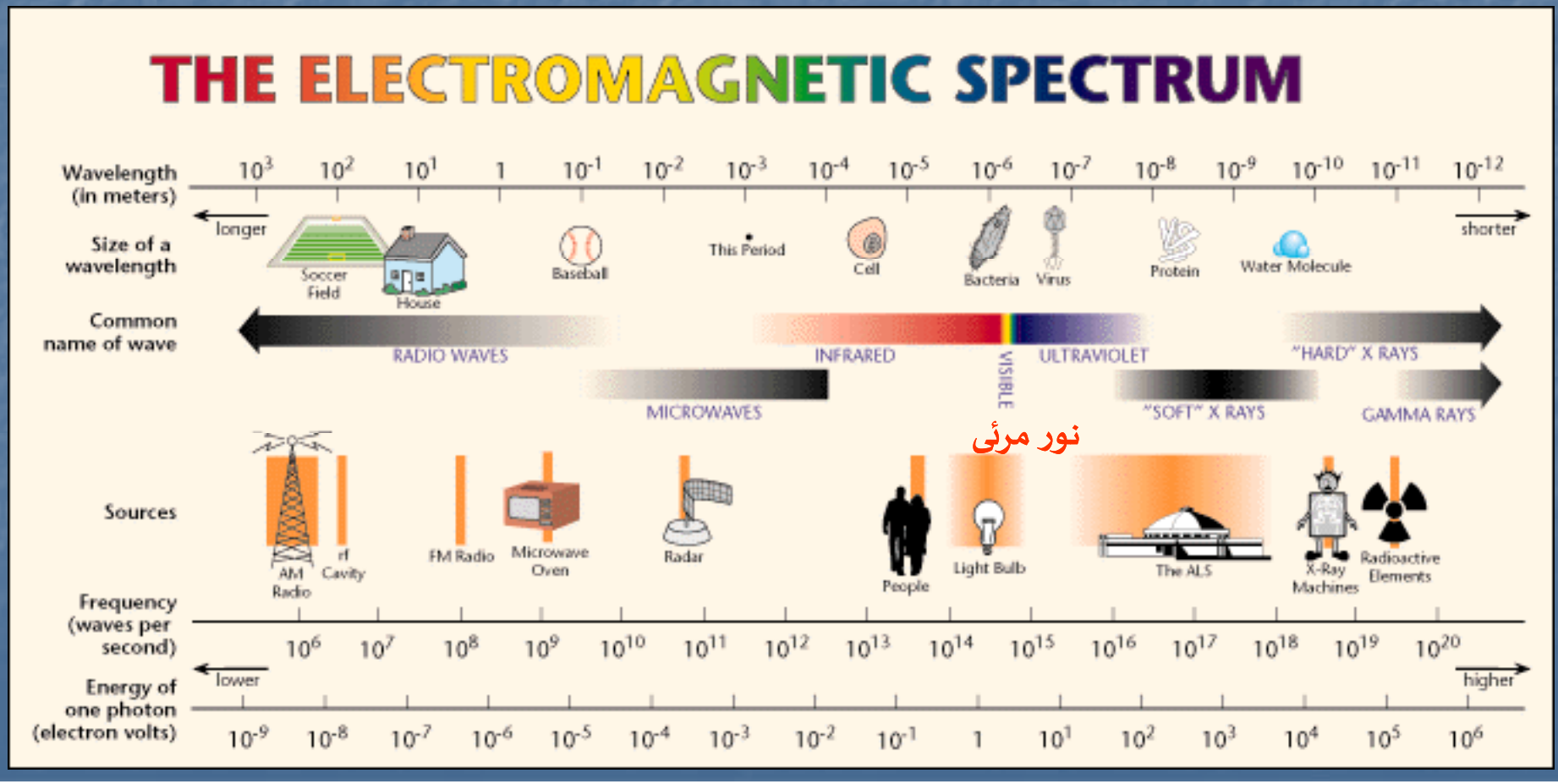
- طول موجهای قابل رویت برای چشم انسان تقریبا بین 380میلی میکرون تا 700 میلی میکرون،یعنی طول موج طیف های نور سفید است.



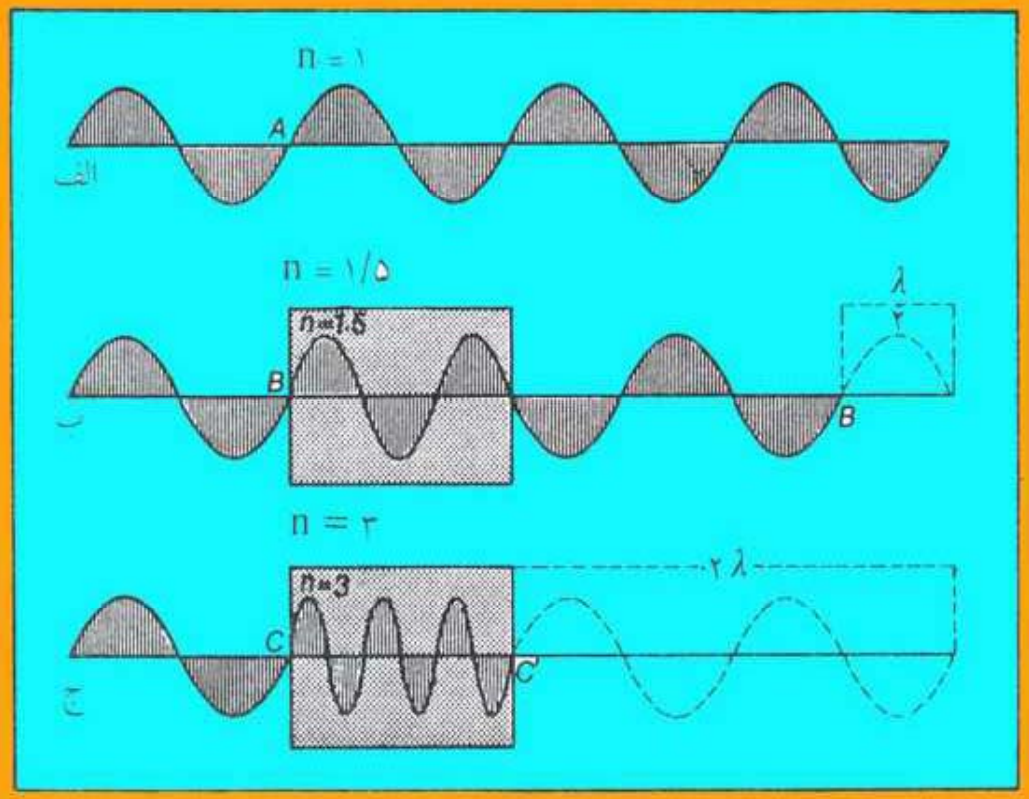
- تعداد ارتعاشات هر نور در واحد زمان فرکانس گفته می شود.

$$F=1/T=V/\lambda$$

فرکانس امواج هر نور در محیط های مختلف با جرم مخصوص متفاوت ثابت است



- هر چه محیط غلیظ تر باشد،سرعت سیر موج کمتر است (شکل زیر).



شکل ۱ـ۳. چگونگی تغییرطول موج در محیطهای مختلف. الف) محیط با ضریب شکست n = ۱ به‌طور یکنواخت برای موج وجود دارد. ب) موج در مسیر خود از محیط با ضریب شکست n = ۱/۵ عبور می‌کند. در نهایت مسافت طی شده به اندازه $\frac{\lambda}{۲}$ کوتاهتر می‌شود. ج) موج در مسیر خود از محیط با ضریب شکست n = ۳ عبور می‌کند و در نهایت مسافت طی شده به اندازه ۲λ کوتاهتر شده است.

- غلظت هر محیط را بر اساس ضریب شکست آن محیط می سنجند وآن عبارت است از نسبت سرعت سیر نور در خلا (C) به سرعت سیر همان نور در محیط (V). بنابراین:

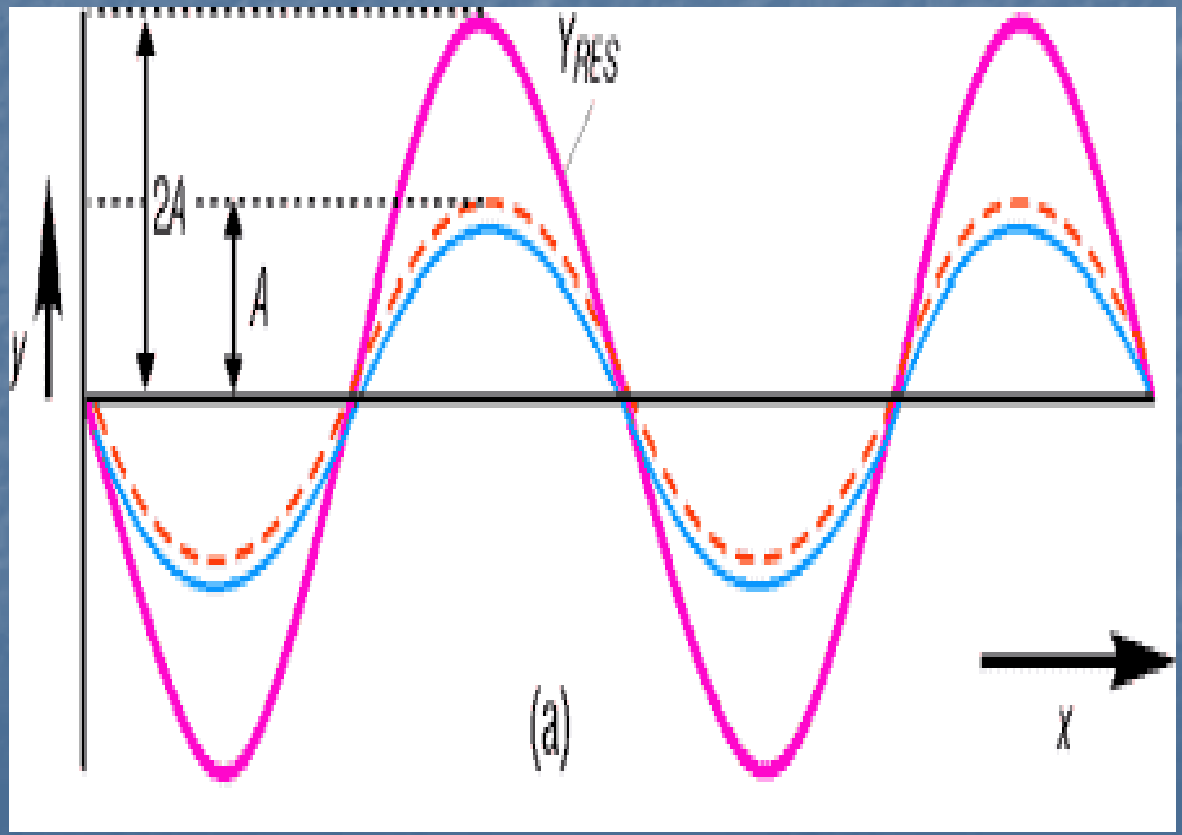
$$n = v/c$$

ضریب شکست محیط

توجه: سرعت سیر نور و ضریب شکست یک محیط با یکدیگر نسبت دارند.

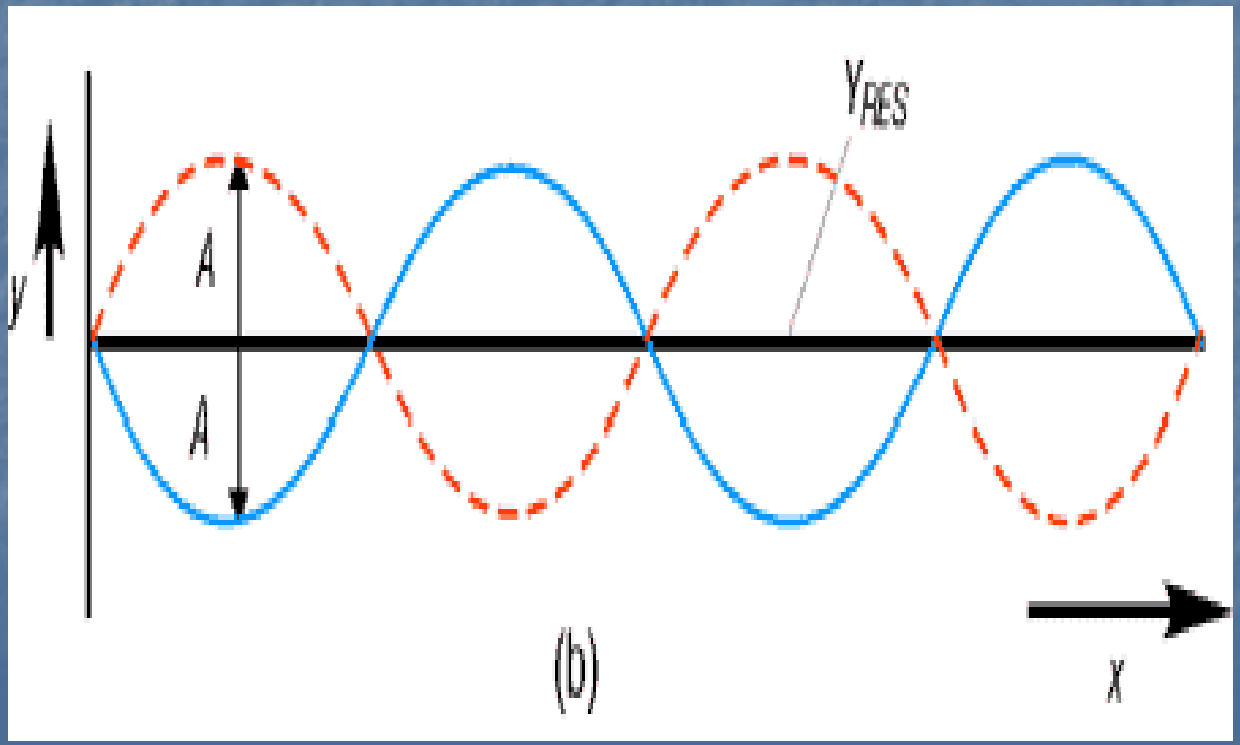
تداخل امواج

- دو موج همفاز: دو موج را گویند که از نظر زمانی به گونه ای از منبع نورانی در یک سطح انتشار یابند که هر دو در یک زمان و در یک نقطه به حداکثردامنه نوسان خود برسند.



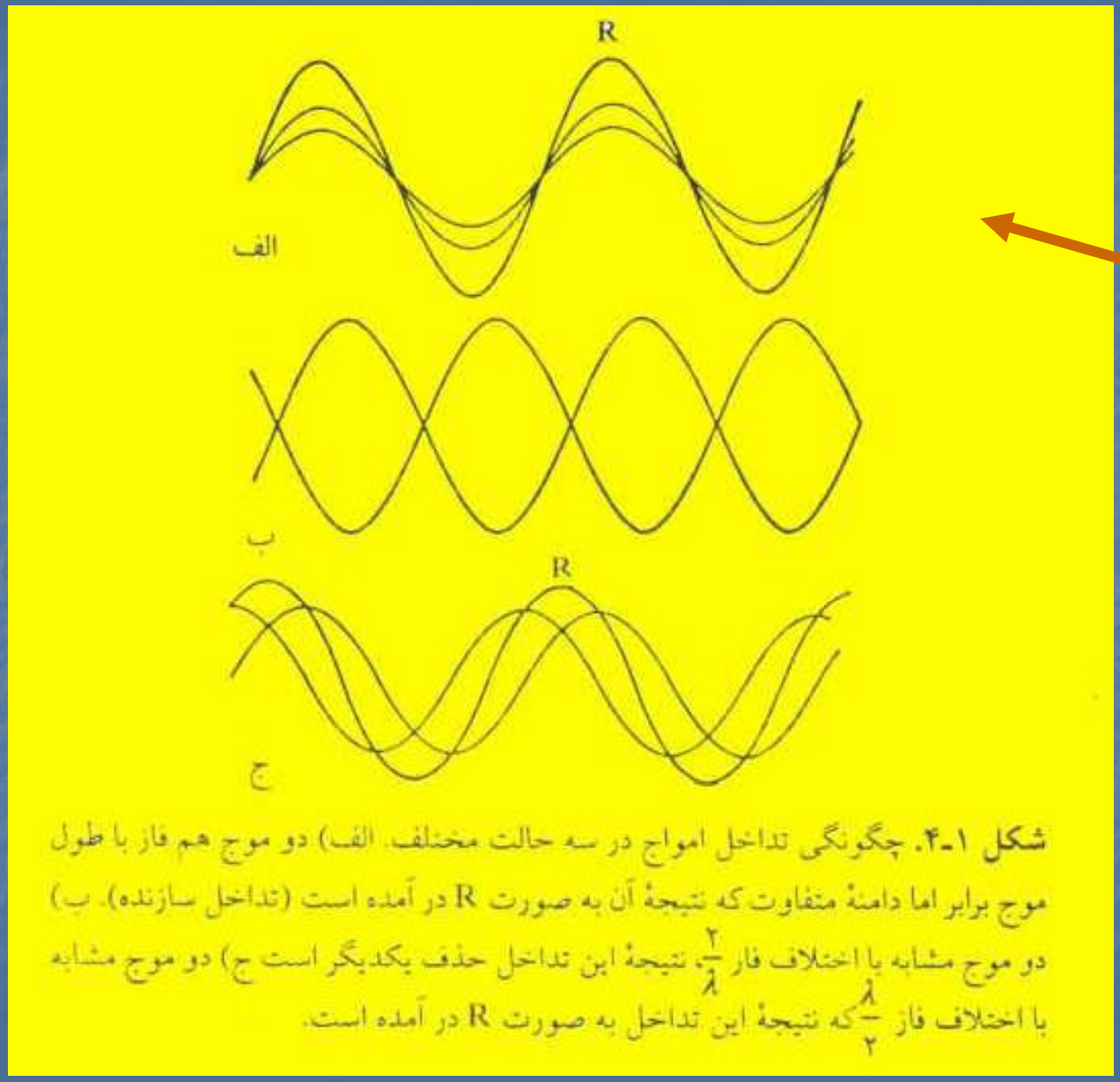
- دو موج با اختلاف فاز:

در صورتی که دو موج مشابه با اختلاف زمان در یک سطح انتشار یابند،گفته می شود که این دو موج با یکدیگر اختلاف فاز دارند.



- تداخل سازنده

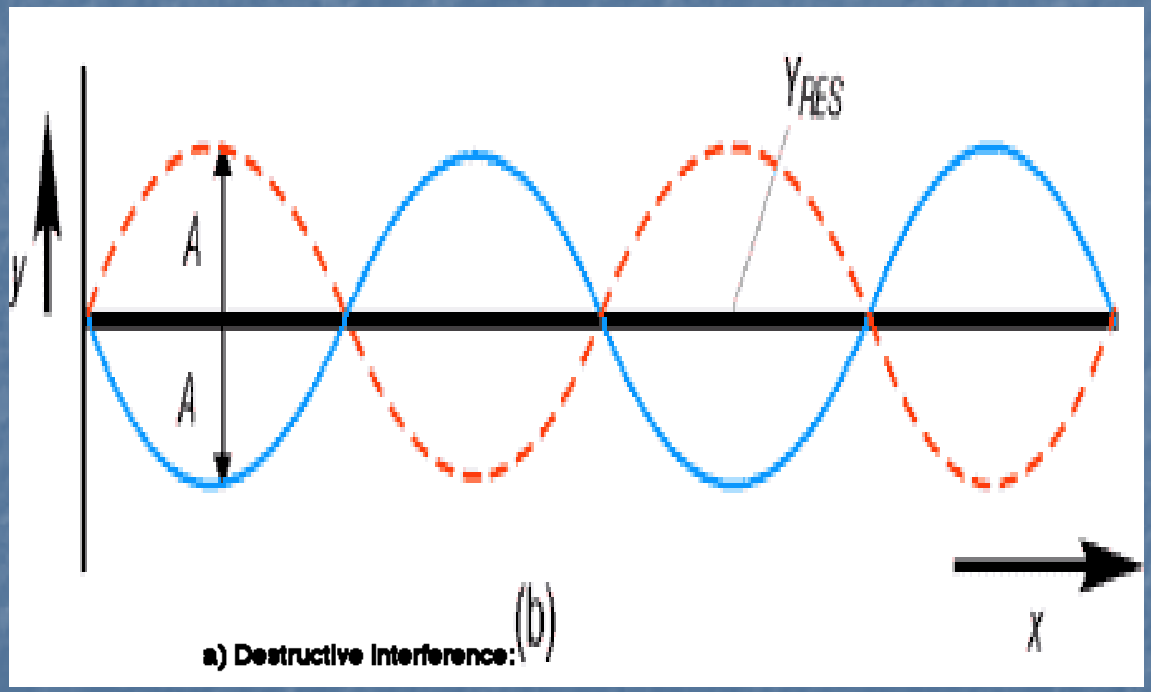
:هنگامی که دو موج مشابه و هم فاز باشند، میدانهای الکترومغناطیسی آنها با هم جمع شده و میدانی قویتر با شدت پرتو گستری بیشتر را ایجاد می کنند0

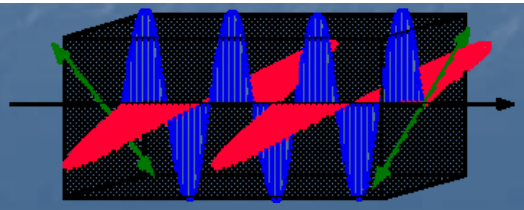


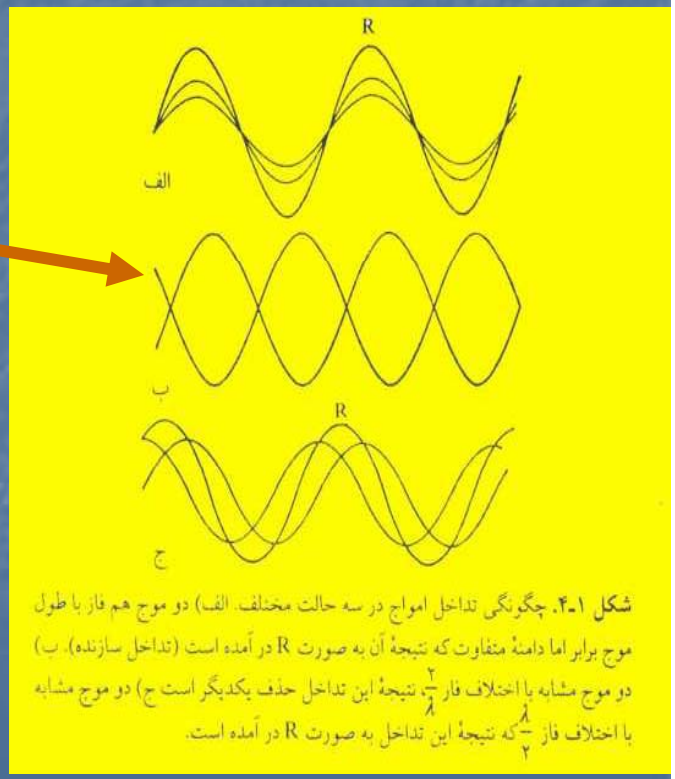
شکل ۱-۴. چگونگی تداخل امواج در سه حالت مختلف. الف) دو موج هم فاز با طول موج برابر اما دامنهٔ متفاوت که نتیجهٔ آن به صورت R در آمده است (تداخل سازنده). ب) دو موج مشابه با اختلاف فاز $\frac{2}{\lambda}$. نتیجهٔ این تداخل حذف یکدیگر است ج) دو موج مشابه با اختلاف فاز $\frac{\lambda}{2}$ که نتیجهٔ این تداخل به صورت R در آمده است.

تداخل مخرب:

- هنگامی که دو موج اختلاف فاز داشته باشند،وقتی یکی به حداکثر دامنه نوسان مثبت برسد،موج دیگر به حداکثر دامنه نوسان منفی خود می رسد، میدانهای الکتریکی و مغناطیسی دو موج یکدیگر را حذف می کنند و شدت پرتو گستری به صفر می رسد

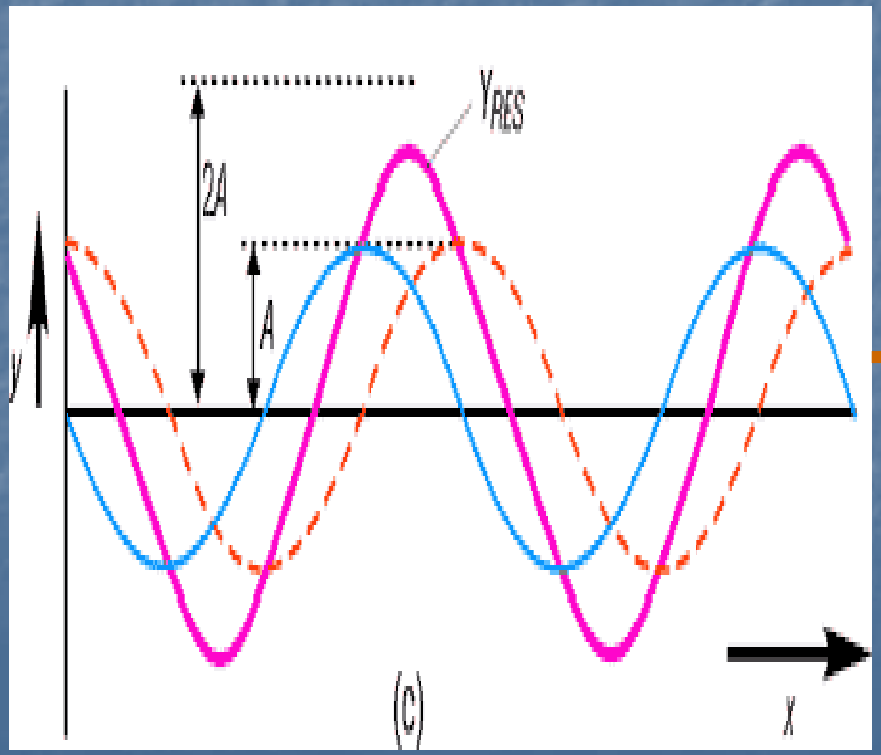


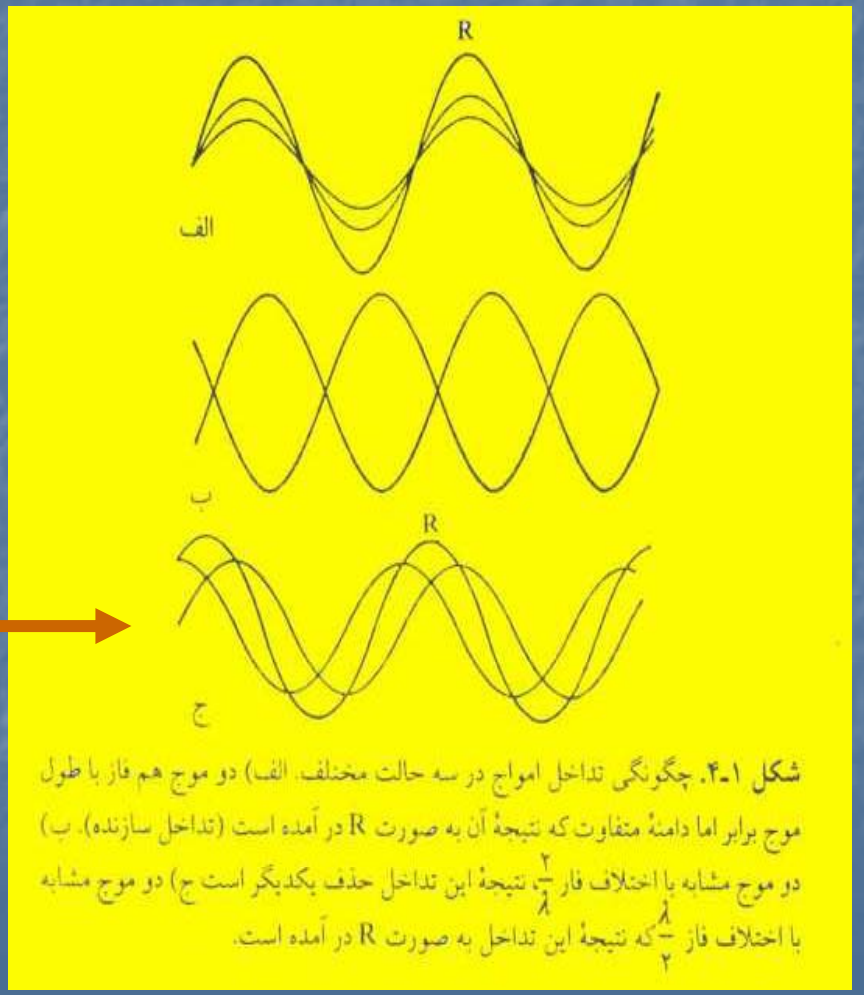




شکل ۱-۴. چگونگی تداخل امواج در سه حالت مختلف. الف) دو موج هم فاز با طول موج برابر اما دامنهٔ متفاوت که نتیجهٔ آن به صورت R در آمده است (تداخل سازنده). ب) دو موج مشابه با اختلاف فاز $\frac{2}{\lambda}$، نتیجهٔ این تداخل حذف یکدیگر است ج) دو موج مشابه با اختلاف فاز $\frac{\lambda}{2}$ که نتیجهٔ این تداخل به صورت R در آمده است.

- اگر دو موج اختلاف فاز داشته باشند ولی در وضعیتی نباشند که یکدیگر را حذف کنند، باز تداخل مخرب به وجود آمده و موجی با شدت پرتوگستری کمتر ایجاد می شود.

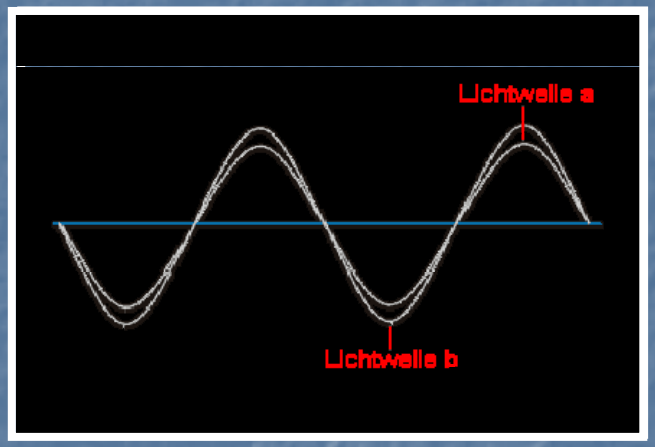


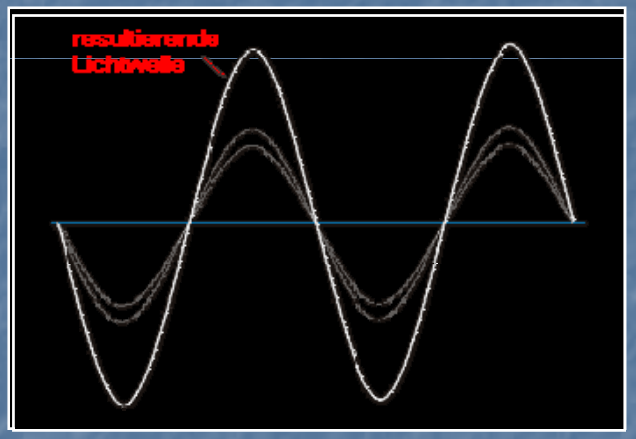


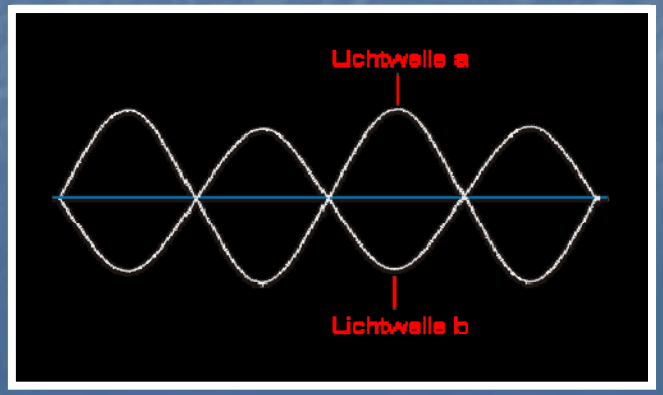
شکل ۱-۴. چگونگی تداخل امواج در سه حالت مختلف. الف) دو موج هم فاز با طول موج برابر اما دامنهٔ متفاوت که نتیجهٔ آن به صورت R در آمده است (تداخل سازنده). ب) دو موج مشابه با اختلاف فاز $\frac{2}{\lambda}$، نتیجهٔ این تداخل حذف یکدیگر است ج) دو موج مشابه با اختلاف فاز $\frac{\lambda}{2}$ که نتیجهٔ این تداخل به صورت R در آمده است.

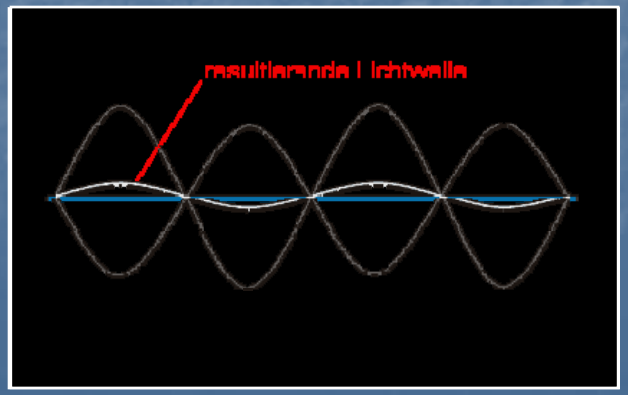
نتیجه گیری:

در صورتی که تفاوت موضع ارتعاشی دو موج، مضرب زوجی از $\lambda/2$ باشد ، دو موج یکدیگر را تقویت می کنند و با هم جمع می شوند . در صورتی که این تفاوت مضرب فردی از $\lambda/2$ باشد ، یکدیگر را خنثی می کنند.



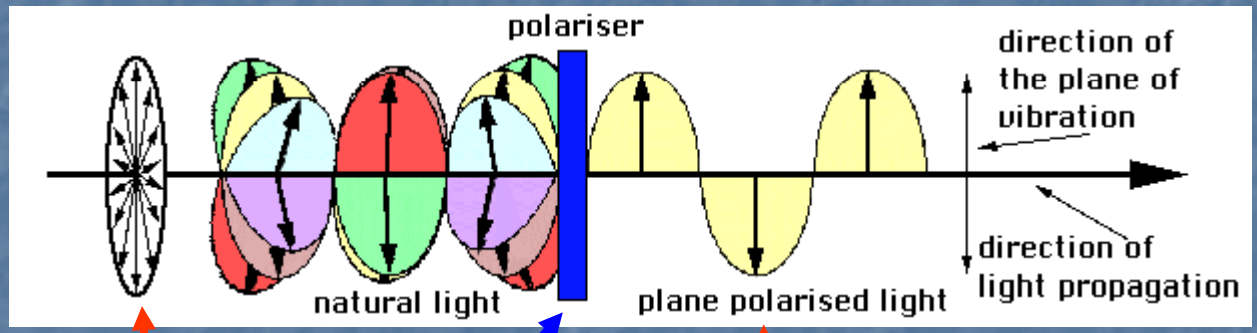






نور معمولی یا عادی و نور پلاریزه

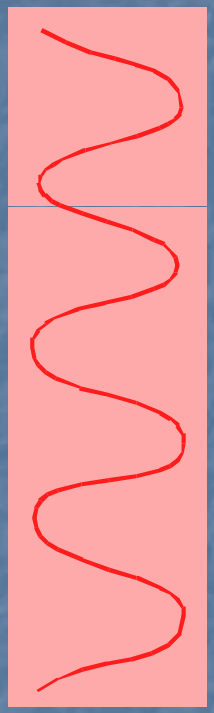
- نور معمولی یا عادی دارای تقارن محوری درجه بینهایت است
- نور پلاریزه دارای تقارن صفحه ای است



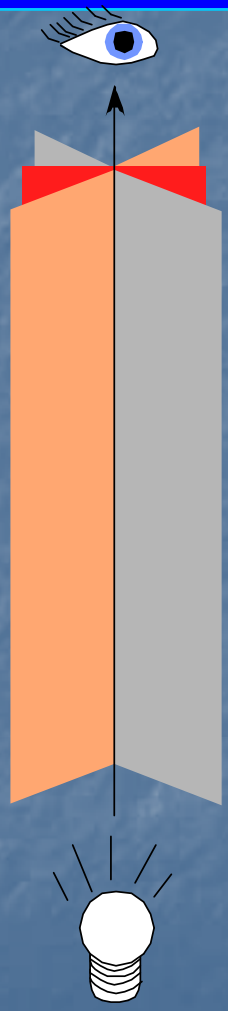
نور معمولی با تقارن محوری درجه بینهایت

پلاریزور

نور پلاریزه با تقارن صفحه ای



نور پلاریزه

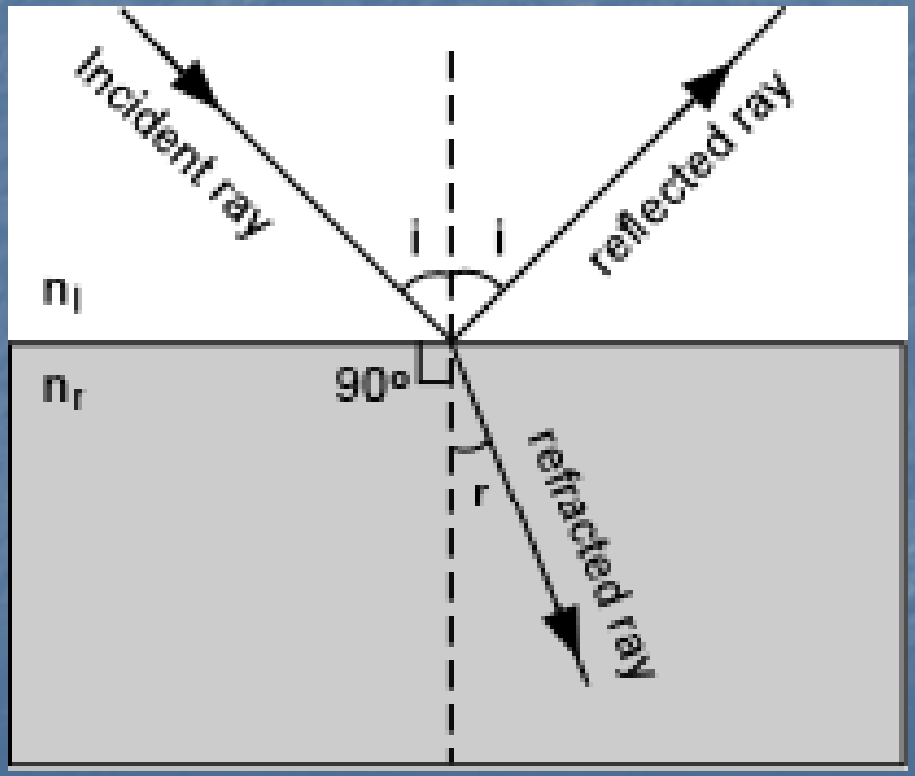


نور معمولی یا عادی

بعضی از اجسام(مثل فیلتر های مخصوص،نیکل و یا اکثر بلورها)می توانند نور معمولی را به نور پلاریزه تبدیل کنند.

گفتار دوم

شکست نور



هدف کلی

در پایان این گفتار:

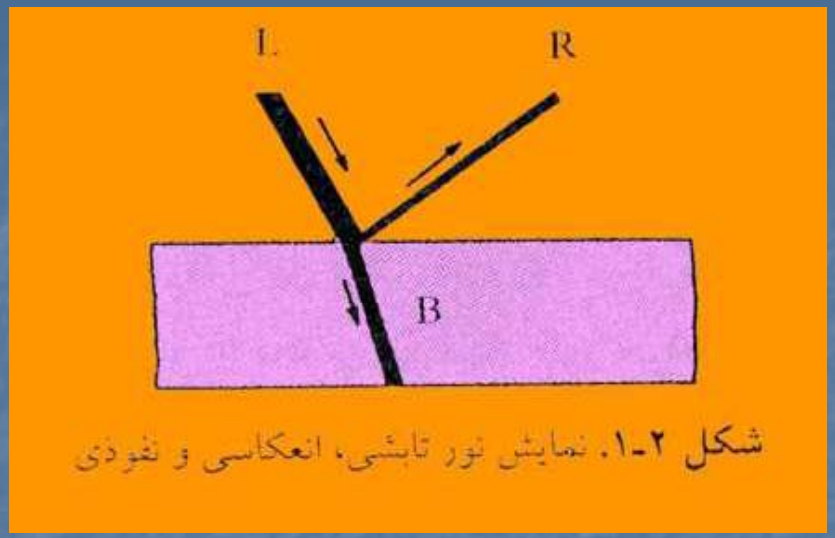
ضمن فرا گیری مفهوم شکست نور و اصول حاکم بر آن، ضریب شکست و بیرفرنژانس کانیها را خواهید آموخت.

هدفهای رفتاری

پس از پایان این گفتار قادر خواهید بود:

- مفهوم شکست نور را توضیح دهید.
- ضریب شکست کانی ها و چگونگی اندازه گیری آن را توضیح دهید.
- پاشیدگی را توضیح دهید.
- زاویه بحرانی را توضیح دهید.
- انعکاس کلی و رابطه آن با زاویه بحرانی را توضیح دهید.
- تفاوت کانیهای همسانگرد و ناهمسانگرد را بیان کنید.
- شکست مضاعف و رابطه آن با بیرفرانژانس کانیها را توضیح دهید.

شکست نور



شکل ۲-۱. نمایش نور تابشی، انعکاسی و نفوذی

- هنگام عبور شعاع های تابش از یک محیط به محیط دیگر،مقداری از آن منعکس می شود Rو مقداری دیگر در محیط دوم نفوذ می کندB(شکل مقابل)

$$L = R + B$$

- L: نور اولیه
- R: نور منعکس شده
- B: نور نفوذ کرده یا شکسته شده

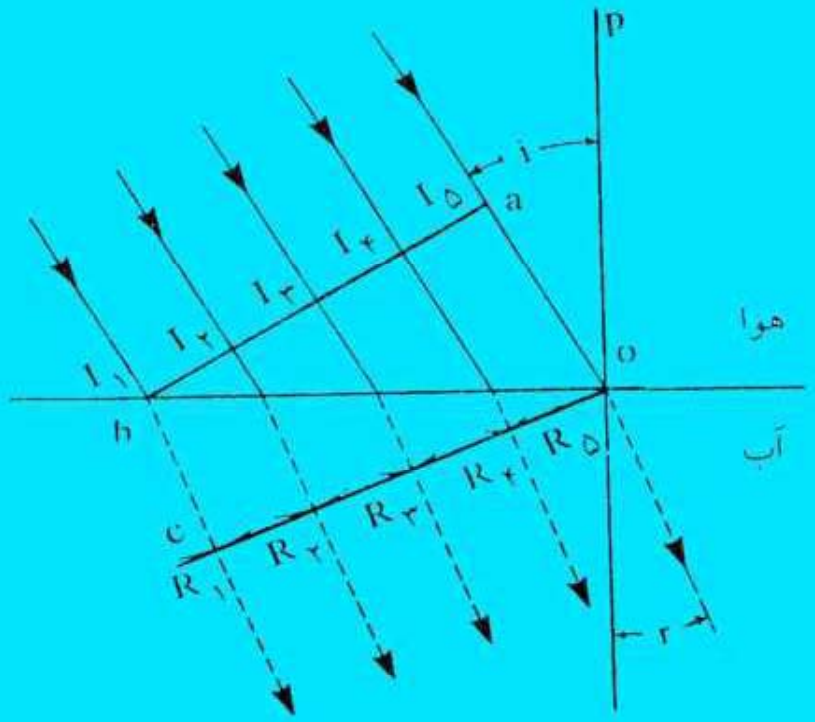
اگر Bزیادتر ازRباشد،جسم را شفاف گویند.

اگر اختلاف آنها کم باشد،جسم نیمه شفاف است.

اگر اختلاف بسیار کم یا صفر باشد،جسم کدر گفته می شود.

قانون شکست نور و ضریب شکست

- با تابش نور از محیط هوا به آب ، نور تغییر مسیر می دهد(شکست نور).
- در شکل ارتباط شعاع نور تابش I و شعاع نور شکست Rبه نمایش در آمده است.

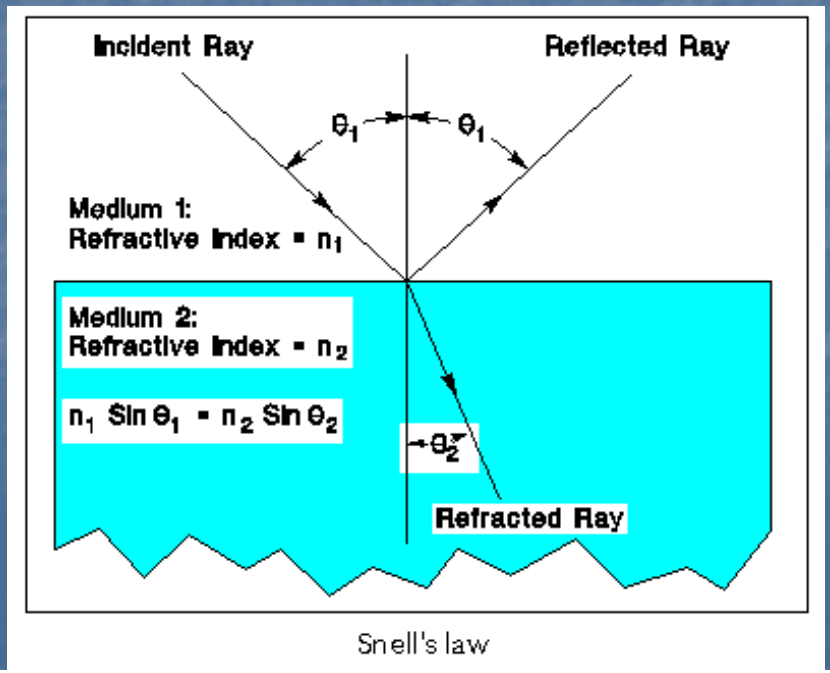


شکل ۲-۲. نمایش انعکاس نور هنگام عبور از یک محیط رقیق به یک محیط غلیظ

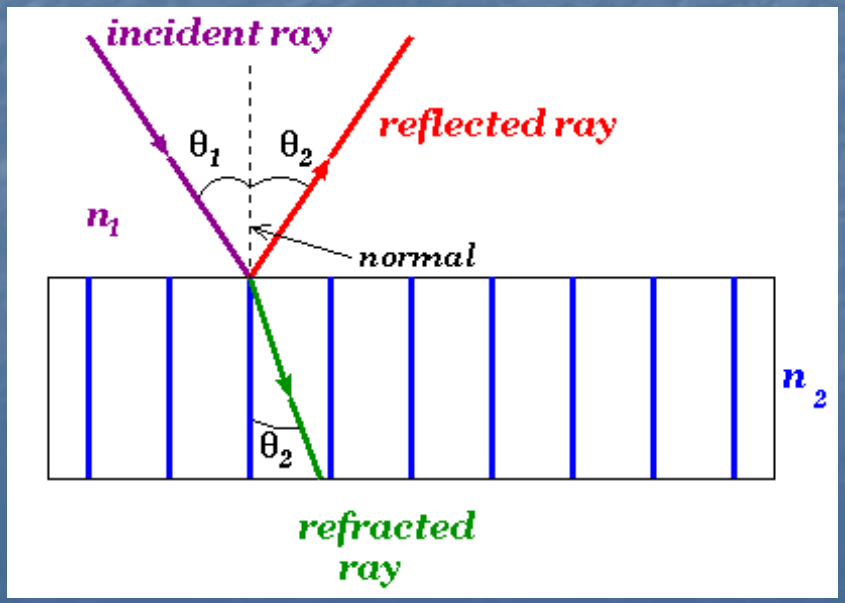
نسبت بین دو زاویه تابش و شکست و سرعت های سیر نور در دو محیط را قانون اسنل می گویند.

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{c}{v} = n$$

- n → ضریب شکست
- $\sin i$ → سینوس زاویه تابش
- $\sin r$ → سینوس زاویه شکست
- c → سرعت نور در جسم شفاف
- v → سرعت نور در هوا



Snell's law



$$\sin i / \sin r = n$$

نسبت سینوس زاویه تابش به سینوس زاویه شکست همواره ثابت است.این امر در مورد سرعت نور در دو محیط نیز صادق است.

حال اگر سرعت نور در هوا را c در جسم شفاف v فرض کنیم ، می توان گفت :

$$n = c/v$$

اگر n_1 و n_2را ضرایب شکست دو محیط مختلف بدانیم ، خواهیم داشت :

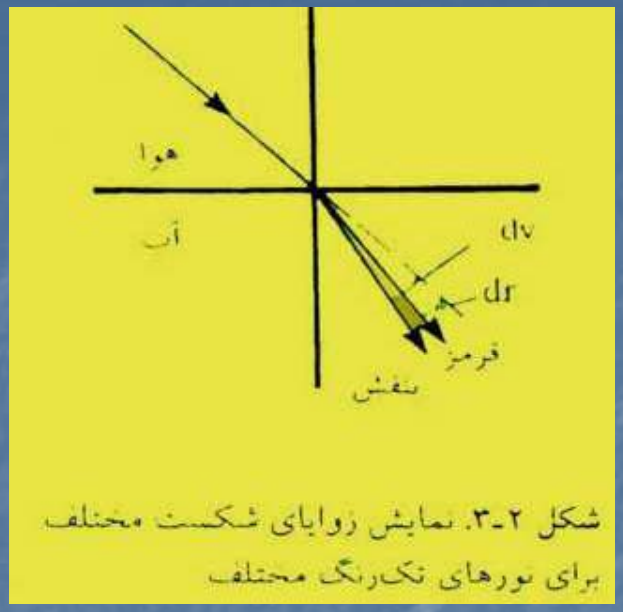
$$n1/n2 = v2/v1$$

یعنی ، ضریب شکست دو محیط با سرعت نوری که از آن می گذرد نسبت معکوس دارد .

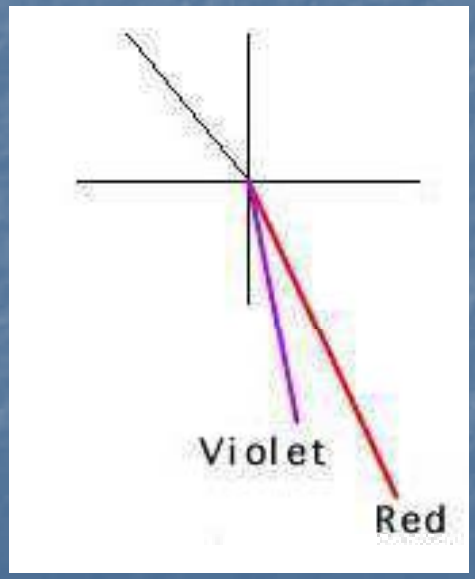
کانهای شفاف با ضریب شکست بالا(9/1یا بیشتر)جلای الماسی دارند.در حالیکه کانهای شفاف با ضریب شکست پایین تر جلای شیشه ای دارند.

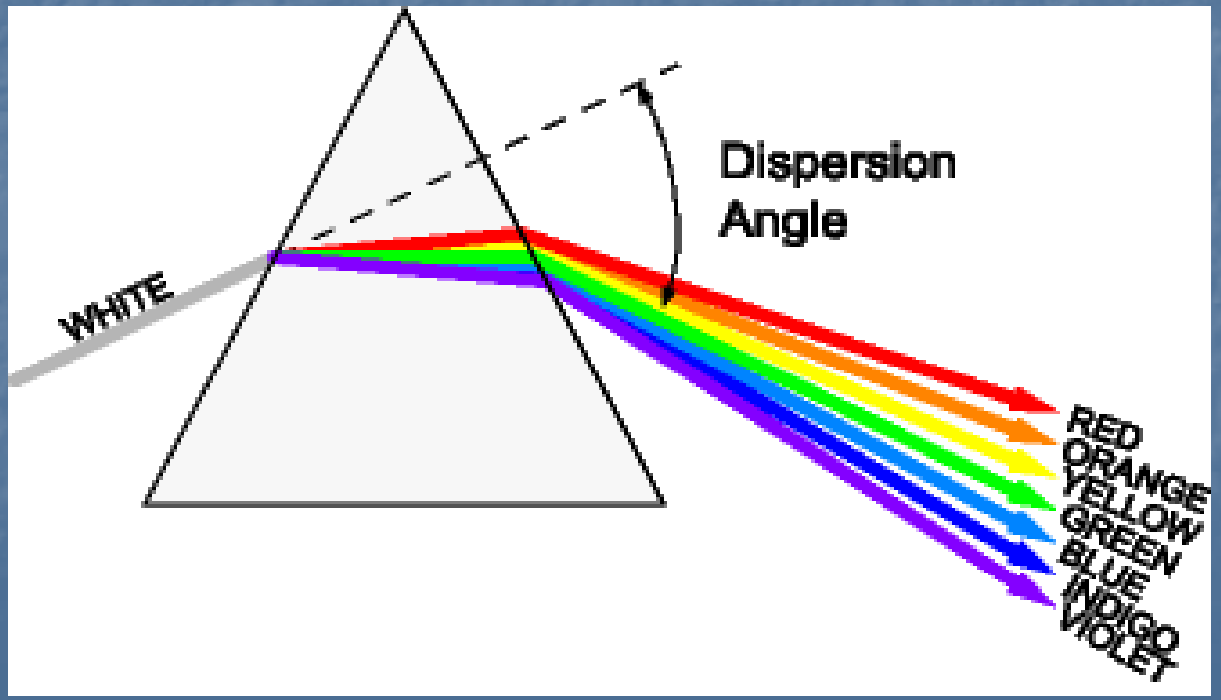
پاشیدگی(دیسپرسیون)

اختلاف بین ضریب شکست نور
قرمز و نور بنفش را
پاشیدگی(دیسپرسیون)
گویند(شکل مقابل).



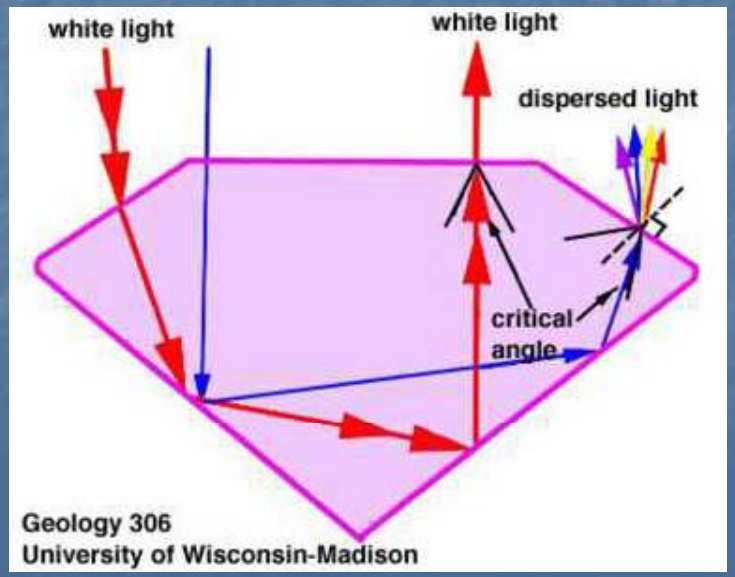
شکل ۲-۳. نمایش زوایای شکست مختلف برای نورهای تک‌رنگ مختلف





فلوئورین		الماس	
شعاعهای نورانی	ضریب شکست n	شعاعهای نورانی	ضریب شکست n
زیر قرمز ...	۱/۴۳۰۵	زیر قرمز ...	۲/۴۰۷۳۵
فرا بنفش ...	۱/۴۳۹۶۳	فرابنفش ...	۲/۴۶۴۷۶
پاشیدگی ...	۰/۰۰۸۶۸	پاشیدگی ...	۰/۰۵۷۴۱

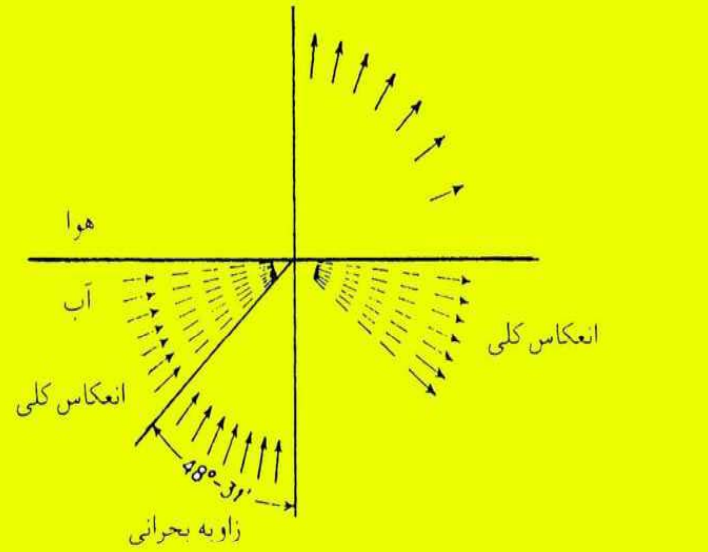
کانیهای مختلف از نظر شدت پاشیدگی با یکدیگر متفاوت اند.کمترین پاشیدگی مربوط به کانی فلوئورین و بیشترین آن در الماس است.در جدول مقابل پاشیدگی دو کانی با هم مقایسه شده اند.



زاویه بحرانی

- با توجه به فرمول n=Sin i/sin r در صورتی که شعاع تابش با زاویه صفر درجه ،یعنی به طور عمود بر سطح تماس دو محیط بتابد ، این شعاع بدون شکست و عمود بر سطح تماس خارج خواهد شد .
- حال اگر زاویه ی تابش به تدریج افزایش پیدا کند ، شعاع تابش پس از ورود به محیط دوم شکسته می شود تا جایی که زاویه ی تابش برابر 90 درجه شود و فرمول به صورت n=1/sin r : در می آید .

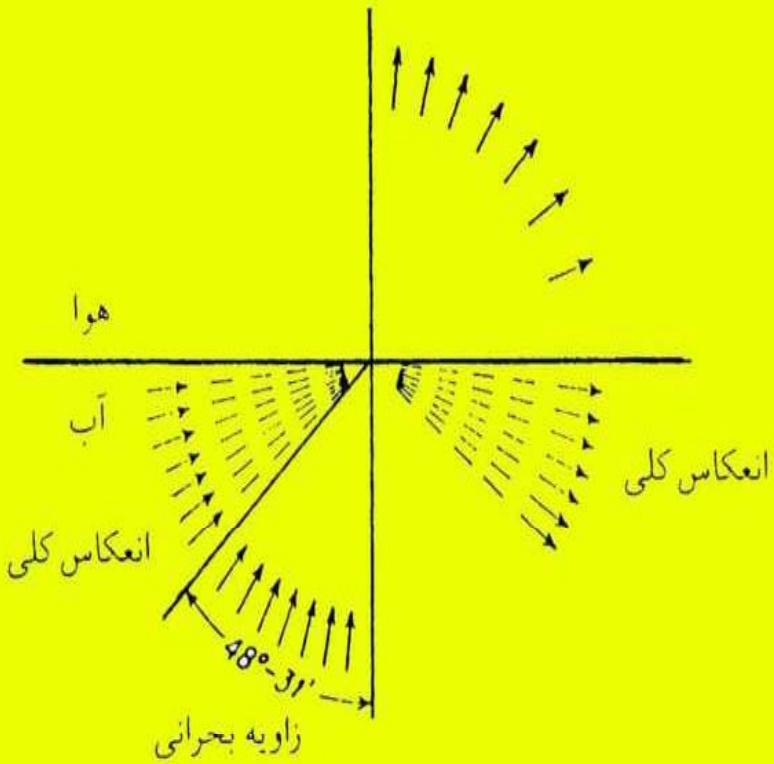
در چنین حالتی از آنجا که برای یک جسم n ثابت و معین است پس زاویه ی شکست نیز مقدار معینی خواهد بود . بنابراین ، موقعی که I =90 درجه باشد ، زاویه ی شکست ،زاویه ی بحرانی نامیده می شود . (شکل مقابل)



شکل ۲-۴. نمایش ارتباط بین شکست نور هنگام عبور از یک محیط به یک محیط رقیقتر و انعکاس نور پس از زاویه بحرانی

انعکاس کلی

هنگامی که زاویه تابش به اندازه ′48°31 ،یعنی به اندازه زاویه بحرانی برسد،شعاع در محیط دوم شکسته نمیشود،بلکه از سطح تماس به صورت مماس خارج می گردد.از این به بعد هر چه زاویه تابش انحراف بیشتری به خط عمود پیدا کند ، پس از برخورد به سطح تماس در همان محیط منعکس می شود . به این پدیده ، انعکاس کلی گفته می شود .



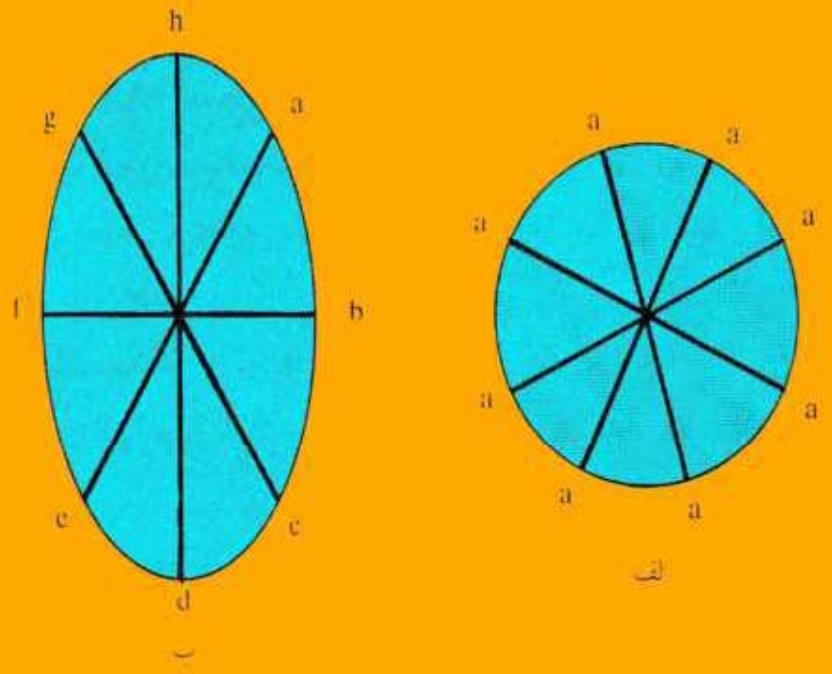
شکل ۲-۴. نمایش ارتباط بین شکست نور هنگام عبور از یک محیط به یک محیط رقیقتر و انعکاس نور پس از زاویه بحرانی

کانیهای همسانگرد و کانیهای همسانگرد

کانیهای شفاف(کانیهایی که نور را از خود عبور می دهند)از نظر چگونگی انتشار نور به دو دسته تقسیم می شوند.

- کانیهای همسانگرد: در اجسامی نظیر شیشه و یا کانیهایی متعلق به سیستم مکعبی(مانند الماس،گرونا و اسپینل) سرعت سیر نور در تمام جهات بلور یکسان است. سطح موجها در آنها کروی است.

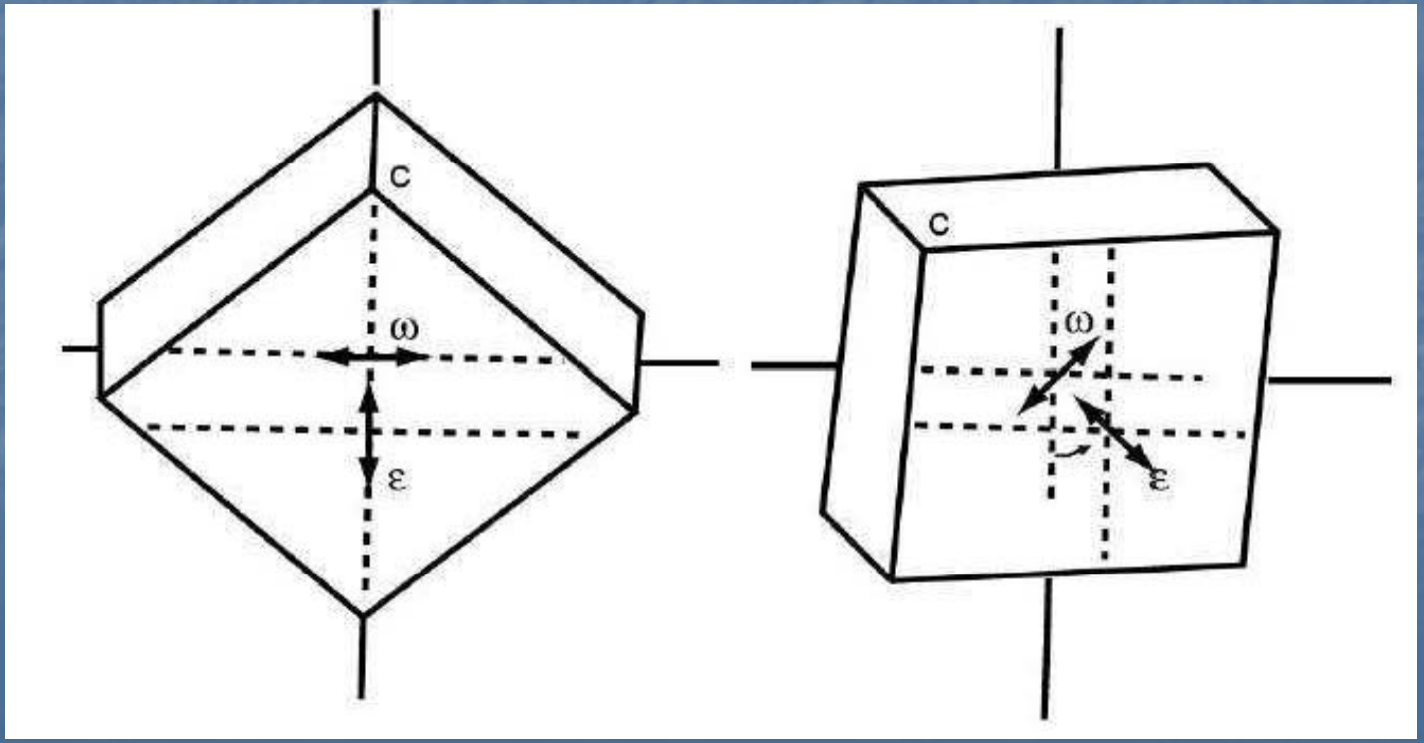
- کانیهای ناهمسانگرد: در کانیهایی که در سیستم های مختلف بلورشناسی،بجز کوبیک،متبلور می شوند سرعت سیر نور در تمام جهات بلور یکسان نیست. سطح موجها در آنها کروی است.



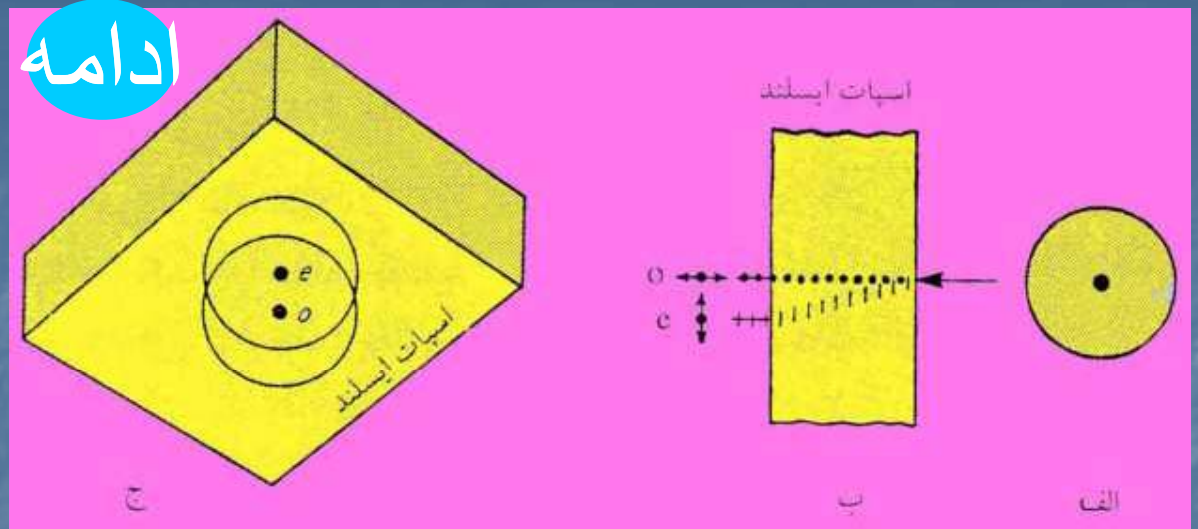
شکل ۲ـ۵. (الف) مقطع سطح موجها در کانیهای همسانگرد. (ب) مقطع سطح موجها در کانیهای ناهمسانگرد.

شکست مضاعف

اگر نور معمولی وارد یک محیط ناهمسانگرد شود، به دو نور تبدیل می شود که هر دو پلاریزه هستند و در امتداد دو سطح عمود بر هم به ارتعاش در می آیند. این پدیده شکست مضاعف نامیده می شود و کلسیت شفاف یا اسپات دیسلند مثال عمده آن است.

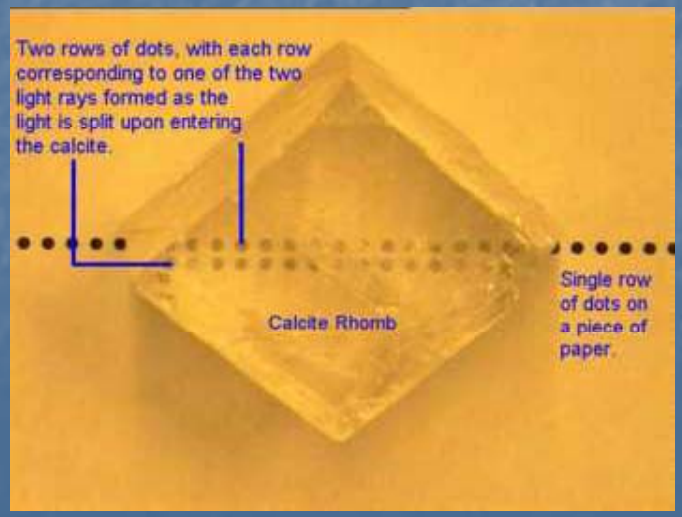


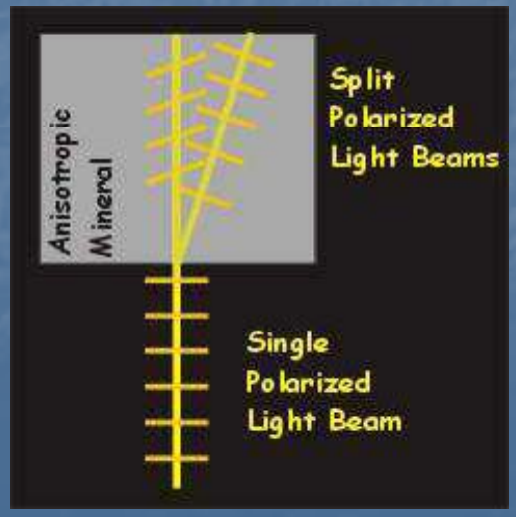
ادامه

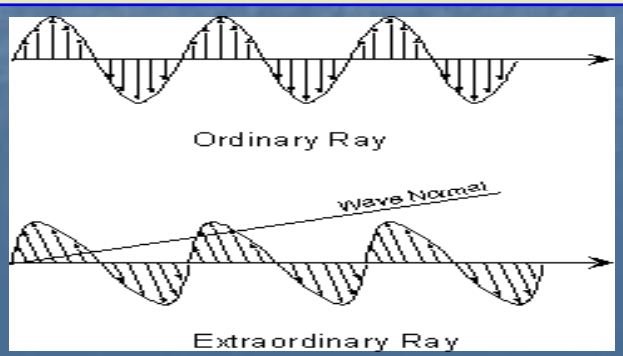


شکل ۲ـ۷. نمایش چگونگی ایجاد تصویری که از دو شعاع عادی و غیرعادی به‌وجود می‌آید. (الف) تصویر اصلی که در زیر بلور کلسیت شفاف قرار می‌گیرد . (ب) شکست مضاعف که دو نور ایجاد می‌کند. سطح ارتعاش دو نور عمود بر یکدیگر است، به طوری که امتداد ارتعاش دو نور، موازی دو قطر بلور کلسیت شفاف است. (ج) تصویر مضاعف که با بلور کلسیت شفاف دیده می‌شود.

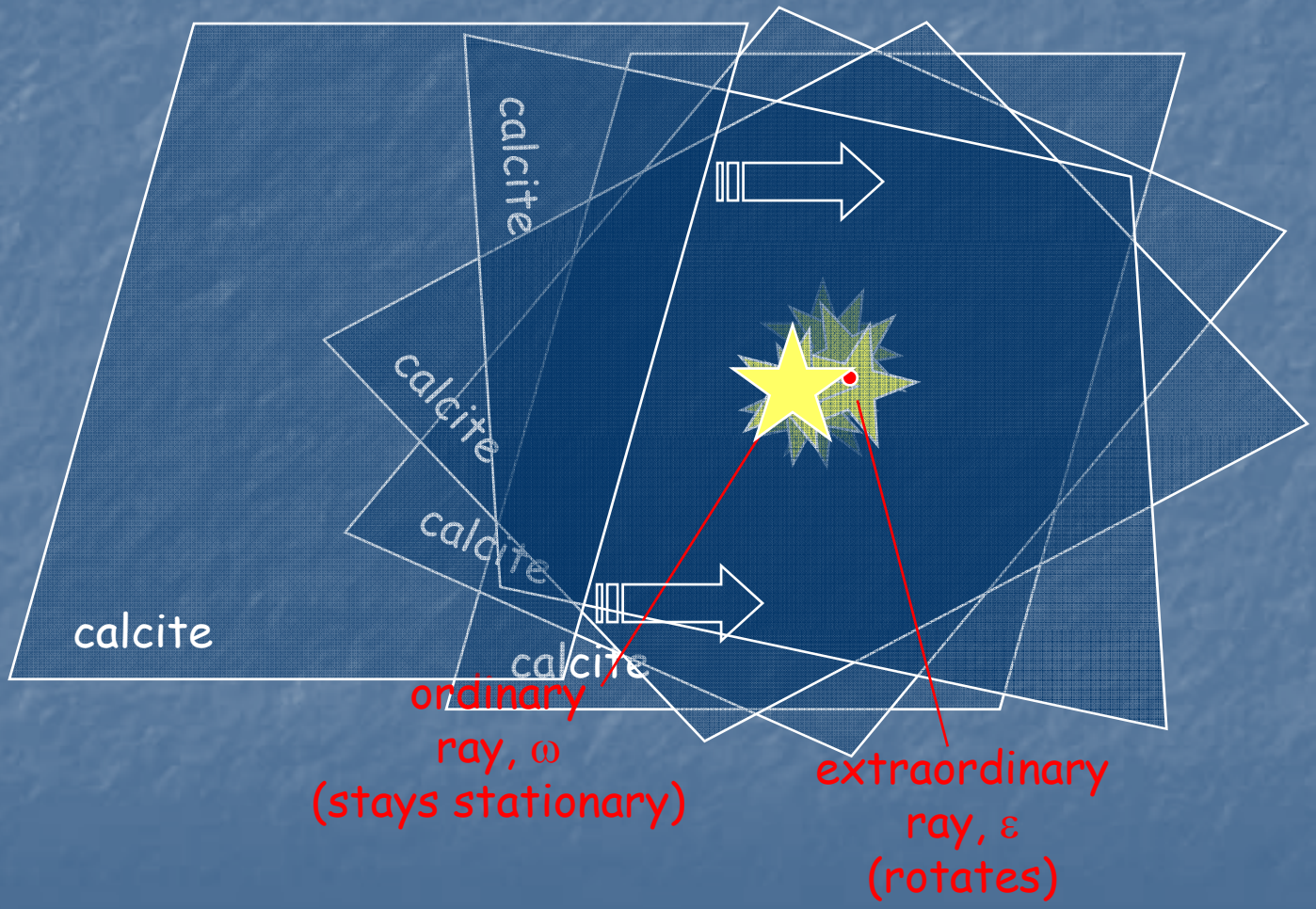
با ورود نور به کلسیت شفاف(شکل الف)دو نور ایجاد می شود که یکی از آنها بدون شکست از بلور عبور می کند(نور عادی و آن را با حرف Oنشان می دهند)،دیگری در محل ورود به بلور می شکند و با زاویه 6درجه نسبت به نور عادی خارج می شود(نور غیرعادی و آن را با حرف Eنشان می دهند).





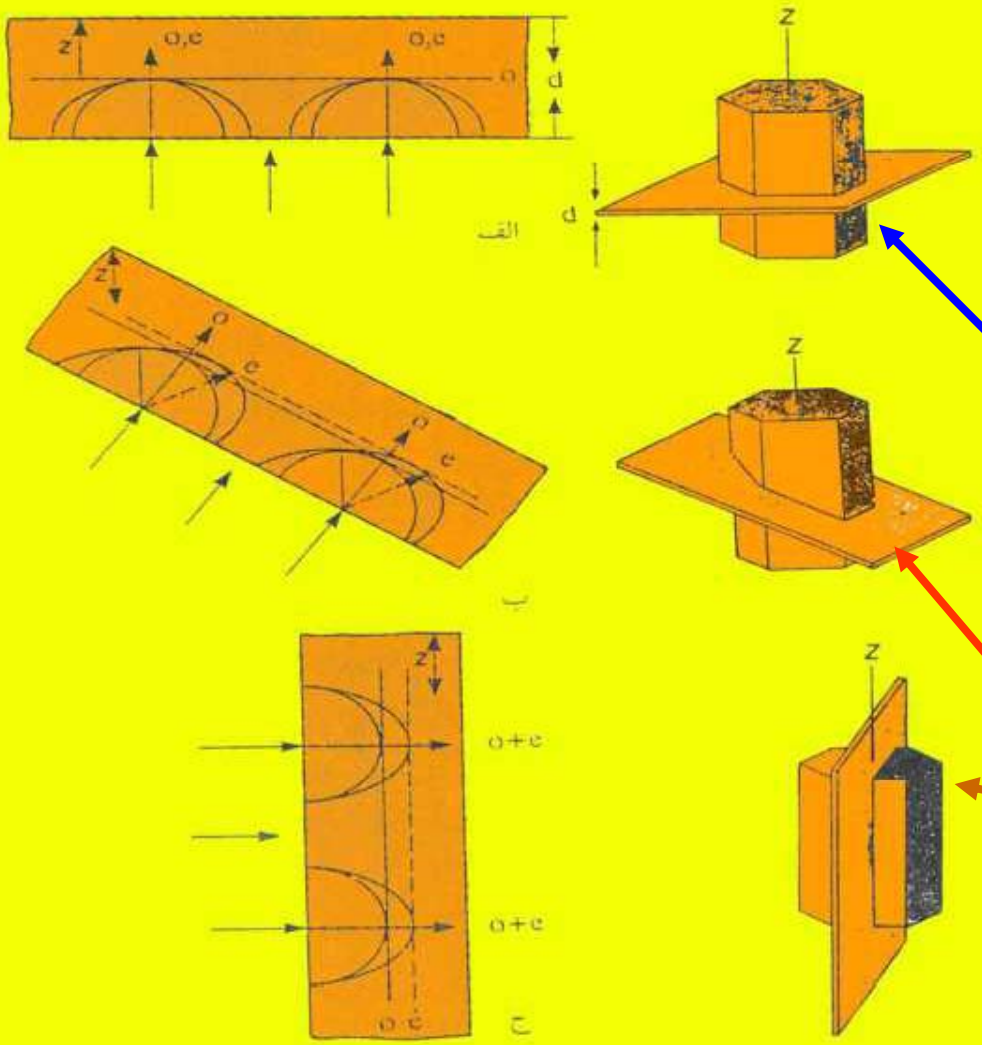


ورود نور به کلسیت شفاف



در یک کانی ناهمسانگرد ورود نور ممکن است به یکی از سه طریق زیر باشد:

- عمود بر محور اصلی بلور: در این حالت نور موازی با محور اصلی وارد می شود و تفاوت دو ضریب شکست نور عادی و غیر عادی برابر صفر است.
- موازی با محور اصلی بلور: در این مقاطع تفاوت دو ضریب شکست به حداکثر میرسد.
- مقاطع مایل



شکل ۲ـ۸ سه مقطع نازک که از بلور ناهمسانگرد تهیه شده است. (الف) مقطع عمود بر محور نوری است. تفاوت سرعت سیر نور عادی و غیرعادی (o و e)برابر صفر است. (ب) مقطع نسبت به محور نوری مایل است. سرعت نور عادی و غیرعادی اختلاف دارند. (ج) مقطع موازی محور نوری است. تفاوت سرعت نور عادی و غیرعادی به حداکثر خود می‌رسد. در این شکلها، d ضخامت مقطع و z امتداد محور اصلی است. نیم دایره شکل مکان هندسی سرعت سیر نور را برای نور عادی و نیم بیضی مکان هندسی سرعت سیر نور غیرعادی را بر حسب موقع آن نسبت به محور اصلی نشان می‌دهد.

بیرفرنژانس

اختلاف بین دو ضریب شکست نور عادی(ω)و ضریب شکست نور غیرعادی(ε)را بیرفرنژانس می گویند و آن را با حروف(B) یا (Δn)نشان می دهند.

$$\Delta n=(n_e-n_o)=\varepsilon-\omega$$

- n_oوn_e به ترتیب ضرایب شکست نور غیر عادی و عادی هستند.

توجه : در بلورهای متعلق به سیستم های ارتورمبیک،منوکلینیک و تری کلینیک هر دو شعاع غیر عادی اند.در این بلورها حداکثر بیرفرنژانس از اختلاف بزرگترین و کوچکترین ضریب شکست آن بلور است. بیشترین بیرفرنژانس مربوط به مقطعی است که عمود بر محور نوری تهیه شده باشد.

ادامه

با توجه به اختلاف سرعت سیر نور عادی و غیر عادی، گاهی سرعت سیر نور غیرعادی و گاهی سرعت سیر نور عادی بیشتر است.این امر نشان دهنده مثبت یا منفی بودن بلور از نظر محور نوری است.

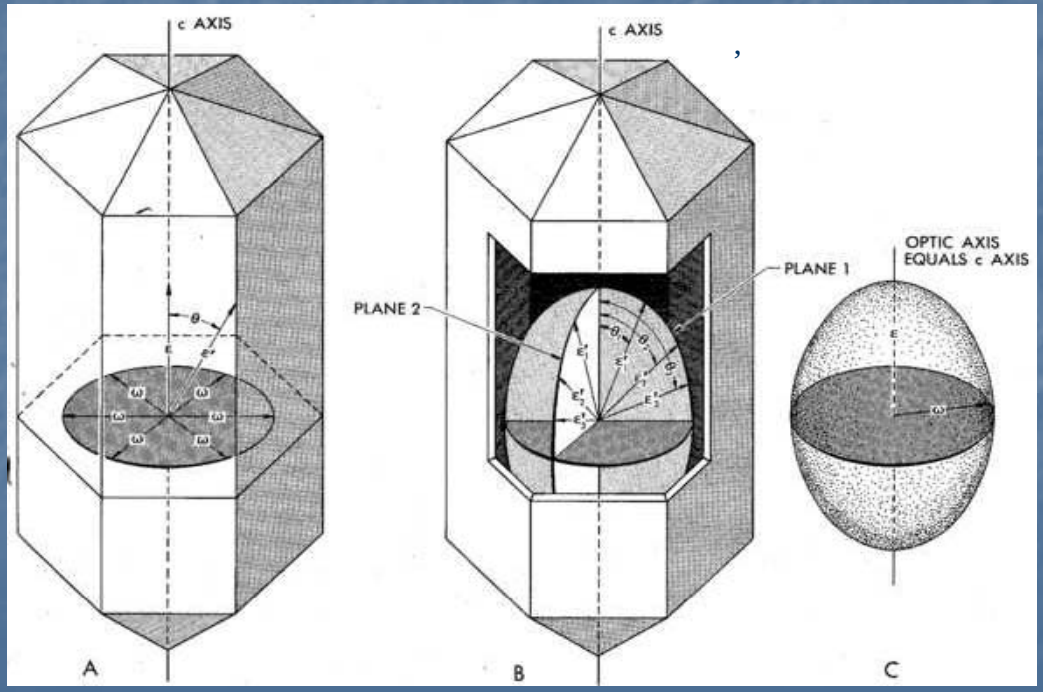
اختلاف سرعت انتشار دو نور عادی و غیر عادی موجب تاخیر یکی از آنها در خروج از بلور می شود.در نتیجه این تاخیر اختلاف فاز به وجود می آید که موجب تداخل امواج دو نور می شود.این تاخیر Δ به ضخامت مقطع d و شدت شکست مضاعف (ne-no) بستگی دارد.

یعنی: $\Delta = d(ne-no)$

حال اگر در این فرمول ضخامت را همیشه ثابت و در حدود 3./.میلی متر انتخاب کنیم، تاخیر حاصله تنها به شکست مضاعف در کانی مربوط می شود.

گفتار سوم

بلورهای یک محوری و بلورهای دو محوری



هدف کلی

در پایان این گفتار:

با بلورهای یک محوری و دو محوری آشنا شده، چگونگی تشکیل سطح موج ها و اندیکاتریکس در آن ها را خواهید آموخت .

هدف های رفتاری

- بلور های یک محوری و مشخصه های نوری آن ها را توضیح دهید .
- شکل سطح موج ها را برای بلور های یک محوری رسم کنید و چگونگی تشکیل آن را توضیح دهید .
- اندیکاتریکس بلور های یک محوری را رسم کنید و ارتباط بین ضرایب شکست آن و محور های اصلی بلور را بیان کنید .
- تفاوت بین بلور های یک محوری مثبت و منفی را بیان کنید .
- بلور های دو محوری و مشخصه های نوری آن ها را توضیح دهید .
- شکل سطح موج ها برای بلور های دو محوری را رسم کنید و چگونگی تشکیل آن را توضیح دهید.
- اندیکاتریکس بلور های دو محوری را رسم کنید و ارتباط بین ضرایب شکست آن و محور های اصلی بلور را بیان کنید .

ادامه

- تفاوت بین بلور های دو محوری مثبت و منفی را بیان کنید .
- محور نوری در بلو رهای یک محوری و دو محوری را تعریف کنید و تفاوت بین مقاطع عمود و موازی بر آن را توضیح دهید.
- زاویه محور های نوری (2V) در بلور های دو محوری و مشخصه های آن را توضیح دهید .

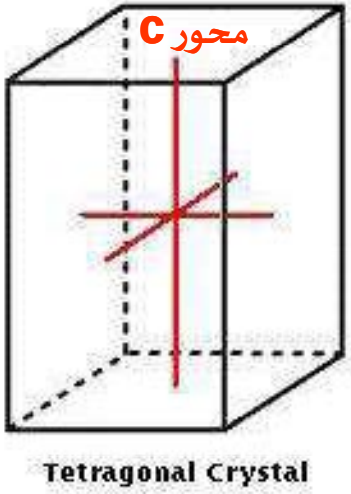
بلور های یک محوری و بلور های دو محوری

- بلور های ناهمسانگرد بر اساس محور نوری به دو گروه تقسیم می شوند :
- بلور های یک محوری و بلور های دو محوری .

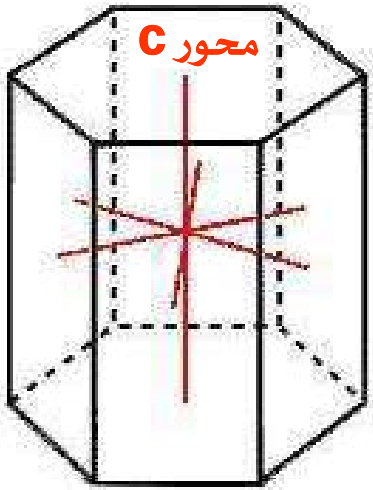
هرکدام از این دو گروه خود به دو دسته ی مثبت و منفی تقسیم می شوند .

بلور های یک محوری

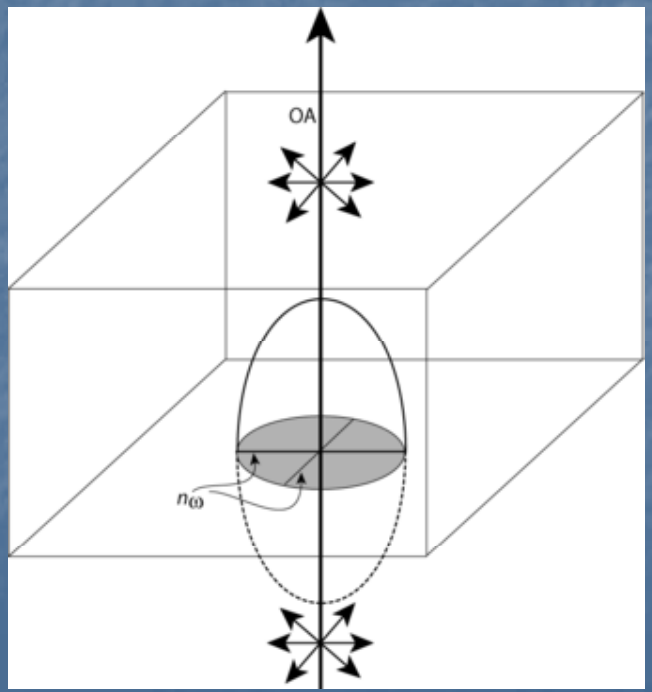
در بلور هایی که در سیستم تری گونال ، تتراگونال و هگزاگونال متبلور می شوند فقط یک جهت وجود دارد که اگر نور در آن جهت به بلور بتابد ، با سرعت مساوی سیر می کند . این جهت همان جهت محور نوری است که با محور C بلور ، تنها محور اصلی بلور ، تطبیق می کند . با توجه به اینکه بلور های این سه سیستم فقط یک محوری نوری دارند . از لحاظ ویژگی های نوری به آن ها ((بلور های یک محوری)) گفته می شود . محور اصلی در این سه سیستم که محور نوری منطبق بر آن است به ترتیب محور درجه3 ، محور درجه 4 و محور درجه6 است .



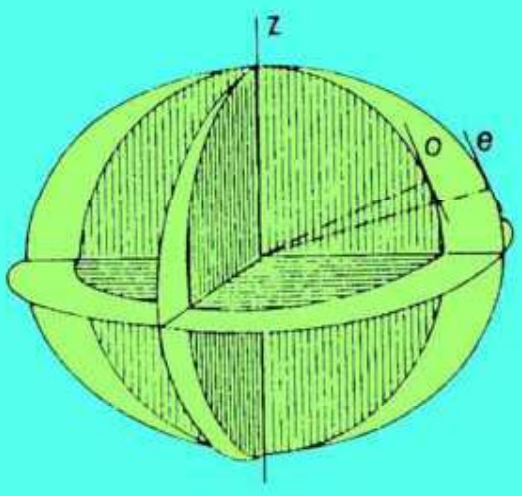
Tetragonal Crystal



Hexagonal Crystal

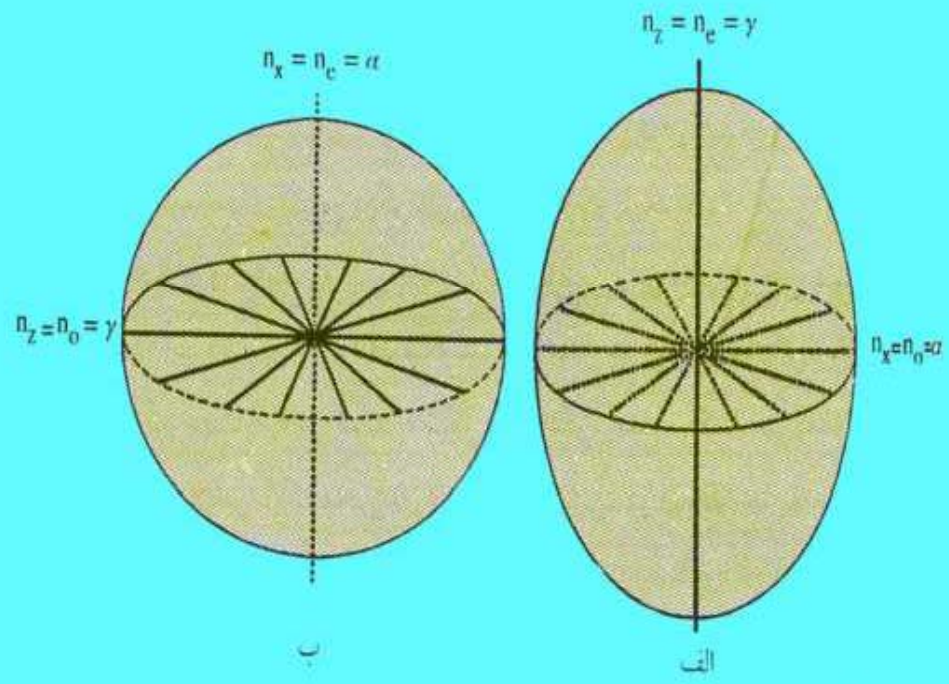


اگر نور در هر جهتی به غیر از جهت موازی محور نوری به یک بلور یک محوری بتابد ، به دو شعاع تقسیم می شود که در دو سطح عمود بر یکدیگر به ارتعاش در می آیند . یکی از نور ها نور عادی و دیگری نور غیر عادی است . سطح موج ها برای نور عادی به صورت کره است . در حالیکه سطح موج ها برای نور غیر عادی به شکل یک جسم بیضوی با مقطع عرضی دایره ای است ((بیضوی دوار)). محور چرخشی این جسم بیضوی ، محور نوری بلور است .



شکل ۳-۱. نمایش سطح موجها در بلورهای یک محوری. سطح موج برای نور عادی (o) کروی و برای غیر عادی (e) بیضوی دوّار است.

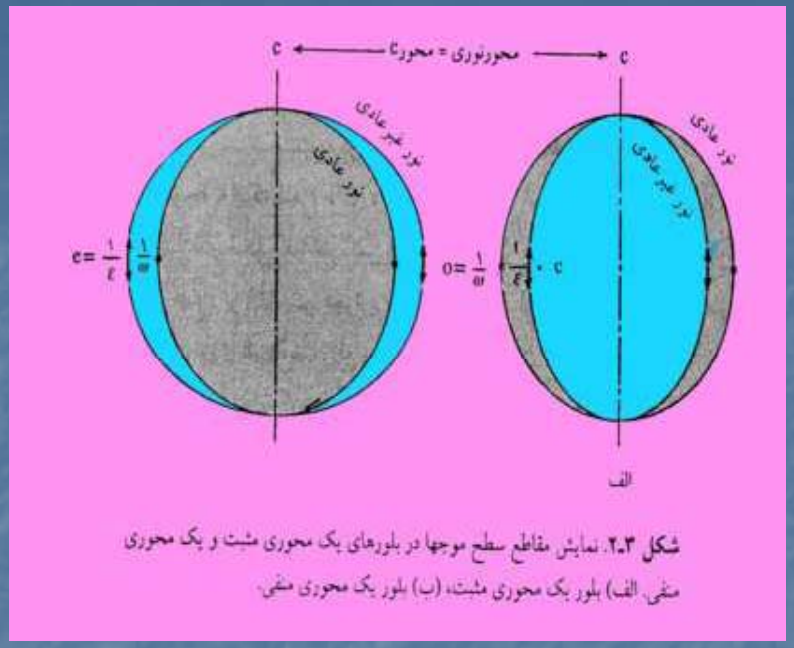
- بلور های یک محوری به دو گروه نوری تقسیم می شوند : بلور های یک محوری مثبت و بلور های یک محوری منفی . در صورتی که سرعت سیرنور عادی (o) بیشتر از سرعت نور غیر عادی (e) باشد ، یعنی ضریب شکست نور عادی (ω) کوچکتر از ضریب شکست نور غیر عادی (ε) باشد ، بلور را یک محوری مثبت می گویند .



شکل ۳.۳. نمایش اندیکاتریکس در بلورهای یک محوری. (الف) یک محوری مثبت، (ب) یک محوری منفی.

- در حالت دوم اگر سرعت نور غیر عادی (e) بیشتر از سرعت سیر نور عادی (o) باشد ، یعنی ضریب شکست نور غیر عادی (ε)کوچکتر از ضریب شکست نور عادی (ω) باشد ، بلور را یک محوری منفی می گویند

یک محوری مثبت کوارتز



شکل ۲.۳. نمایش مقاطع سطح موجها در بلورهای یک محوری مثبت و یک محوری منفی. الف) بلور یک محوری مثبت، (ب) بلور یک محوری منفی.

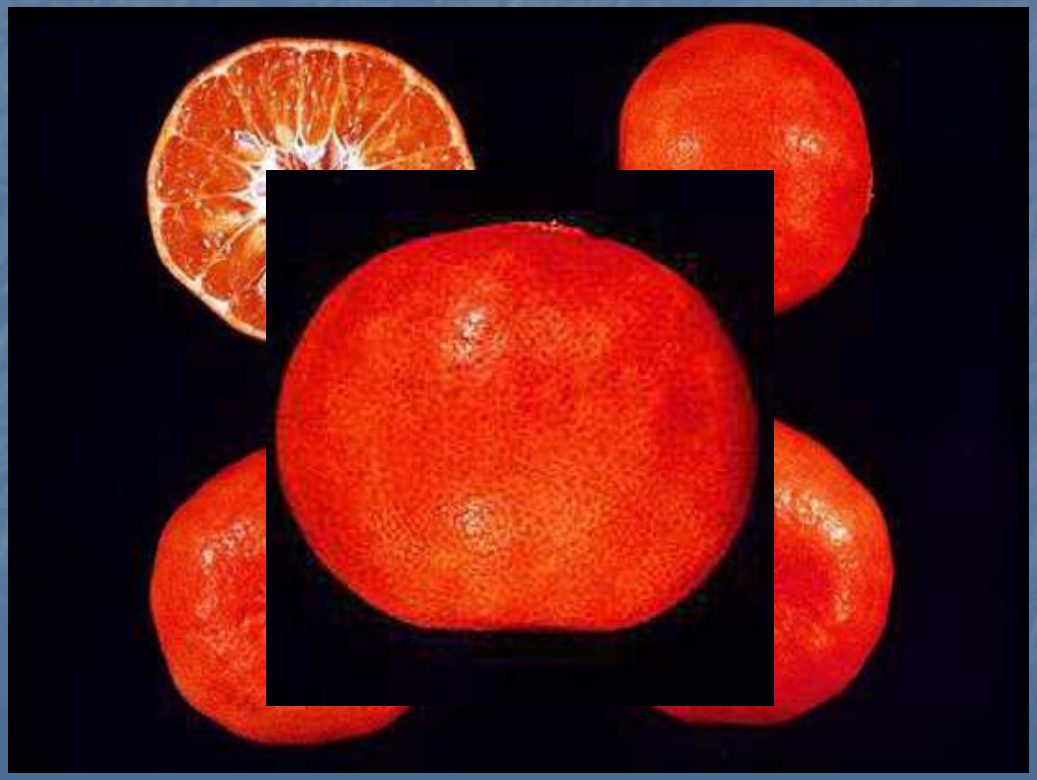
یک محوری منفی کلسیت

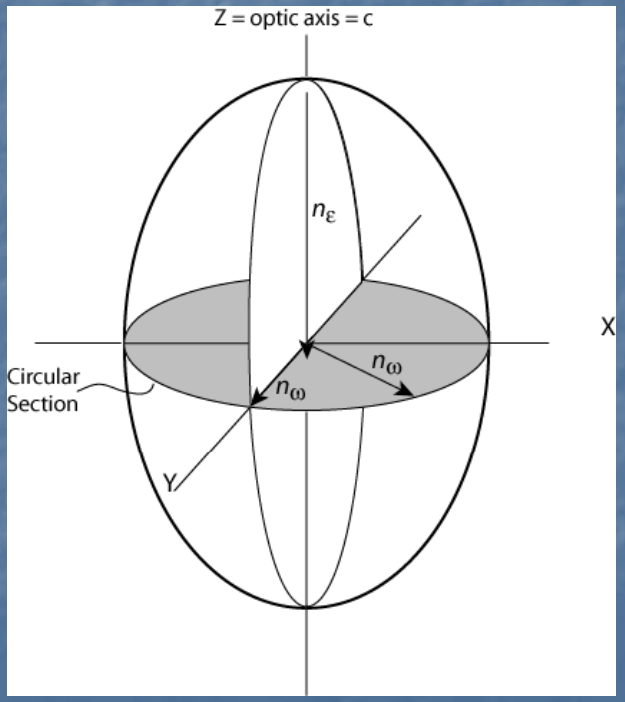
اگر ضریب شکست نور غیر عادی منطبق بر محور نوری بلور باشد ، بر کوچکترین ضریب شکست اندیکاتریکس یعنی α نیز منطبق بوده . در نتیجه در جهت محور X قرار می گیرد . در چنین حالتی بلور یک محوری منفی است و بیضوی دوار آن به شکل پهن شده خواهد بود

اگر ضریب شکست نور غیر عادی بزرگتر از ضریب شکست نور عادی باشد ($\omega > \varepsilon$) ، ضمن آنکه ضریب شکست نور غیر عادی منطبق بر محور نوری بلور قرار می گیرد ، بر بزرگترین ضریب شکست اندیکاتریکس یعنی γ نیز منطبق بوده و در نتیجه در جهت محور Z قرار می گیرد . در چنین حالتی بلور یک محوری مثبت است و بیضوی دوار آن به شکل کشیده (طویل شده) خواهد بود .

((اندیکاتریکس اشکال هندسی هستند که چگونگی انتشار امواج نور را در ارتباط با ضریب شکست در بلور های سیستم های مختلف نشان می دهند .))

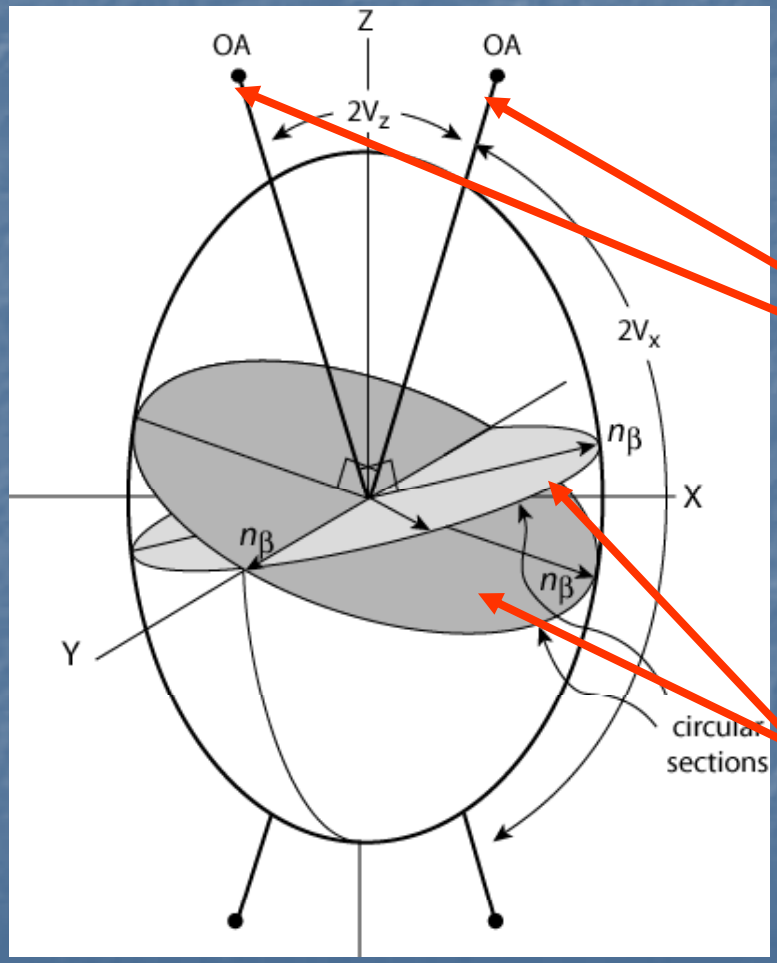
اندیکاتریکس در بلور های یک محوری ، یک جسم بیضوی دوار است . این جسم بیضوی دوار دارای دو ضریب شکست اصلی است که منطبق بر دو محور اصلی آن ، یعنی محور های X و Z است . این دو ضریب شکست که با γ و α نشان داده می شوند به ترتیب بزرگترین و کوچکترین ضریب شکست های بلورند .





مقطع دایره ای عمود بر محور اصلی بلور است

- در بلور های سیستم های ارتورومبیک ، منوکلینیک و تری کلینیک دو جهت وجود دارد که اگر نور در آن دو جهت به بلور بتابد ، با بیرفرنژانس برابر صفر در بلور سیر خواهد کرد .

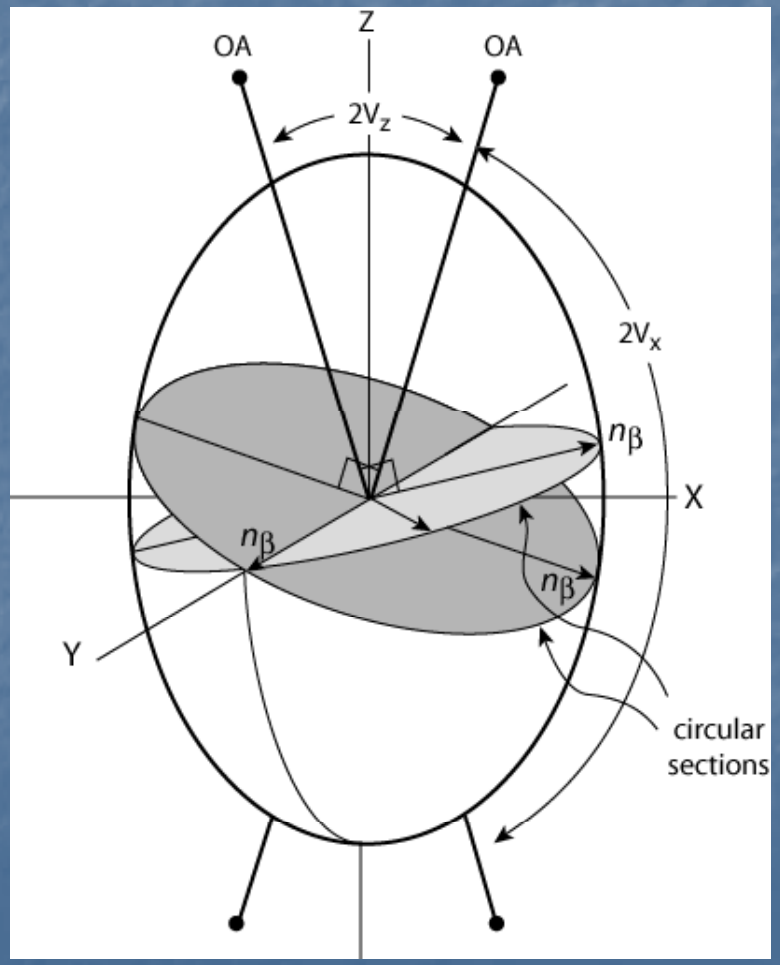


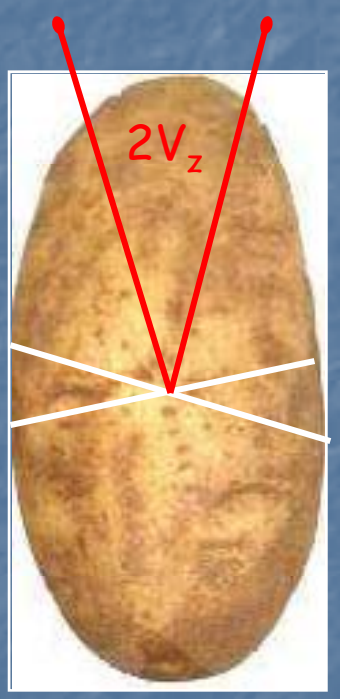
هر کدام از این دو جهت موازی و منطبق با یک محور نوری است . بنابراین در این بلور ها دو محور نوری وجود دارد

دو محور نوری

مقاطع دایره ای

- در بلور های دو محوری جهت ارتعاش سریعترین نور منطبق بر محور اصلی X و کند ترین نور منطبق بر محور اصلی Z است که عمود بر یکدیگرند . جهتی که عمود بر سطح در برگیرنده ی دو محور اصلیXو Z است جهت محور اصلی Y است .



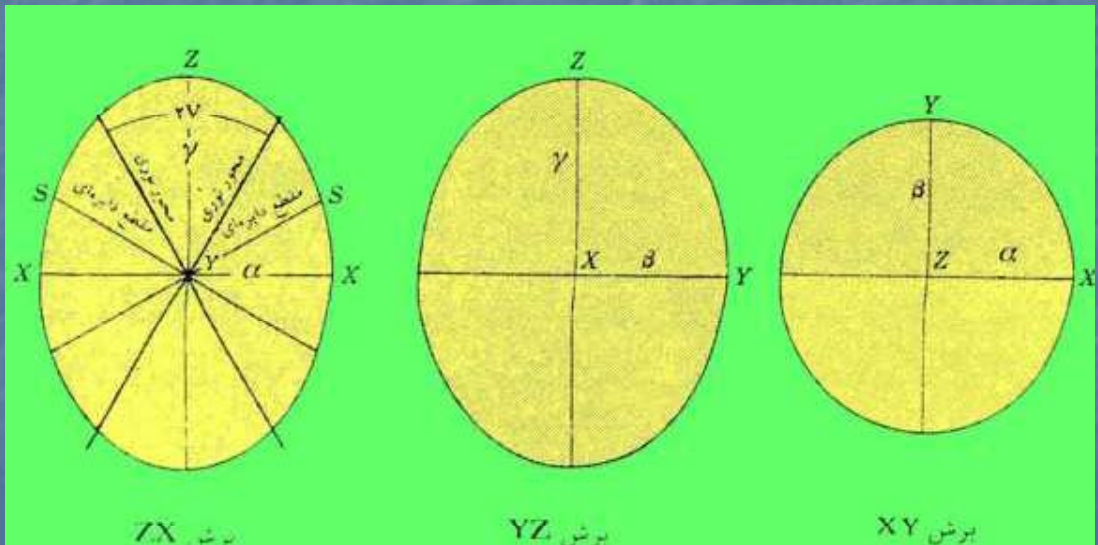


The potato!

- در بلور های دو محوری سه ضریب شکست اصلی وجود دارد . این سه ضریب شکست نتیجه ی ارتعاش نوری است که در جهت سه محور اصلی بلور (Z،Y،X) مرتعش می شود و به ترتیب با α و β و γ نشان داده می شوند .

اندیکاتریکس در بلور های دو محوری

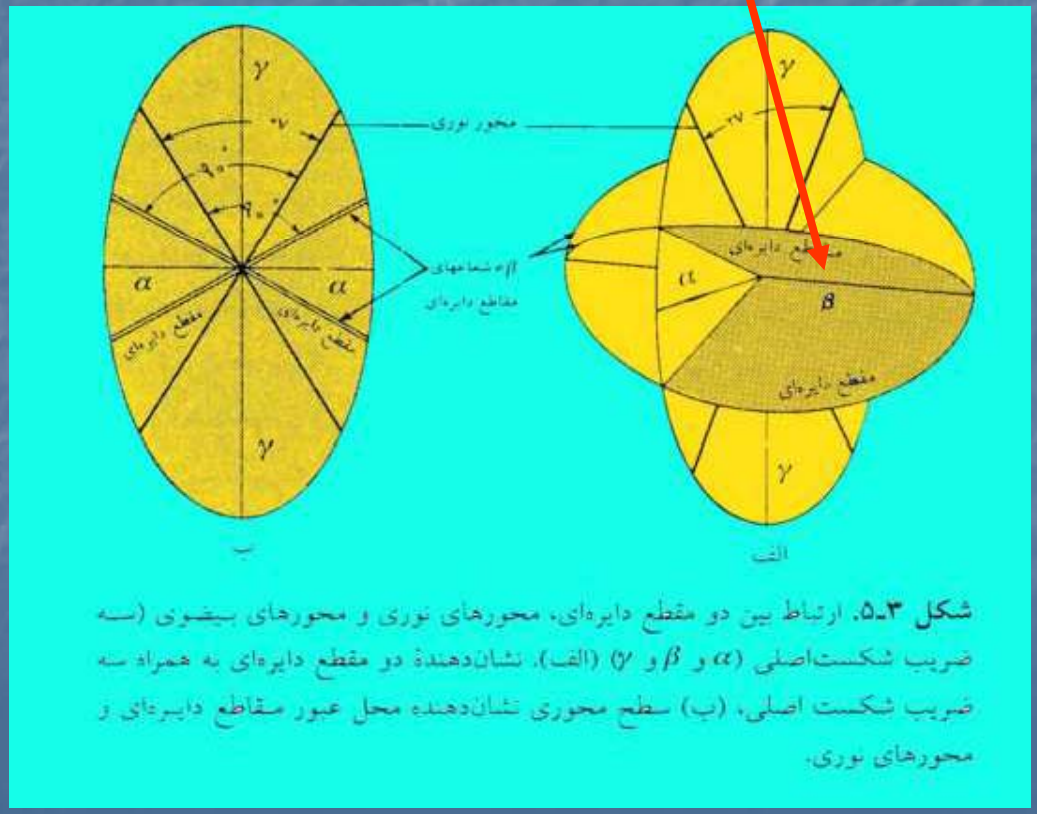
- اندیکاتریکس در بلور های دو محوری یک جسم بیضوی سه محوری (بیضوی غیر دوار) است که سه محور اصلی آن X،Y ،Z است .
- سه ضریب شکست اصلی بلور منطبق بر این سه محورند ، به طوری که α (کوچکترین ضریب شکست) در طول X و γ (بزرگترین ضریب شکست) در طول Z و β (ضریب شکست واسط) منطبق بر Y است .
- سرعت سیر نور در امتداد X بیشترین و در امتداد Z کمترین و در امتداد Y حد واسط است .



شکل ۳ـ۴. مقاطع اصلی اندیکاتریکس دو محوری (با توجه به اینکه سه محور اصلی دارای سه اندازه مختلف‌اند، در نتیجهٔ اندازهٔ برشها با یکدیگر متفاوت است. دقت کنید!)

- مقاطعی که عمود بر محور نوری برش داده می شوند به صورت همسانگرد عمل می کنند . یعنی ، اگر نور موازی محور های نوری (عمود بر مقاطع دایره ای) به کانی داده شود ، بدون شکست مضاعف انتشار می یابد . در این حالت ضریب شکست برابر β خواهد بود .

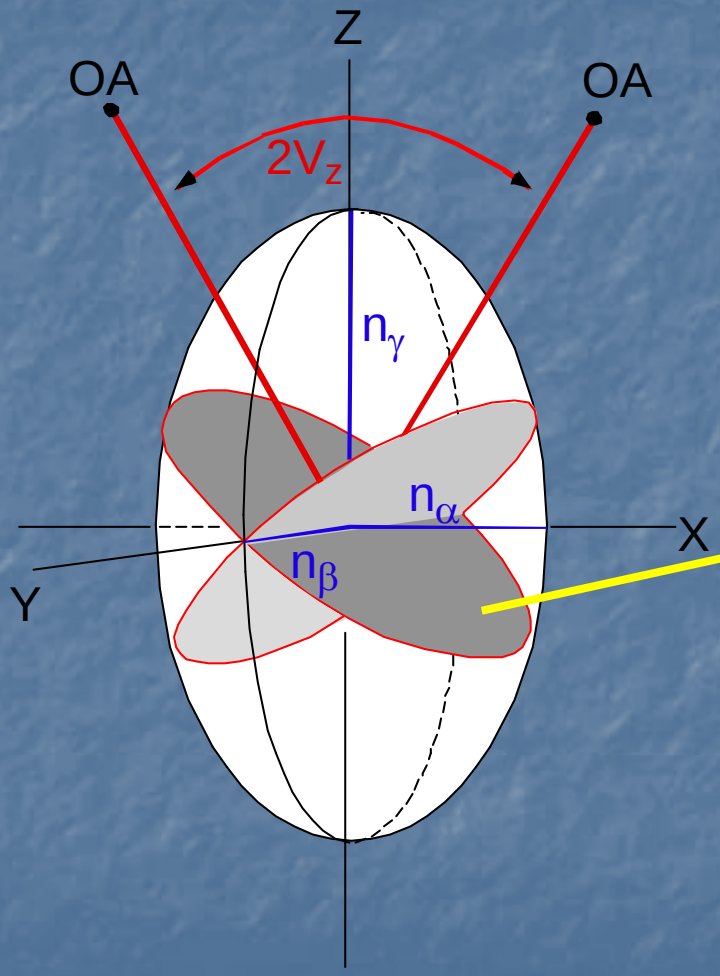
- محور های نوری با یکدیگر از یک طرف زاویه حاده و از طرف دیگر زاویه مکمل آن را می سازند . زاویه ی حاده ای که این دو محور نوری می سازند ، ((زاویه ی نوری)) یا ((زاویه محور های نوری)) نامیده می شود و با علامت $2V$نشان داده می شود . اندازه ی زاویه $2V$ در بلور های مختلف متفاوت است .

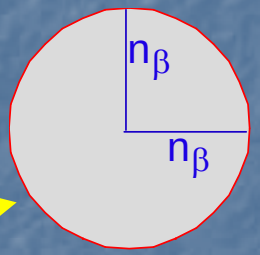


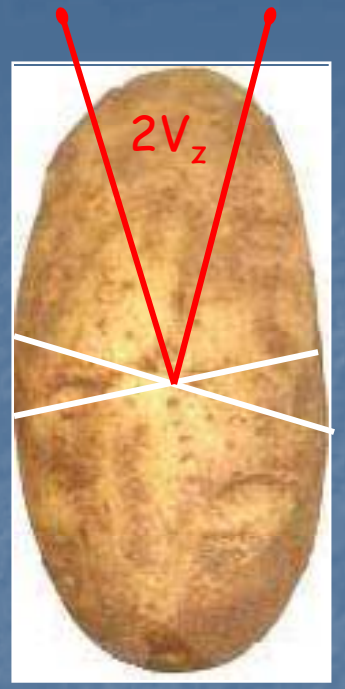
شکل ۳ـ۵. ارتباط بین دو مقطع دایره‌ای، محورهای نوری و محورهای بیضوی (سه ضریب شکست‌اصلی (α و β و γ) (الف). نشان‌دهندهٔ دو مقطع دایره‌ای به همراه سه ضریب شکست اصلی. (ب) سطح محوری نشان‌دهنده محل عبور مقاطع دایره‌ای و محورهای نوری.

- همیشه زاویه حاده محور های نوری مورد نظر است . نیمساز مکمل آن را نیمساز دوم می نامند .

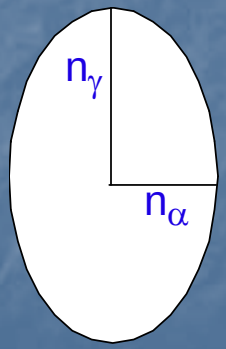
اندیکاتریکس در بلور های دو محوری



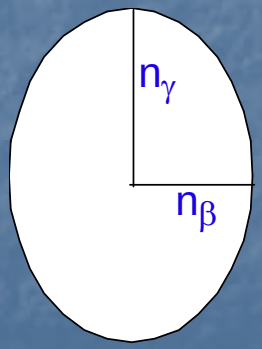




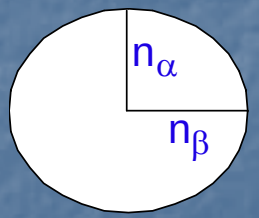
The potato!



برش عمود بر Y



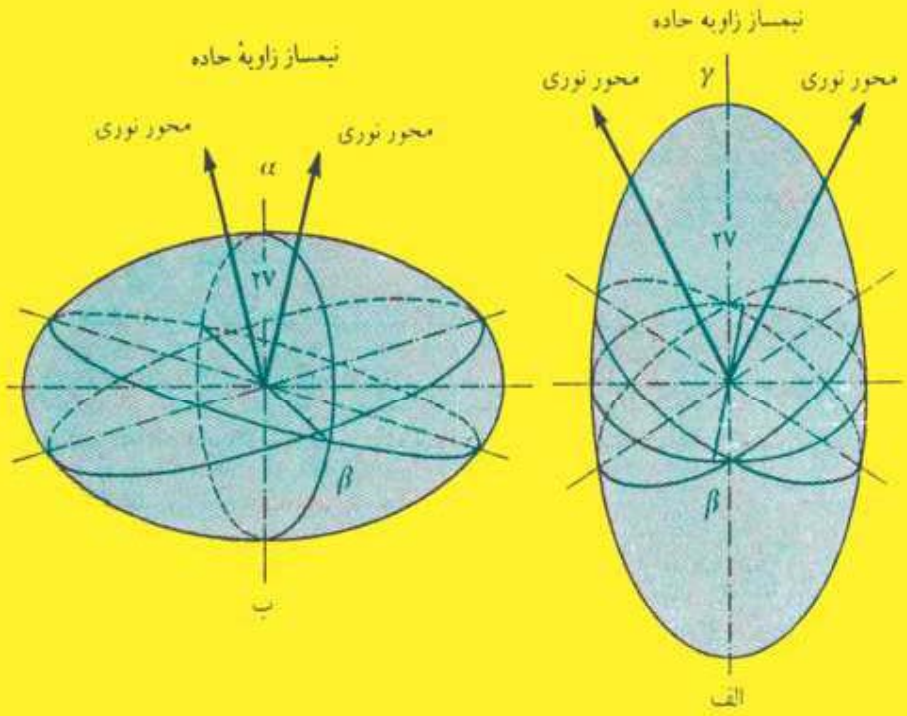
برش عمود بر X



برش عمود بر Z

بلورهای دو محوری نیز به دو دسته تقسیم می شوند ، بلور های دو محوری مثبت و بلور های دو محوری منفی .

β مقدار متوسط عددی بین α و γ را نشان نمی دهد ، بلکه ممکن است گاهی به α و در موارد دیگر به γ نزدیکتر باشد .

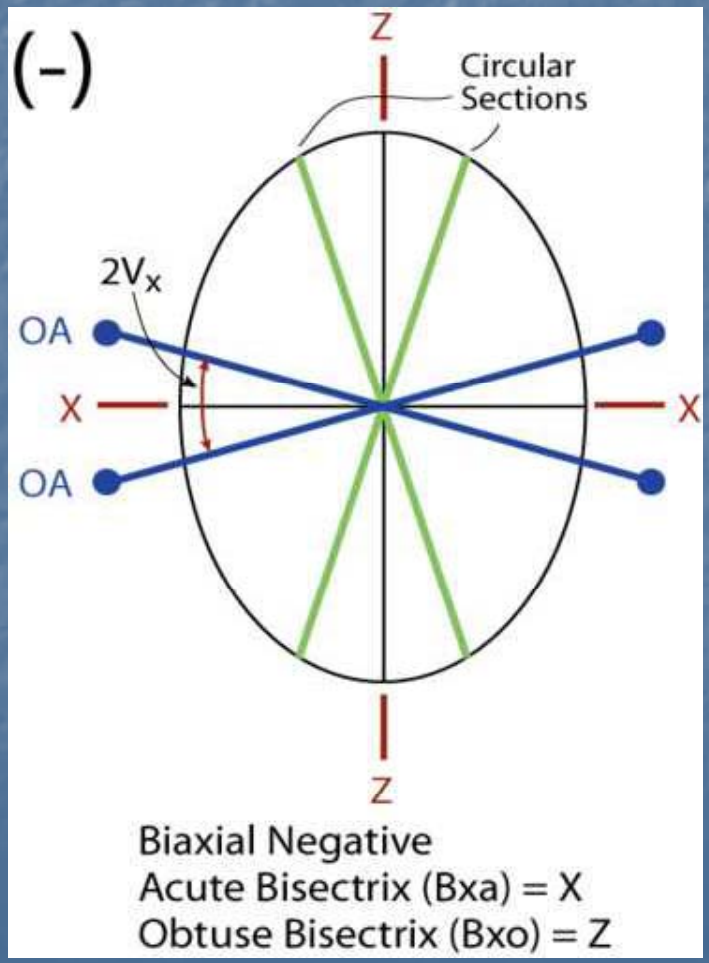


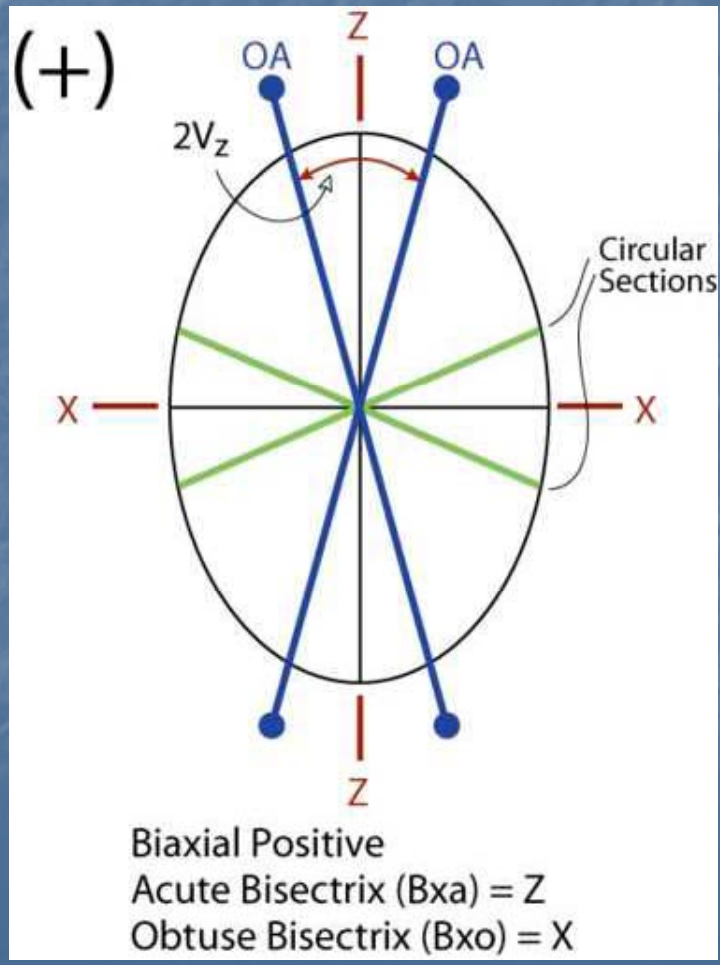
شکل ۳ـ۶.اندیکاتریکس در بلورهای دو محوری، (الف) مثبت، (ب) منفی

در صورتی که β به α نزدیکتر باشد ، مقطع دایره ای شکل ، زاویه ی کوچکی با سطح XY می سازد در نتیجه ، هر کدام از محور های نوری با جهت محور اصلی Z (بزرگترین محور اصلی) یک زاویه ی حاده (V) می سازند . که مجموعاً زاویه حاده محور های نوری (2V) را به وجود می آورند . در چنین حالتی که بزرگترین محور اصلی اندیکاتریکس (Z) نیمساز زاویه ی حاده بین محور های نوری است بلور را دو محوری مثبت می گویند

در حالت دیگر ، اگر β به γ نزدیکتر باشد ، زاویه ی حاده بین محور های نوری توسط کوچکترین محور اصلی اندیکاتریکس یعنی X نصف می شود . در حالی که محور Z نیمساز زاویه ی مکمل زاویه ی حاده (یعنی زاویه ی منفرجه) خواهد بود .

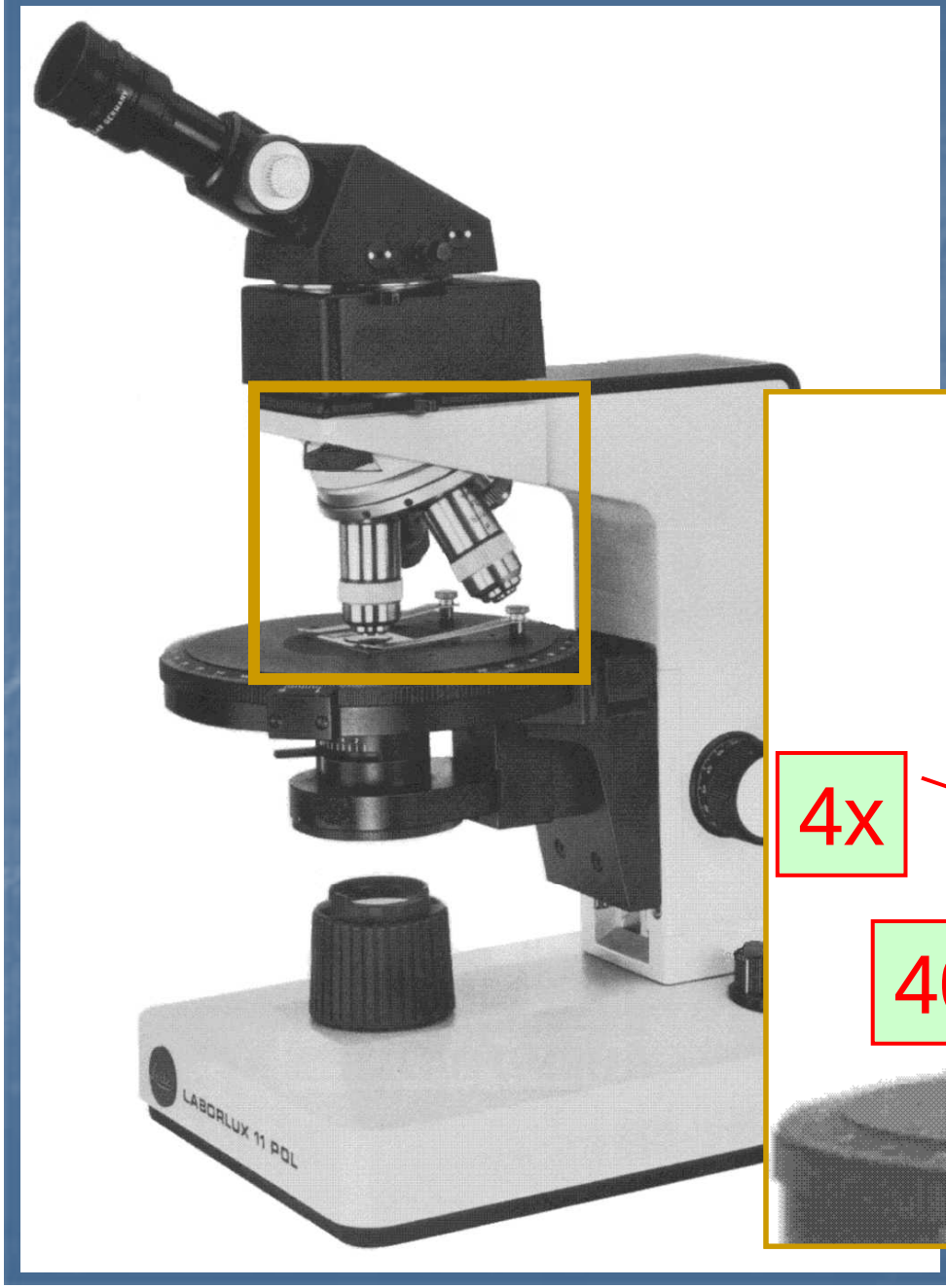
در این حالت که محور X نیمساز زاویه ی حاده ی بین محور های نوری است بلور را دو محوری منفی می گویند .

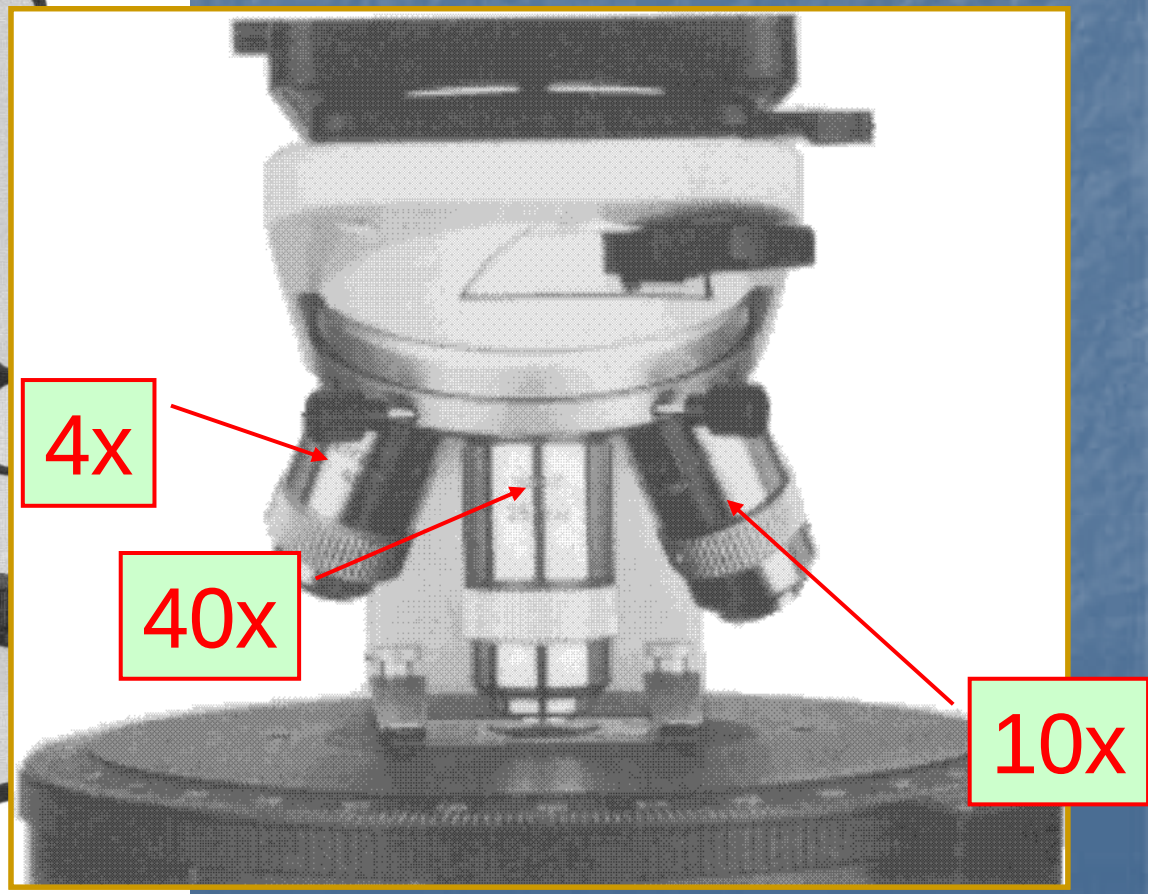




گفتار چهارم

میکروسکوپ پلاریزان

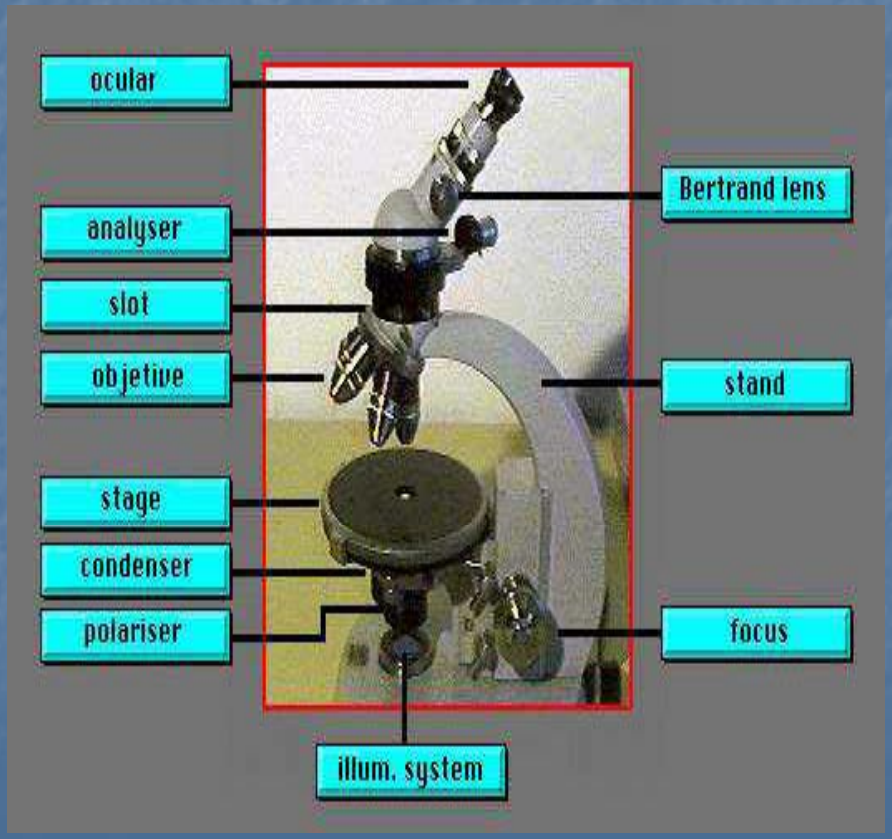


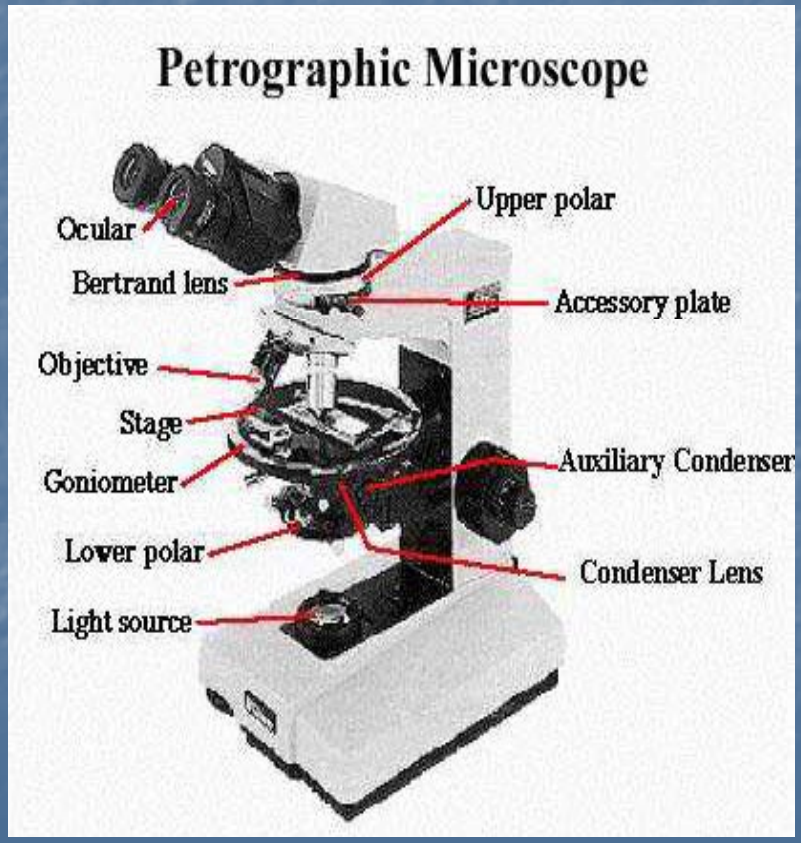


هدف های آموزشی

در پایان این گفتار

با میکروسکوپ پلاریزان آشنا شده و چگونگی استفاده از نور های مختلف آن در شناسایی ویژگی های نوری بلور ها را خواهید آموخت.





هدف های رفتاری

- قسمت های مختلف میکروسکوپ پلاریزان را توضیح دهید .
- پلاریزه شدن نور از طریق شکست مضاعف را توضیح دهید .
- چگونگی مرکزیت دادن به عدسی شیئ را توضیح دهید .
- چگونگی مرکزیت دادن به عدسی متقارب را توضیح دهید .
- تعیین ضریب شکست بلور ها را از دو طریق توضیح دهید .
- نور های مختلفی را که در میکروسکوپ جهت شناسایی کانی ها مورد استفاده قرار می گیرند را توضیح دهید .

- میکروسکوپ پلاریزان را جهت مطالعه مقاطع نازک تنظیم کنید .

میکروسکوپ پلاریزان

عمده ترین خصوصیت این میکروسکوپ ، ایجاد نور پلاریزه از نور معمولی است .

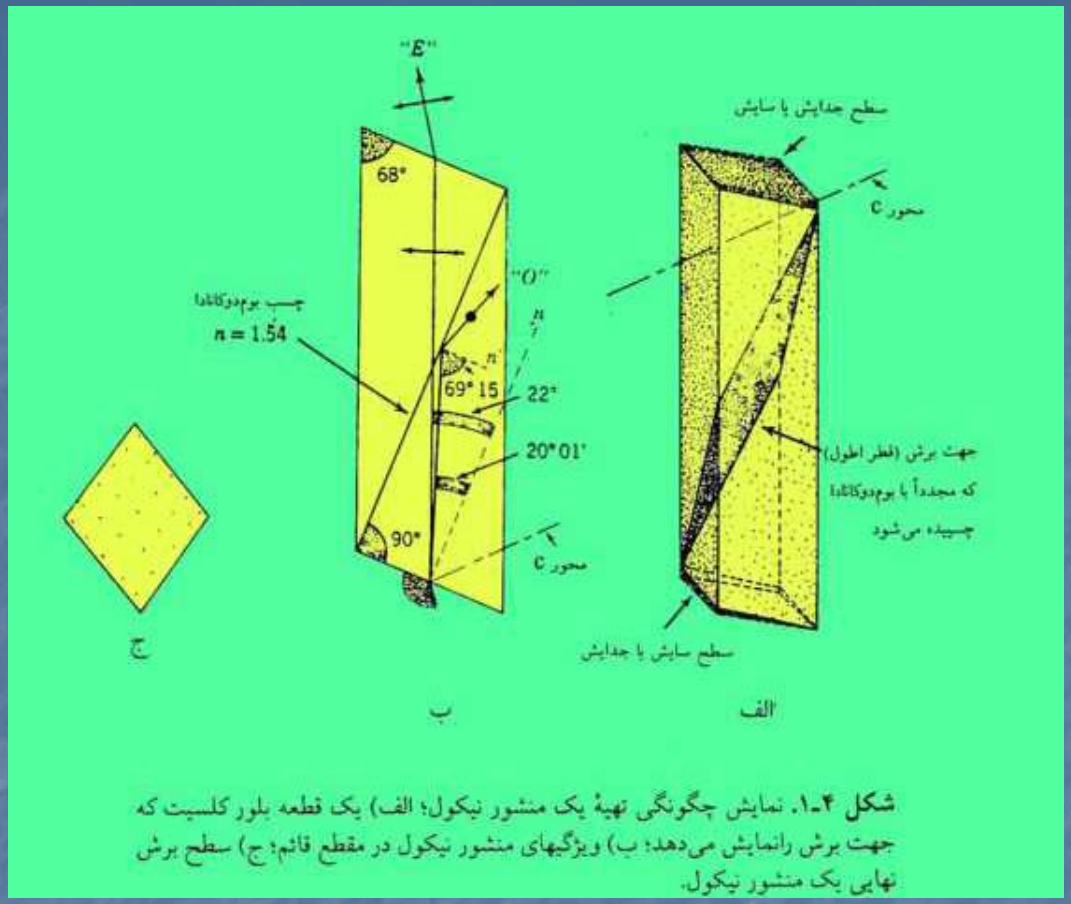
برای ایجاد نور پلاریزه عمدتاً سه طریق اصلی وجود دارد : ایجاد نور پلاریزه از طریق شکست مضاعف ، ایجاد نور پلاریزه از طریق جذب کلی و ایجاد نور پلاریزه از طریق انعکاس کلی .

نور پلاریزه ای که در میکروسکوپ مورد استفاده قرار می گیرد از طریق تعبیه جسمی به نام ((منشور نیکول)) و عبور نور معمولی از آن حاصل می گردد که اساس آن ایجاد نور پلاریزه از طریق شکست مضاعف است .

پلاریزاسیون از طریق شکست مضاعف

قطعه ای از بلور کلسیت را در جهت معینی (در جهت قطر اطول یکی از سطوح بلور) برش می دهند و دو قسمت جدا شده را مجدداً توسط ماده ی مخصوصی به نام بوم دوکانادا به هم می چسبانند .

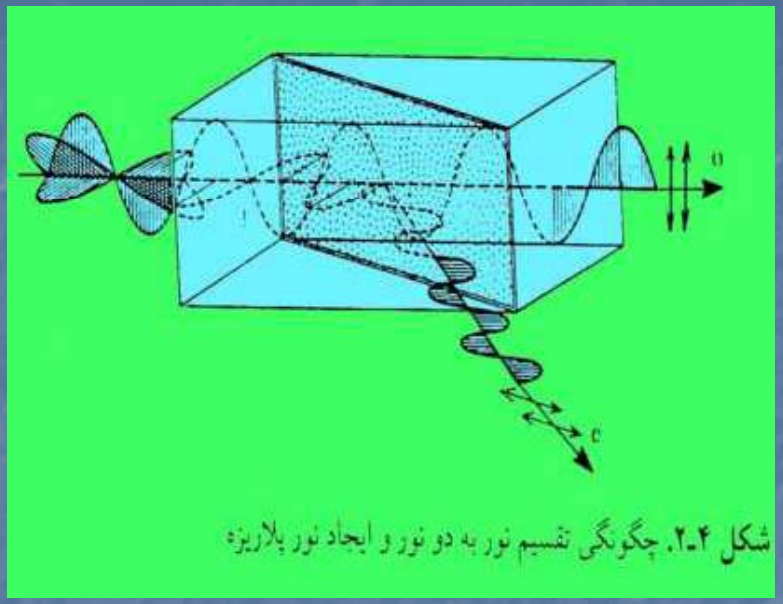
حال اگر نور معمولی وارد این جسم ((منشور نیکول)) یا ((نیکول)) (شکل4-1) شود



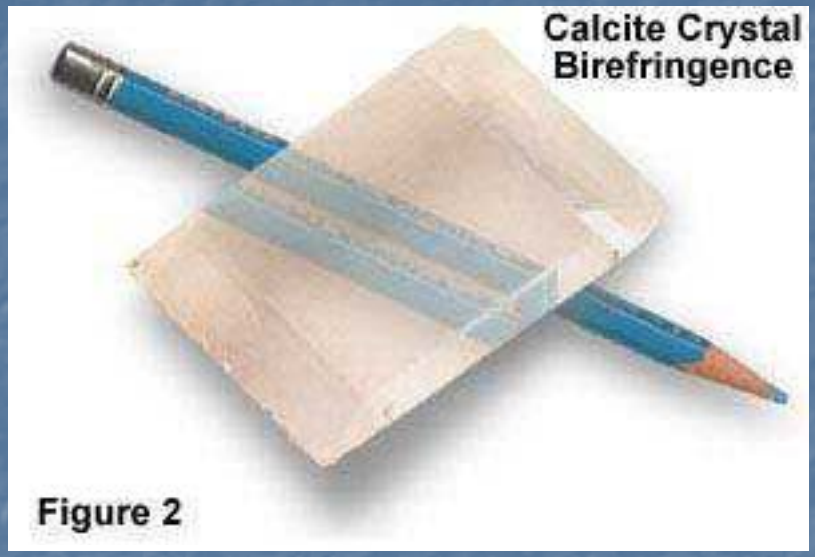
شکل ۴-۱. نمایش چگونگی تهیهٔ یک منشور نیکول؛ الف) یک قطعه بلور کلسیت که جهت برش رانمایش می‌دهد؛ ب) ویژگیهای منشور نیکول در مقطع قائم؛ ج) سطح برش نهایی یک منشور نیکول.

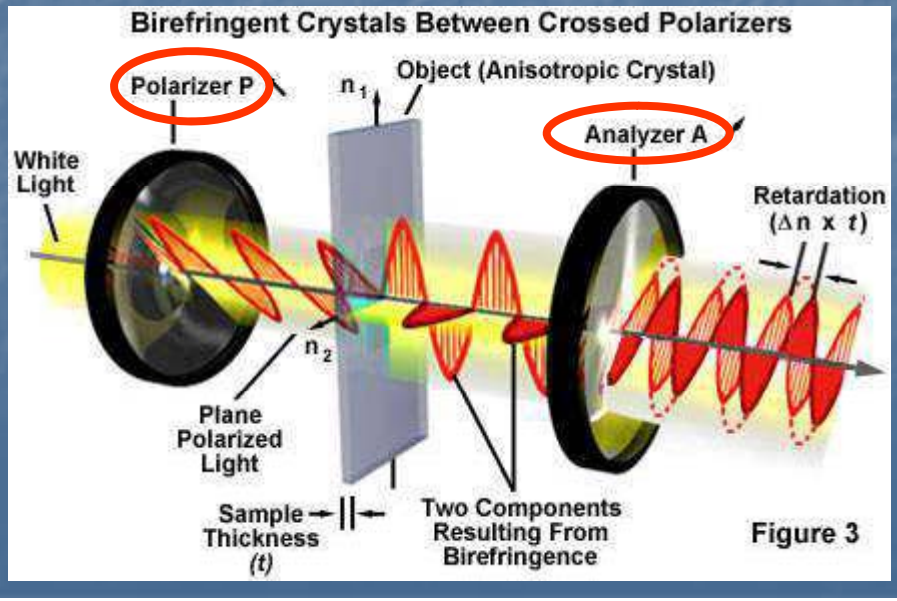
- به دو نور عادی o و غیر عادی e تقسیم می شود . با توجه به اینکه ضریب شکست نور عادی (n=1.658) از ضریب شکست بوم کانادا (n=1.537)بیشتر است ، پس از برخورد به بوم دو کانادا در سطح تماس انعکاس کلی پیدا می کند .
- نور غیر عادی e بدون شکست و به طور مستقیم از منشور نیکول عبور می کند و به این ترتیب نور پلاریزه ی ساده به وجود می آید .

- علت انتخاب بلور کلسیت شفاف برای تهیه ی نیکول ها ، امتیازی است که این بلور از جهت قوی بودن بیرفرنژانس و بیرنگ بودن بلور دارد .



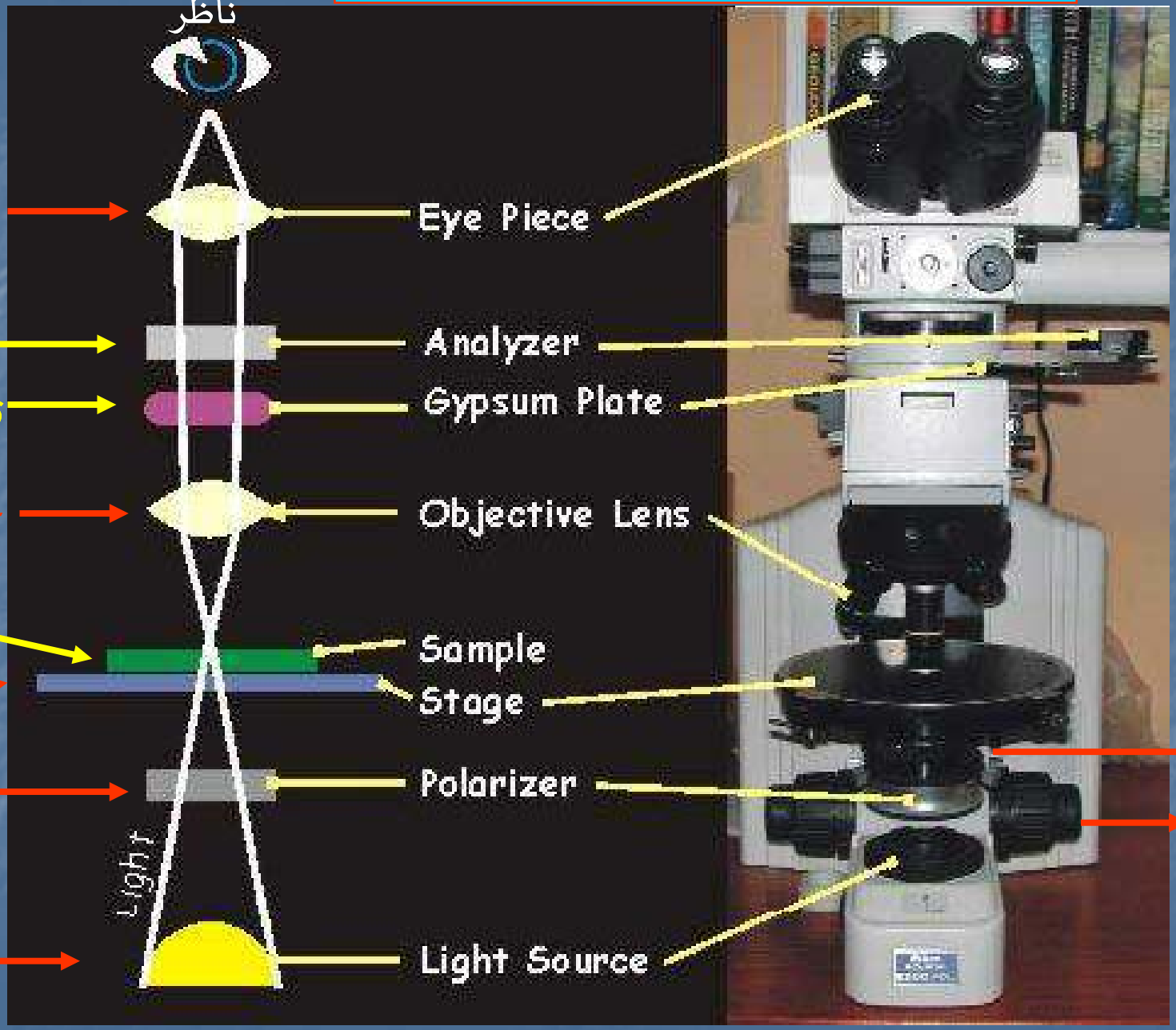
شکل ۴-۲. چگونگی تقسیم نور به دو نور و ایجاد نور پلاریزه

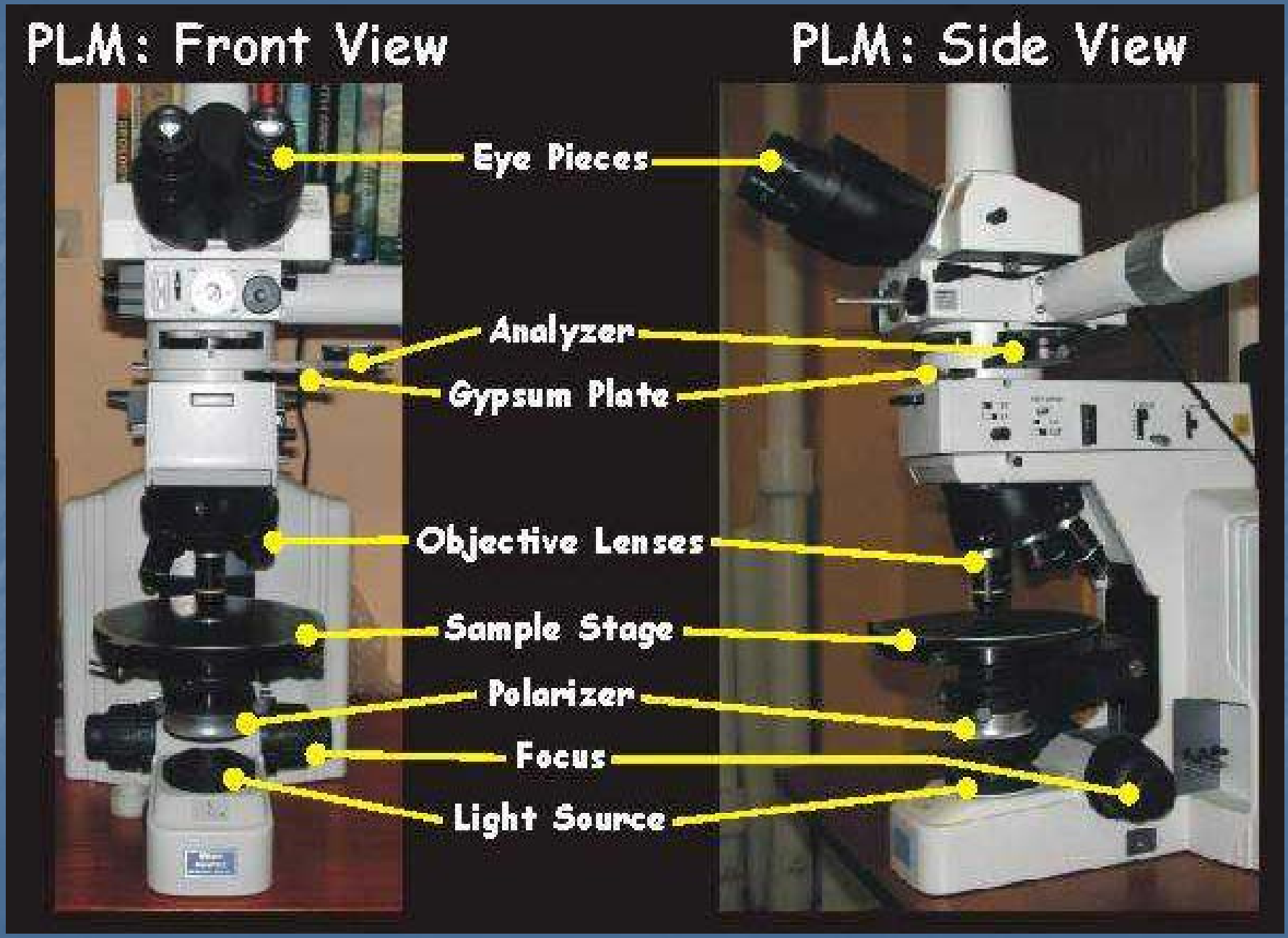




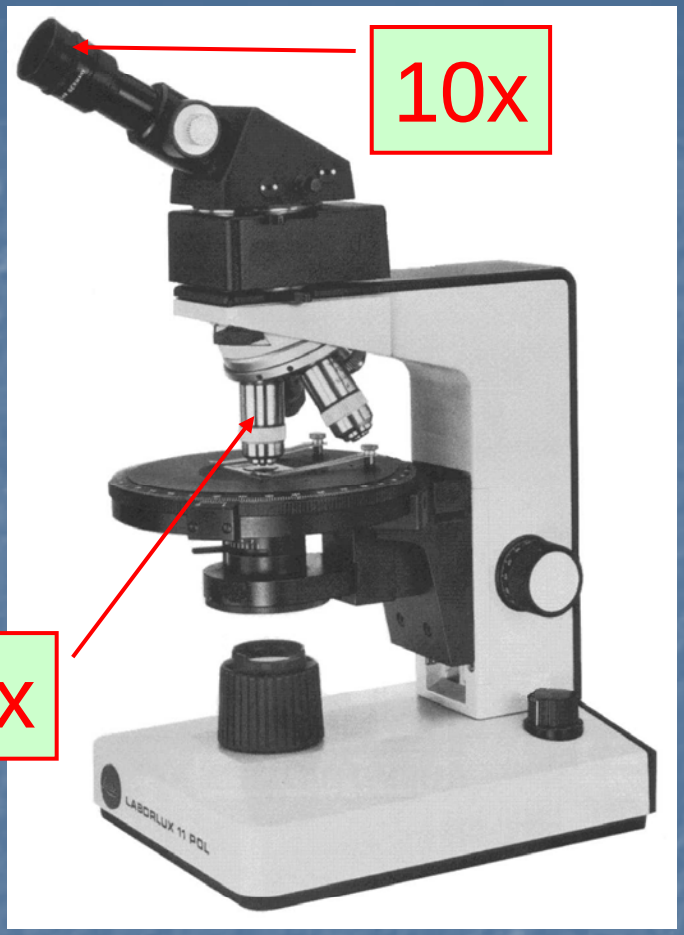
- در میکروسکوپ پلاریزان دو منشور نیکول تعبیه شده است : یکی به نام پلاریزور و دیگری به نام آنالیزور .

قسمت های مختلف میکروسکوپ پلاریزان



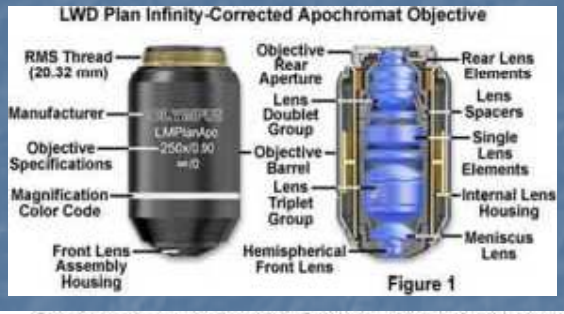

PLM: Front View
PLM: Side View
Eye Pieces
Analyzer
Gypsum Plate
Objective Lenses
Sample Stage
Polarizer
Focus
Light Source

قسمت های مختلف میکروسکوپ پلاریزان



- عدسی شیئ یا ابژکتیو و عدسی چشمی یا اکولر.
- بزرگنمایی تصویر نهایی ایجاد شده عبارت است از حاصلضرب بزرگنمایی عدسی شیئ در بزرگنمایی عدسی چشمی(10X 4=40) .

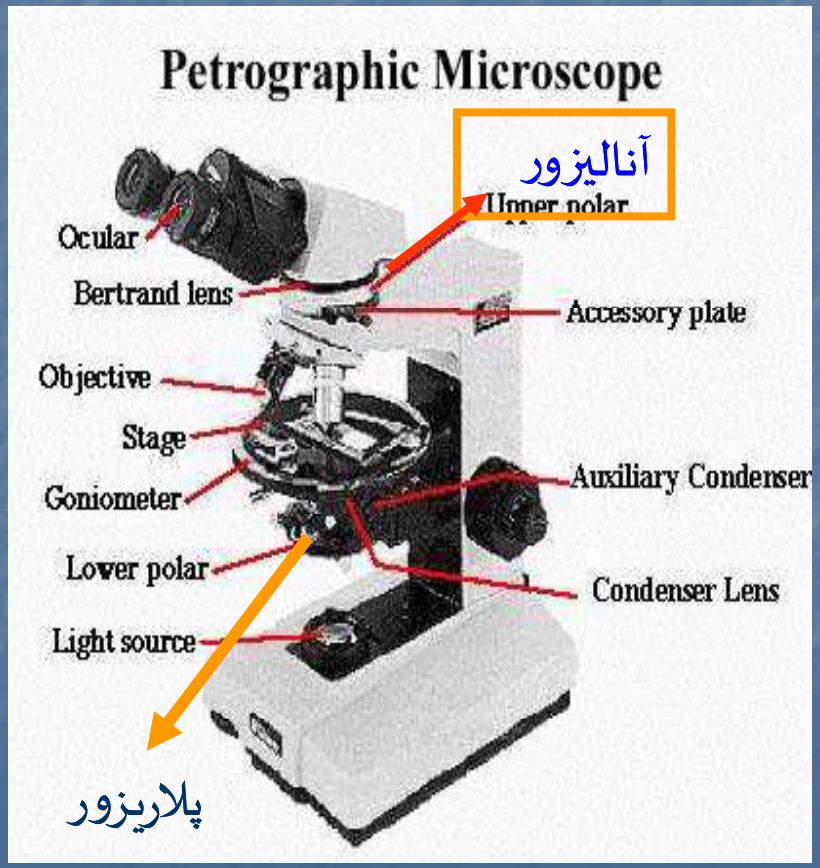
ساختمان داخلی ابژکتیو

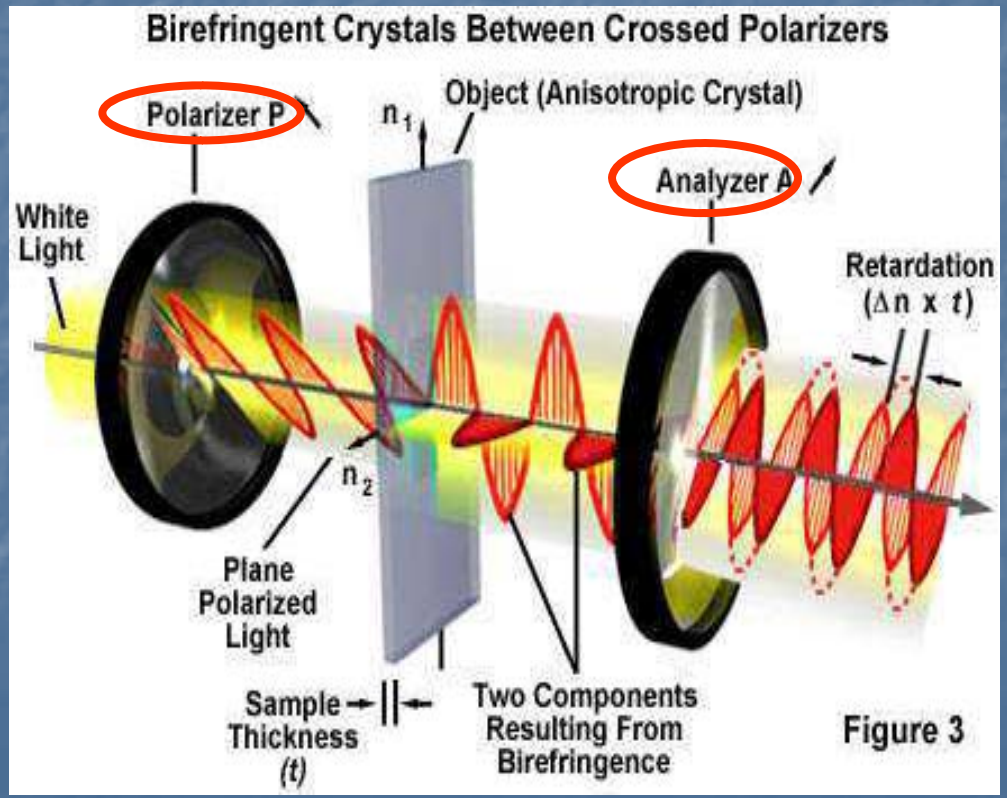


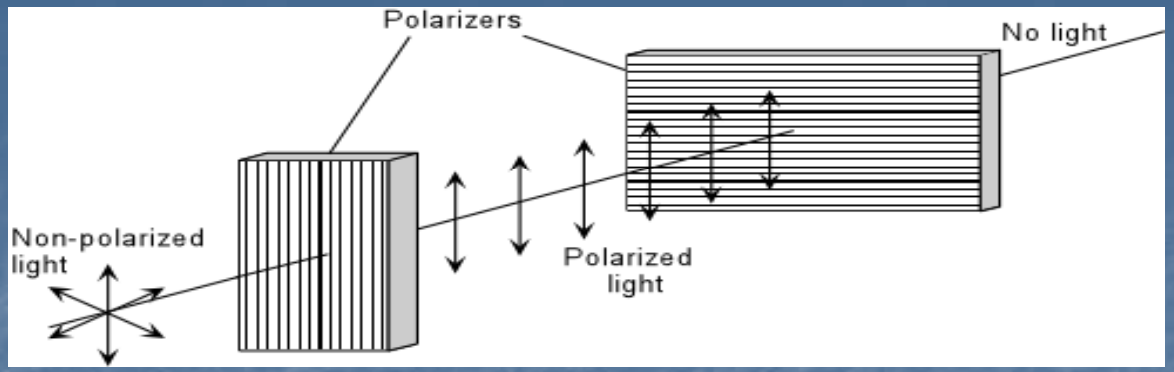
چهار نوع ابژکتیو

سه نوع عدسی چشمی

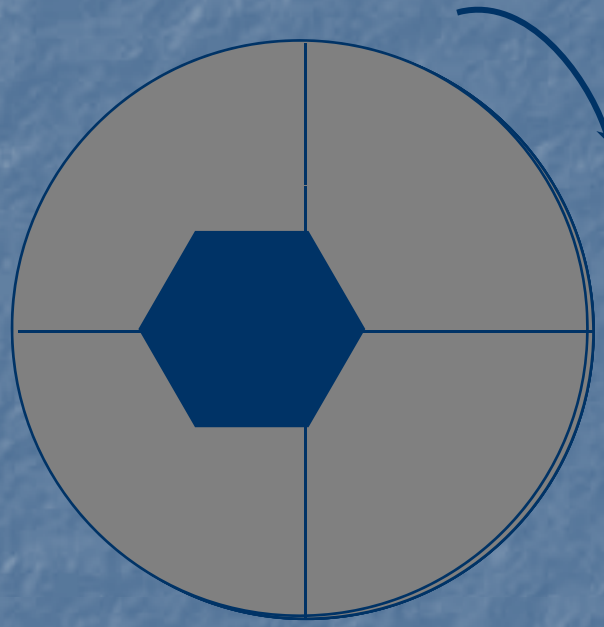
پلاریزور نور معمولی را به نور پلاریزه ای که در جهت شمال – جنوب (یا جلو به عقب) به ارتعاش در می آید تبدیل می کند . نیکول دیگر به نام آنالیزور است . آنالیزور در قسمت بالای لوله ی چشمی میکروسکوپ و در زیر عدسی چشمی قرار گرفته است . آنالیزور موجب انتقال نور پلاریزه ای است که در جهت شرقی – غربی (عمود بر جهت ارتعاش پلاریزور) به ارتعاش در می آید .







اگر هر دو نیکول در میدان دید میکروسکوپ قرار گرفته باشند ،میدان دید میکروسکوپ تاریک خواهد بود . زیرا سطح ارتعاش آنالیزور و پلاریزور عمود بر یکدیگر است .

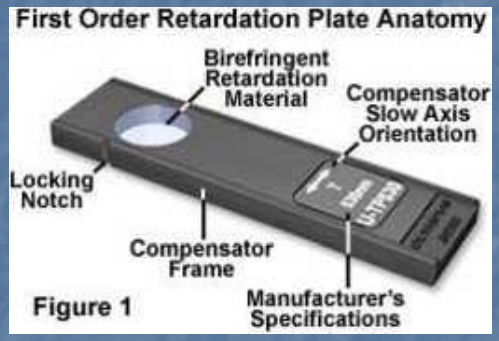


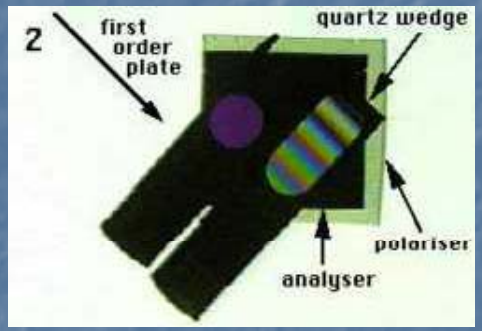
پلاریزور در میکروسکوپ های پلاریزان ثابت است اما آنالیزور را می توان از میدان دید میکروسکوپ خارج کرد .

بلور همسانگرد گارنت

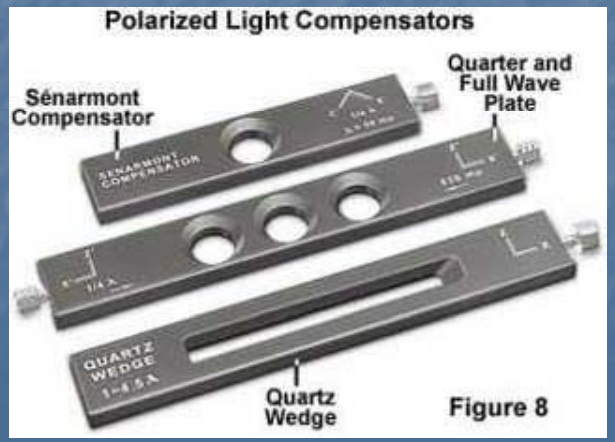
- مایعات،گازها و اجسام بی شکل مثل شیشه، و کانیهای همسانگرد(بلورهای سیستم کوبیک مثل گارنت) در نور پلاریزه متقاطع با چرخش پلاتین در تمام جهات سیاه و خاموشند.

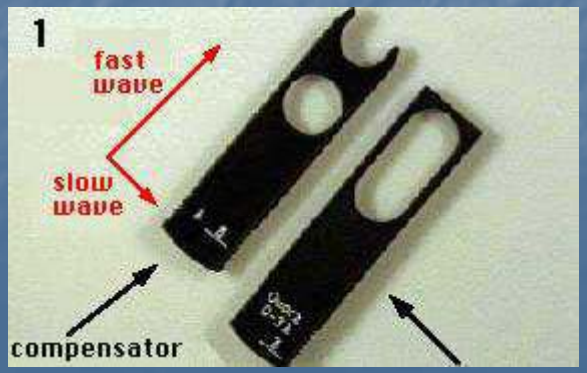
عدسی برتران : این عدسی بین آنالیزور و عدسی چشمی در داخل لوله ی چشمی میکروسکوپ قرار گرفته و به دلخواه می توان آنرا خارج و یا وارد کرد .





بلافاصله بعد از عدسی شیئ در میکروسکوپ های پلاریزان شکافی در لوله ی چشمی میکروسکوپ وجود دارد که محل قرارگیری تیغه های کمکی از قبیل ژیپس ، میکا و گوه ای کوارتز است .



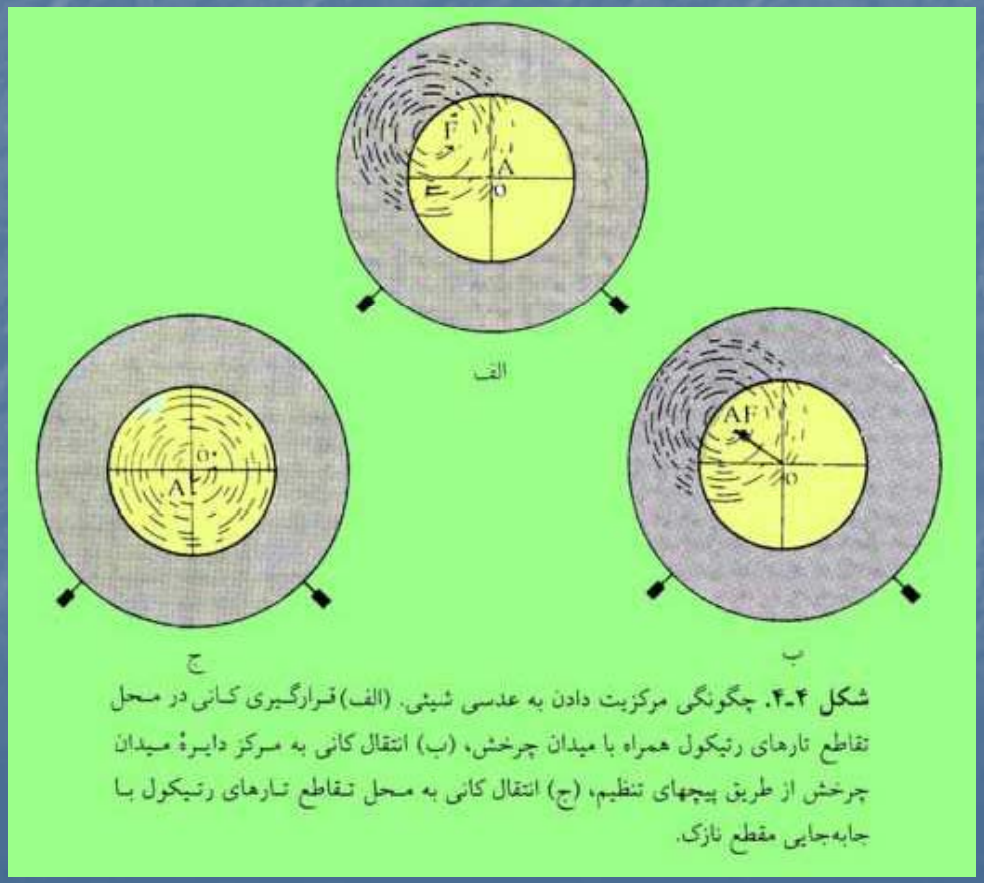


مقاطع کمکی یا تیغه های معین اجزای دیگری از مجموعه میکروسکوپ پلاریزان اند که برای تشخیص بعضی از خواص نوری بلور ها مورد استفاده قرار می گیرند .

مرکزیت دادن عدسی شیئ

هنگام مطالعه ی مقاطع نازک با میکروسکوپ پلاریزان ممکن است یکی از دو حالت زیر اتفاق بیفتد :

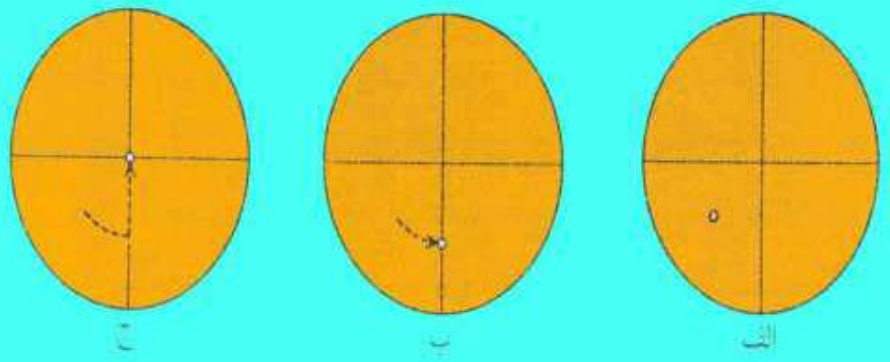
الف . نقطه ای از یک کانی که در محل تقاطع تار های رتیکول قرار گرفته است هنگام چرخاندن صفحه ی پلاتین ، حول محور خود که منطبق بر محور عدسی شیئ است بچرخد . در چنین حالتی عدسی شیئ دارای مرکزیت است .



شکل ۴-۴. چگونگی مرکزیت دادن به عدسی شیئی. (الف) قرارگیری کانی در محل تقاطع تارهای رتیکول همراه با میدان چرخش، (ب) انتقال کانی به مرکز دایرهٔ میدان چرخش از طریق پیچهای تنظیم، (ج) انتقال کانی به محل تقاطع تارهای رتیکول با جابه‌جایی مقطع نازک.

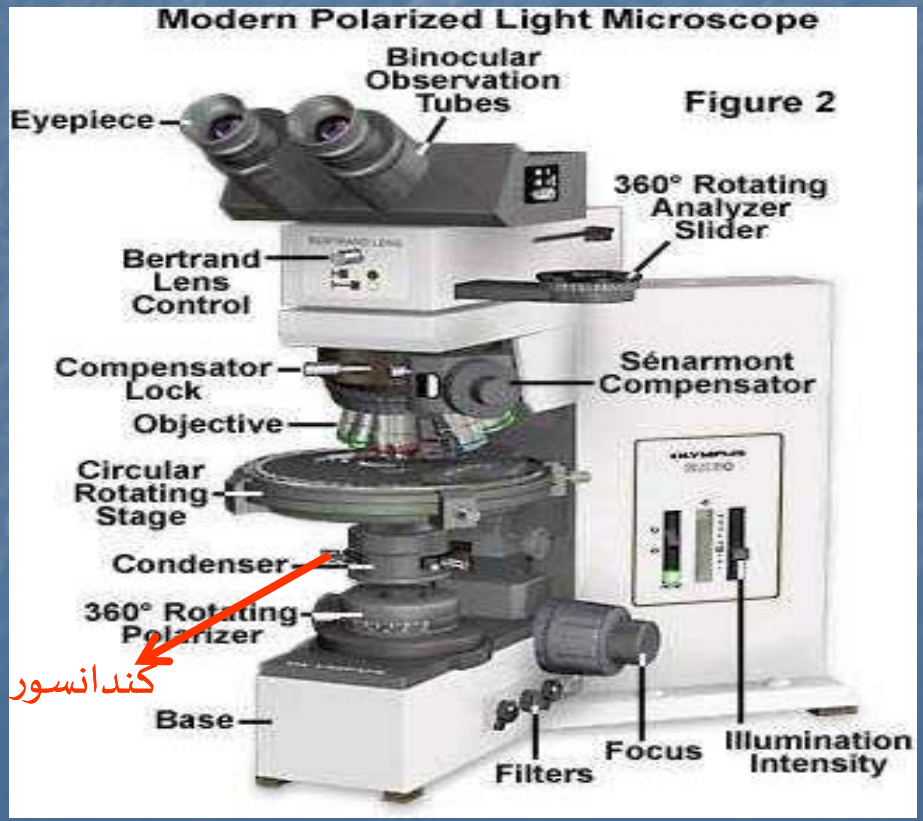
ب. محور چرخش کانی انتخاب شده منطبق بر محور عدسی شیئ نباشد . در نتیجه ، هنگام چرخش صفحه ی پلاتین ، کانی از محل تقاطع رتیکول خارج می شود و مسیر دایره ای شکلی را به مرکز F طی می کند . در چنین حالتی عدسی شیئ مرکزیت ندارد . برای مرکزیت دادن شیئ به صورت شکل مقابل عمل می شود :

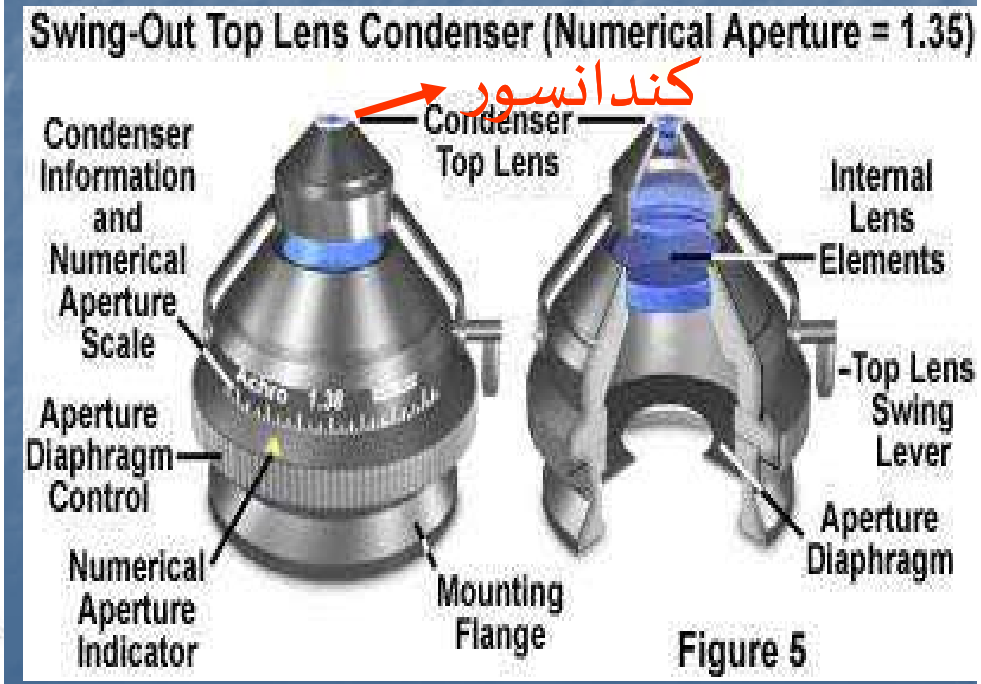
مرکزیت دادن عدسی متقارب کننده (کندانسور)



شکل ۴-۵. چگونگی تنظیم و مرکزیت دادن به کندانسور. (الف) خارج بودن از مرکزیت، (ب) اولین مرحلهٔ انتقال، (ج) مرکزیت داشتن کندانسور

- برای این منظور با قرار دادن یک مقطع نازک در زیر میکروسکوپ و بستن دیافراگم ، عدسی کندانسور را با استفاده از دو آچار کنار آن (مانند شکل مقابل) مرکزیت می دهیم.





اندازه گیری ضریب شکست بلور ها

یکی از مهمترین روش های شناسایی بلور های ناهمسانگرد اندازه گیری ضریب شکست آنهاست.

اندازه گیری به سه طریق امکان پذیر است:

1-استفاده از دستگاه شکست سنج

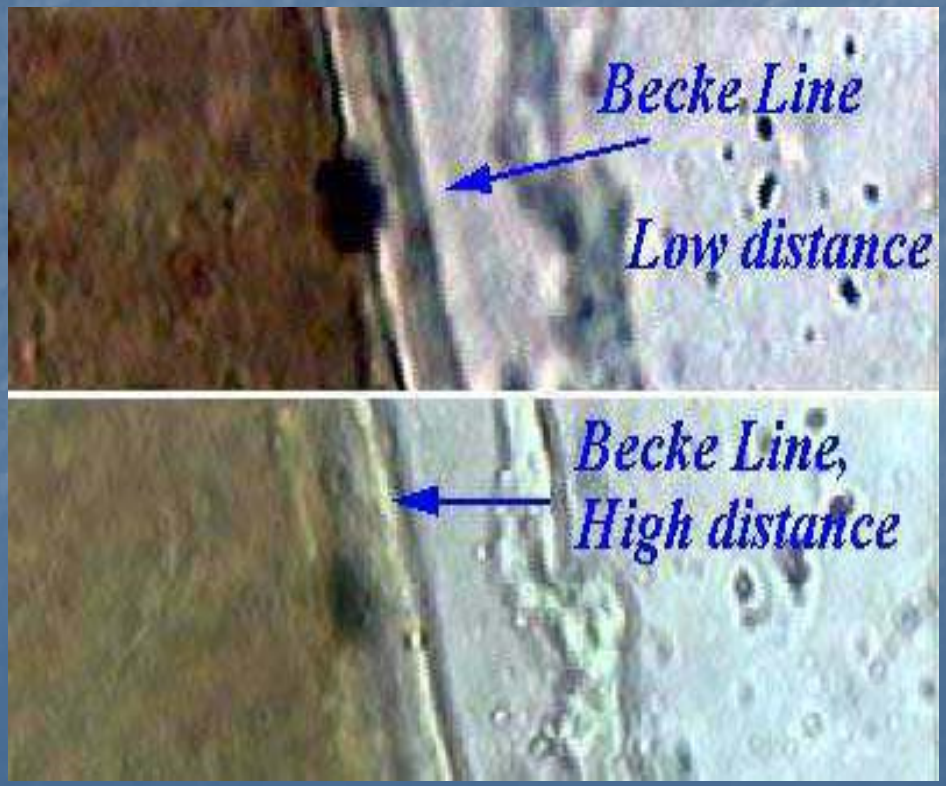
2- اندازه گیری نسبی ضریب شکست بلور ها

3- روش اندازه گیری ضریب شکست کانی ها به کمک مایعات مخصوص

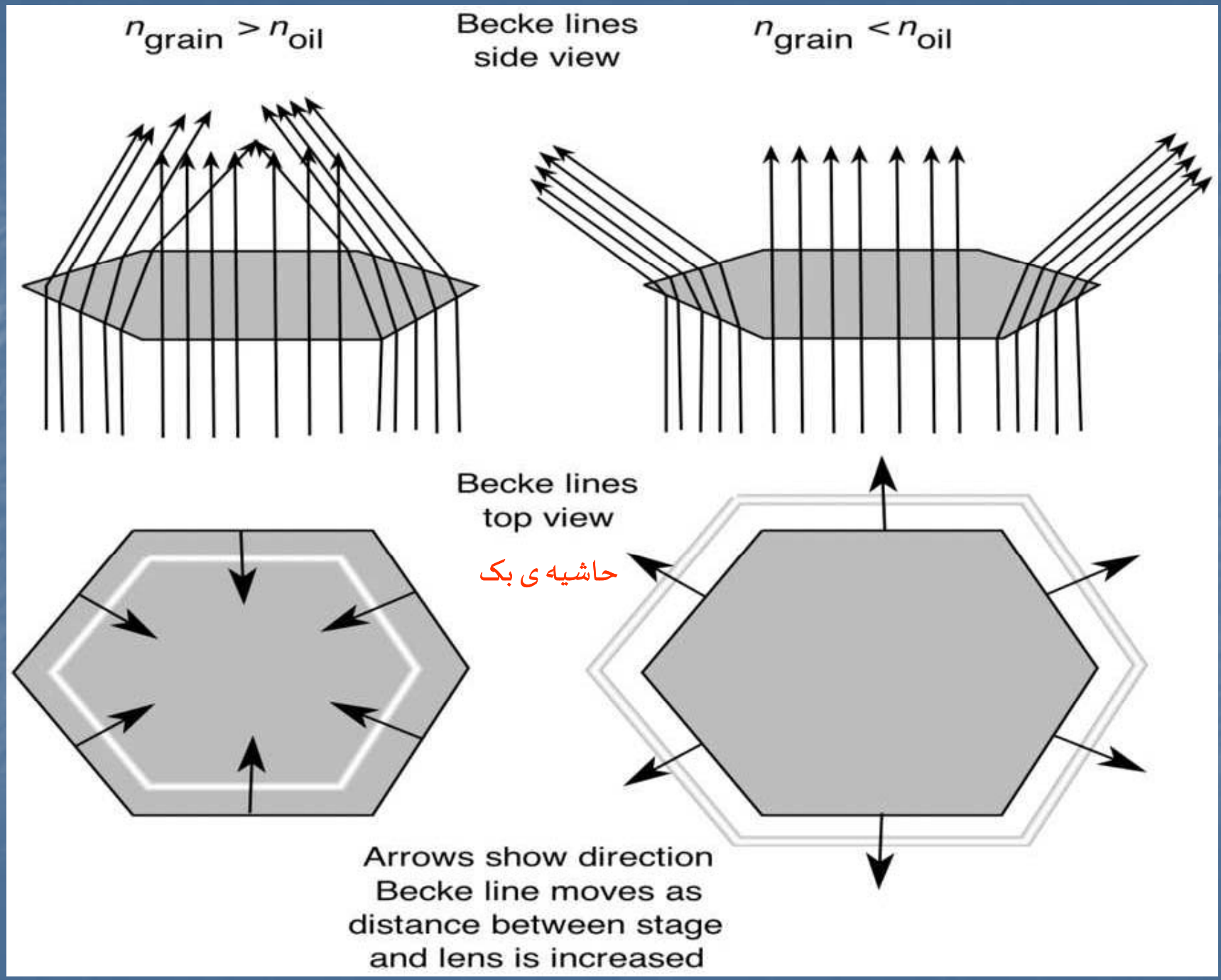
اندازه گیری نسبی ضریب شکست بلور ها و حاشیه بک

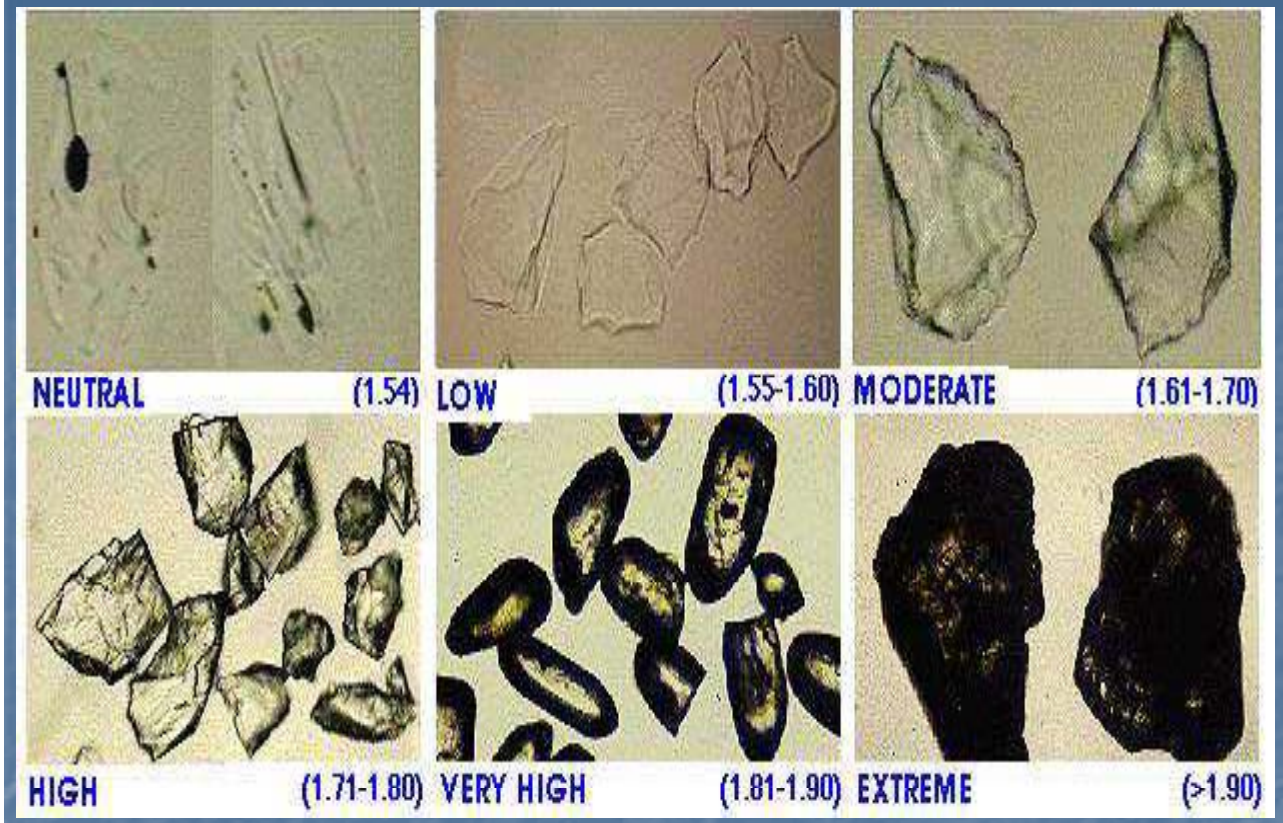
اساس این روش مبتنی بر مقایسه ی ضریب شکست یک کانی با ضریب شکست بوم دوکانادا و یا با ضریب شکست کانی مجاور خود است .

اگر حاشیه ی یک کانی را در محل مجاورت با کانی دیگر (یا مجاورت با بوم دوکانادا) در میدان دید میکروسکوپ قرار دهیم ، در صورتی که میکروسکوپ کاملاً میزان نشده باشد ، نوار روشنی مشاهده می شود که به آن حاشیه ی بک گفته می شود .



برای انجام این بررسی عدسی شیئ با بزرگنمایی 80 یا بیشتر و بستن نسبی دیافراگم مناسبتر است .


$n_{grain} > n_{oil}$
Becke lines
side view
$n_{grain} < n_{oil}$
Becke lines
top view
حاشیه ی بک
Arrows show direction
Becke line moves as
distance between stage
and lens is increased



با ازدیاد فاصله ی عدسی شیئ با سطح مقطع کانی مورد مطالعه، این خط روشن به طرف کانی با ضریب شکست بیشتر و با کم شدن این فاصله حاشیه بک به طرف کانی با ضریب شکست کمتر خواهد رفت .

در صورتی که این مقایسه با بوم دوکانادا (1.537)صورت گیرد . به سادگی می توان مشخص کرد که ضریب شکست کانی مورد مطالعه بیشتر یا کمتر از ضریب شکست بوم کانادا است .

اگر ضریب شکست دو کانی مورد مقایسه برابر باشد ، حاشیه بک کاملاً محو می شود .

اندازه گیری ضریب شکست کانی ها به کمک مایعات مخصوص یا روش ((غوطه وری)).

در این روش، ذرات ریز کانی بر روی لام قرار داده شده و آنگاه توسط مایعی با ضریب شکست مشخص احاطه می شوند.

شکل ۴-۷. چگونگی قرارگیری ذرات ریزکانی بر روی لام جهت مطالعهٔ ضریب شکست با روش غوطه‌ور ساختن.

معمولاً بهترین اندازه جهت انجام آزمایش بین 0.05 تا 0.1 میلی متر می باشد . مایعات مورد استفاده باید بیرنگ ، در حد امکان بی بو ، از نظر شیمیایی پایدار و امتزاج پذیر در نسبت ها ی مختلف و دارای ضریب شکست معین و معلوم باشند . همچنین باید دارای پاشیدگی ضعیف ، قابلیت تبخیر کم ، غلظت متوسط و فاقد هر گونه واکنش و یا انحلالی باشند .

نور های مختلف در میکروسکوپ پلاریزان

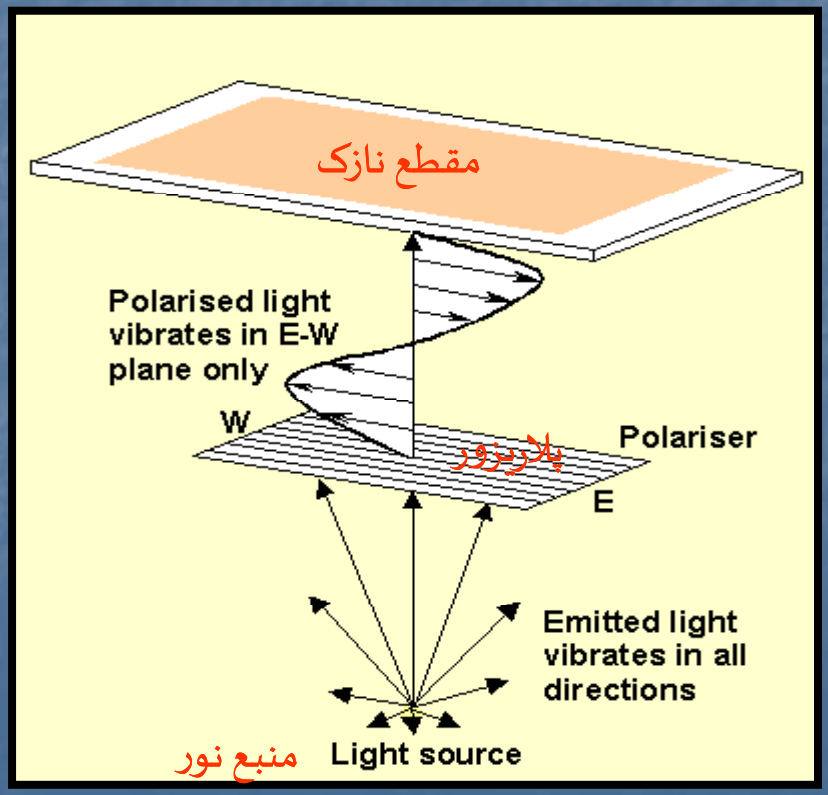
در میکروسکوپ پلاریزان بر اساس اینکه کدام یک از قسمت ها ی مختلف آن در مسیر عبور نور قرار گیرد .

نور های مختلفی حاصل می شود . این نور ها عبارت اند از :

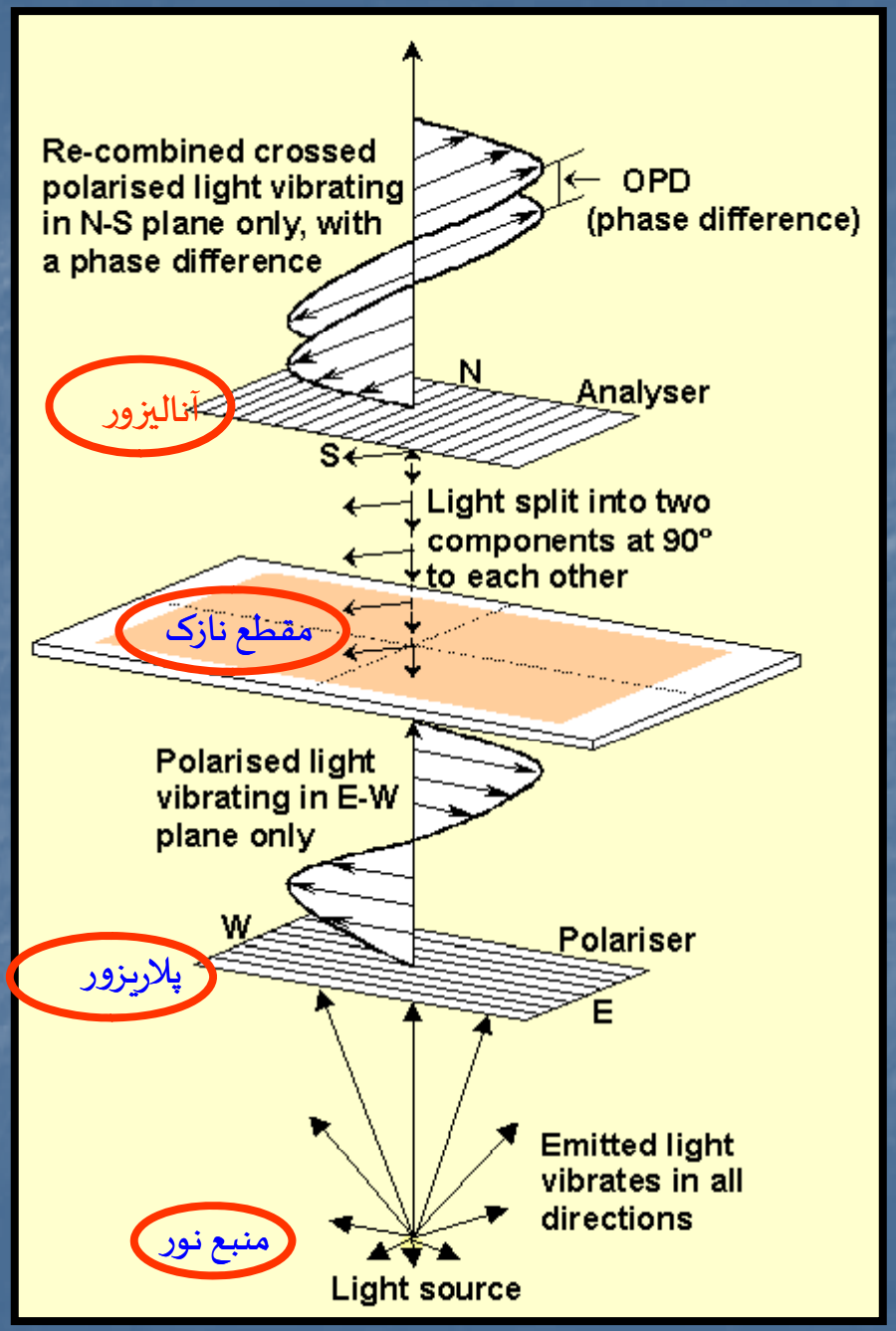
نور پلاریزه ساده : اگر هنگام عبور نور حاصل از منبع تغذیه در میکروسکوپ پلاریزان فقط پلاریزور ، عدسی شیئ و عدسی چشمی در مسیر عبور نور قرار گرفته باشند ، نور حاصل نور پلاریزه ی ساده خواهد بود . ((نور طبیعی))

جدول ۴-۱، نورهای مختلف و مشخصات بخصوصی از کانیها که بررسی آنها وابسته به نور است.

نوع نور	مشخصاتی از بلور که در هر نور بررسی می شود	قسمتهایی که باید در مسیر نور قرار گیرند
نور پلاریزه	برجستگی	نیکول پلاریزور
ساده یا	رخ	مقطع نازک کانی
نور طبیعی	رنگ و چند رنگی	عدسی شیئی
	شکل هندسی	عدسی چشمی
	تجزیه و تداخل	



نور پلاریزه و آنالیزه یا پلاریزه متقاطع



- : اگر هنگام مشاهده ی میدان دید میکروسکوپ با نور پلاریزه ی ساده (نور طبیعی)، نیکول آنالیزور نیز در مسیر عبور نور قرار گیرد ، نور حاصل را نور پلاریزه متقاطع(نیکولهای صلیبی) می گویند .

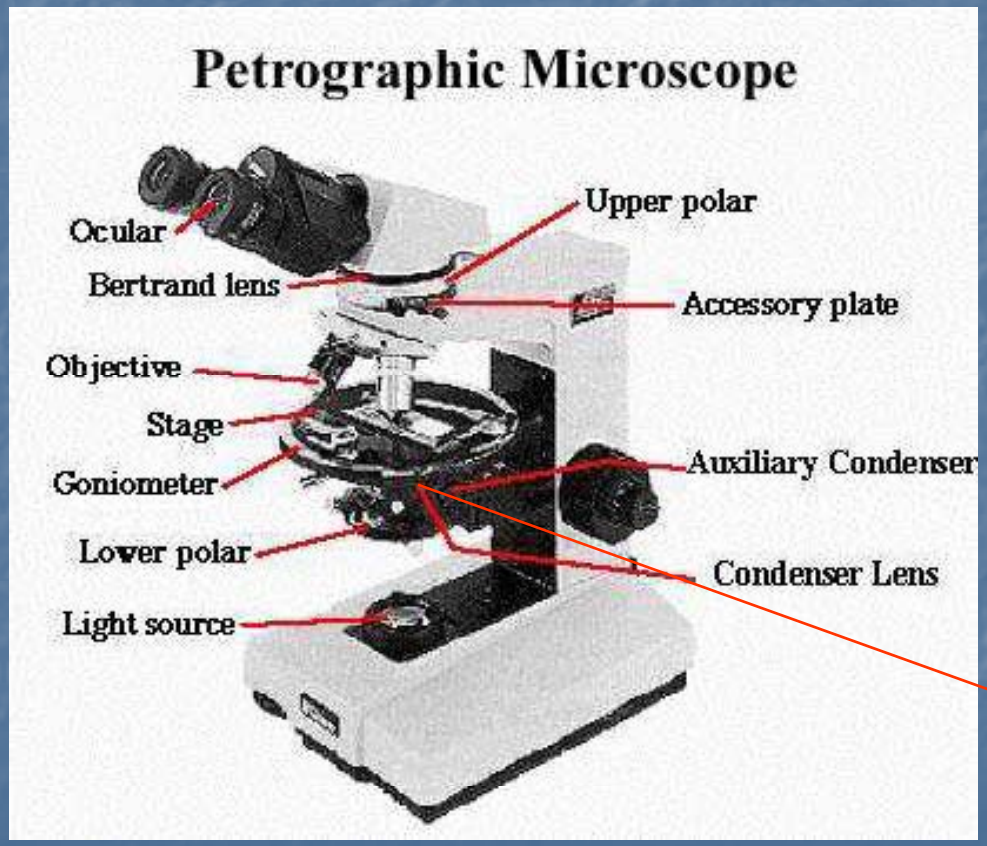
جدول ۴-۱. نورهای مختلف و مشخصات بخصوصی از کانیها که بررسی آنها وابسته به نور است.

نوع نور	مشخصاتی از بلور که در هر نور بررسی می‌شود	قسمتهایی که باید در مسیر نور قرار گیرند
نور پلاریزه متقاطع	همسانگردی و ناهمسانگردی	نیکول پلاریزور
	بیرفرنژانس، خاموشی	مقطع نازک
	زاویهٔ خاموشی	عدسی شیئی
	علامت طویل شدگی	نیکول کافنده (آنالیزور)
	ماکل	عدسی چشمی
	نجزیه	

نور پلاریزه متقارب :

نور پلاریزه ای است که از عدسی متقارب کننده نیز عبور کرده باشد .

اگر در مطالعه میکروسکوپی عدسی متقارب کننده ، پلاریزور ، آنالیزور و عدسی برتران در مسیر عبور نور قرار گیرند ، مطالعه را مطالعه با نور متقارب می گویند .

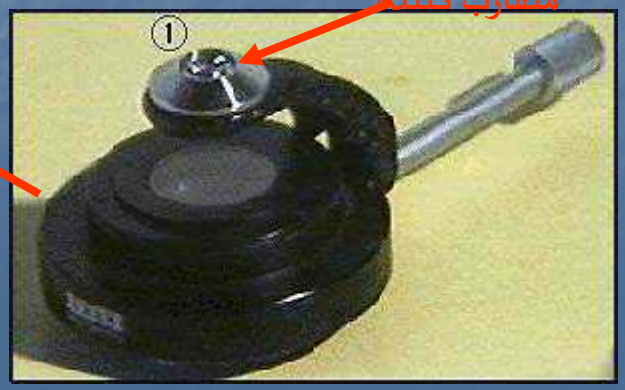


جدول ۴-۱. نورهای مختلف و مشخصات بخصوصی از کانیها که بررسی آنها وابسته به نور است.

نوع نور	مشخصاتی از بلور که در هر نور بررسی می شود	قسمتهایی که باید در مسیر نور قرار گیرند
نور پلاریزه متقارب	یک محوری و دو محوری بودن علامت نوری کانیها (مثبت یا منفی بودن)	عدسی متقارب کننده نیکول پلاریزور مقطع نازک عدسی شیئی نیکول آنالیزور عدسی برتران عدسی چشمی

عدسی متقارب کننده

مجموعه کندانسور



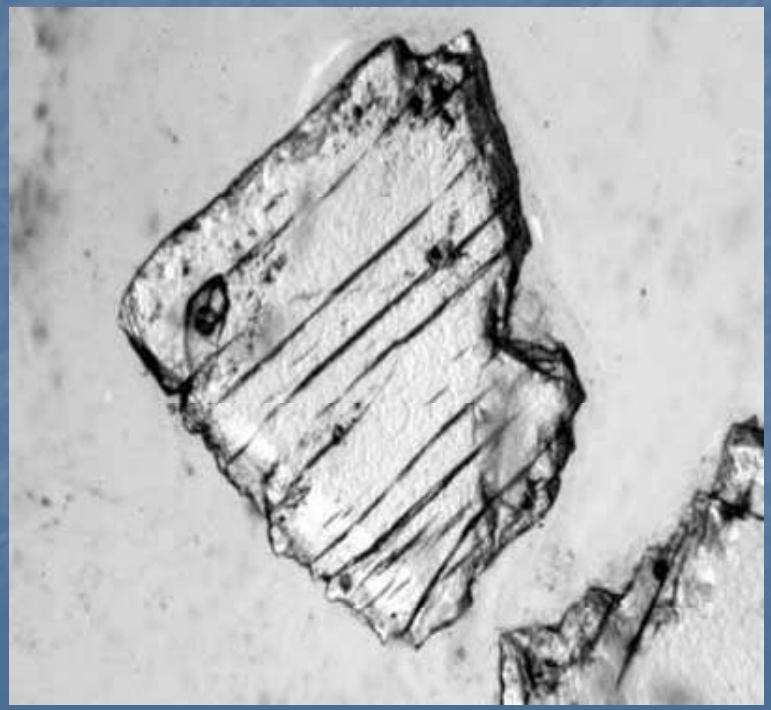
گفتار پنجم

مطالعه مقاطع نازک کانیها در نور پلاریزه ساده(PPL)

هدف کلی

در پایان این گفتار قادر خواهید بود تا:

مشخصه هایی از بلور ها را که در نور پلاریزه ی ساده مورد بررسی قرار می گیرند فرا گرفته و آن ها را به کمک میکروسکوپ پلاریزان تشخیص دهید.

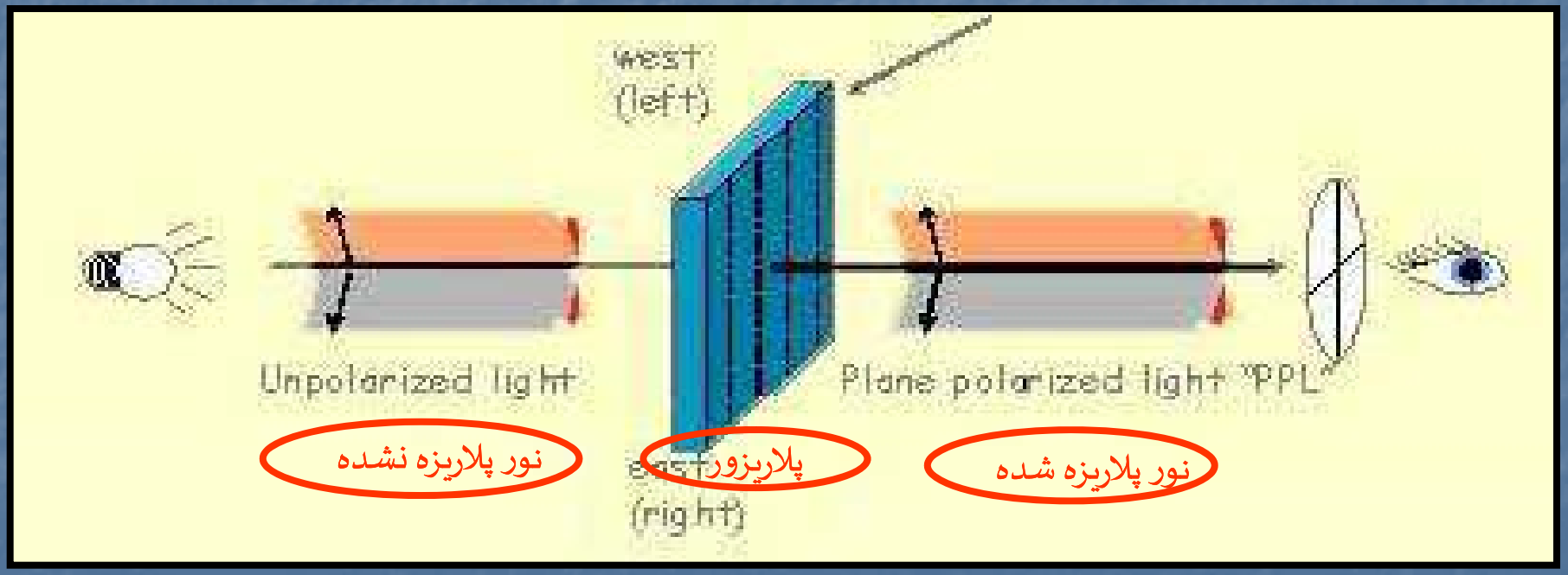


هدف های رفتاری

- برجستگی در کانی ها را تعریف کنید و چگونگی اندازه گیری آن را در نور پلاریزه ساده توضیح دهید .
- رخ در کانی ها را تعریف کنید و ضمن طبقه بندی آن ، چگونگی اندازه گیری زاویه ی بین دو سیستم رخ در میکروسکوپ پلاریزان را توضیح دهید .
- رنگ و چند رنگی در کانی ها را توضیح دهید و آن ها را طبقه بندی کنید.
- چگونگی تشخیص رنگ و چند رنگی کانی ها را در زیر میکروسکوپ پلاریزان توضیح دهید .
- شکل کانی ها را توضیح دهید و آن را طبقه بندی کنید .
- تجزیه و تداخل را توضیح دهید و سه نوع از مهمترین انواع تجزیه را نام ببرید .

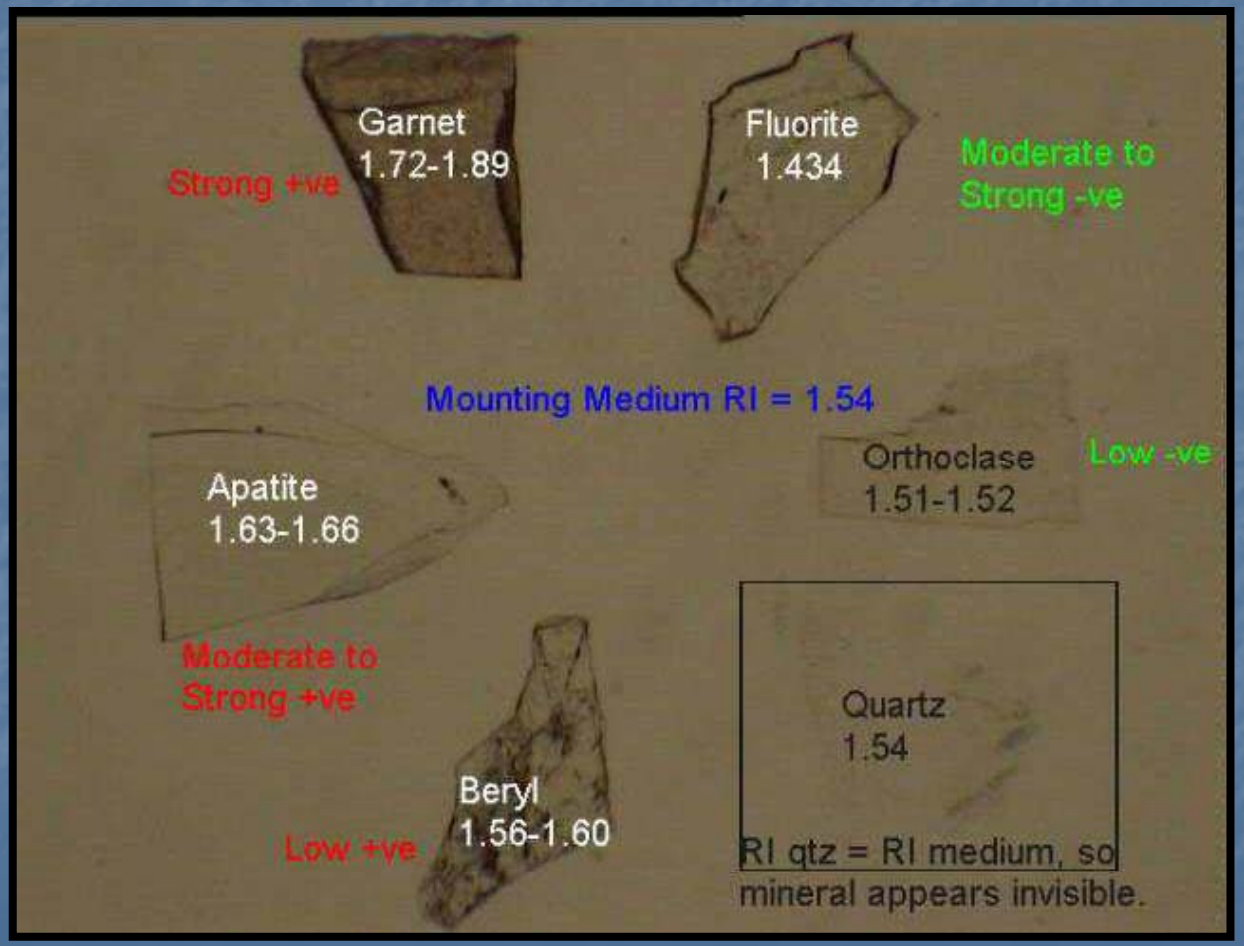
مطالعه مقاطع نازک کانی ها با نور پلاریزه ساده

در صورتی که آنالیزور ، عدسی برتران و عدسی متقارب کننده در مسیر نور نباشند ، و نور تنها از نیکول پلاریزور عبور کند ، نور پلاریزه ی ساده یا طبیعی ایجاد می شود.



برجستگی relief

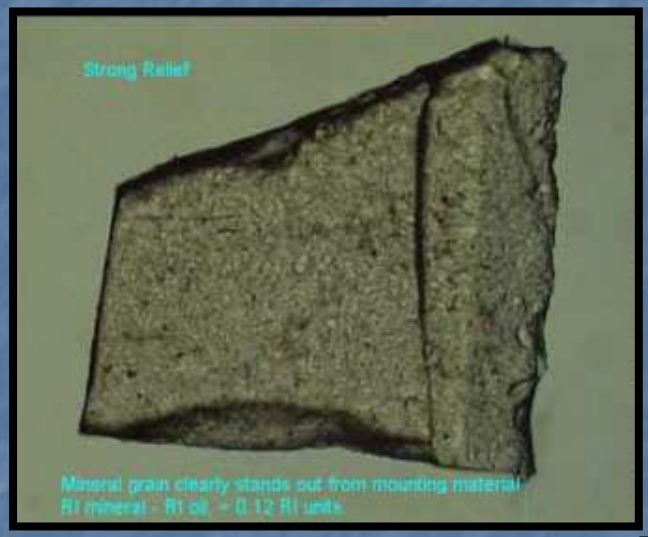
درجه ی وضوح حاشیه و سطح کانی ها را در زیر میکروسکوپ، برجستگی یا رلیف آن کانی می نامند .

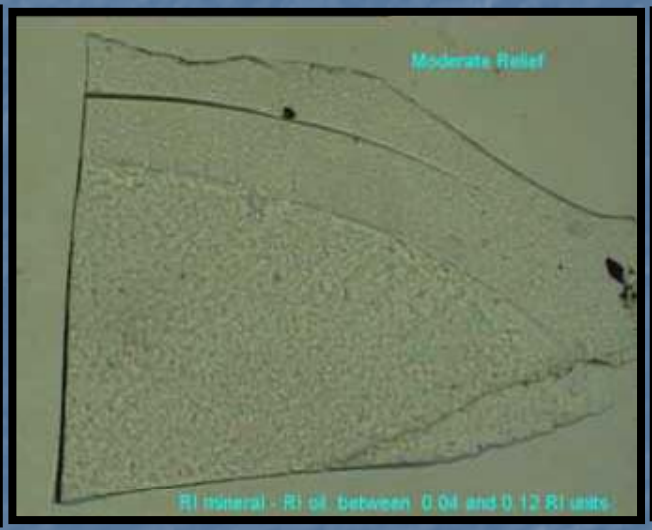


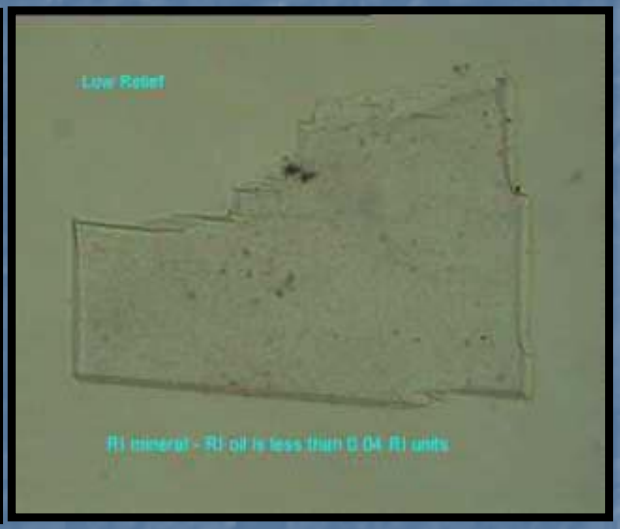
- برجستگی کانی ها در زیر میکروسکوپ از طریق اختلاف ضریب شکست کانی با کانی مجاور خود و یا کانادا بالزام(1.537) مشخص می شود

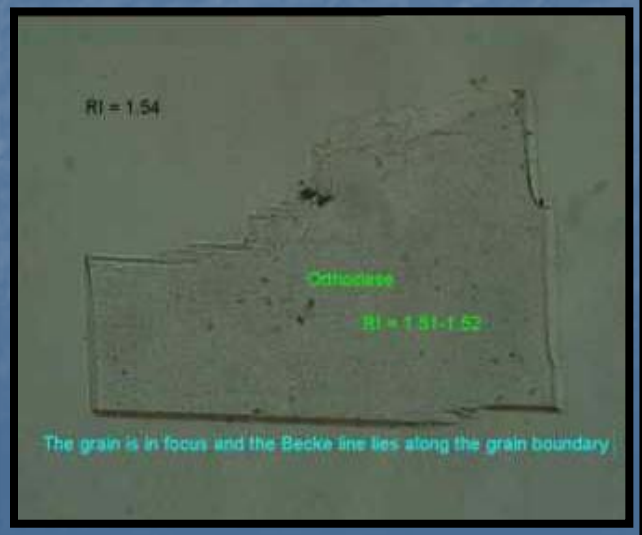
با توجه به اینکه شدت وضوح حاشیه ی کانی ها متفاوت است ، برای روشنتر کردن برجستگی ، آن ها را با اصطلاح نسبی ضعیف ،متوسط ، قوی و خیلی قوی مشخص می کنند .

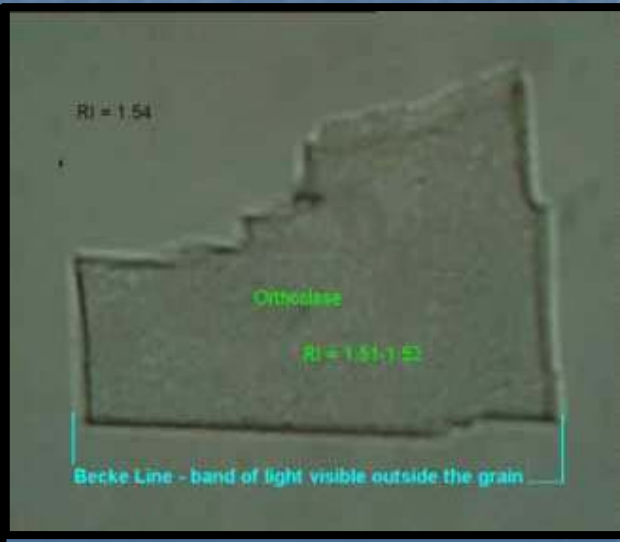
کانی هایی که نسبت به بوم دوکانادا دارای ضریب شکست کمتر یا بیشتر باشند ، دارای حاشیه ای کاملاً واضح اند . مثبت یا منفی بودن برجستگی را از روی پدیده ی حاشیه ی بک می توان مشخص کرد .



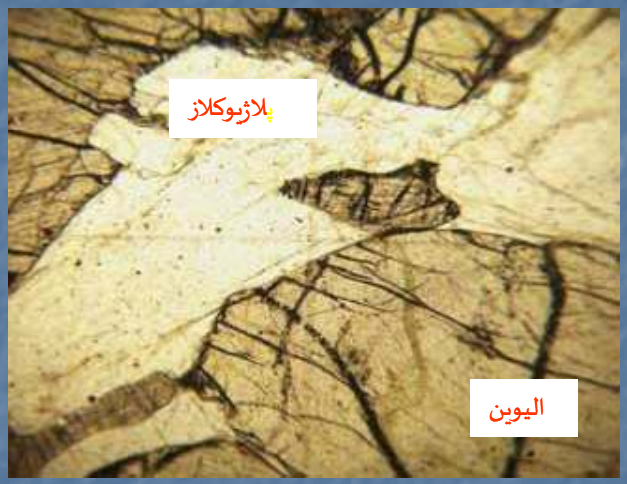








کانی هایی که نسبت به بوم دوکانادا دارای ضریب شکست کمتر باشند ،دارای برجستگی منفی هستند و در صورتی که بیشتر باشند ، برجستگی مثبت دارند .



برجستگی الیوین بیشتر از پلاژیوکلاز است

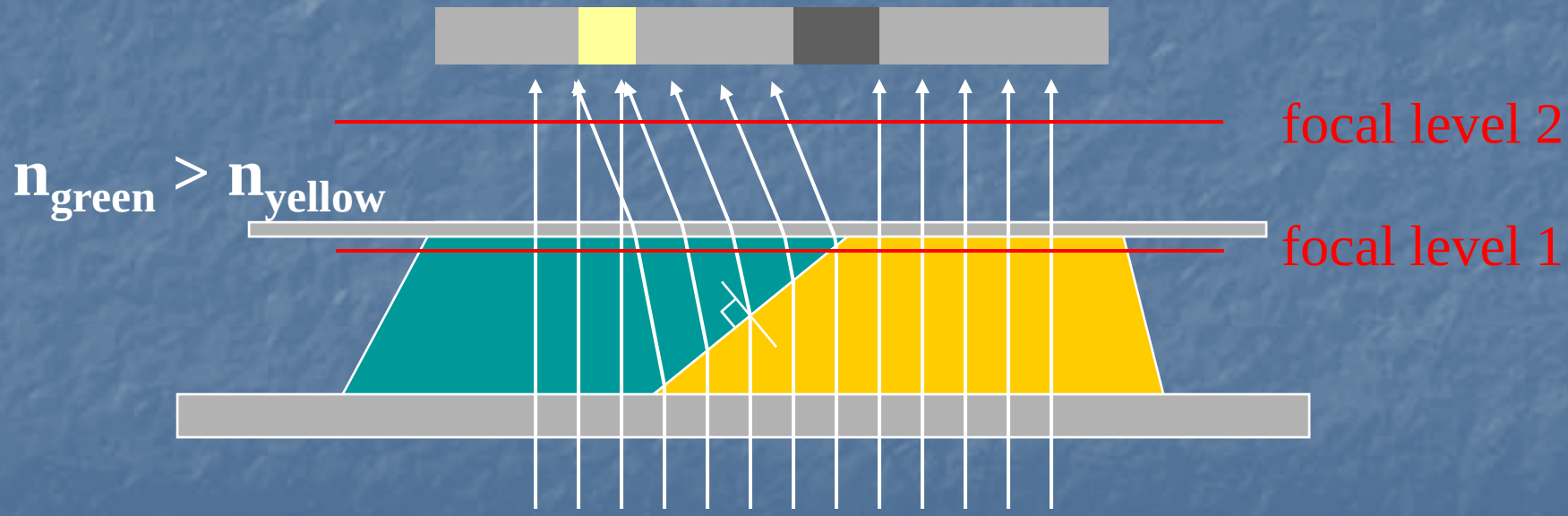
گارنت با برجستگی زیاد

کوارتز با برجستگی کم

ضریب شکست کانی با چسب برابر است،حاشیه بک به سمت هیچکدام حرکت نمی کند.

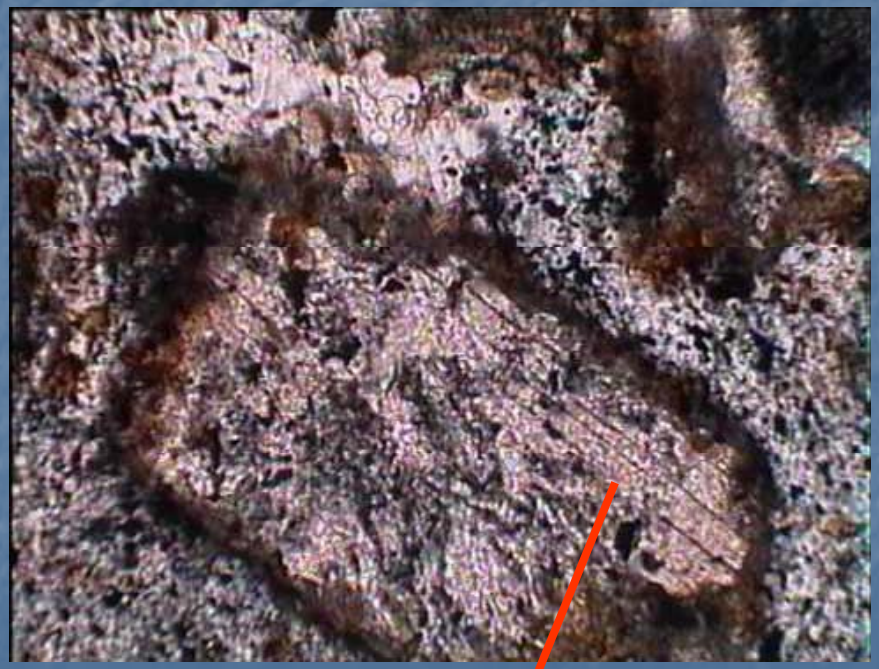
علت ایجاد برجستگی

وقتی نور از منبع نوری به مقطع نازک می رسد ، قسمتی از آن در فصل مشترک بین دو کانی (یا یک کانی و بوم دوکانادا) به داخل کانی دارای ضریب شکست بزرگتر منعکس می شود . در نتیجه این قسمت روشن تر و برجسته تر به نظر می رسد .

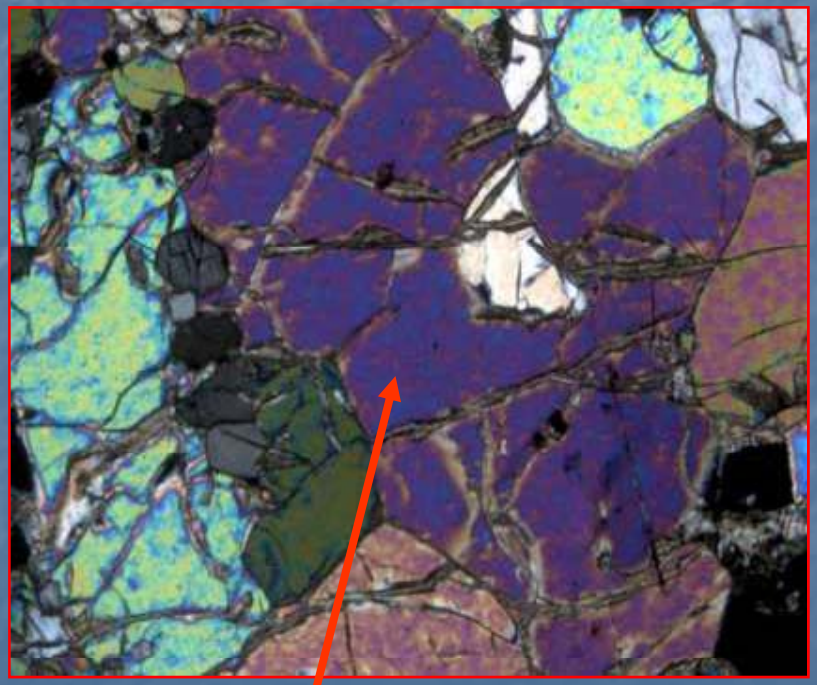


رخ : استعداد یک کانی در جدا شدن و شکسته شدن در امتداد سطح یا سطوح معین را گویند .

در صورتی که مقاطع نازک کانی های دارای رخ طوری تهیه شود که عمود بر سطوح جداشدگی ناشی از رخ باشد ، آثار رخ به صورت خطوط موازی بر روی سطح مقطع نازک و در نور پلاریزه ی ساده قابل مشاهده است .



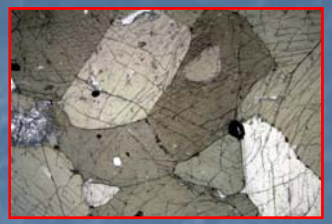
یک جهت رخ در آندالوزیت



کانی ممکن است رخ نداشته باشد و به جای آن بشکند(مثل کـ
یا اولیوین)

یک سیستم رخ (در یک جهت) ، مثل میکا ،

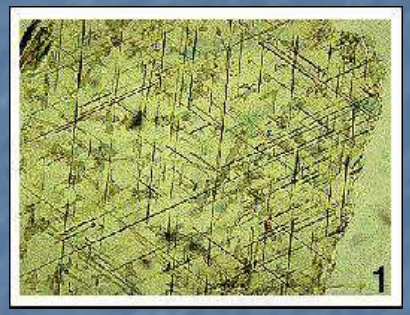
دو سیستم رخ (در دو جهت) ، مثل پیروکسن ها ، و آمفیبول ها ،



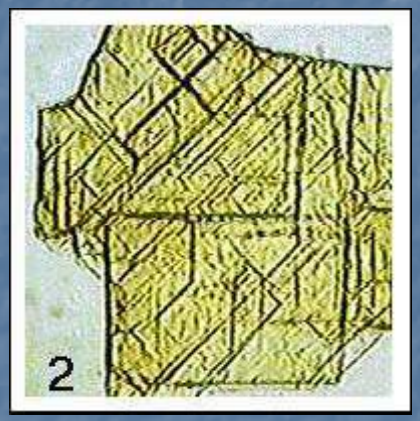
آمفیبول

پیروکسن

سه سیستم رخ (در سه جهت) ، مثل کلسیت ،



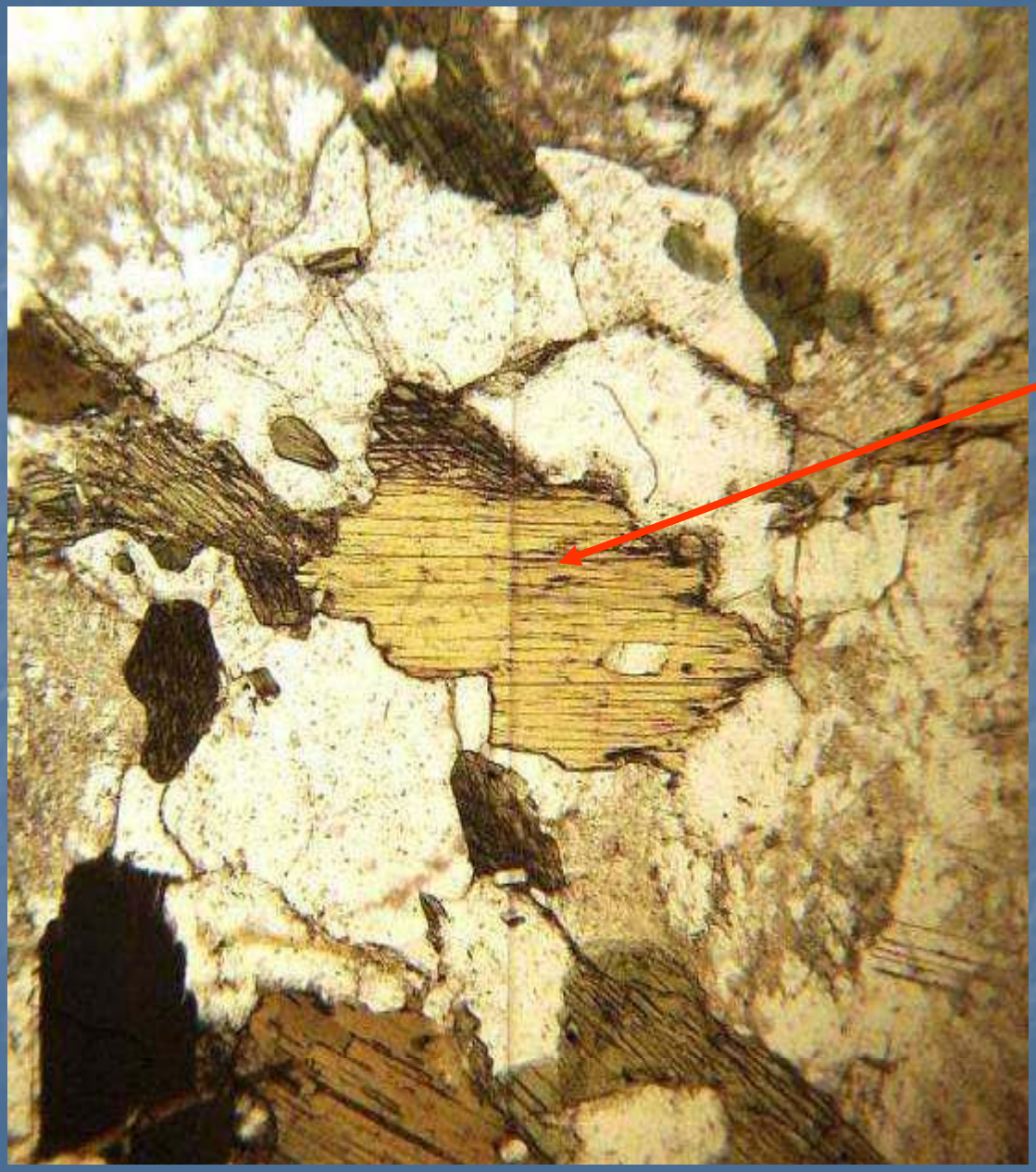
چهار سیستم رخ (در چهار جهت)

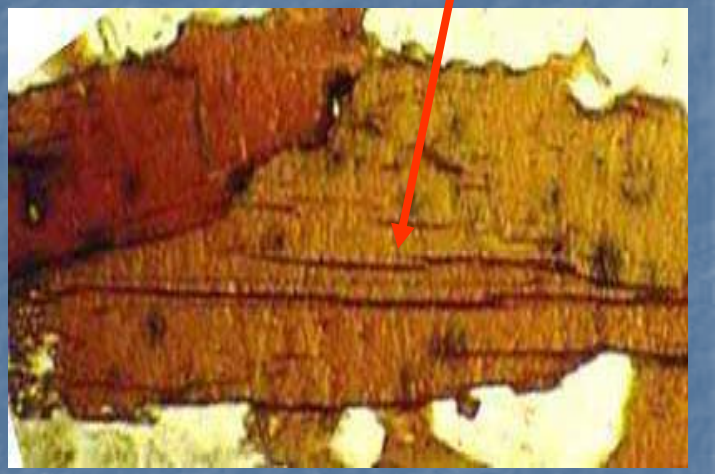


شش سیستم رخ (در شش جهت) ، مثل اسفالریت باشند ،

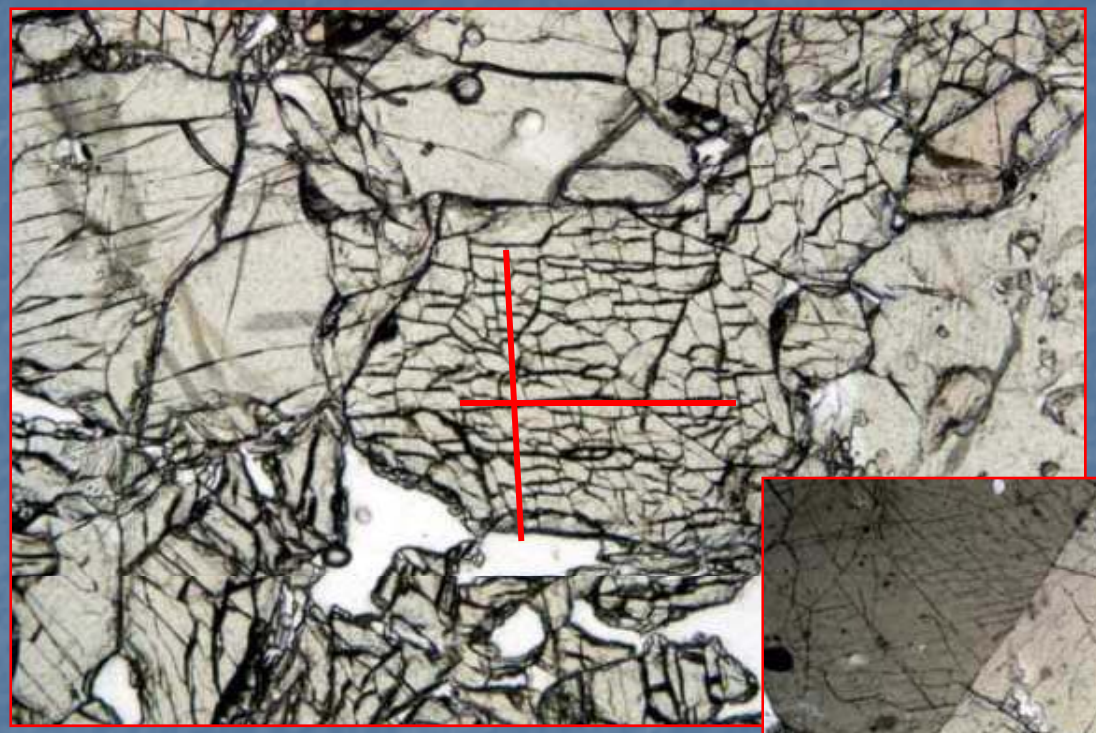
زمانی آثار رخ در مقاطع نازک قابل مشاهده است که سطح مقطع عمود بر یک یا چند سیستم رخ باشد .

یک سیستم رخ (در یک جهت) ،
مثل میکا ی نوع بیوتیت



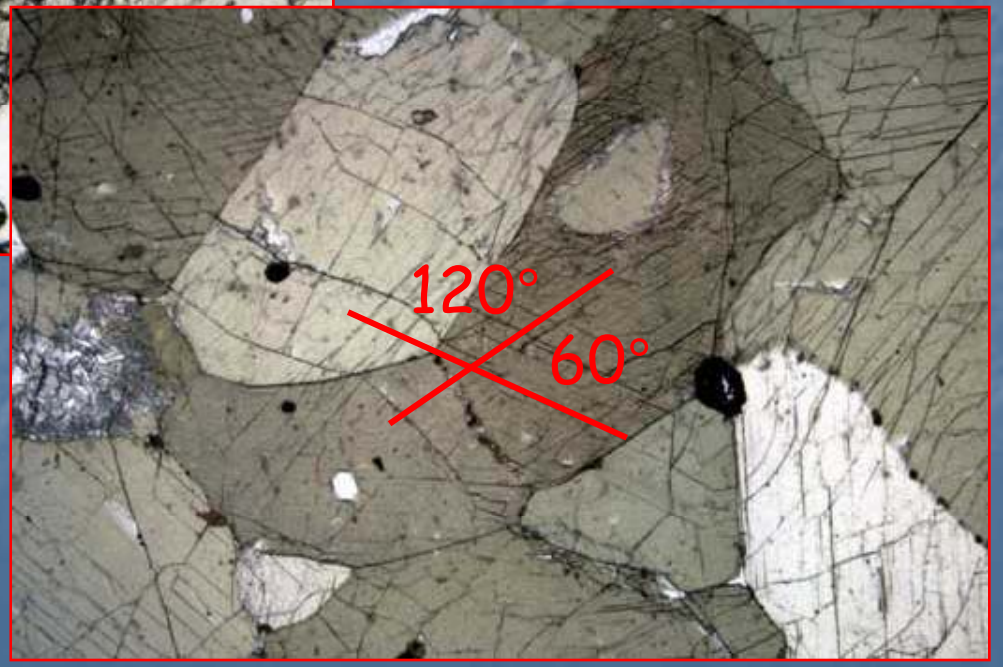


دو جهت رخ که همدیگر را با زاویه قطع می کنند.



2 cleavages intersecting at ~90°
pyroxene

دو جهت رخ که همدیگر را با زاویه تقریبا 90درجه قطع می کنند.



2 cleavages intersecting at 60°/120°:
amphibole

دو جهت رخ که همدیگر را با زاویه تقریبا 120 یا 60درجه قطع می کنند.

دو جهت رخ که همدیگر را با زاویه تقریبا 90درجه قطع می کنند.

Pyroxene

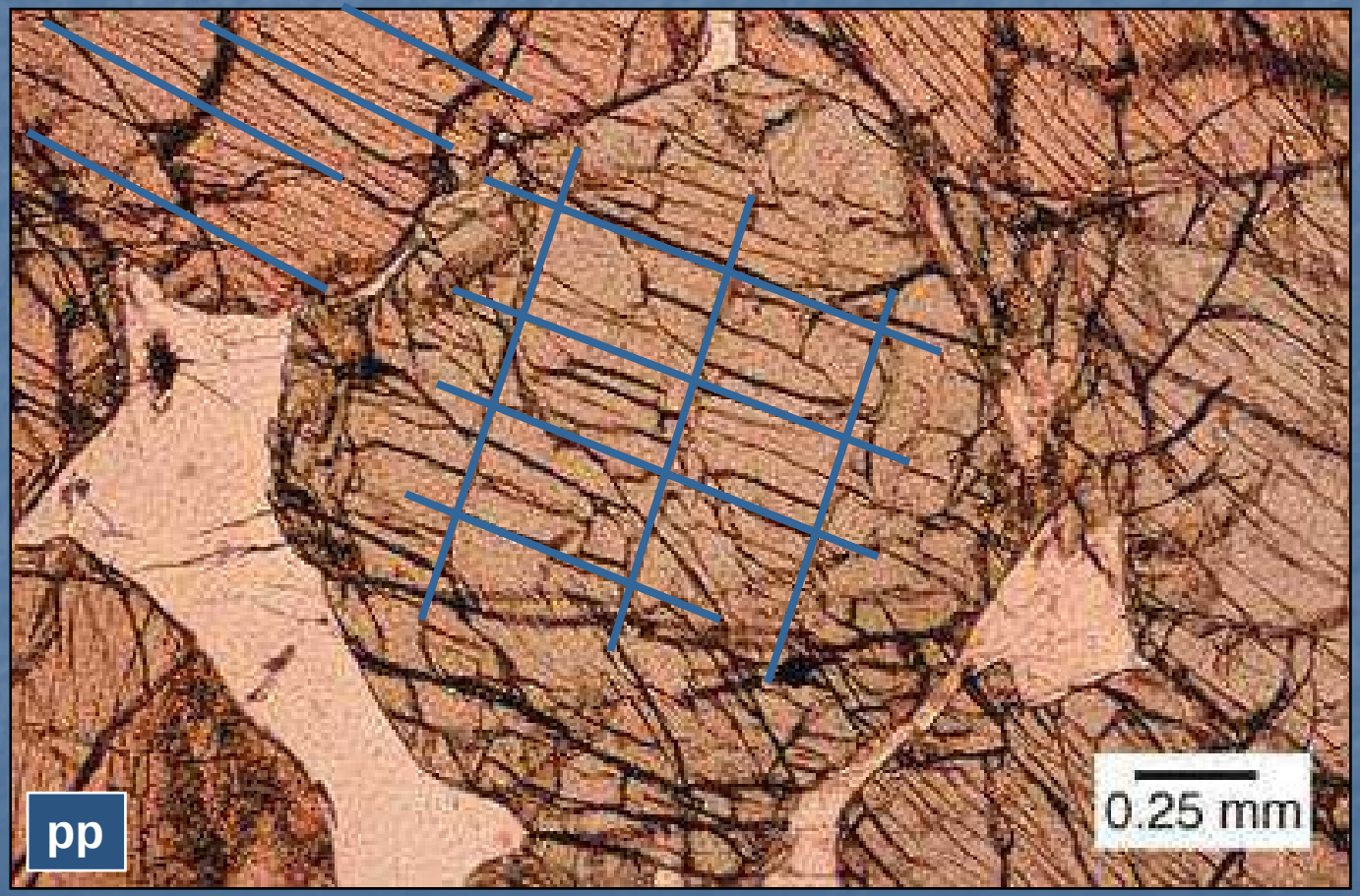
90° cleavage

اگرچه بررسی رخ در نور پلاریزه ساده انجام می شود ،اما گاهی برای مشاهده دقیق تر از نور پلاریزه متقاطع استفاده می شود.

دو جهت رخ که همدیگر را با زاویه تقریبا 90درجه قطع می کنند.

90° cleavage

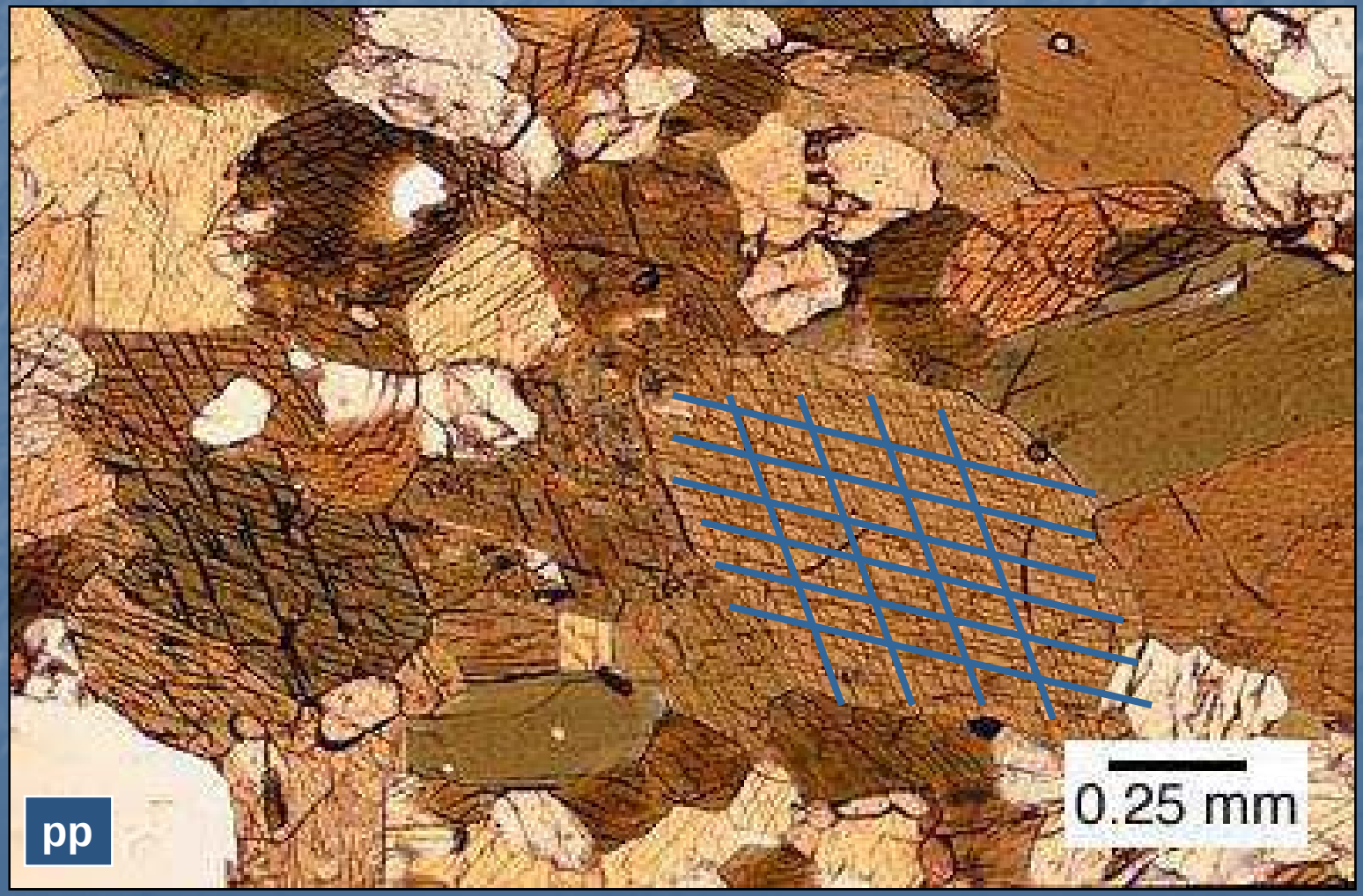
Pyroxene



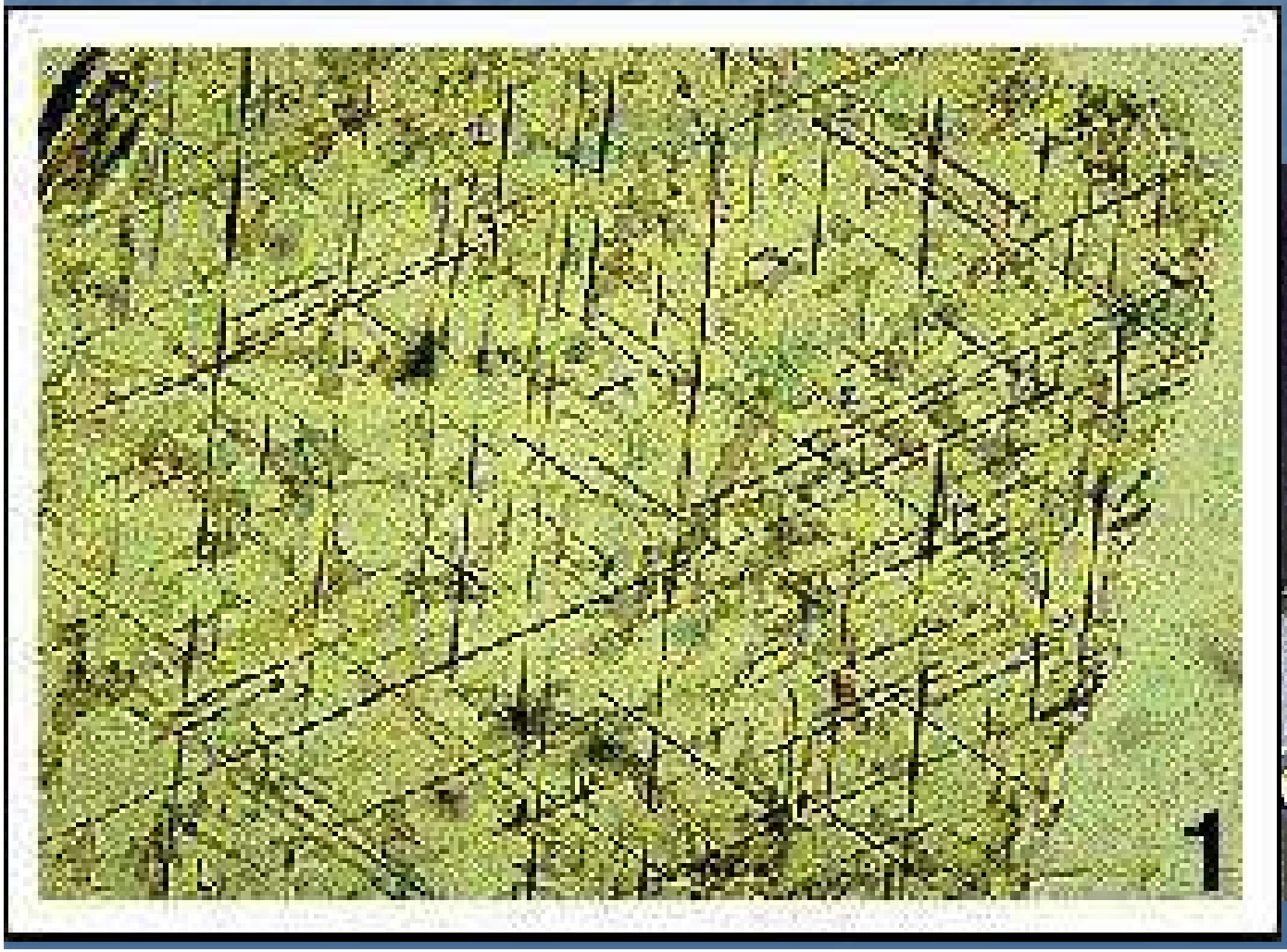
دو جهت رخ که همدیگر را با زاویه تقریبا 120 یا 60درجه قطع می کنند.

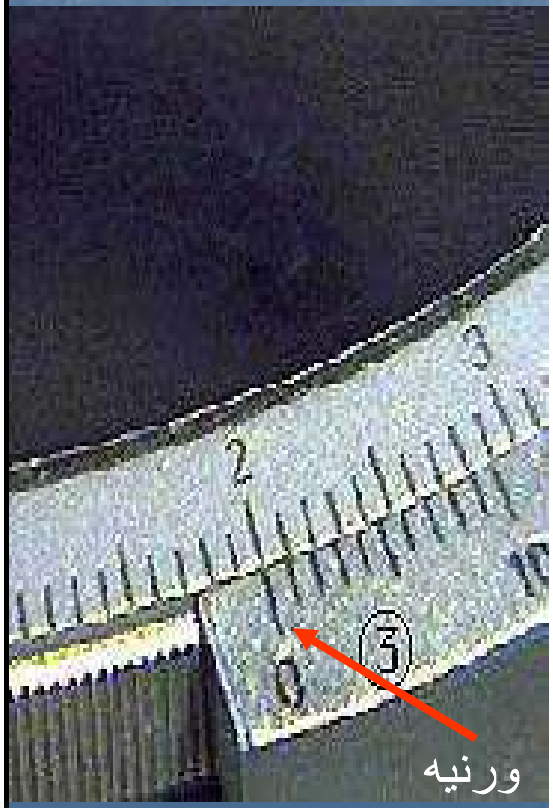
60° /120° cleavage

Amphibole



- برای تعیین زاویه ی بین دو سیستم رخ کافی است امتداد یک سیستم رخ را در جهت تار شمالی – جنوبی رتیکول قرار دهیم و درجه ای را که صفحه ی پلاتین نشان می دهد بخوانیم . سپس صفحه ی پلاتین را آن قدر بچرخانیم تا سیستم رخ دیگر موازی همان تار رتیکول قرار گیرد . درجه ی صفحه ی پلاتین را در این حالت هم می خوانیم . حاصل تفریق این دو مقدار زاویه ی بین دو سیستم رخ را نشان می دهد .





رنگ مقاطع نازک بلور ها و چند رنگی PLEOCHROISM در آن ها

در نور پلاریزه ی ساده (نور طبیعی) مقاطع نازک کانیها ممکن است بیرنگ یا رنگین باشند .

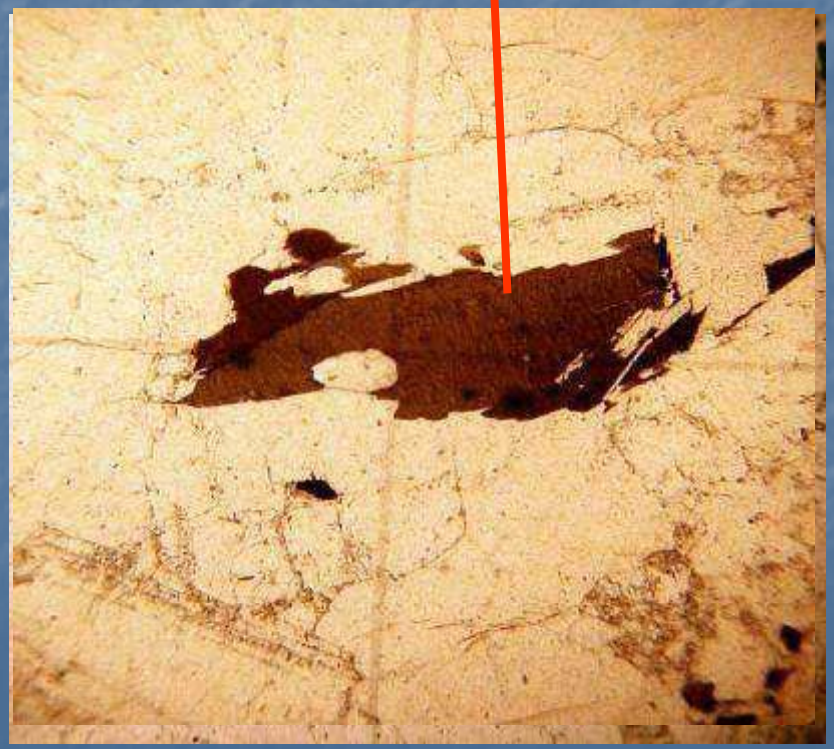
و در صورت رنگین بودن کانیها در نور طبیعی ، رنگ مشاهده شده رابطه ای با رنگ آنها در نمونه دستی ندارد .

در نور پلاریزه ساده اولیوین بیرنگ است

نونه دستی اولیوین

تعداد دیگری از کانی ها در نور پلاریزه ی ساده (نور طبیعی) همیشه رنگین اند (مانند میکای سیاه و هورنبلند .

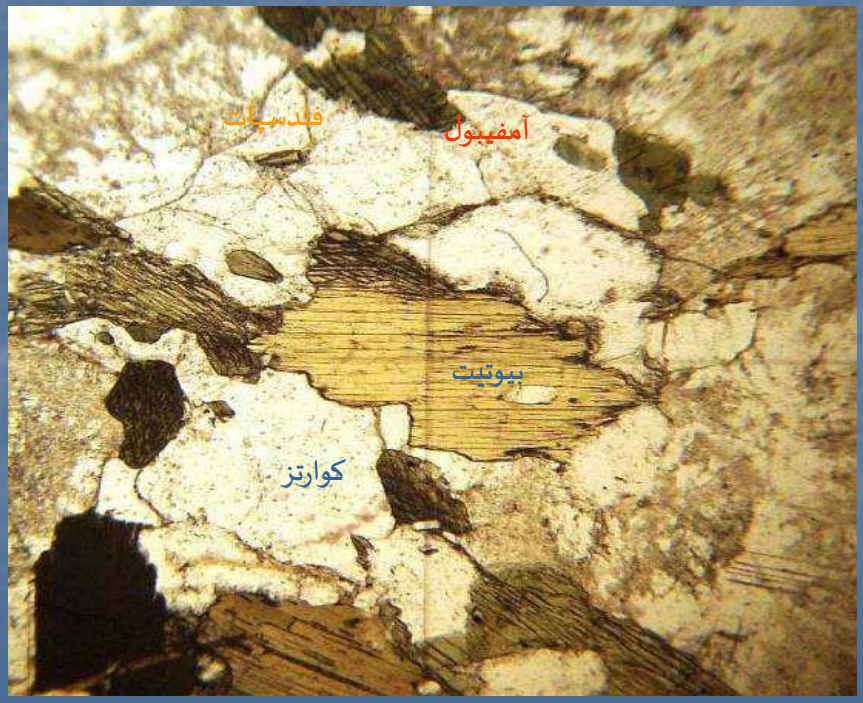
- تعدادی از کانی ها نیز در نور طبیعی بسته به موقعیت بلور نسبت به سطح پلاریزاسیون نوری که به آنها می تابد رنگ های متفاوت از خود نشان می دهند (مانند هیپرستن یا آندالوزیت)



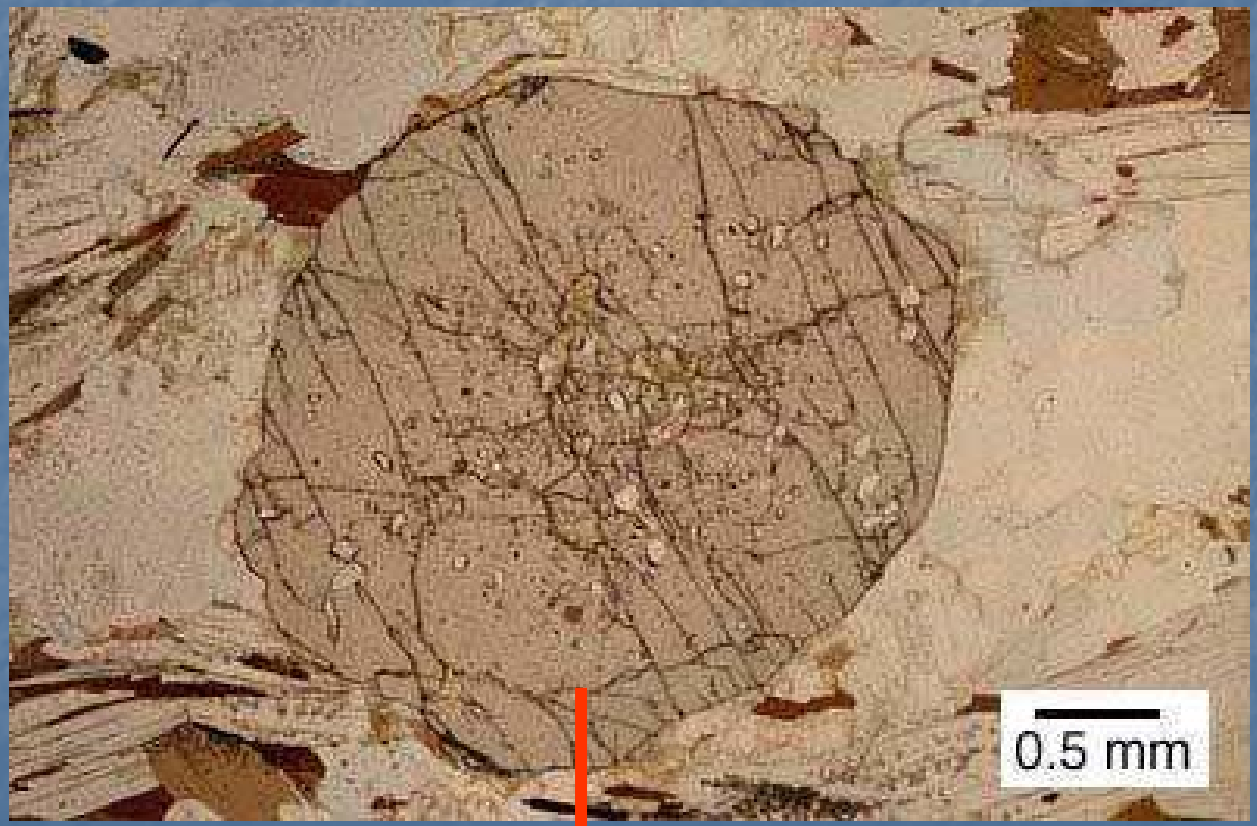
کانی ها از جهت رنگشان در مقطع نازک و در نور پلاریزه ی ساده به انواع زیر تقسیم می شوند :

الف . کانی ها ی بیرنگ . این کانی ها در نور پلاریزه ی ساده فاقد رنگ اند و کاملاً بیرنگ مشاهده می شوند ، مانند کوارتز .

ب. کانی ها ی رنگین . این کانی ها در نور پلاریزه ی ساده رنگین دیده می شوند .این گروه از کانی ها خود به انواع زیر تقسیم می شوند :



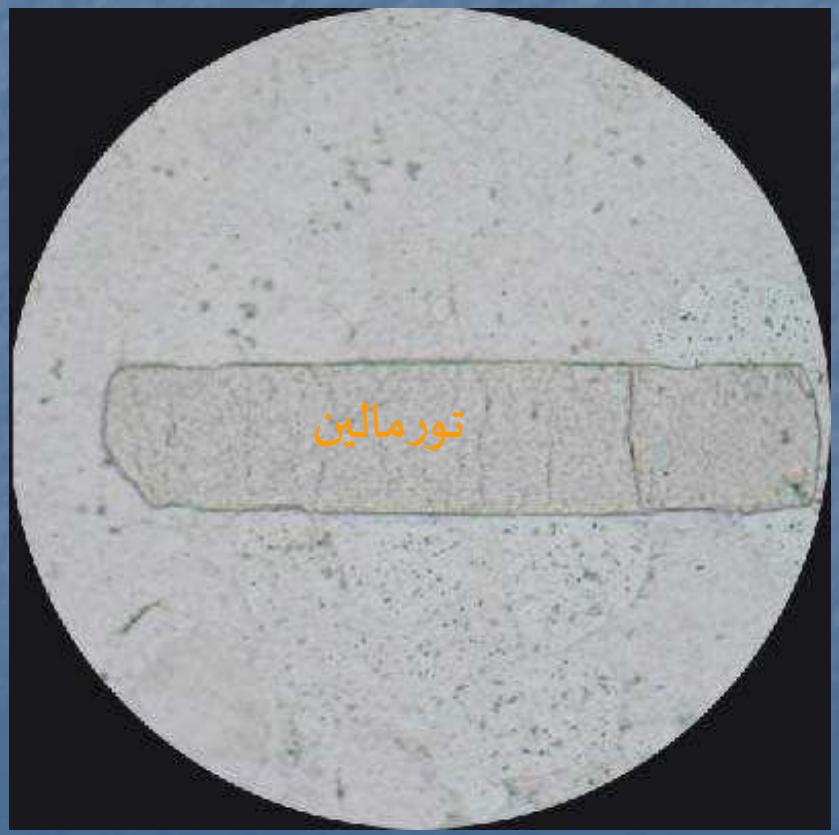
1-کانی هایی که در نور پلاریزه ی ساده رنگین اما فاقد چند رنگی اند و با چرخش صفحه ی پلاتین در رنگ آن ها تغییری مشاهده نمی شود .مثال آن برخی کانی های سیستم مکعبی است .

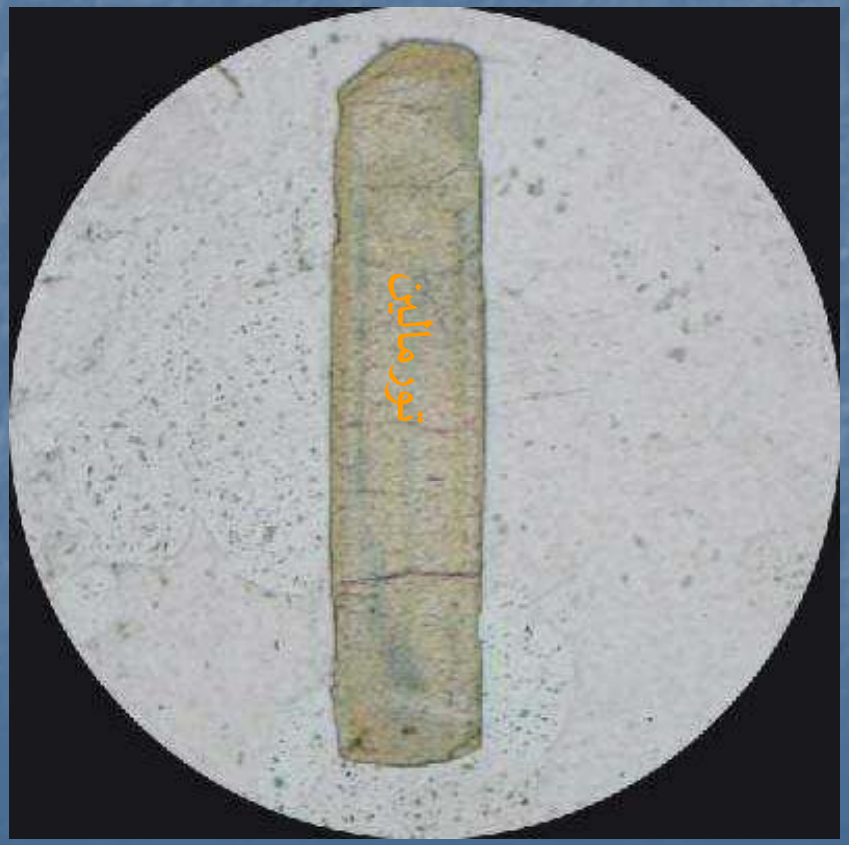


گارنت

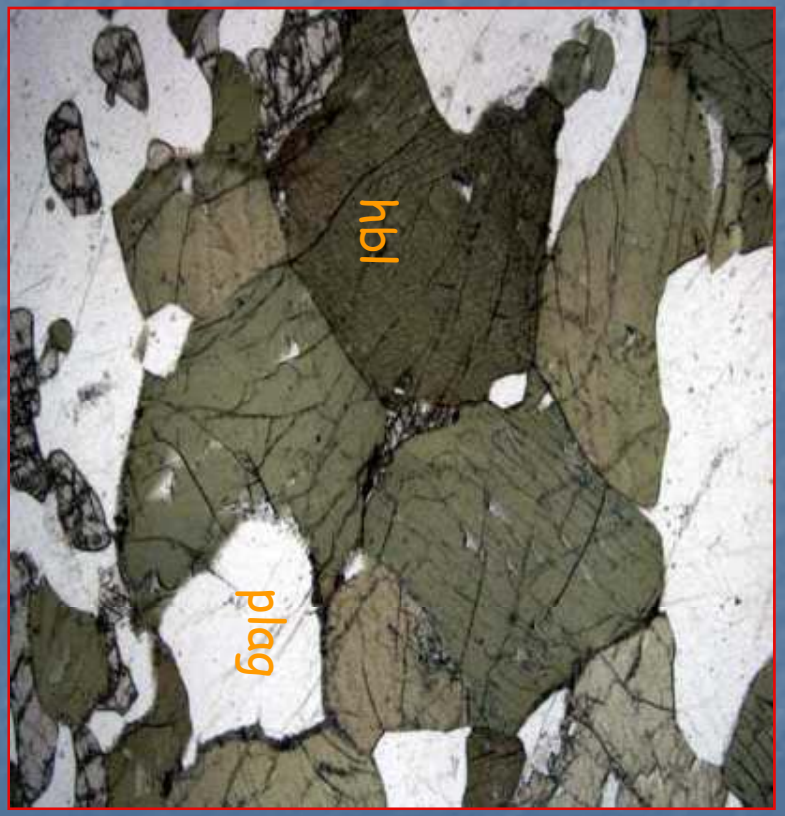
2-کانی هایی که دارای چند رنگی اند (پلئوکروبیک)و به دو گروه تقسیم می شوند :

الف: کانی هایی که دو رنگ ((دی کرویک)) اند و به هنگام چرخاندن صفحه ی پلاتین دارای دو رنگ یا یک رنگ با دو شدت متفاوت اند و در سیستم های تری گونال ، تتراگونال و هگزاگونال متبلور می شوند





کانی های که سه رنگ اند و در سیستم های اورتورمبیک ، منوکلینیک و تری کلینیک متبلور می شوند ، این کانی ها به علت داشتن سه ضریب شکست اصلی (γ،β،α) دارای خاصیت سه رنگی اند . به این پدیده سه رنگی(تری کرویسم) و به کانی های آن ((تری کرویک)) گفته می شود .

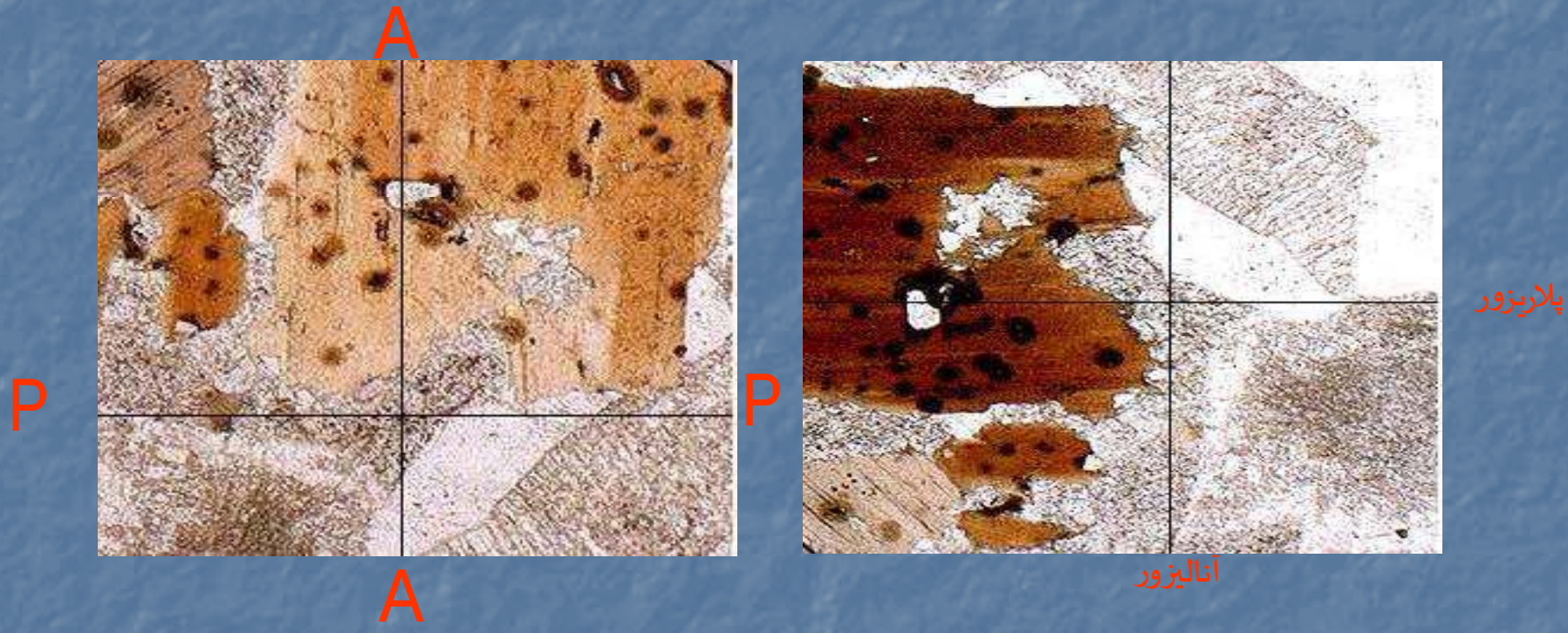


پلاژیوکلاز بیرنگ است

هورنبلند چندرنگی با تغییرات رنگ سبز نشان می دهد.

چند رنگی مستقیم و معکوس

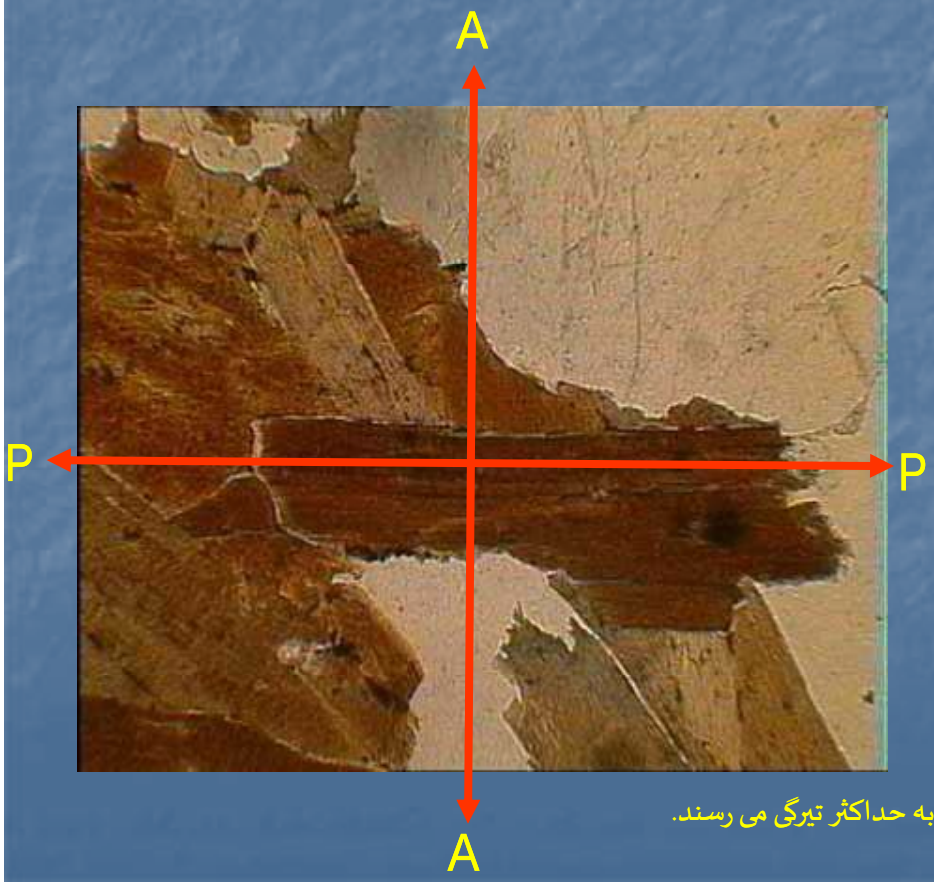
در یک کانی چند رنگ، بسته به اینکه جذب نور نسبت به امتداد طولی بلور شناسی و یا اثر رخها در ارتباط با سطح ارتعاش پلاریزور چگونه است،دو گروه چند رنگی وجود دارد:



به هنگام راه اندازی یک میکروسکوپ جدید،برای مشخص نمودن جهت ارتعاش پلاریزور میتوان از مقطع نازک حاوی بیوتیت استفاده نمود. هر جهتی که رخهای بیوتیت به تیره ترین رنگ خود رسیدند،همان جهت ارتعاش پلاریزور است.

چند رنگی مستقیم

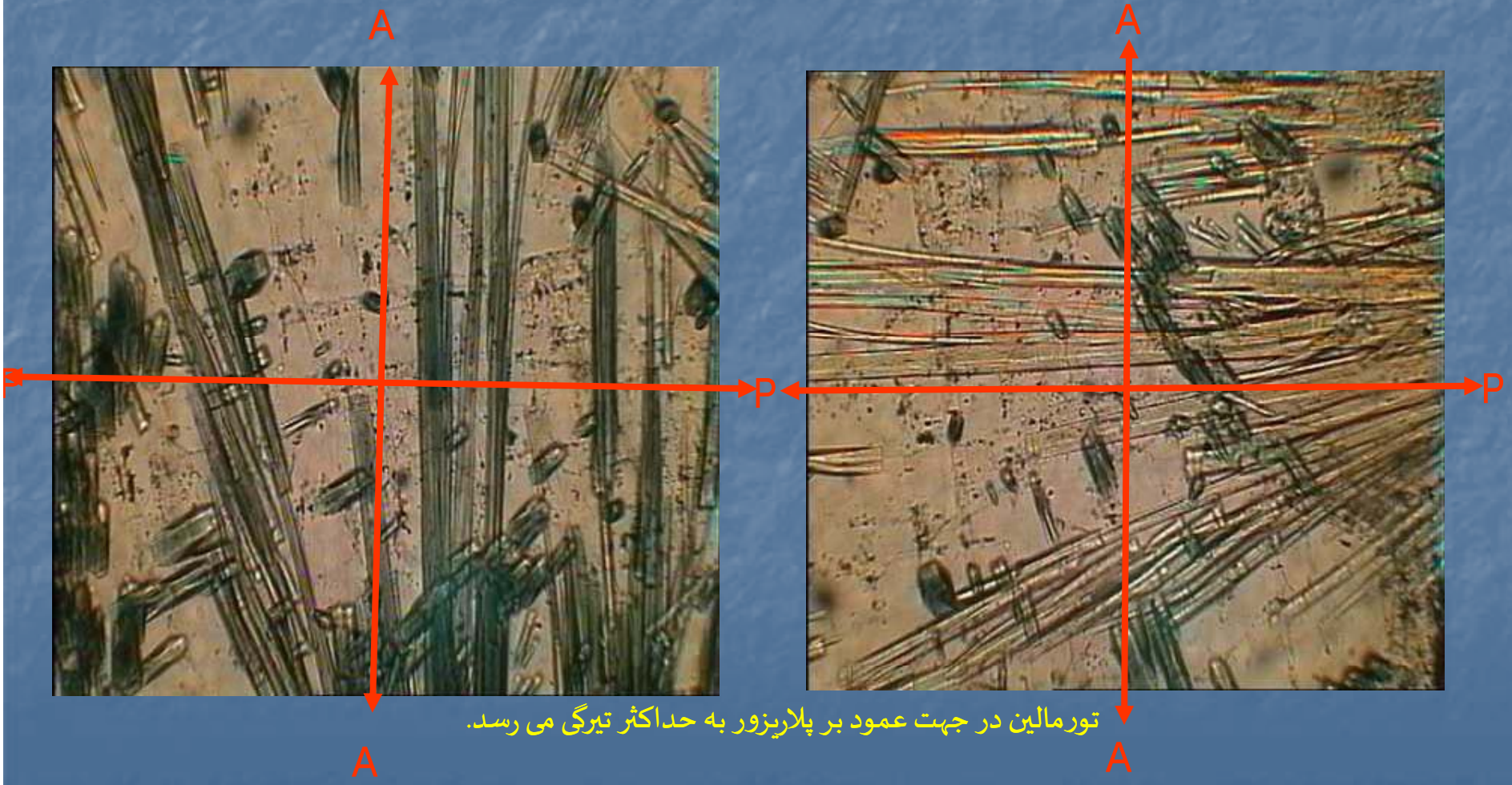
وقتی است که امتداد طولی بلور شناسی و یا اثر رخها با سطح ارتعاش پلاریزور موازی باشد و مثال آن بیوتیت است.



رخهای بیوتیت در جهت موازی با پلاریزور به حداکثر تیرگی می رسند.

چند رنگی معکوس:

وقتی است که امتداد طولی بلور شناسی و یا اثر رخها با سطح ارتعاش پلاریزور حالت عمود داشته باشد و مثال آن تورمالین است.

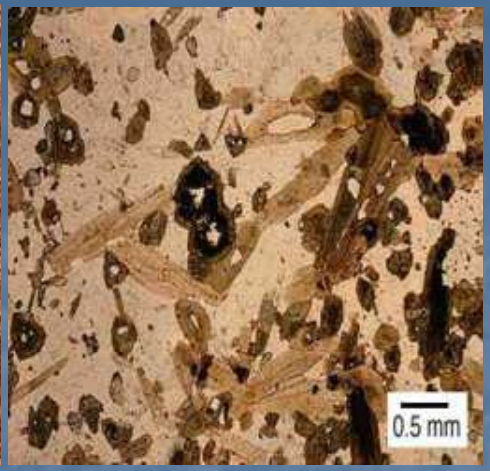


تورمالین در جهت عمود بر پلاریزور به حداکثر تیرگی می رسد.

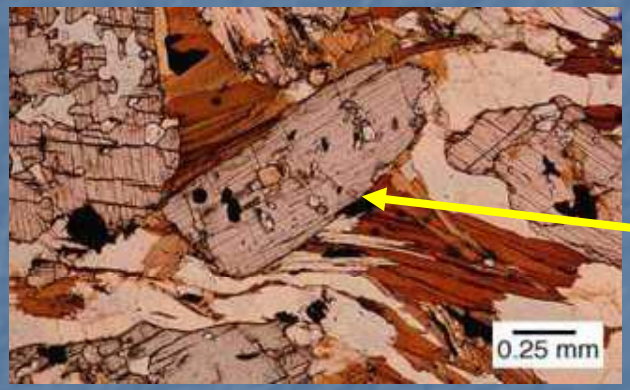
شکل کانیها

کانیها از جهت اینکه دارای شکل هندسی منظم یا نامنظم باشند به سه گروه تقسیم می شوند:

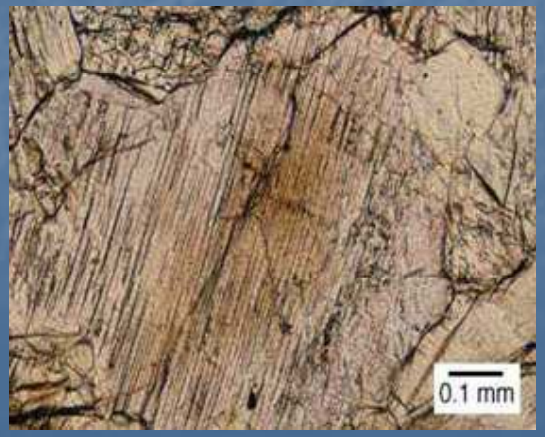
1-کانیهای دارای شکل کامل هندسی

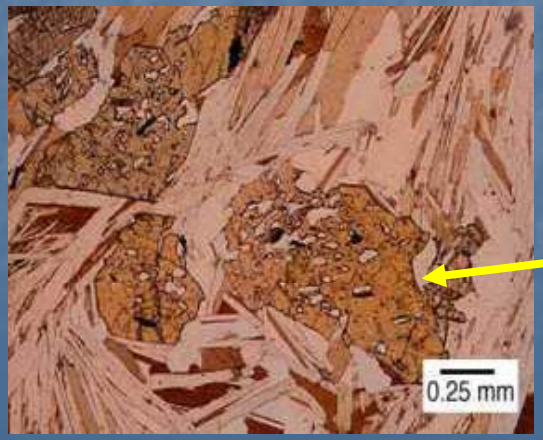


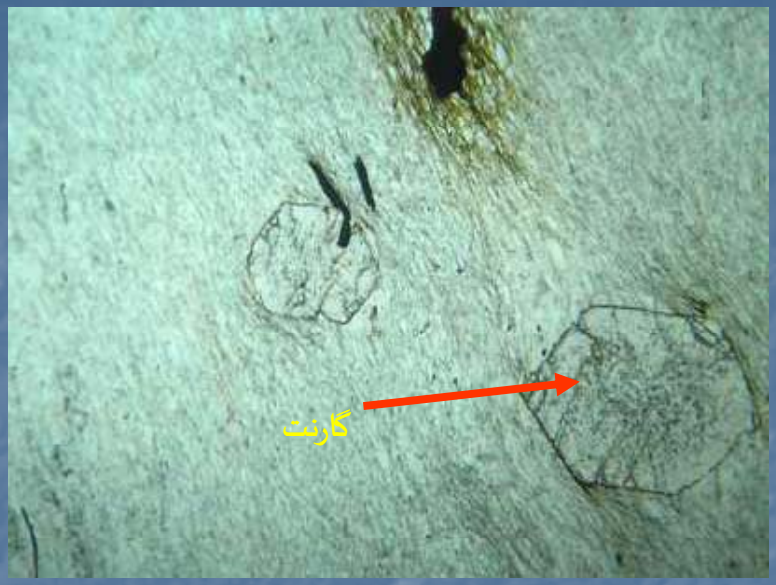
2-کانیهای دارای شکل هندسی ناقص



3-کانیهای فاقد شکل هندسی

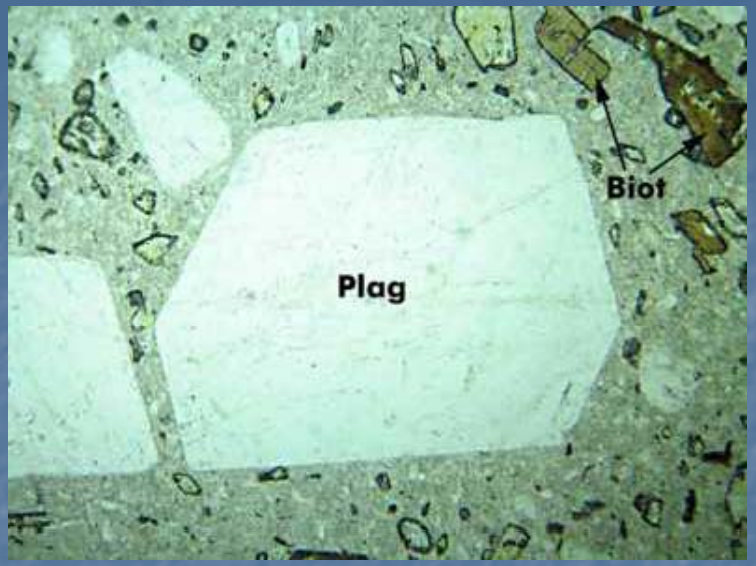






کانی با شکل کامل هندسی

(یوهدرال ، ایدیومورف یا اتومورف)

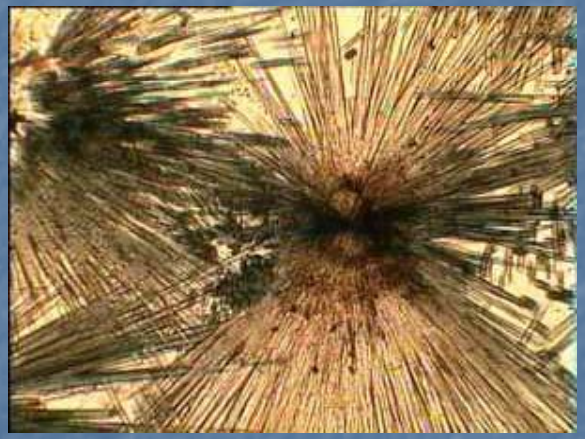


کانی با شکل هندسی ناقص(سابهدرال)

کانی فاقد شکل هندسی(انهدرال یا گزنومورف)

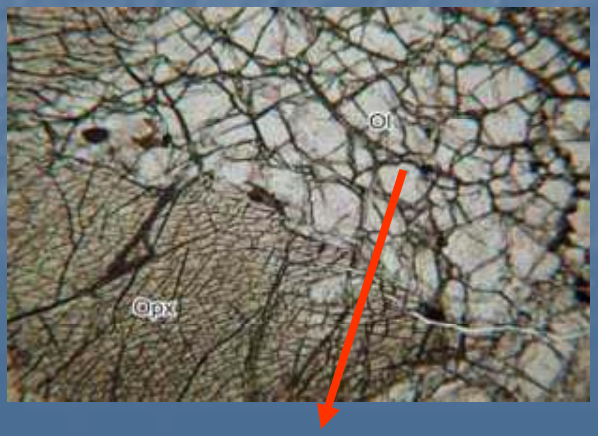
شکل تجمع کانیها

گاهی کانیها به شکل های مختلفی تجمع حاصل می کنند:

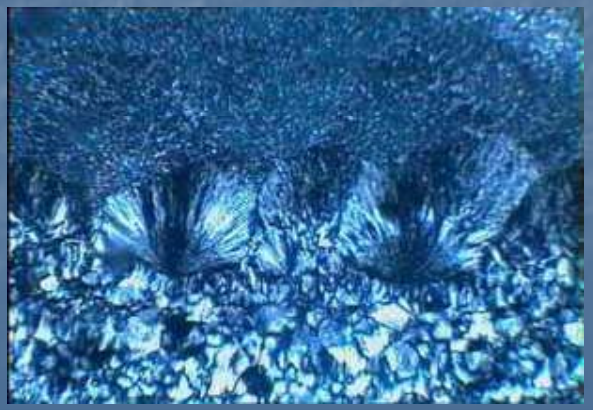


سوزنی شعاعی در تورمالین

رشته ای در هم در سیلیمانیت



دانه ای در اولیوین



اسفرولیتی

تجزیه (دگرسانی)

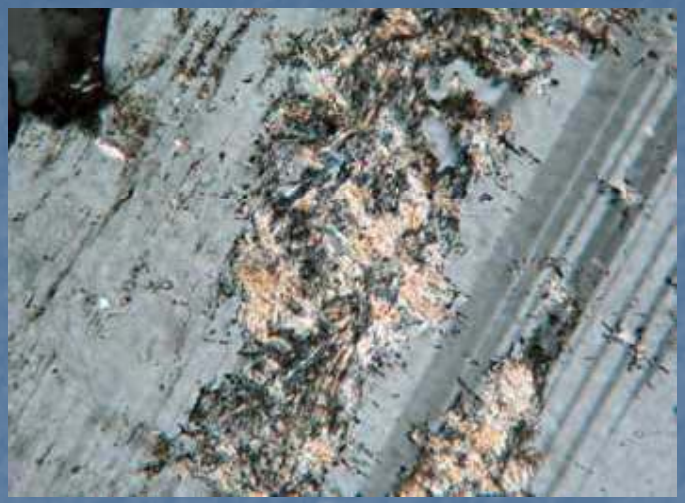
بسیاری از کانیها تحت تاثیر عوامل مختلف ناپایدارند و با تغییر شرایط تشکیل به کانیهای دیگر تجزیه می شوند.

در جدول مقابل انواع تجزیه متداول آمده است:

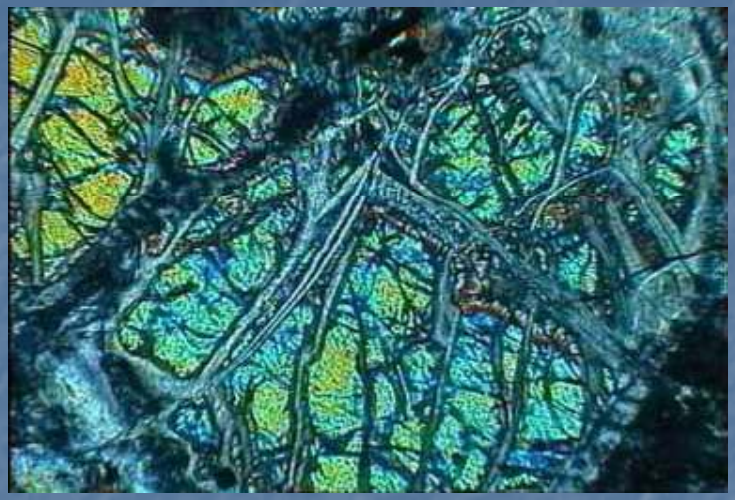
نام کانی تجزیه شونده	نام کانیهای حاصل از تجزیه (کانیهای ثانوی)	نوع تجزیه
فلدسپاتهای پتاسیم‌دار	کائولینیت	کائولینیتی شدن
پلاژیوکلازهای اسیدی	سریسیت	سریسیتی شدن
پلاژیوکلازهای بازی	سوسوریت واپیدوت	سوسوریتی‌شدن واپیدوتی‌شدن
پیروکسن	اورالیت (نوعی آمفیبول)	اورالیتی شدن
میکای سیاه	میکای سبز (کلریت)	کلریتی شدن
اولیوین	سرپانتین	سرپانتینی شدن

جدول تجزیهٔ کانیها فقط برای دانش عمومی است، فراگیری آن الزامی نیست.

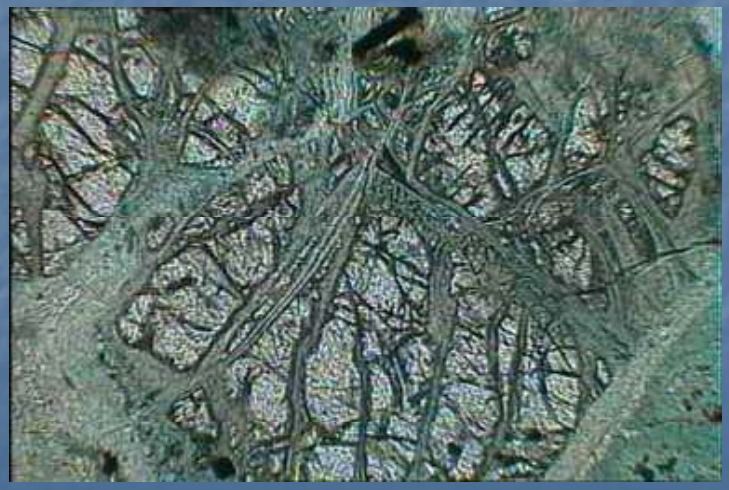
تشخیص تجزیه و تعیین نوع آن قسمتی در نور پلاریزه ساده و قسمت دیگر در نور پلاریزه متقاطع انجام می شود.



سریسیتی شدن در پلاژیوکلاز های اسیدی



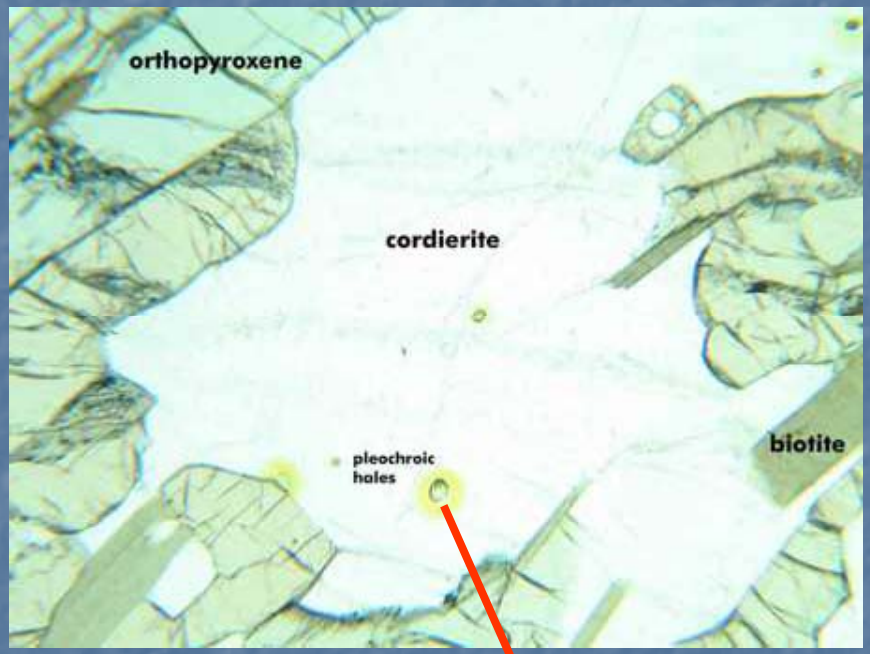
سرپانتینی شدن در اولیوین



عموما تجزیه در امتداد سطوح ضعیف کانی(رخ،شکستگی و ...)شروع می شود

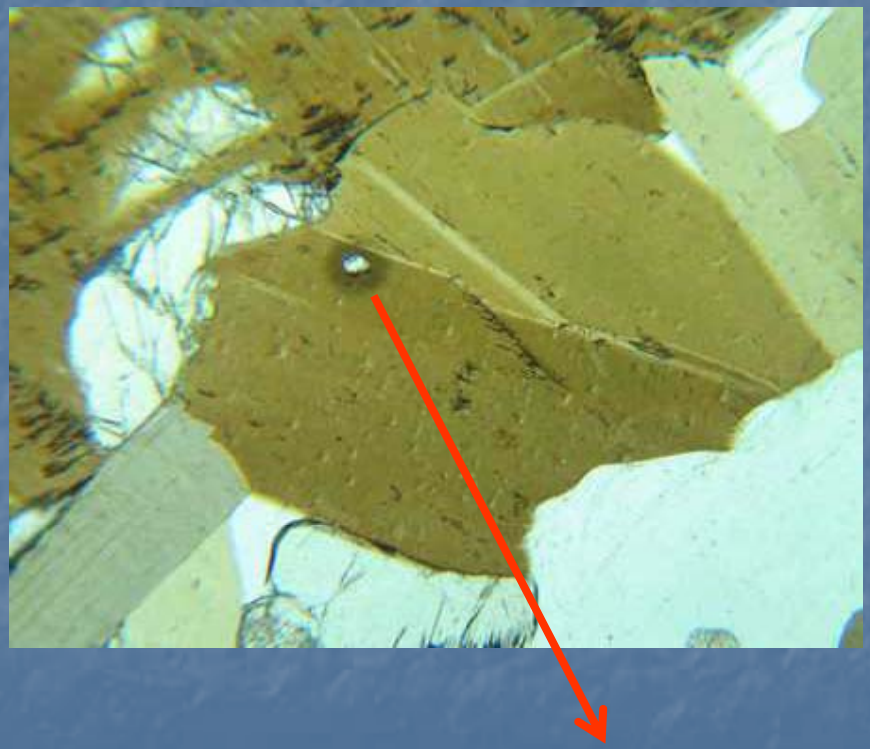
کانیهای تداخلی، میانبار(انکلوزیون)

گاهی برخی از کانیها ، درون کانی دیگری به دام می افتند و در مواردی می توانند ما را در شناسایی کانی احاطه کننده راهنمایی کنند.



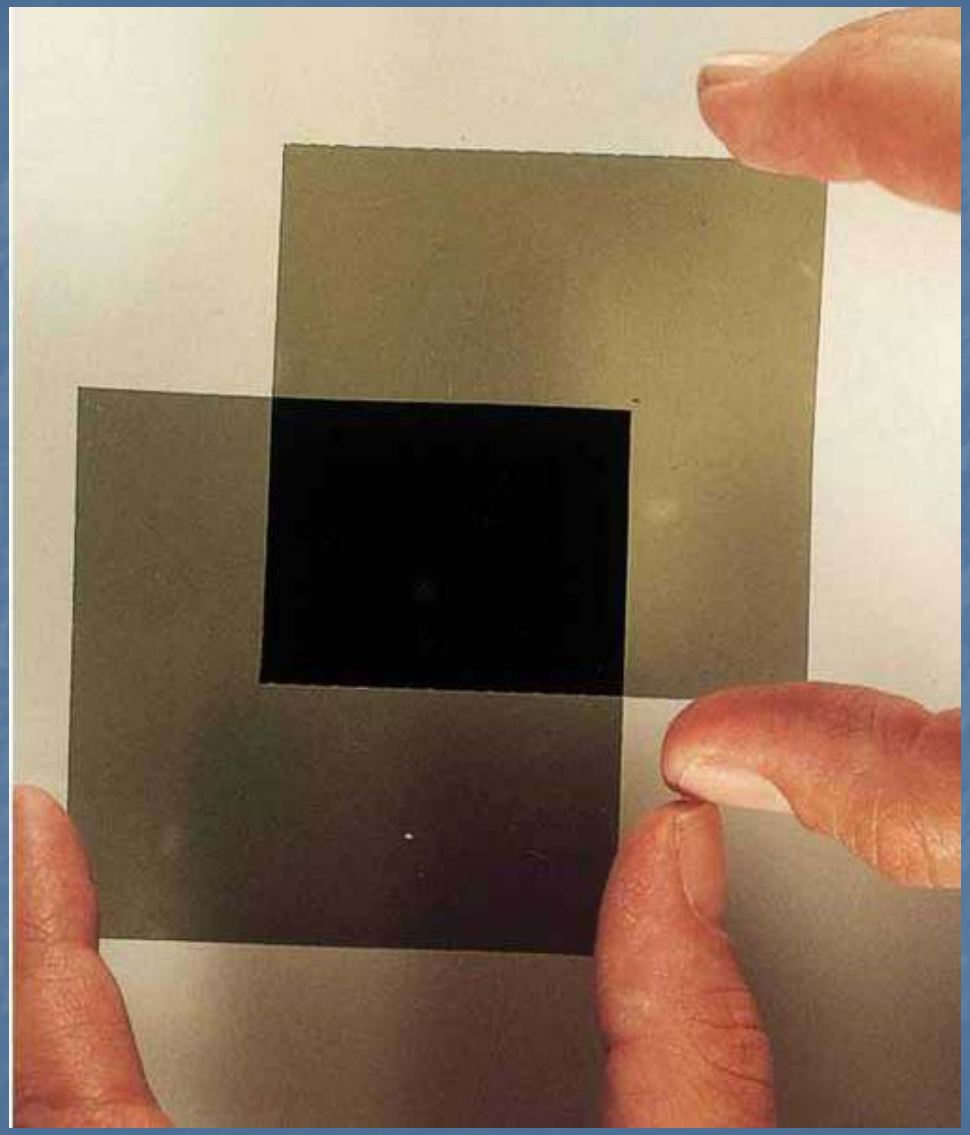
زیرکن در کردیریت

هاله چند رنگ طلایی نشان می دهد.



زیرکن در بیوتیت

هاله چند رنگ تیره نشان می دهد.

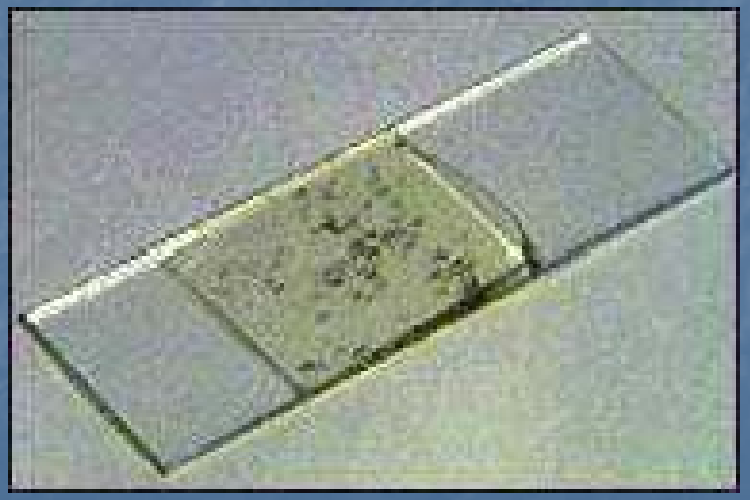


گفتار ششم

مطالعه مقاطع نازک کانیها

با نور پلاریزه و آنالیزه

یا نور پلاریزه متقاطع



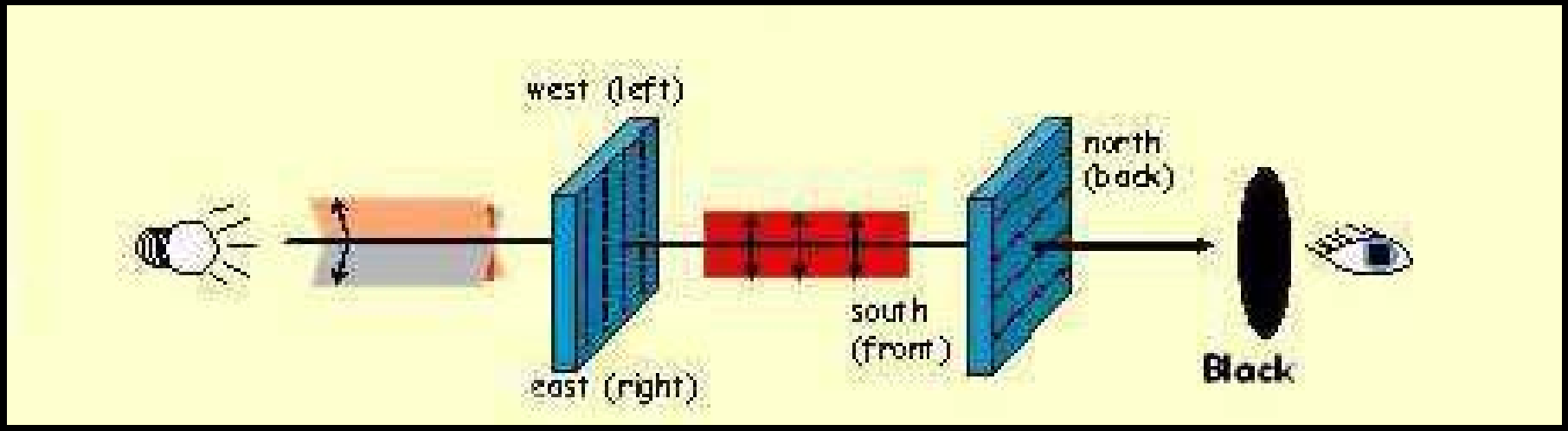
هدف کلی

مشخصه هایی از بلورها را که در نور پلاریزه متقاطع بررسی می شوند را فرا گرفته و با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان آنها را تعیین کنید.

هدفهای رفتاری

پس از مطالعه این گفتار باید بتوانید:

- 1-نور پلاریزه متقاطع را تعریف نموده و چگونگی ایجاد آنرا از طریق بکارگیری قسمتهای مختلف میکروسکوپ پلاریزان بیان کنید.
- 2-چگونگی تداخل با استفاده از نور تکرنگ در بین نیکولهای متقاطع را توضیح دهید.
- 3-چگونگی تداخل با استفاده از نور سفید در بین نیکول های متقاطع را توضیح دهید .
- 4- ماکل و انواع آن را توضیح دهید .



ادامه

5- خاموشی و چگونگی اندازه گیری زاویه ی خاموشی را توضیح دهید .

6- چگونگی تعیین جهت ضرایب شکست بلور ها را توضیح دهید .

7- چگونگی اندازه گیری بیرفرنژانس و پدیده های غیر عادی بیرفرنژانس را توضیح دهید .

8- چگونگی تعیین طویل شدگی و ضخامت مقاطع را توضیح دهید .

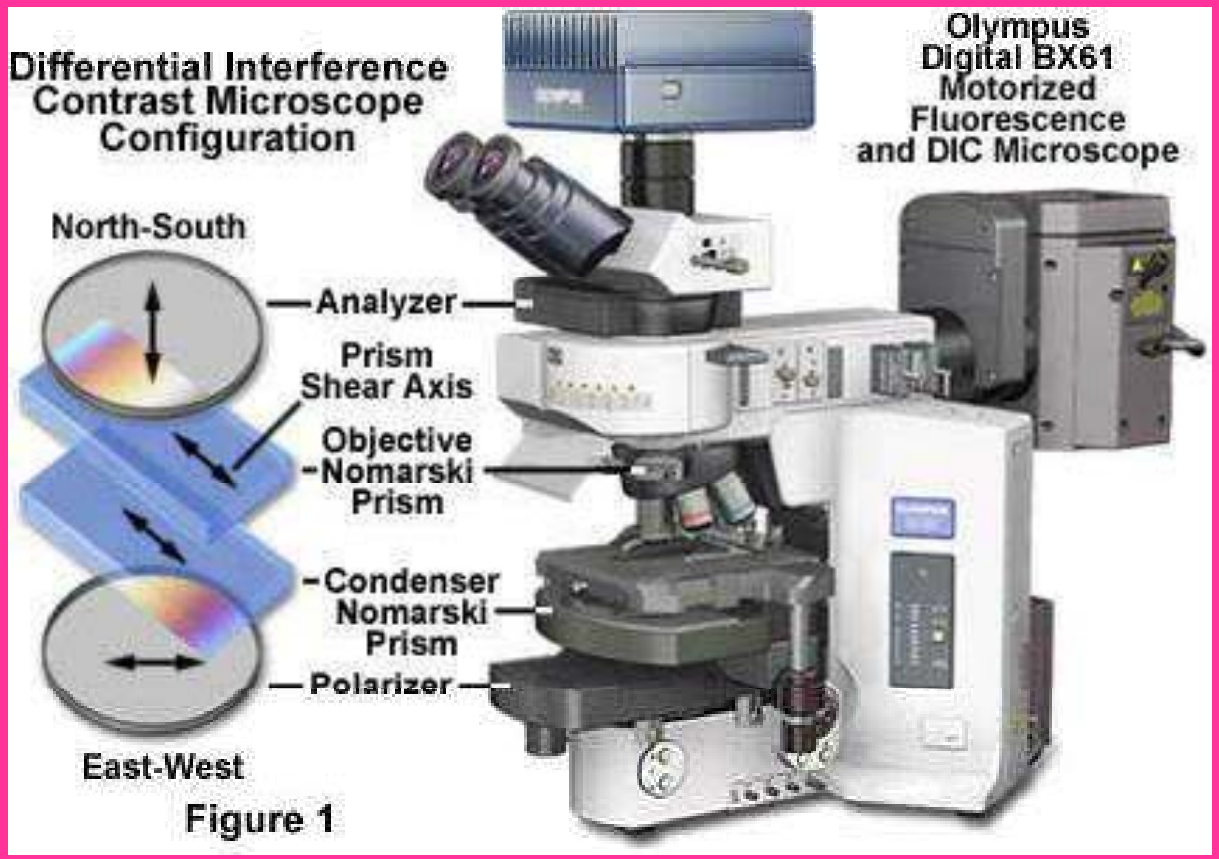
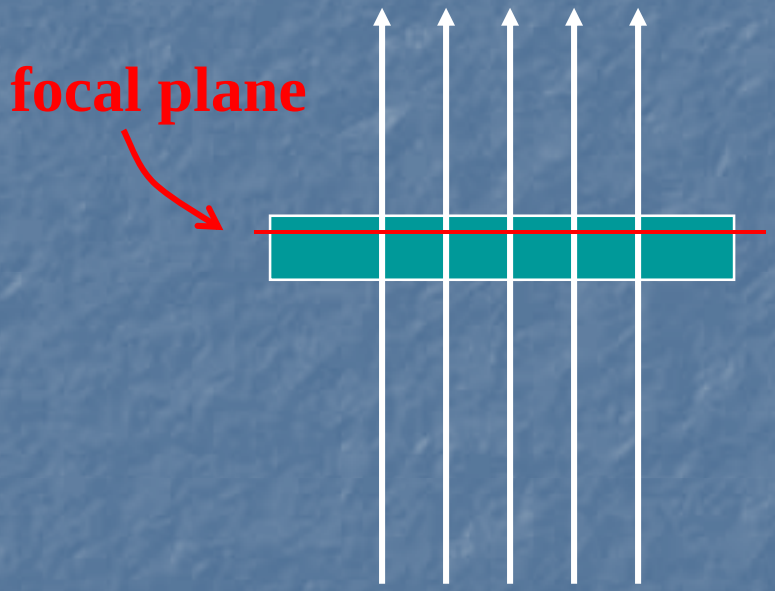


Figure 1

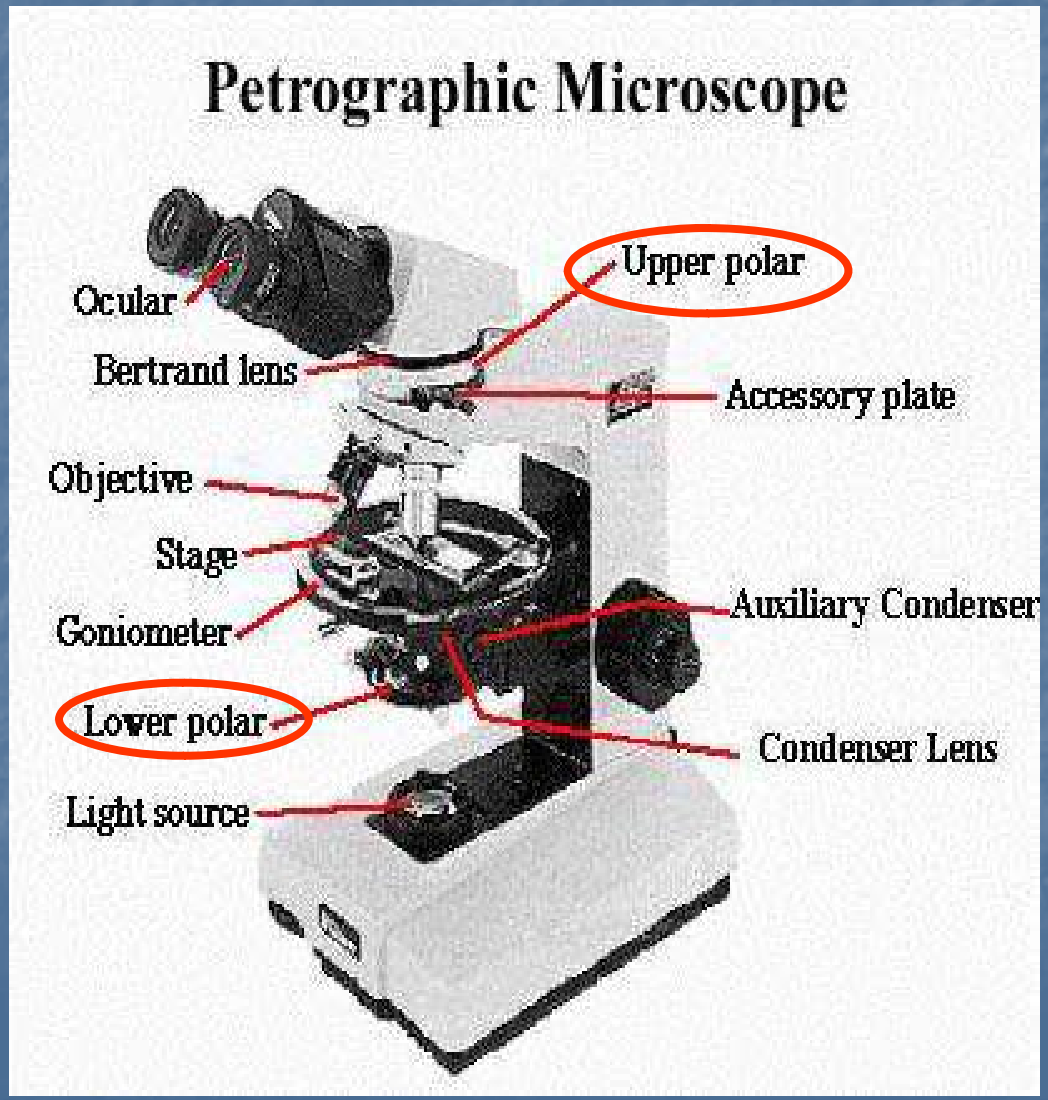
- مطالعه مقاطع نازک بلور ها با نور پلاریزه و آنالیزه (پلاریزه متقاطع)

- مطالعه مقاطع نازک بلور ها با نور پلاریزه و آنالیزه موازی(پلاریزه متقاطع) را روش ارتوسکوپی می گویند .

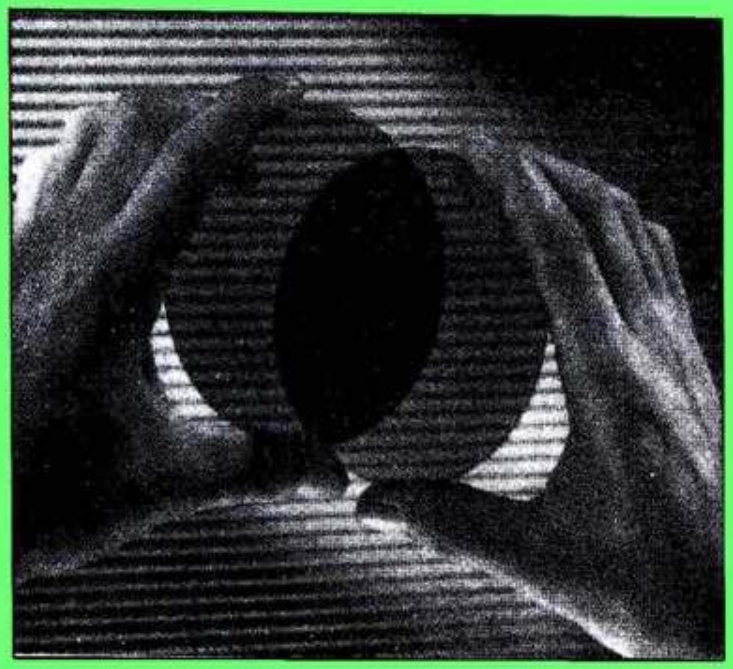


ارتوسکوپی

- در میکروسکوپ های پلاریزان ، دو منشور نیکول تعبیه شده است :



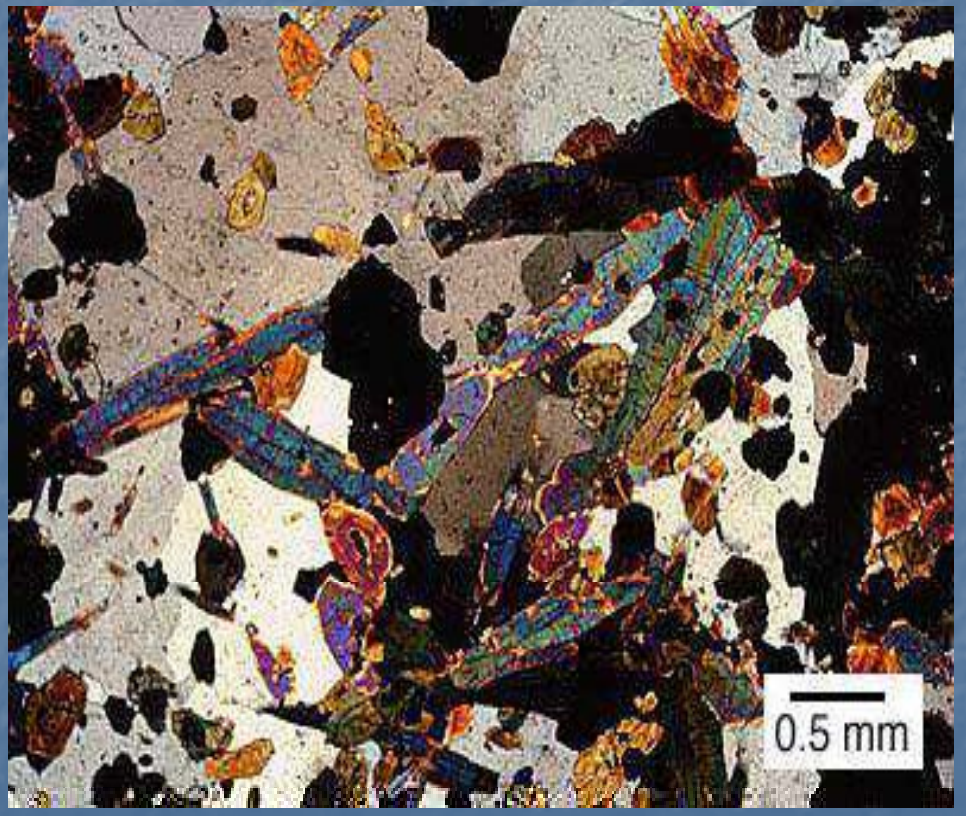
- نیکول تحتانی ، پلاریزور ، که به صورت ثابت است و نیکول فوقانی ، آنالیزور که می توان آن را به دلخواه داخل یا خارج کرد . دو نیکول دارای سطح ارتعاشی عمود بر یکدیگر هستند . به این وضعیت قرار گیری ((نیکول های متقاطع)) می گویند .



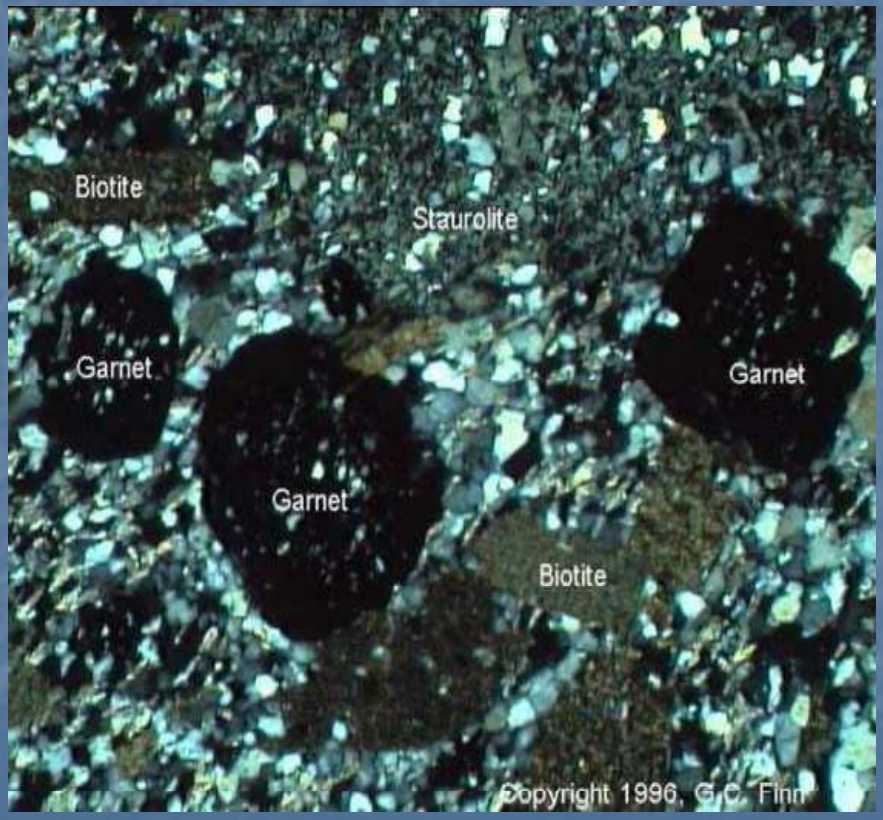
شکل ۶-۱. نمایش نیکولهای پلاریزور و آنالیزور و چگونگی قرارگیری سطوح ارتعاش آنها در میکروسکوپ همانطور که ملاحظه می‌شود سطح ارتعاش این دو نیکول به گونه‌ای است که نور عبور کرده از پلاریزور توسط آنالیزور متوقف می‌شود و تاریک دیده می‌شود.

- در صورتی که بین نیکول های متقاطع ، مقطع نازک بلوری قرار نگیرد ،میدان دید میکروسکوپ تاریک خواهد بود و با چرخاندن صفحه ی پلاتین تغییری در آن ایجاد نمی شود . زیرا امواج نوری که از پلاریزور عبور می کنند توسط آنالیزور متوقف می شوند .

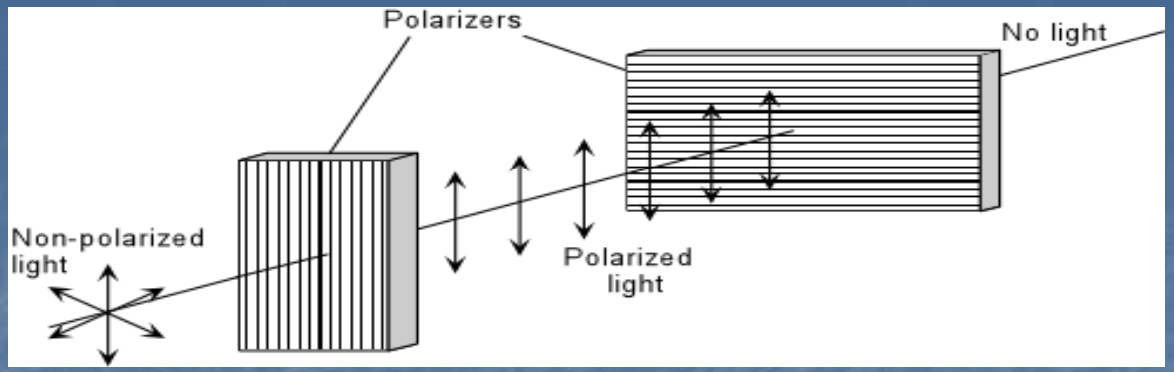
- اگر در میدان دید میکروسکوپ مقطع نازکی از یک کانی همسانگرد و یا مقطع عمود بر محور نوری در یک کانی ناهمسانگرد قرار گیرد ، میدان دید میکروسکوپ تاریک خواهد ماند .



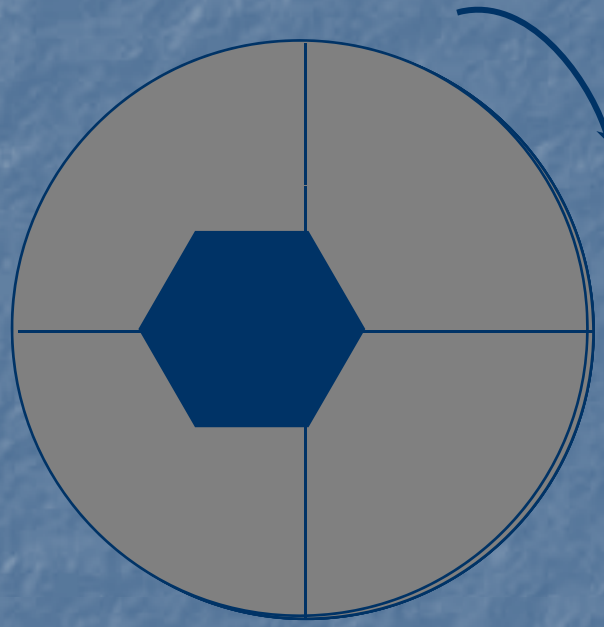
کانی ناهمسانگرد تورمالین



کانی همسانگرد گارنت



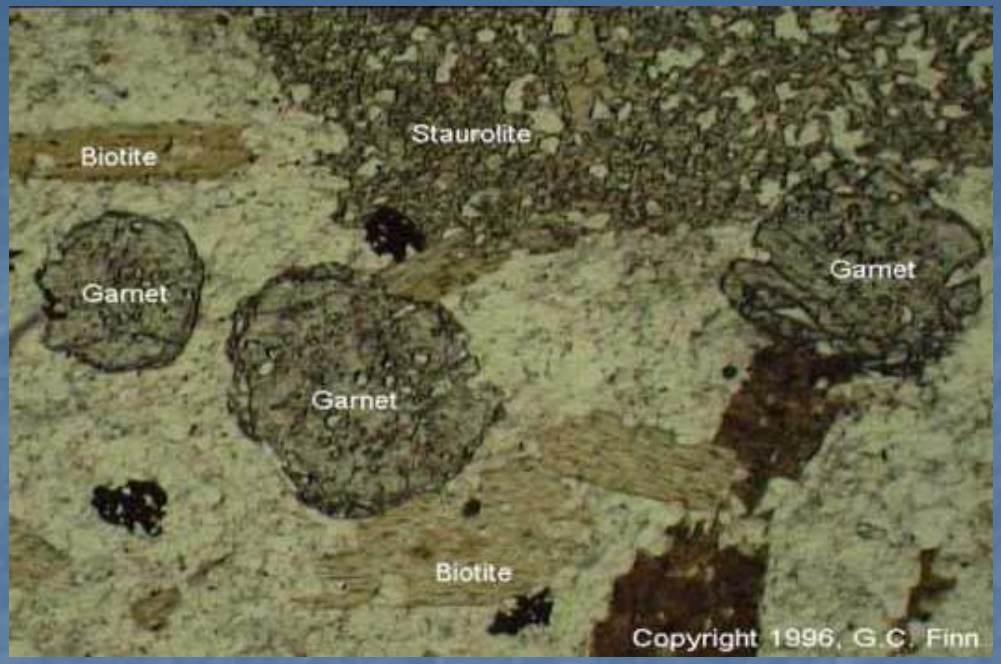
اگر هر دو نیکول در میدان دید میکروسکوپ قرار گرفته باشند ،میدان دید میکروسکوپ تاریک خواهد بود . زیرا سطح ارتعاش آنالیزور و پلاریزور عمود بر یکدیگر است .



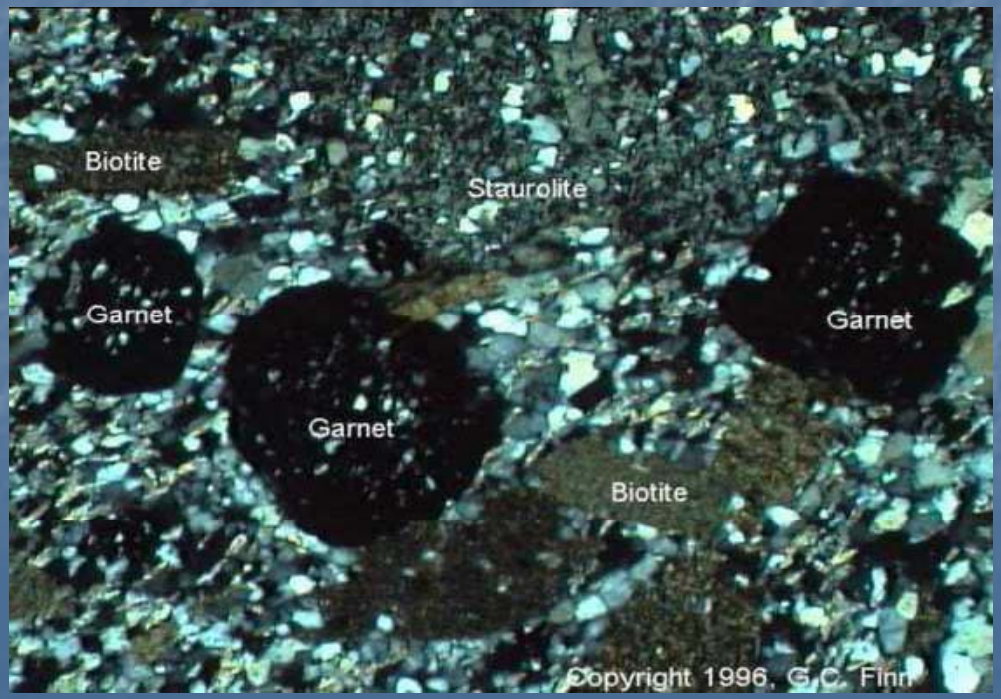
پلاریزور در میکروسکوپ های پلاریزان ثابت است اما آنالیزور را می توان از میدان دید میکروسکوپ خارج کرد .

- مایعات،گازها و اجسام بی شکل مثل شیشه، و کانیهای همسانگرد(بلورهای سیستم کوبیک مثل گارنت) در نور پلاریزه متقاطع با چرخش پلاتین در تمام جهات سیاه و خاموشند.

• کانی همسانگرد گارنت

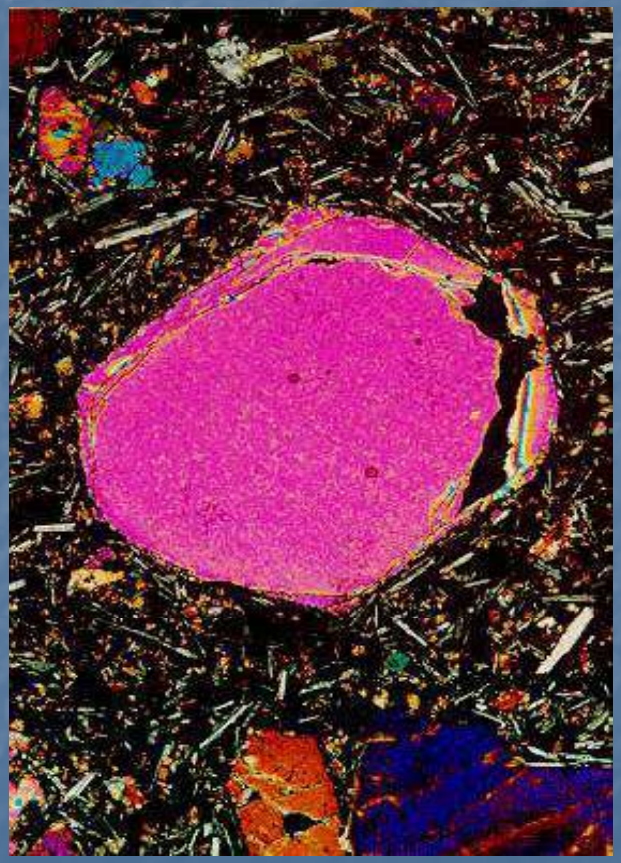


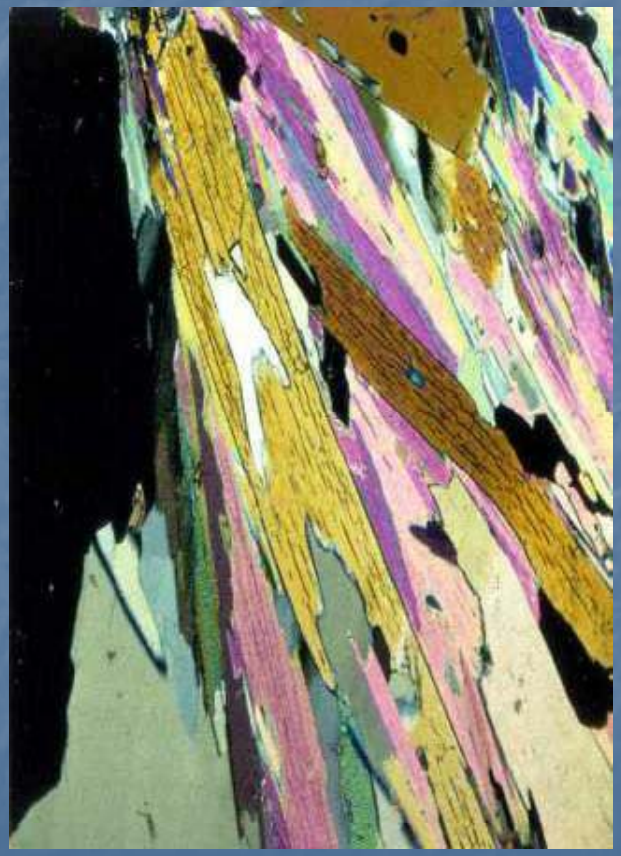
• نور پلاریزه ساده



• نور پلاریزه متقاطع

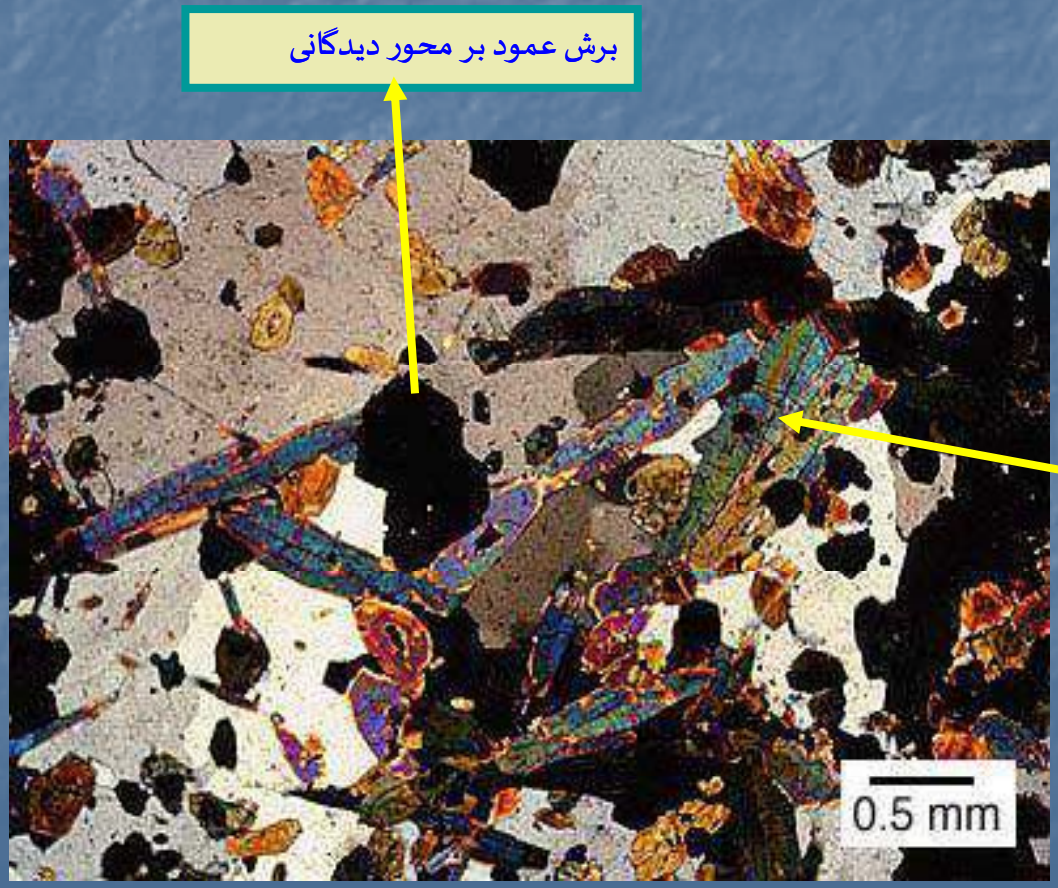
- اگر مقطع نازکی از یک کانی ناهمسانگرد را (که در جهت عمود بر محور دیدگانی تهیه نشده باشد)در زیر میکروسکوپ و در میدان دید قرار دهیم ، دامنه ای از رنگ های تداخلی مشاهده خواهد شد .





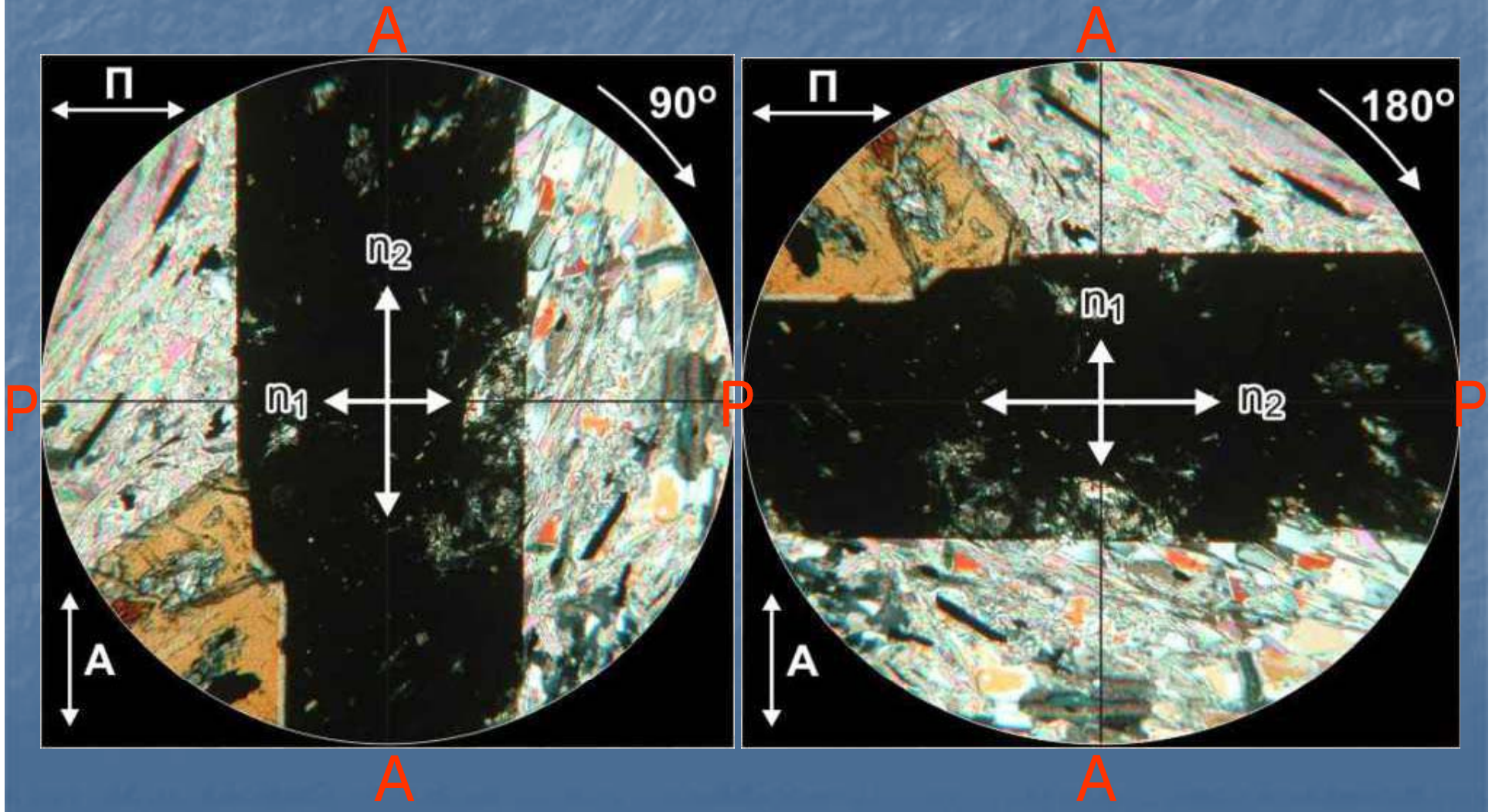
خاموشی

- کانی های ناهمسانگرد در مقاطعی که عمود بر محور دیدگانی تهیه شده باشند عبور نور از پلاریزور به آن ها همچون عبور نور از کانی های همسانگرد است که به طور کامل توسط آنالیزور متوقف می شود .

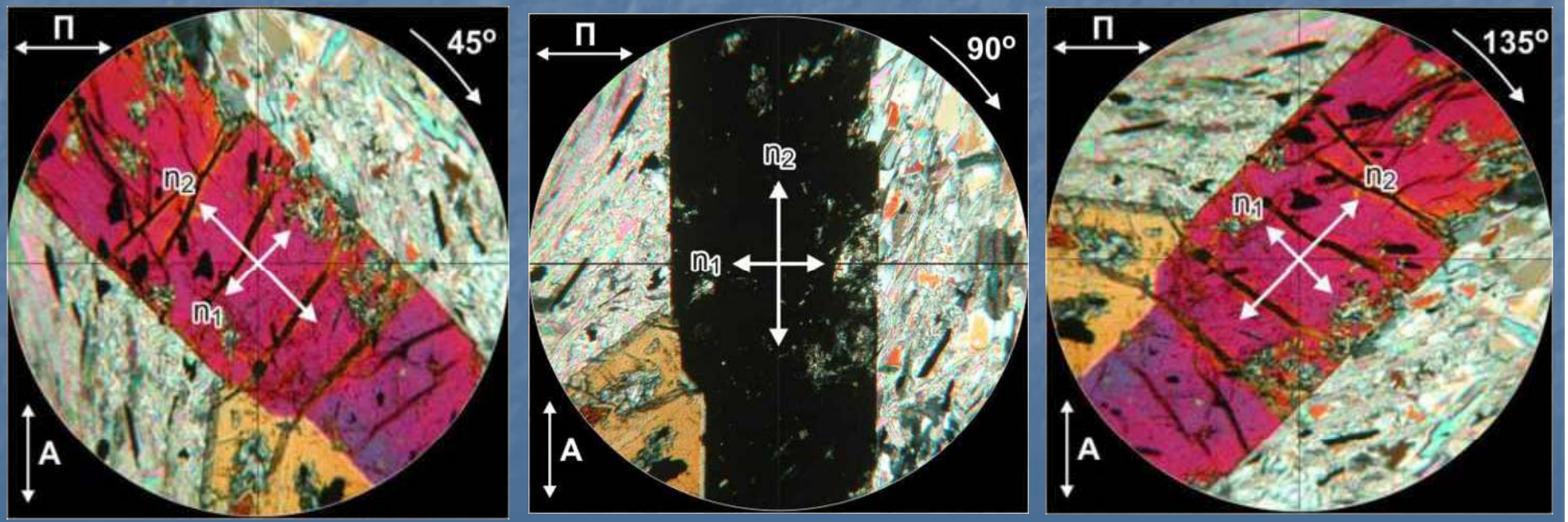


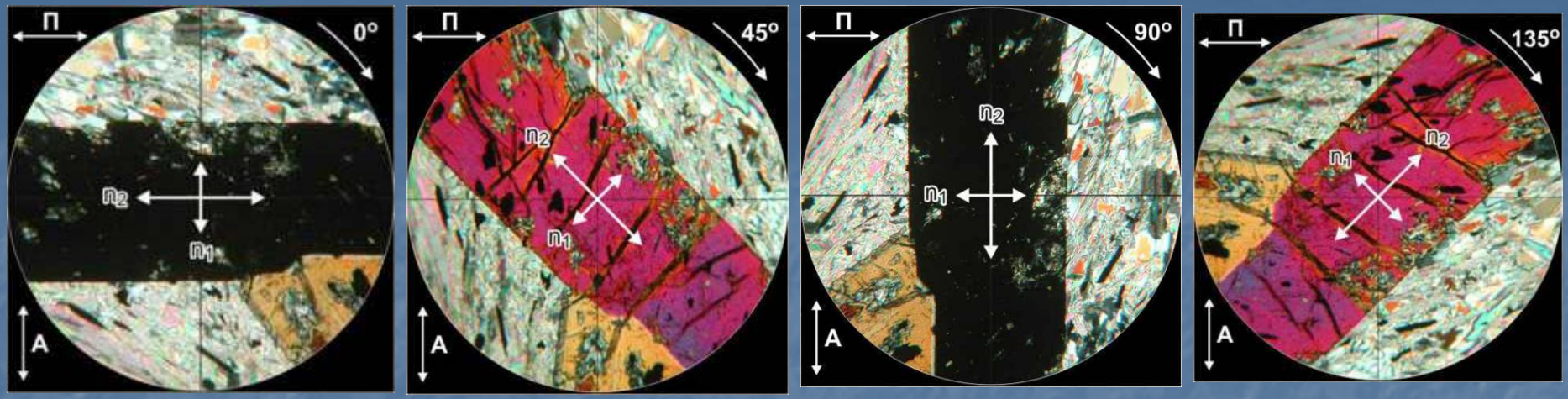
ادامه

- یکی دیگر از این شرایط انطباق جهت ارتعاش نور خارج شده از پلاریزور با یکی از جهات ارتعاش بلور (مقاطع غیر عمود بر محور نوری) است . در این حالت نوری که از بلور خارج می شود در جهت ارتعاش پلاریزور به آنالیزور می رسد .

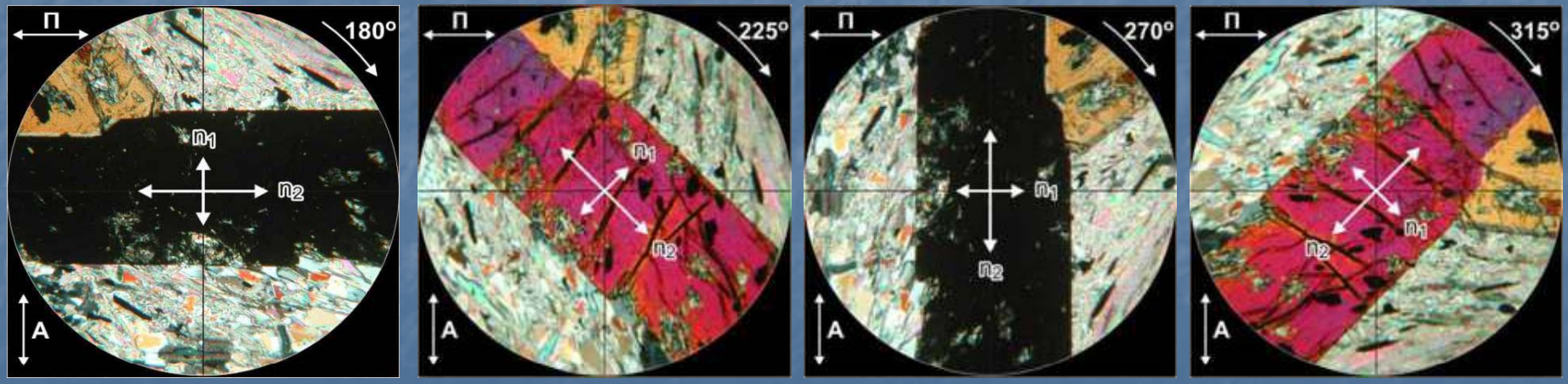


- اگر با چرخاندن صفحه ی پلاتین مقطع نازک را از موقعیت خاموشی خود خارج کنیم ، مشاهده می شود که میدان دید میکروسکوپ به تدریج روشن می شود ، به طوری که در فاصله ی 45 درجه نسبت به موقعیت خاموشی ، حداکثر روشنایی را خواهد داشت .

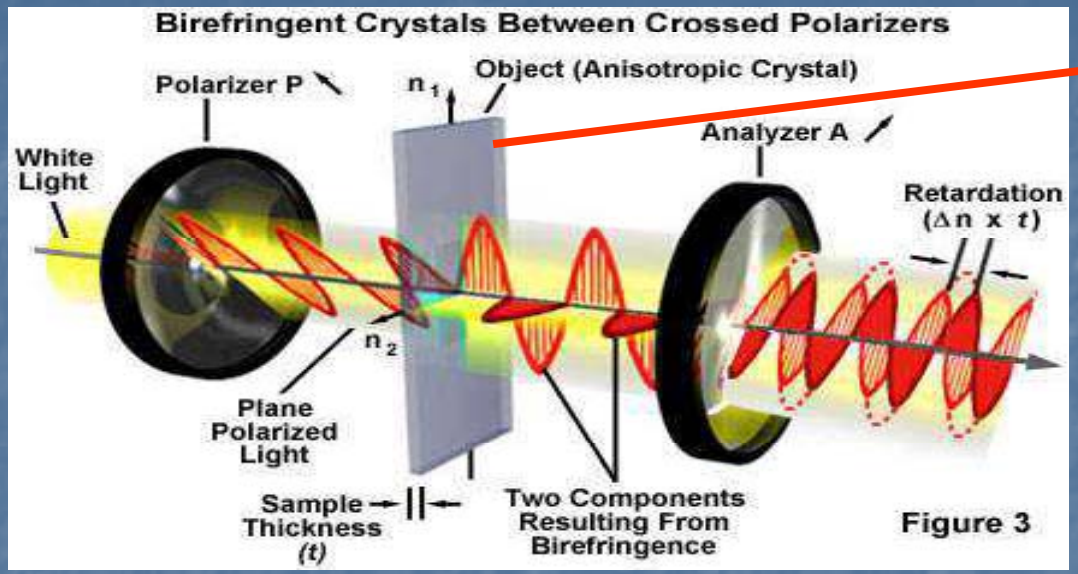




در هر دوران 360 درجه ای، میدان دید میکروسکوپ چهار مرتبه خاموشی کامل و چهار مرتبه ماکزیمم روشنایی را (در هر 90 درجه یک بار) خواهد داشت .

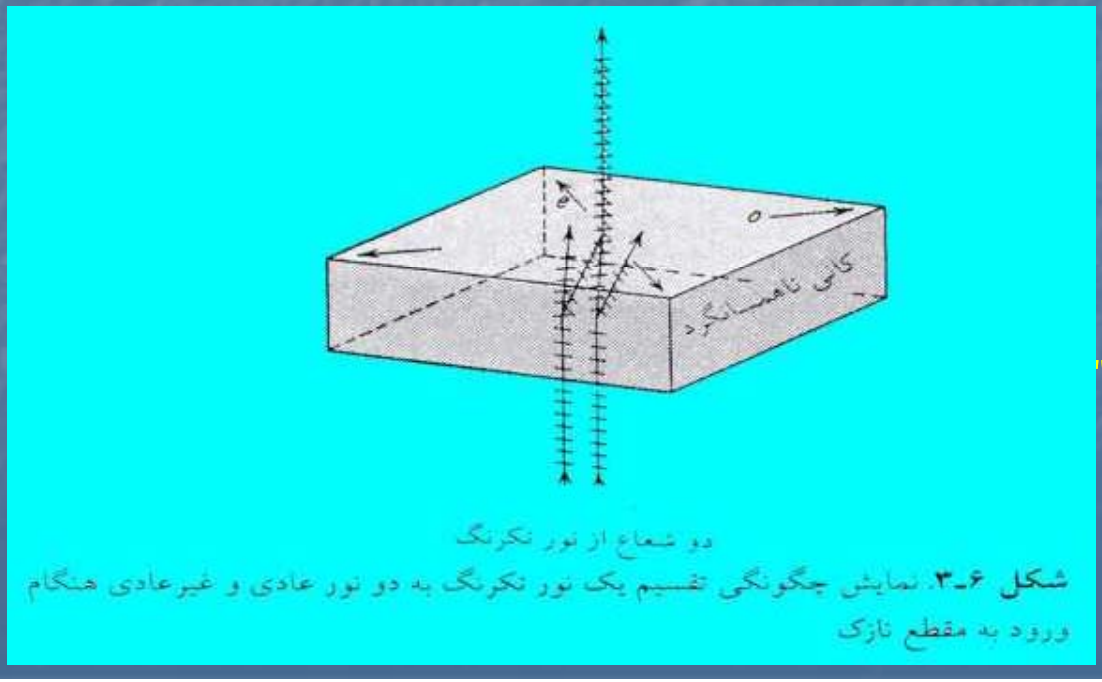


• چگونگی پدیده ی تداخل در نور پلاریزه



اگر در مسیر نور ، مقطع یک کانی ناهمسانگرد قرار گرفته باشد .

نور پلاریزه که به سطح زیرین مقطع نازک بلور ناهمسانگرد برخورد می کند به هنگام ورود به مقطع نازک ، به دو نور تقسیم شده که هر دو پلاریزه و در دو سطح عمود بر یکدیگر مرتعش می شوند .



دو نوری که به این طریق به وجود می آیند ، با دو سرعت متفاوت از مقطع نازک عبور می کنند .در نتیجه به هنگام خروج از مقطع نازک ، یکی از نور ها نسبت به دیگری دارای تاخیر یا " اختلاف راه نوری " است .

تاخیر حاصله ، هم به ضخامت مقطع بلور (راه طی شده) و هم به اختلاف ضریب شکست های مقطع نازک بستگی دارد .

بنابراین :

- $\Delta=d(n2-n1)$

- که در آن Δ تاخیر نور ، d ضخامت مقطع نازک و $n2$ و $n1$ ضرایب شکست دو نور است .

- در صورتی که تاخیر به اندازه λ یا مضرب صحیحی از آن باشد بلور در میدان میکروسکوپ تاریک خواهد ماند

و در صورتی که تاخیر مضرب فردی از $\lambda/2$باشد ، بلور حداکثر روشنایی را در میدان میکروسکوپ خواهد داشت

اگر صفحه ی گردان میکروسکوپ را به تدریج بچرخانیم تا جایی که در موقعیت 45 درجه نسبت به حالت خاموشی قرار گیرد ، رنگ قابل مشاهده حداکثر روشنایی را خواهد داشت .

رنگ هایی که به این ترتیب در میدان میکروسکوپ مشاهده می شوند ((رنگ های تداخلی)) نامیده می شوند .

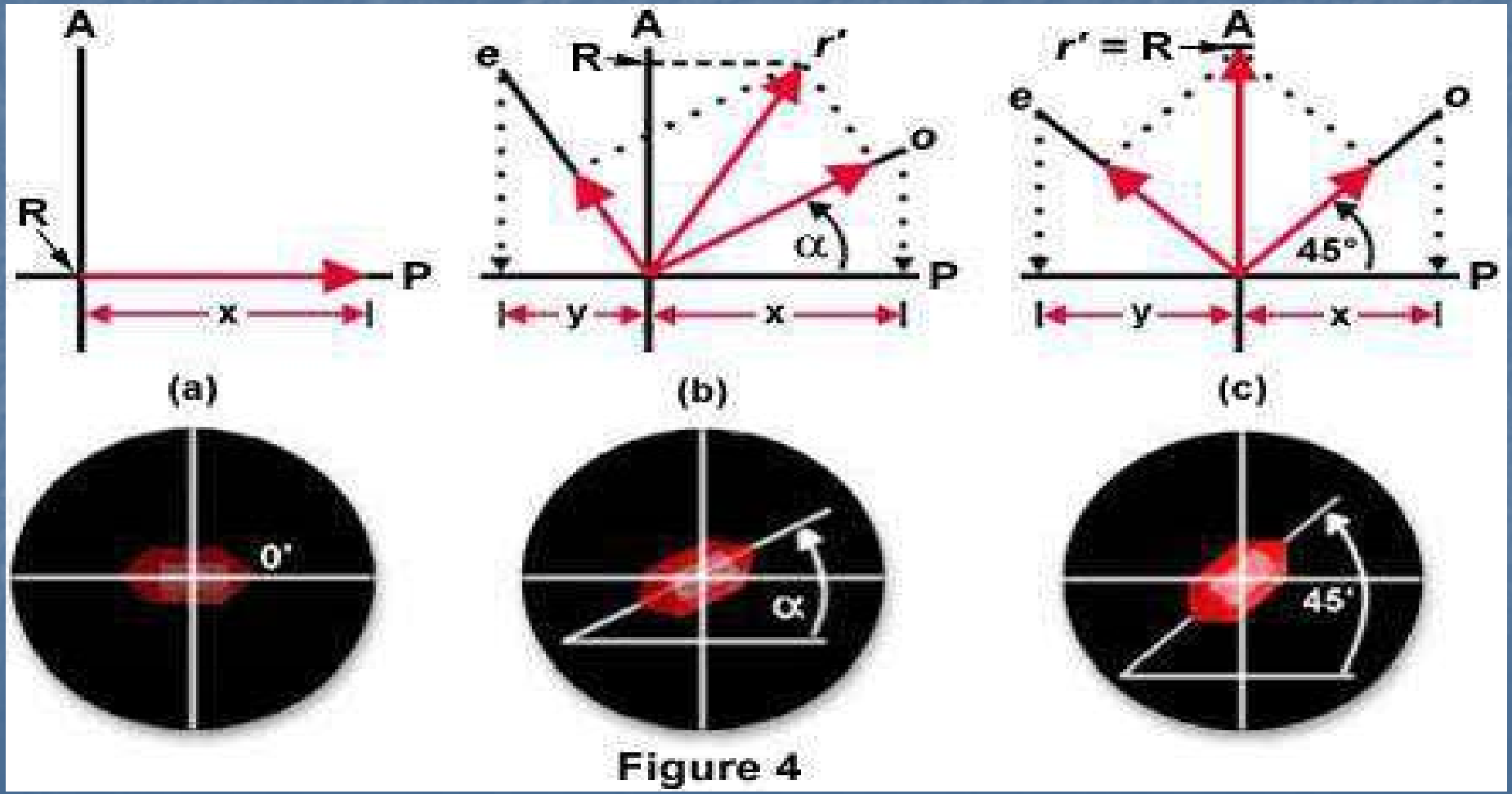


Figure 4

رنگ های تداخلی مشاهده شده به چه عواملی بستگی دارند؟

- موقعیت قرارگیری سطوح ارتعاش مقطع نازک نسبت به سطوح ارتعاش پلاریزر و آنالیزور

- جهت برش مقاطع نازک نسبت به محور نوری

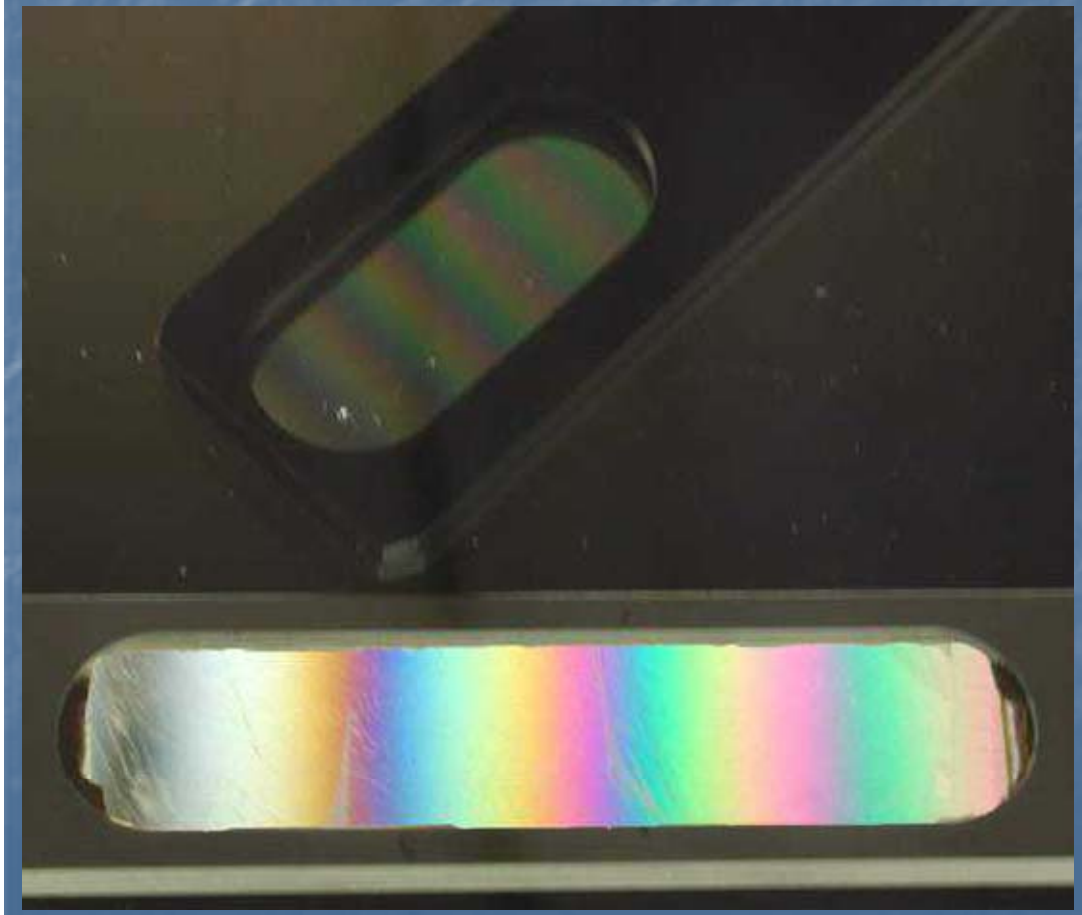
- میزان ضریب شکست های حداکثر و حداقل در کانی (یعنی تغییرات بیرفرنژانس آن)

- طبیعت نور استفاده شده (از نظر طول موج)

- ضخامت مقطع نازک

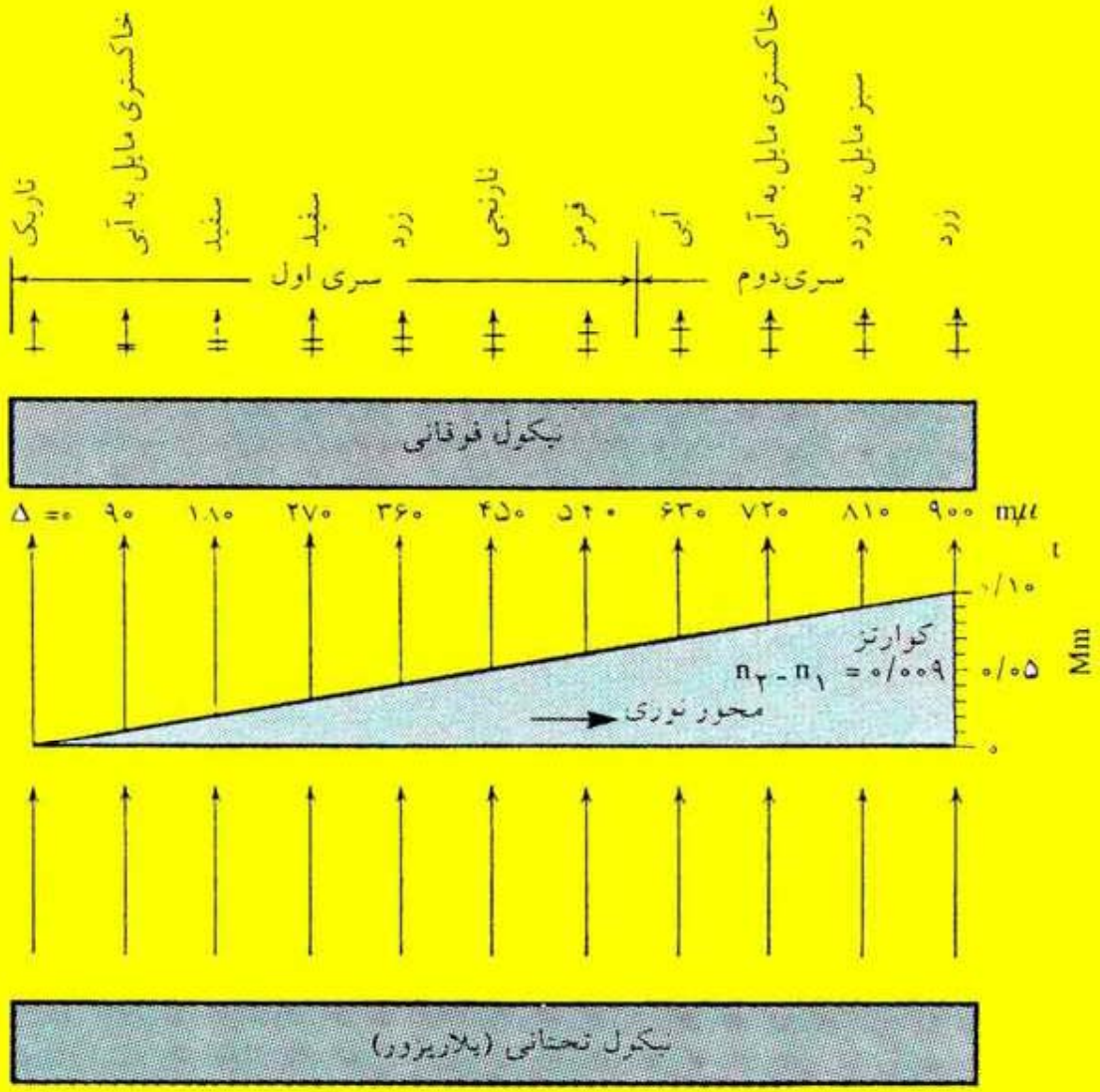
اگر ضخامت مقطع نازک یک بلور تغییر کند ، در حالی که جهت برش (بیرفرنژانس) و چگونگی قرارگیری آن در بین نیکول های متقاطع ثابت باشد تغییراتی در رنگ های تداخلی آن مشاهده خواهد شد .

یکی از بهترین راه های نشان دادن چگونگی تاثیر این عامل استفاده از مقطع گوه ای کوارتز است .



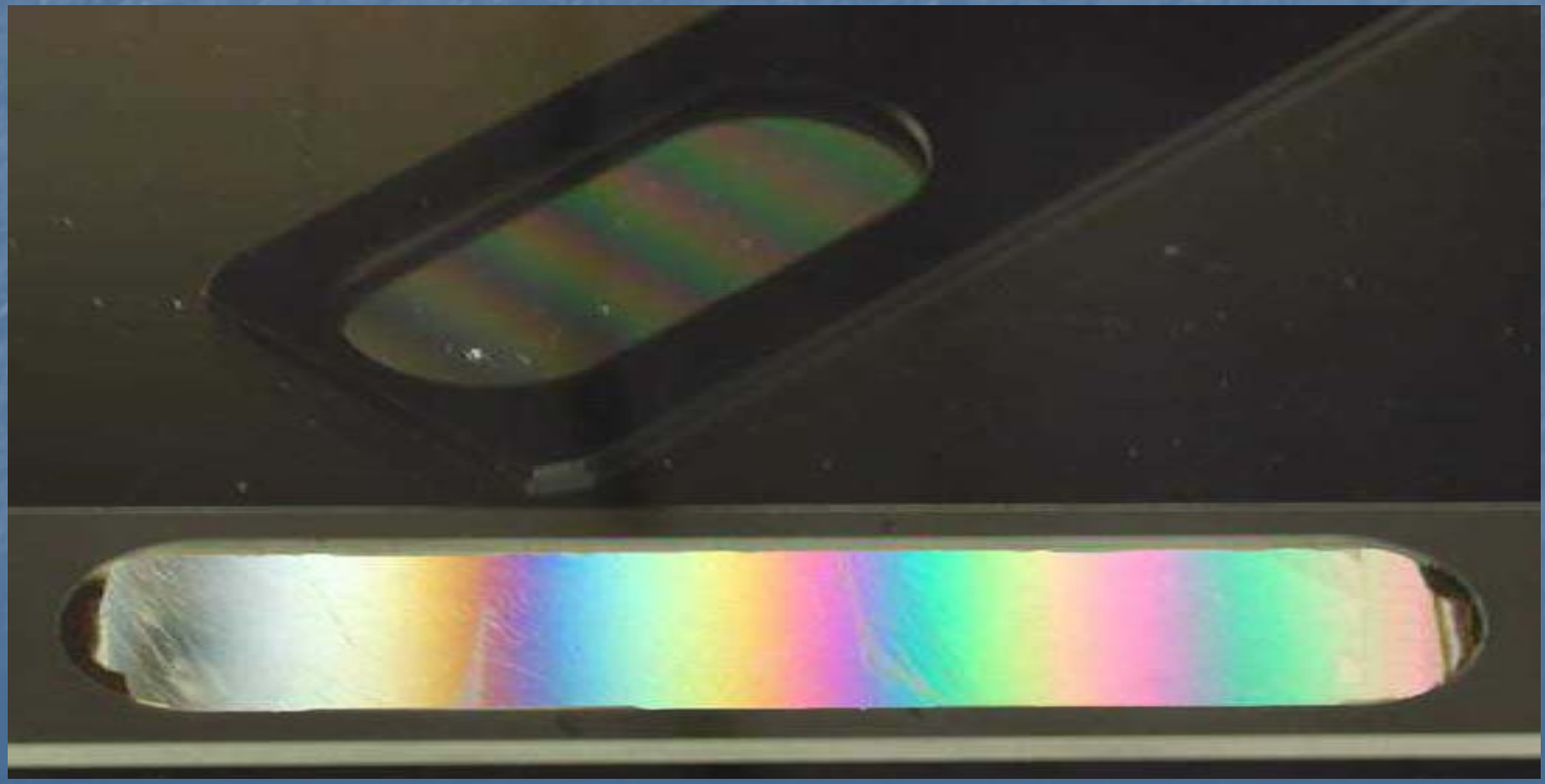
در شکل قسمتی از مقطع گوه ای کوارتز که در جهت محور C بلور تهیه شده و ضخامت آن از صفر تا 0.1 تغییر می کند نشان داده شده است .

با وارد کردن تدریجی تیغه مذکور به میدان دید میکروسکوپ ، بدیهی است که ضخامت مقطع (d) تغییر می کند . از آنجا که (n2-n1) در تمام ضخامت تیغه ثابت است بنابراین ، هر گونه تغییر قابل مشاهده در میدان دید میکروسکوپ مربوط به تغییر ضخامت مقطع کوارتز خواهد بود .

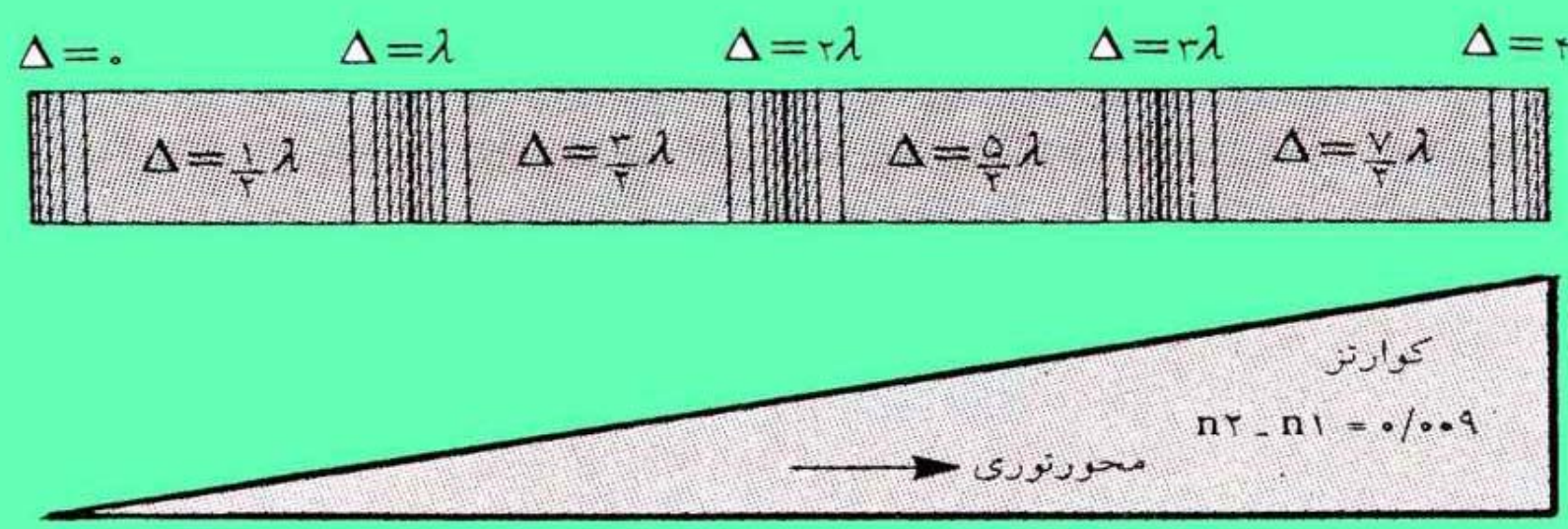


شکل ۶-۴. رنگهای تداخلی ایجاد شده با نور سفید در حالی که قسمتی از مقطع گوه‌ای کوارتز در بین نیکولها قراردارد (فاقد مقیاس) علامت ↑ نشان دهندهٔ این است که هر چه ضخامت بیشتر می‌شود تأخیر زیادتر می‌گردد.

- در اولین مرحله که ضخامت مقطع برابر صفر است . میدان دید میکروسکوپ تاریک به نظر می رسد . در نور سفید با افزایش تدریجی ضخامت ، توالی معین و مشخصی از رنگ ها را خواهیم داشت که به ترتیب از خاکستری شروع می شود و با رنگ های خاکستری مایل به آبی ، سفید ، زرد ، نارنجی ، قرمز ، و بنفش ادامه پیدا می کند .

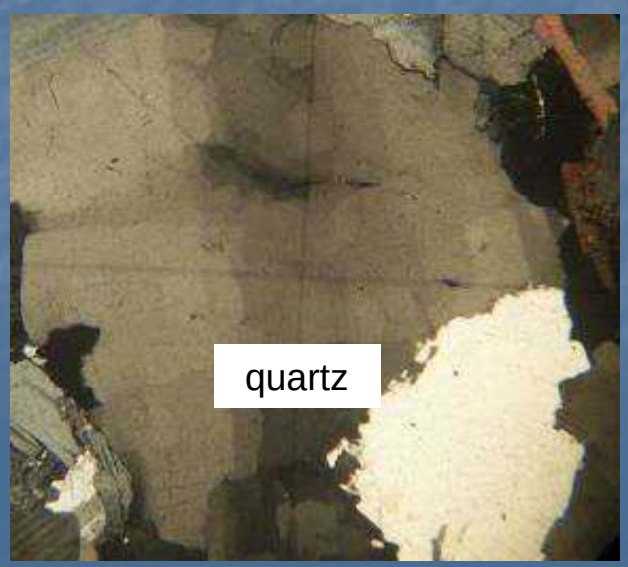


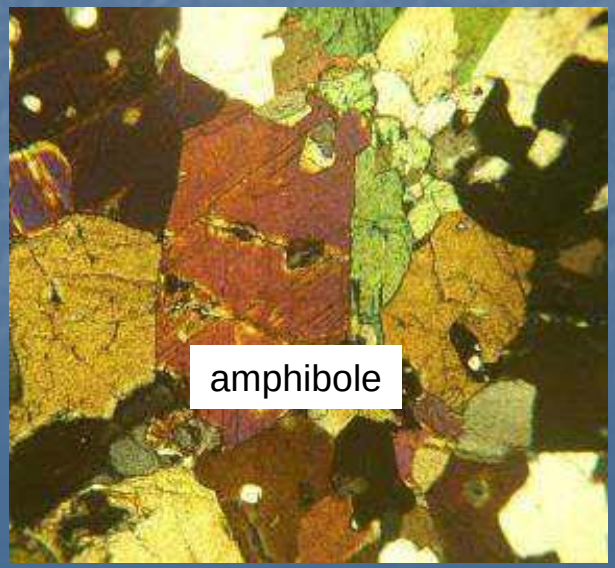
- اگر مقطع گوه ای کوارتز در نور تکرنگ استفاده شود . هنگامی که ضخامت مقطع به حدی برسد که تاخیر ایجاد شده برابر صفر یا مضرب صحیحی از طول موج λ باشد ، میدان میکروسکوپ تاریک خواهد بود . در مقابل ، هر جا که تاخیر مضرب فردی از $\lambda/2$ باشد بیشترین شدت روشنایی را به وجود خواهد آورد و بدین ترتیب نوار های تاریک و روشنی در میدان میکروسکوپ قابل رویت خواهد بود

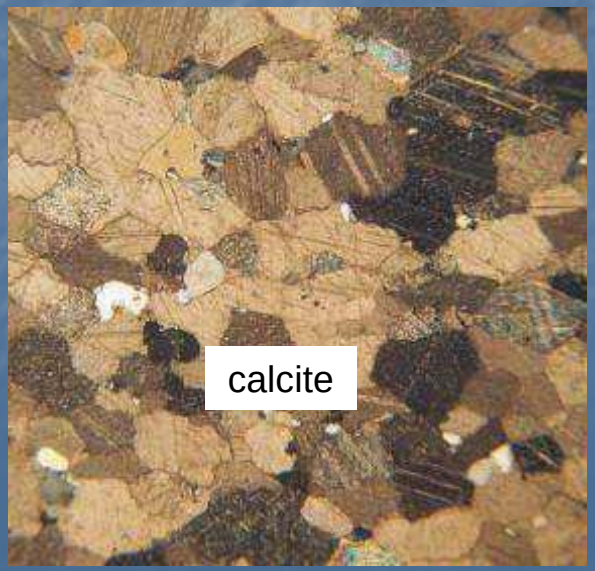


شکل ۶ـ۵. تناوب نوارهای تاریک و روشن حاصل از قرارگیری مقطع گوه‌ای کوارتز در بین نیکولهای متقاطع با استفاده از نور تکرنگ

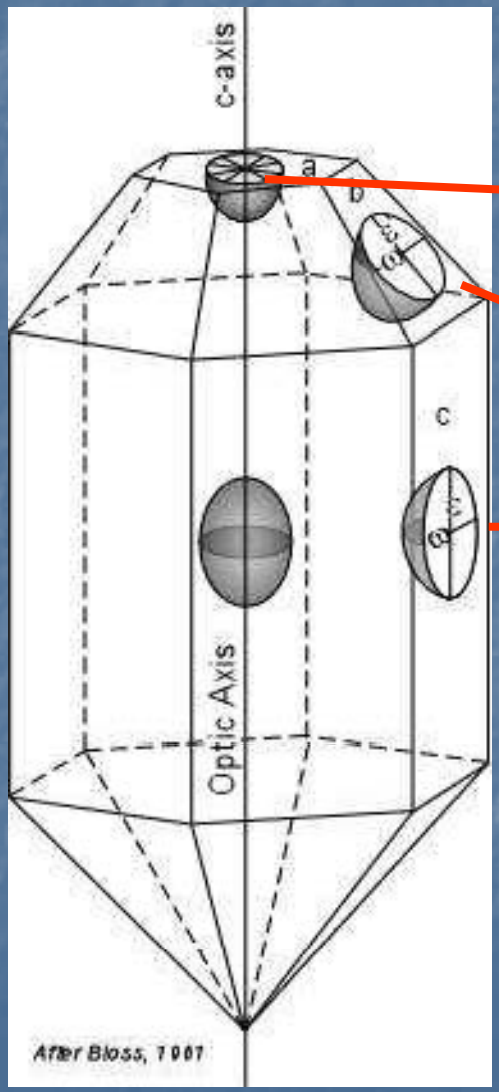
- در مقاطع مختلف کانی ها با توجه به اینکه ضخامت آن ها ثابت و در حدود 0.03 میلی متر است ، هر گونه تغییر و اختلاف در رنگ های تداخلی آن ها ناشی از اختلاف در بیرفرنژانس آنهاست . در نتیجه ، هر کانی دارای بیرفرنژانس مشخصی است که می توان از طریق آن کانی را مورد شناسایی قرار داد .







- اختلاف دو ضریب شکست از صفر (در مقاطع عمود بر محور نوری) تا بیشترین آن (در مقاطع موازی با محور نوری) تغییر می کند .



برش عمود بر محور نوری

برش مایل

برش موازی با محور نوری

آنچه به عنوان بیرفرنژانس کانی ها مورد استفاده قرار می گیرد ، مربوط به مقاطعی است که دارای بیشترین اختلاف بین دو ضریب شکست است (که این همان مقاطع موازی محور نوری است) و به آن بیرفرنژانس بیشینه یا بیرفرنژانس مطلق گفته می شود .

برای روشن شدن چگونگی عمل نور پلاریزه در روشن کردن میدان دید میکروسکوپ مقاطع نازک بلور ها را در دو حالت زیر مورد بررسی قرار می دهیم :

- حالت اول : چگونگی روشن شدن میدان دید میکروسکوپ بر اثر پدیده تداخل با استفاده از نور تکرنگ .

- حالت دوم : چگونگی پدیده تداخل و در نتیجه ایجاد رنگ های تداخلی با استفاده از نور طبیعی یا نور سفید .

حالت اول : مطالعه ی مقاطع نازک بلور ها در بین نیکول های متقاطع و با استفاده از نور تکرنگ .

با ورود نور تکرنگ به مقطع نازک، دو نور حاصل می شود که با توجه به اختلاف ضرایب شکست و ضخامت مقطع،هنگام خروج از مقطع، یکی از نورها نسبت به نور دیگر با تاخیر خارج خواهد شد.

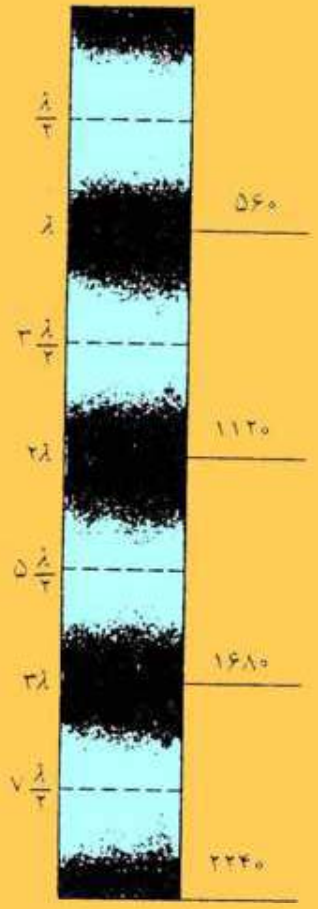
برای نور های تکرنگ در صورتی که تاخیر ایجاد شده به اندازه λ یا مضرب صحیحی از λ (λ ،2λ ،3λ و ... $n\ \lambda$)باشد ، دو نور هم فازند و تداخل آن ها موجی هم دامنه و هم جهت با ارتعاش پلاریزور است. بنابراین نمی تواند از آنالیزور بگذرد .

در این حالت جذب نور توسط آنالیزور موجب تاریکی مقطع نازک در میدان میکروسکوپ می گردد یعنی:

$$(2n+1)\ \lambda/2$$

- در صورتی که تاخیر به اندازه $\lambda/2$ باشد . در نتیجه تداخل آن ها ، برآیندی خواهند یافت که در جهت عمود بر ارتعاش پلاریزور است ، بنابراین از آنالیزور قابل عبور می باشد و موجب روشنایی مقطع نازک در میدان میکروسکوپ می گردد .

به این ترتیب در میدان میکروسکوپ نوار های تاریک و روشن قابل مشاهده خواهد بود .

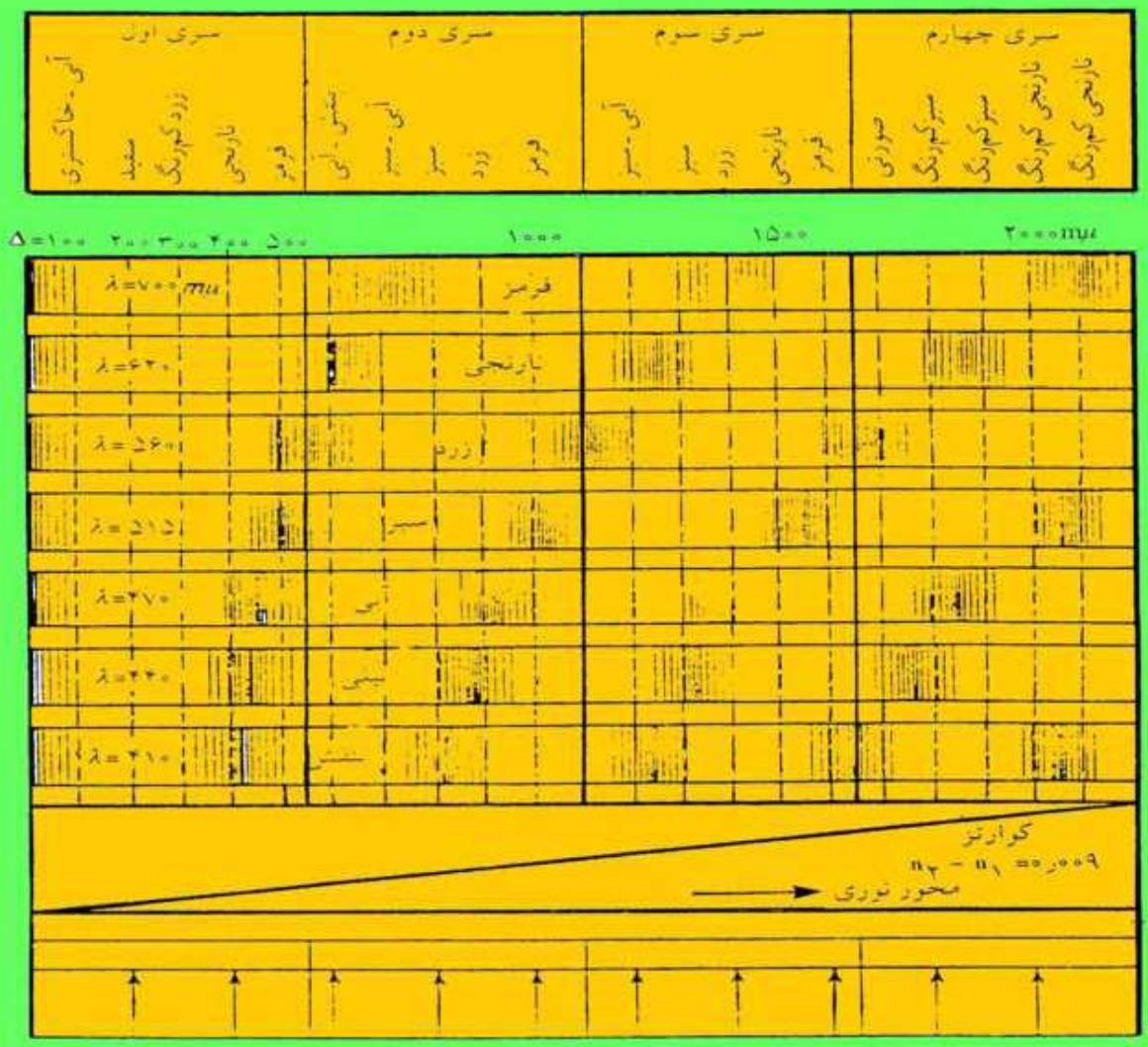


شکل ۶ـ۶. نمایش میدان دید میکروسکوپ با استفاده از نور تکرنگ و در بین نیکولهای متقاطع. هر جا که اختلاف راه نوری مضرب فردی از $\frac{\lambda}{2}$ است نوارهای روشن و هر جا مضرب صحیحی از λ باشد نوارهای تاریک مشاهده خواهد شد. در قسمت راست ستون اختلاف راه نوری به میلی‌میکرون نشان داده شده است.

حالت دوم : مطالعه مقاطع نازک بلور ها با نور سفید موازی و در بین پلاریزور های متقاطع

- هنگامی که مقاطع نازک در بین نیکول های متقاطع و با استفاده از نور سفید مورد مطالعه قرار می گیرند ((تاریکی)) برای یک طول موج به معنی حذف آن طول موج (نور تکرنگ) از طیف نور سفید و ظاهر شدن رنگ مکمل آن است .

بنابر قانون تداخل ارتعاشات هنگام ایجاد رنگ های تداخلی ، هر گاه مقدار تاخیر برابر اندازه هر طول موجی باشد ، آن رنگ از میدان دید میکروسکوپ حذف می شود . اما اگر مقدار تاخیر ایجاد شده برابر نصف طول موج هر کدام از نور های تکرنگ طیف نور سفید باشد ، آن نور تکرنگ ظاهر خواهد شد .



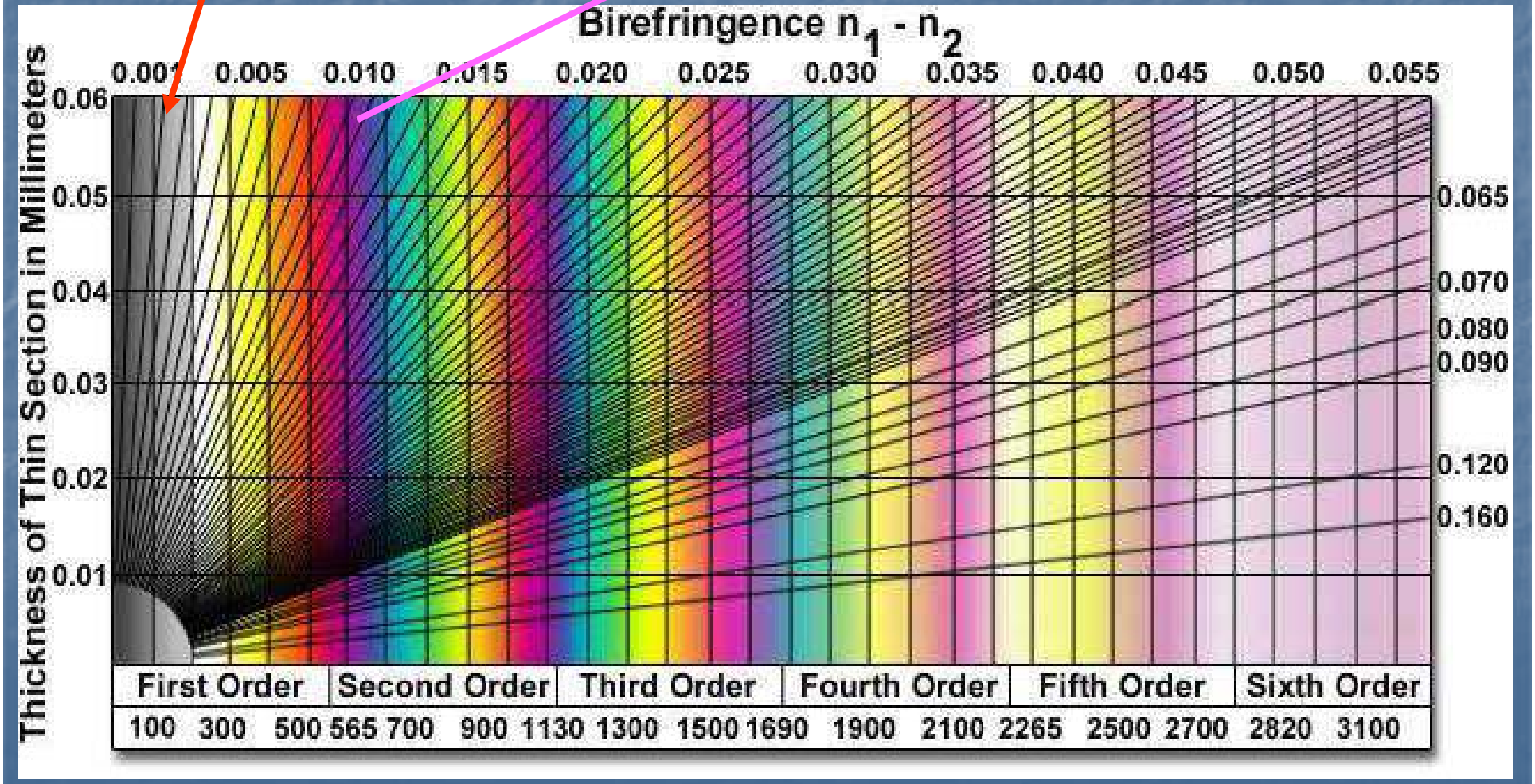
شکل ۶ـ۷. ارتباط بین رنگهای تداخلی با توجه به هر یک از نورهای ساده (تکرنگ) در بالای این شکل چهار طیف از سری رنگهای نیوتن دیده می‌شود. در هر نوار افقی موقعیت مقطع بلور در میدان میکروسکوپ در نورپلاریزه و با استفاده از نورهای تکرنگ نشان داده شده است. از روی شکل می‌توان دریافت وقتی که نورسفید بکار برده می‌شود، در هر بخش از مقطع گوه‌ای کوارتز، همیشه نور تکرنگی از آنالیزور خارج شده و به چشم مطالعه کننده میرسد که تأخیر آن بخش از مقطع گوه‌ای برابر نصف و یا مضرب فردی از نصف طول موج آن نور باشد.

اگر مقدار تاخیر برابر طول موج نور بنفش یا مضرب صحیحی از آن باشد ، نور بنفش حذف می شود و رنگ مکمل آن ظاهر می گردد. سری های رنگ های تداخلی مختلفی وجود دارد که هر کدام بستگی به این دارد که رنگ ایجاد شده ناشی از تاخیر برابر λ 1 ، λ 2 ، λ 3و ... یا $n\lambda$ است که آن ها را به ترتیب سری اول ، سری دوم ، سری سوم و ...می نامند .

سری رنگ های نیوتن

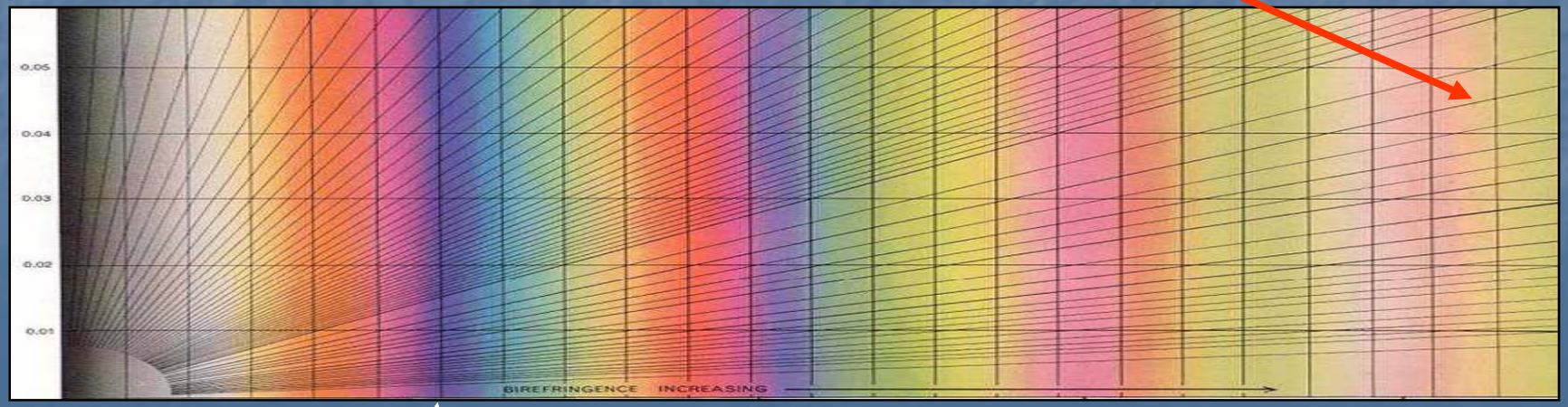
با ازدیاد ضخامت، تاخیر نیز زیاد می شود و به این ترتیب رنگ های معین و مشخصی در میدان دید میکروسکوپ ظاهر می گردند که هر کدام از آن ها مجدداً تکرار می شوند و سری رنگ های مختلفی را به وجود می آورند . به این سری از رنگ ها ، سری رنگ های نیوتن گفته می شود .

در سری رنگ های نیوتن رنگ های تداخلی که با تاخیر کمتر از 550 میلی میکرون ظاهر می شوند متعلق به سری اول رنگ های نیوتن اند . این رنگ ها با رنگ خاکستری تیره شروع می شوند و با رنگ های خاکستری روشن ، سفید ، زرد ، نارنجی و قرمز ادامه پیدا می کنند . زمانی که تاخیر برابر 550 میلی میکرون شد ، نوعی رنگ بنفش به وجود می آید که به آن بنفش حساس گفته می شود . این رنگ حد بین رنگ ها ی سری اول و سری دوم است .

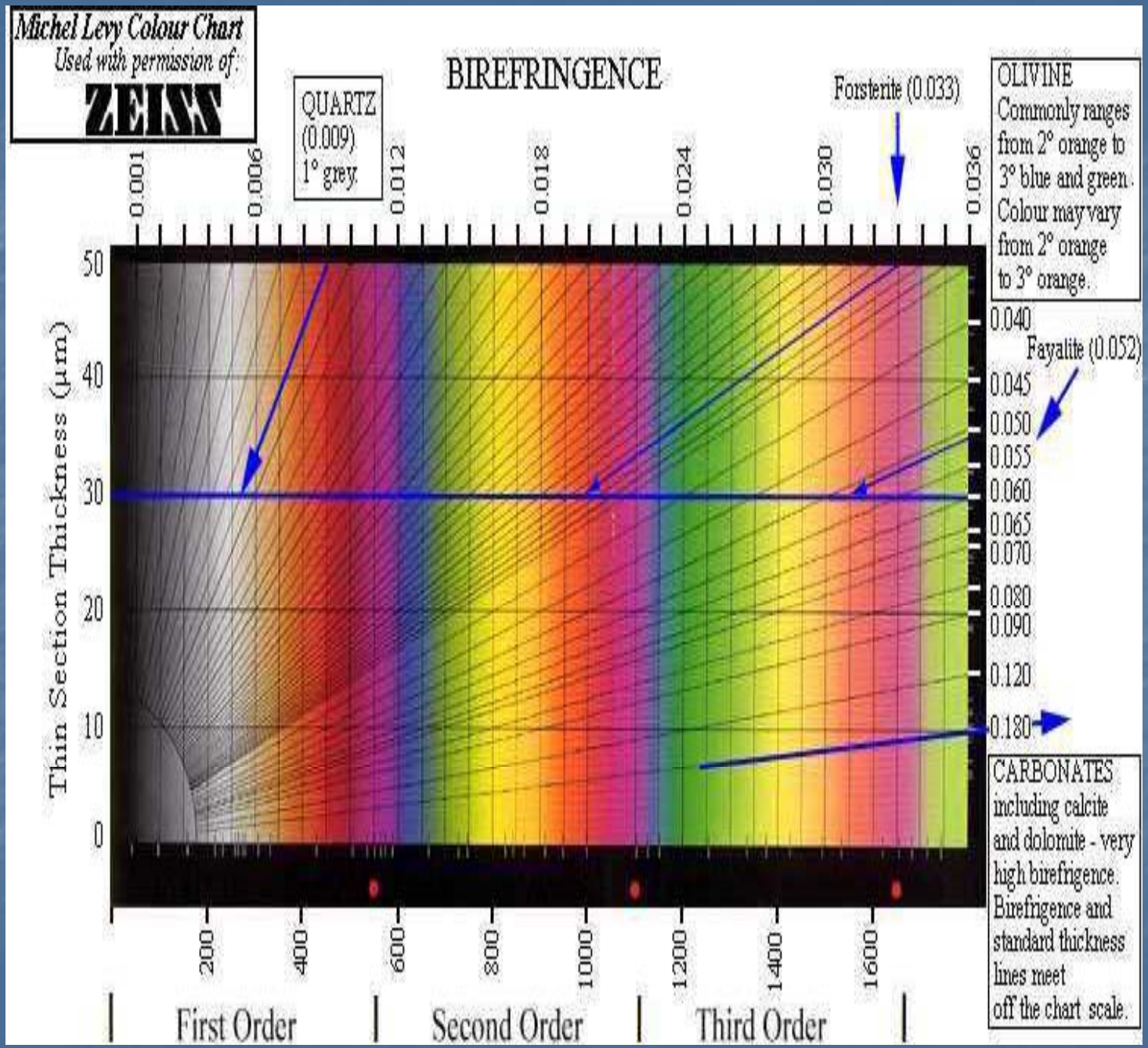


(از تاخیر550میلی میکرون) رنگ های سری دوم شروع می شود ،که از رنگ بنفش مایل به آبی شروع و با رنگ های آبی ، سبز ، زرد ، نارنجی و قرمز ادامه پیدا می کنند . هنگامی که تاخیر برابر 1120 میلی میکرون می شود ، رنگ بنفش حساس سری دوم ظاهر می گردد که حد بین رنگ های سری دوم و سری سوم است . در سری سوم رنگ های بنفش مایل به آبی ، سبز ، نارنجی ، قرمز و در نهایت در تاخیر برابر 1650 میلی میکرون بنفش حساس سری سوم مشاهده می شود .

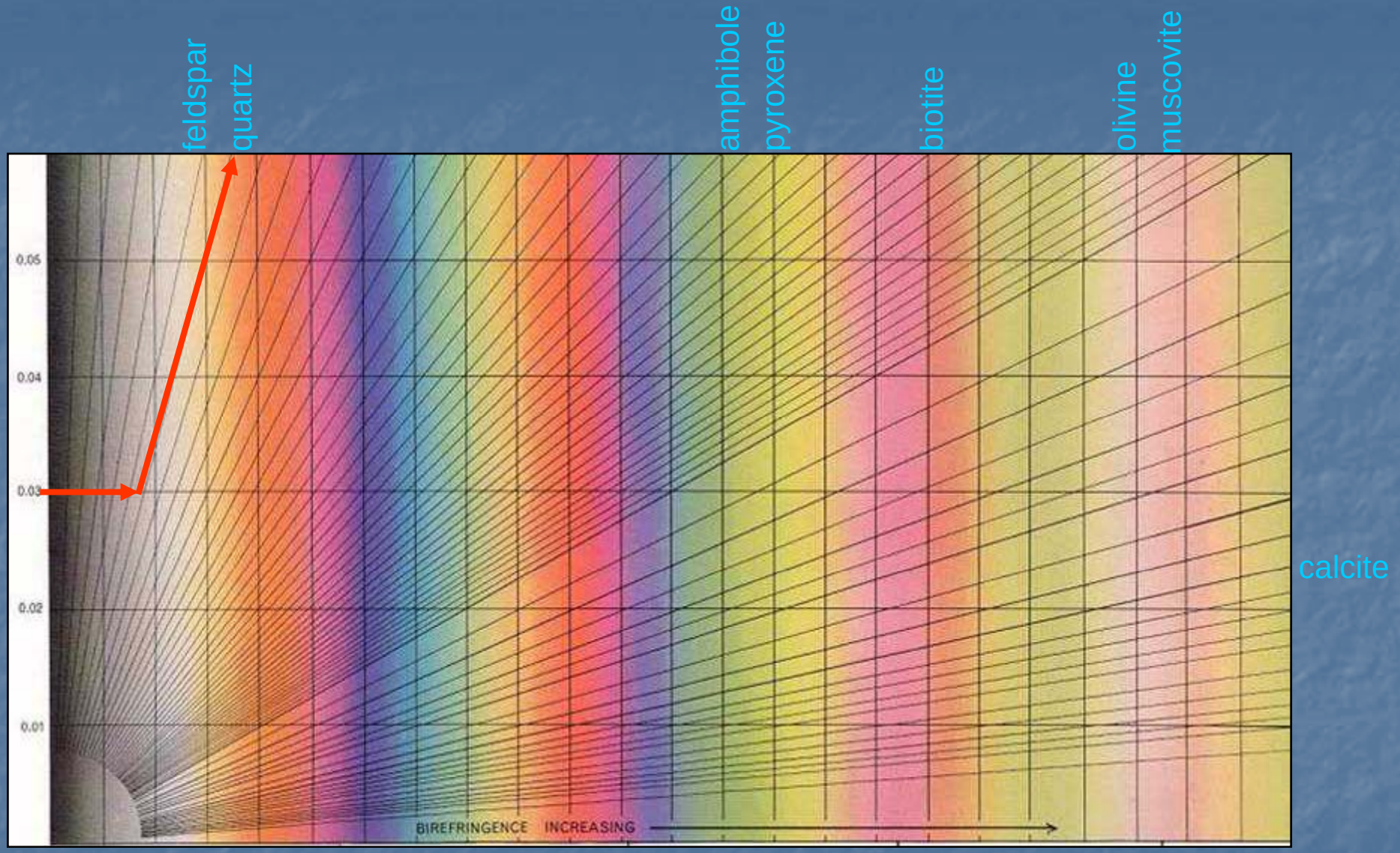
در سری های بالاتر به خاطر رنگ پریدگی زیاد ، رنگ ها چندان قابل تشخیص نیستند ، به طوری که در نهایت رنگ سفیدی را خواهیم داشت که به آن سفید سری فوقانی گفته می شود .



شروع سری دوم 1120

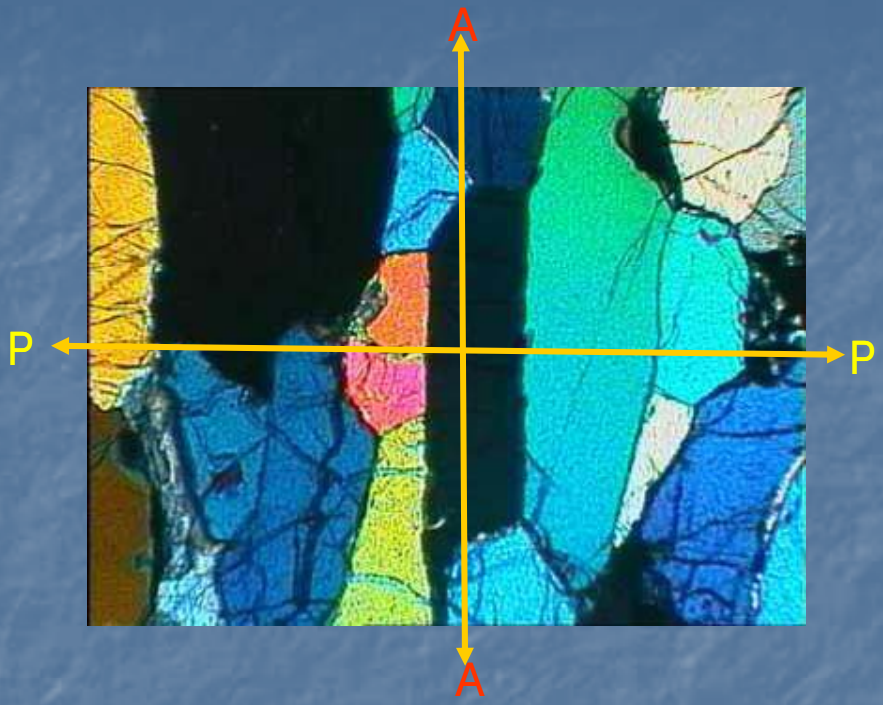


میشل لوی و لاکروا دو دانشمند فرانسوی چگونگی ارتباط رنگ های تداخلی با ضخامت و بیرفرنژانس را به صورت تابلویی طرح ریزی کرده اند که می توان از طریق آن سری رنگ های تداخلی را در سری رنگ های نیوتن مشخص کرد .



برای پیدا کردن نام یک کانی در سری میشل لوی و لاکروا پس از مشخص کردن بیرفرنژانس بیشینه آن(برای مثال در کوارتز رنگ سفید(مایل به زرد)، از ضخامت 03/0 میلی متر مسیر خط مایل را ادامه می دهیم تا به نام کوارتز برسیم.

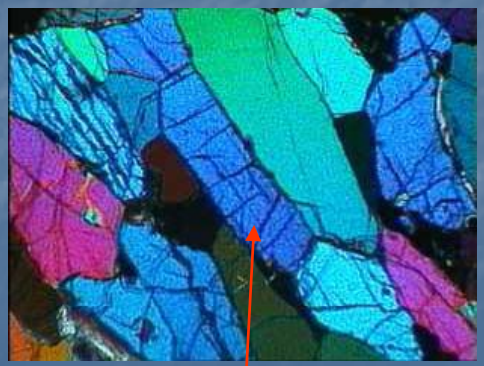
تعیین جهت ضرایب شکست در بلور های ناهمسانگرد



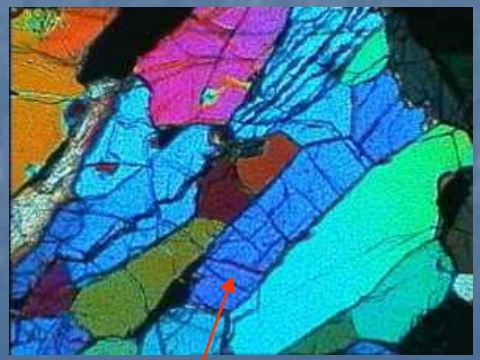
1- با چرخاندن صفحه ی پلاتین کانی را در موقعیت خاموشی قرار می دهیم در این حالت امتداد تار های رتیکول ، امتداد دو ضریب شکست اصلی بلور خواهد بود.

کانی در حالت خاموشی

2-برای تشخیص اینکه کدام امتداد مربوط به ضریب شکست بزرگتر (λ) و کدام امتداد مربوط به ضریب شکست کوچکتر (α) است . با چرخاندن صفحه ی پلاتین آن را در حالت روشنایی حداکثر خود قرار می دهیم



45درجه چرخش پلاتین

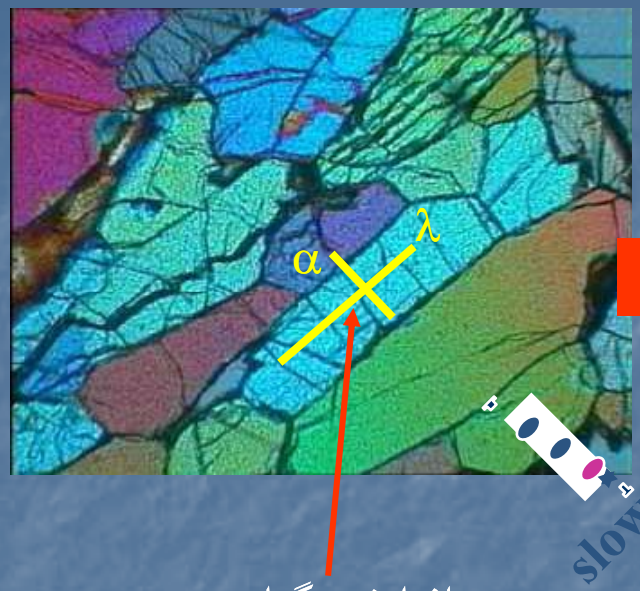


45درجه چرخش پلاتین

کانی در روشنایی حداکثر

ادامه

3- در صورتی که شکست مضاعف کانی در حد متوسط (اواخر سری اول تا اواخر سری سوم) باشد ، از تیغه کمکی $\lambda/4$ استفاده می کنیم .



با وارد کردن تیغه $\lambda/4$

افزایش رنگها

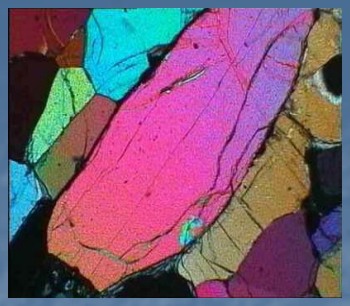
4- در صورتی که ضریب شکست بزرگتر تیغه منطبق بر ضریب شکست بزرگتر کانی باشد ، تاخیر تیغه با تاخیر کانی جمع می شود و رنگ بیرفرنژانس در سری رنگ های نیوتن بالا می رود .

با وارد کردن تیغه $\lambda/4$

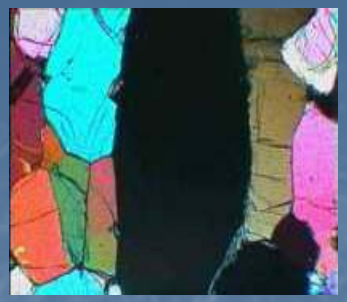
کاهش رنگها

5-اما اگر ضریب شکست بزرگتر تیغه منطبق بر ضریب شکست کوچکتر کانی باشد ، دو تاخیر از یکدیگر کسر می شود ، و در نتیجه رنگ بیرفرنژانس در سری رنگ های نیوتن پایین می آید .

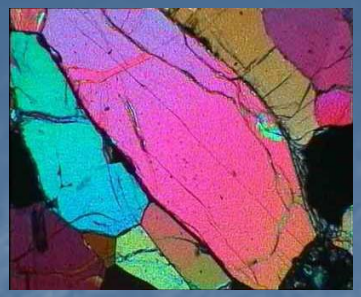
در صورتی که شکست مضاعف در کانی های نا همسانگرد بسیار قوی باشد ، یعنی بیرفرنژانس آن در سری رنگ های نیوتن خیلی بالا (بالاتر از سری سوم) باشد ، از تیغه ی کمکی گوه ای کوارتز استفاده می کنیم .



45 درجه چرخش

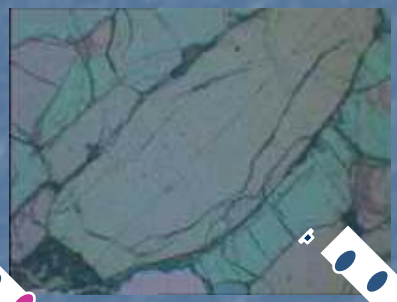


در حالت خاموشی

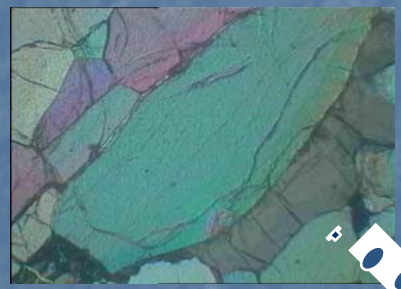


45 درجه چرخش

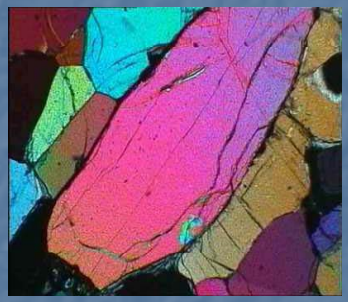
پس از وارد کردن تدریجی تیغه ی گوه ای کوارتز ،اگر امتداد ضریب شکست بزرگتر تیغه (λ)بر امتداد ضریب شکست بزرگتر کانی منطبق باشد ، سری رنگ آن به تدریج بالا می رود تا به رنگ سفید سری های فوقانی می رسد .



مشاهده رنگهای سری های فوقانی

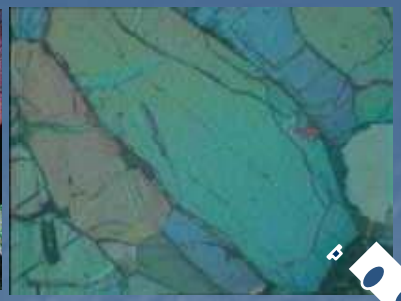


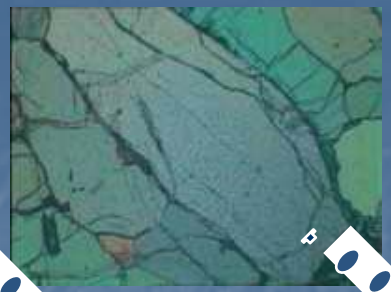
افزایش رنگها

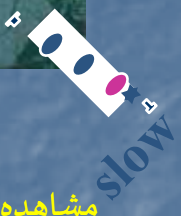


قبل از ورود تیغه

ادامه





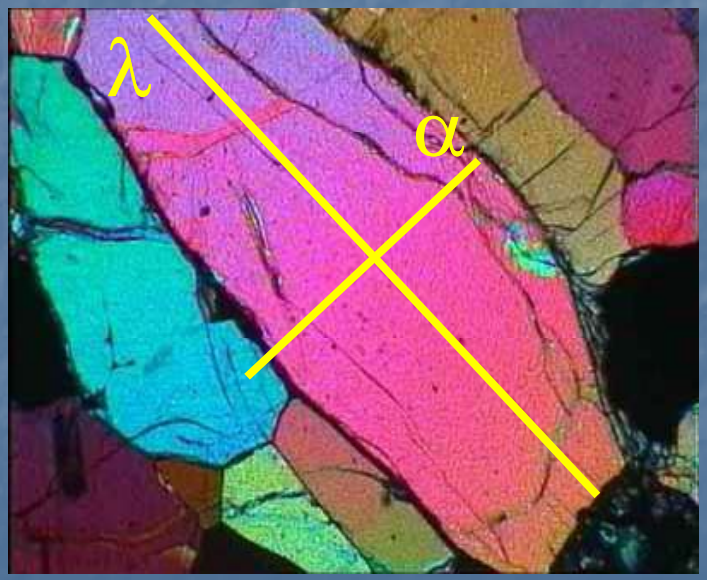


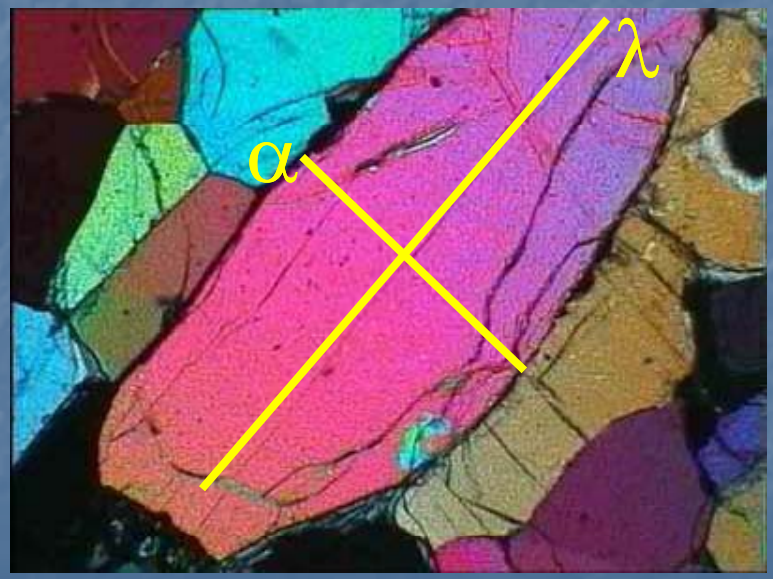
قبل از ورود تیغه

کاهش رنگها

مشاهده رنگ خاکستری

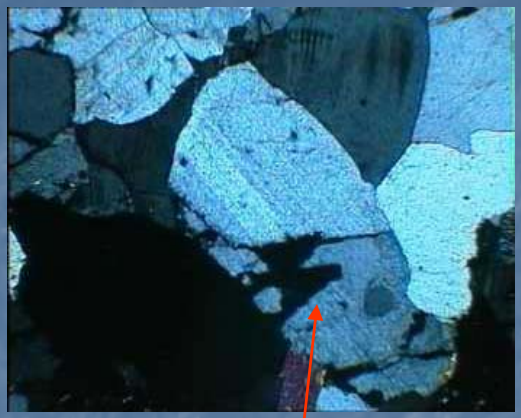
در صورتی که امتداد λ تیغه منطبق بر امتداد α کانی باشد ، سری رنگ آن به تدریج پایین می آید تا به رنگ خاکستری سری اول برسد .



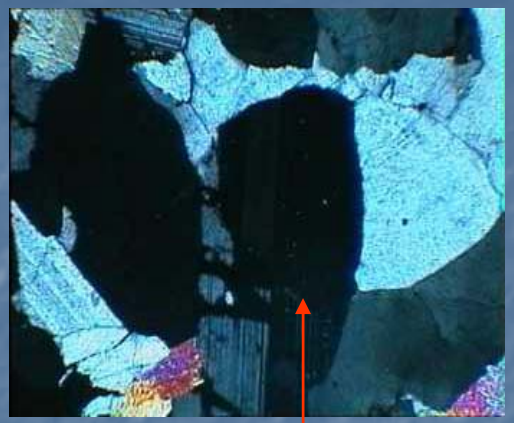


به این ترتیب امتداد ضریب شکست بزرگتر و کوچکتر کانی مشخص می شود

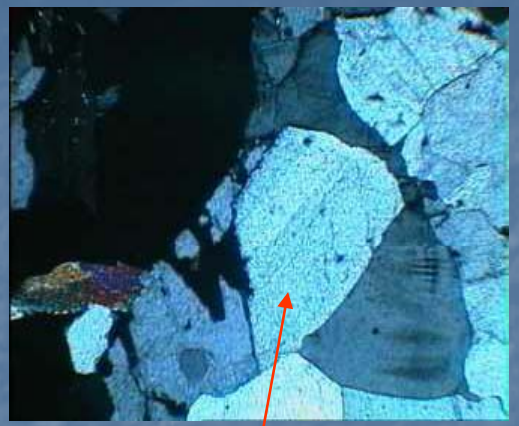
در حالت دوم که شکست مضاعف در کانی بسیار ضعیف است از تیغه ی λ استفاده می کنیم .



45درجه چرخش پلاتین



حالت خاموشی

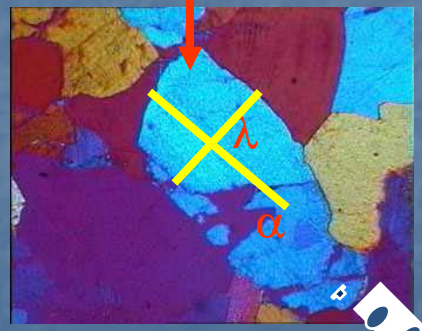


45درجه چرخش پلاتین

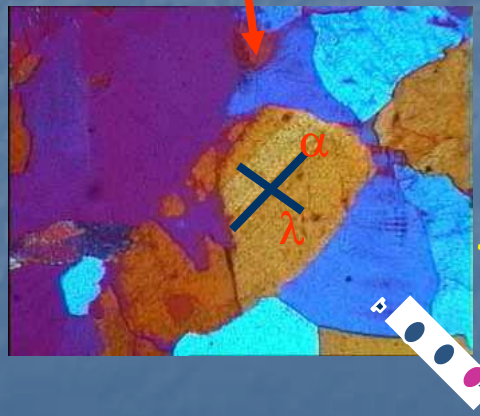
با وارد کردن این تیغه در مسیر نور ، اگر امتداد ضریب شکست بزرگتر تیغه و کانی بر هم منطبق باشد ، با جمع شدن دو تاخیر سری رنگ آن بالا می رود و در نتیجه رنگ حاصل ، آبی تا آبی مایل به سبز سری دوم خواهد بود .

اگر ضریب شکست بزرگتر تیغه منطبق بر ضریب شکست کوچکتر کانی باشد ، سری رنگ آن با کم شدن دو تاخیر از یکدیگر پایین می آید و در نتیجه رنگ حاصل قرمز یا قرمز مایل به نارنجی سری اول خواهد بود .

افزایش رنگها



کاهش رنگها

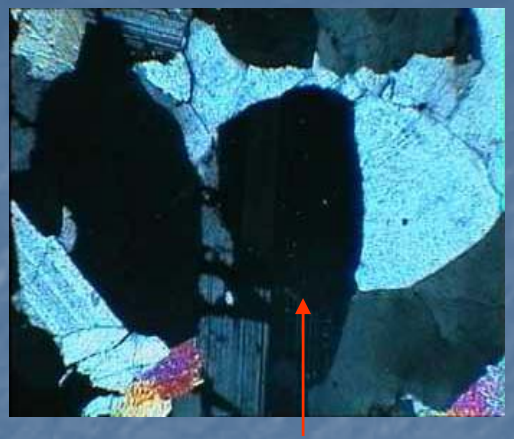


به این ترتیب امتداد ضریب شکست بزرگتر و کوچکتر کانی مشخص می شود

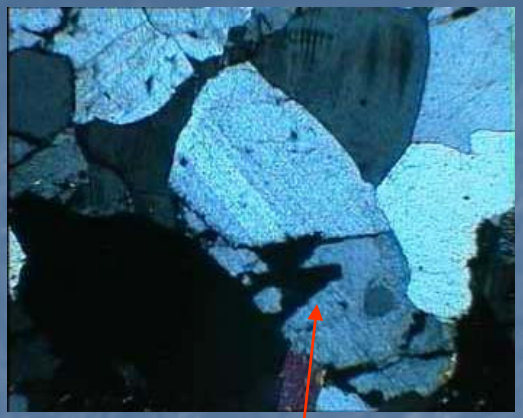
تعیین سری رنگ بیرفرنژانس

هنگامی که شکست مضاعف در کانی بسیار ضعیف است برای تعیین سری رنگ بیرفرنژانس از تیغه ی λ استفاده می کنیم .

45درجه چرخش پلاتین



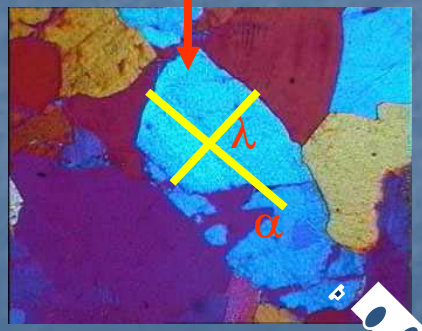
حالت خاموشی



45درجه چرخش پلاتین

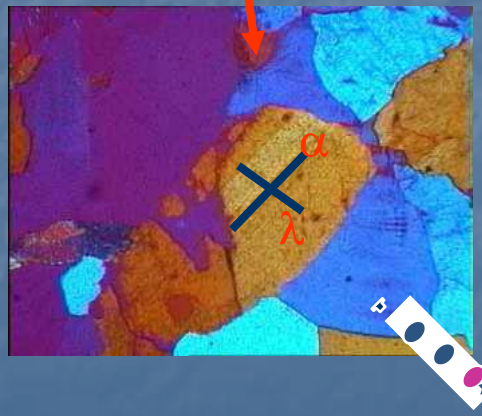
با وارد کردن این تیغه در مسیر نور ، اگر امتداد ضریب شکست بزرگتر تیغه و کانی بر هم منطبق باشد ، با جمع شدن دو تاخیر سری رنگ آن بالا می رود و در نتیجه رنگ حاصل ، آبی تا آبی مایل به سبز سری دوم خواهد بود .

افزایش رنگها



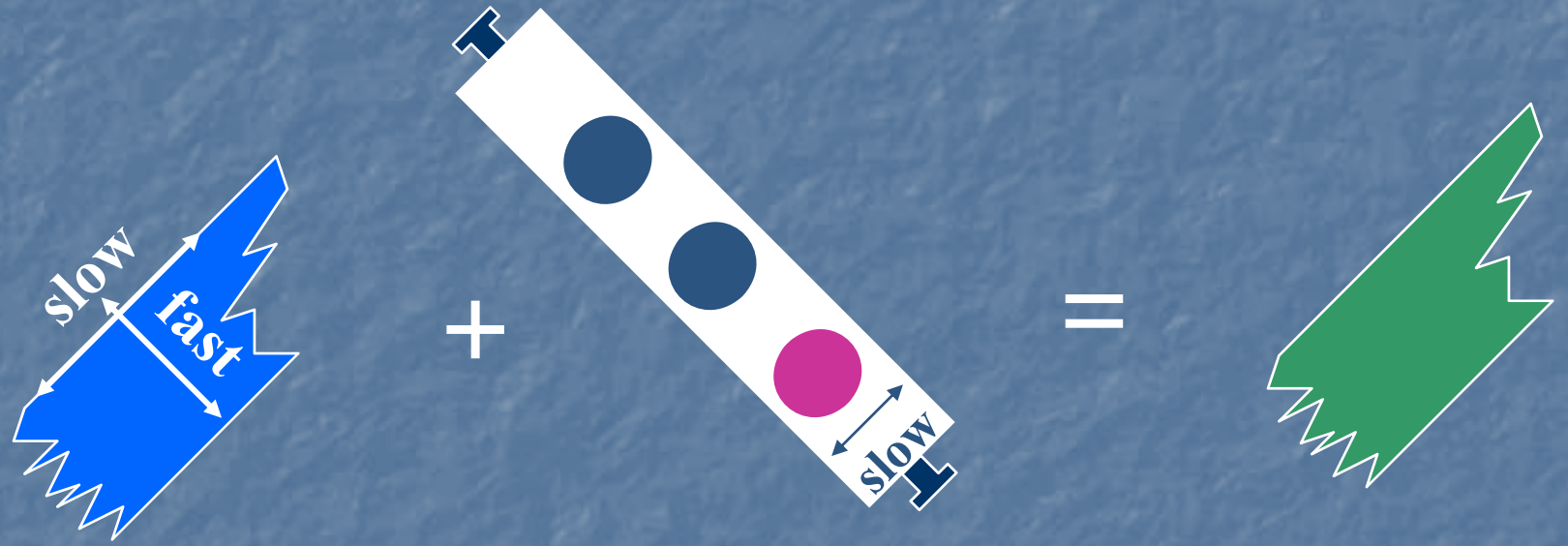
اگر ضریب شکست بزرگتر تیغه منطبق بر ضریب شکست کوچکتر کانی باشد ، سری رنگ آن با کم شدن دو تاخیر از یکدیگر پایین می آید و در نتیجه رنگ حاصل قرمز یا قرمز مایل به نارنجی سری اول خواهد بود .

کاهش رنگها



چگونگی عملکرد تیغه کمکی ژیپس

حالت اول :ضریب شکست بزرگتر کانی موازی با ضریب شکست بزرگ تیغه است.

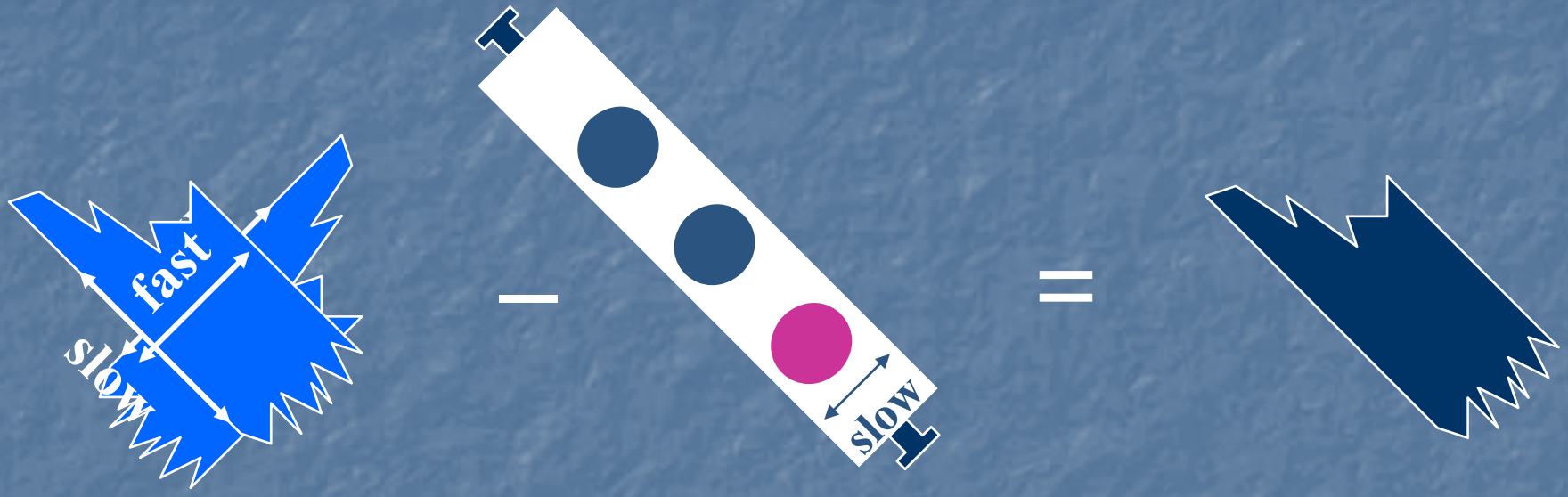


600 nm + 530 nm = 1130 nm

ادامه

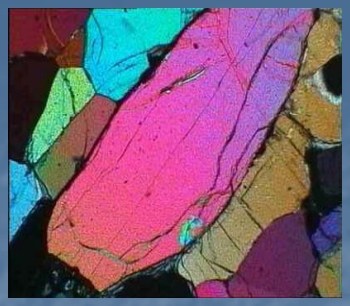
چگونگی عملکرد تیغه کمکی ژیپس

حالت دوم :ضریب شکست کوچکتر کانی موازی با ضریب شکست بزرگ تیغه است.

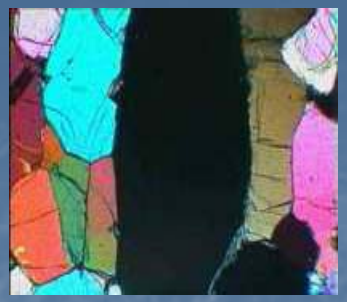


600 nm - 530 nm = 70 nm

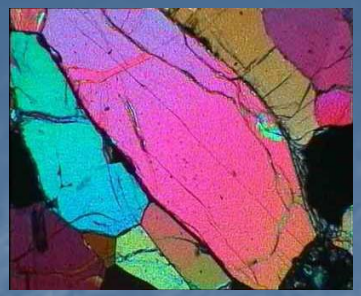
تعیین سری رنگ بیرفرنژانس



45 درجه چرخش

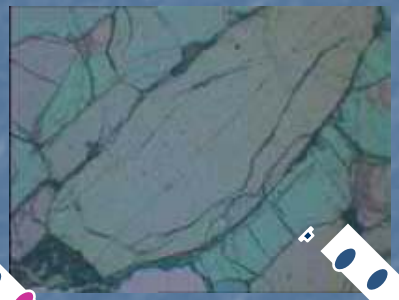


در حالت خاموشی

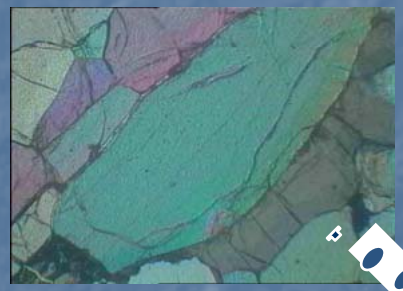


45 درجه چرخش

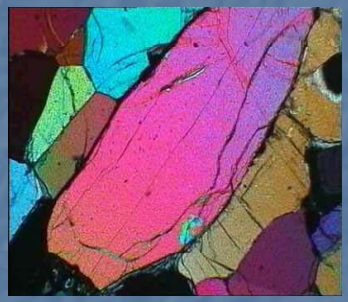
در صورتی که شکست مضاعف در کانی های نا همسانگرد بسیار قوی باشد ، یعنی بیرفرنژانس آن در سری رنگ های نیوتن خیلی بالا (بالاتر از سری سوم) باشد ، از تیغه ی گوه ای کوارتز استفاده می کنیم .



مشاهده رنگهای سری های فوقانی



افزایش رنگها

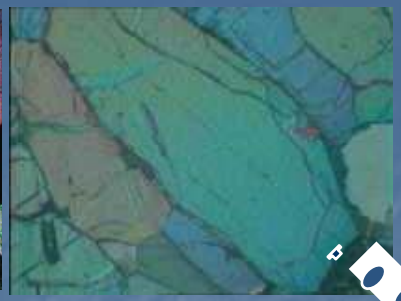


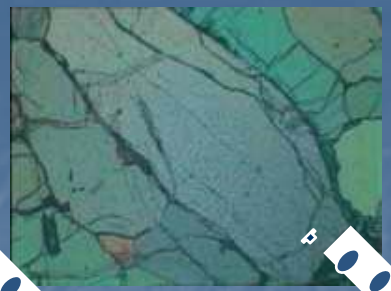
قبل از ورود تیغه

پس از وارد کردن تدریجی تیغه ی گوه ای کوارتز ،اگر امتداد ضریب شکست بزرگتر تیغه (λ)بر امتداد ضریب شکست بزرگتر کانی منطبق باشد ، سری رنگ آن به تدریج بالا می رود تا به رنگ سفید سری های فوقانی می رسد .

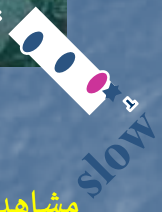
حالت فوق ، وضعیت مناسب برای تشخیص سری رنگ بیرفرنژانس نیست (رجوع شود به فیلم شماره 1)

ادامه





در صورتی که امتداد λ تیغه منطبق بر امتداد α کانی باشد ، سری رنگ آن به تدریج پایین می آید تا به رنگ خاکستری سری اول برسد .

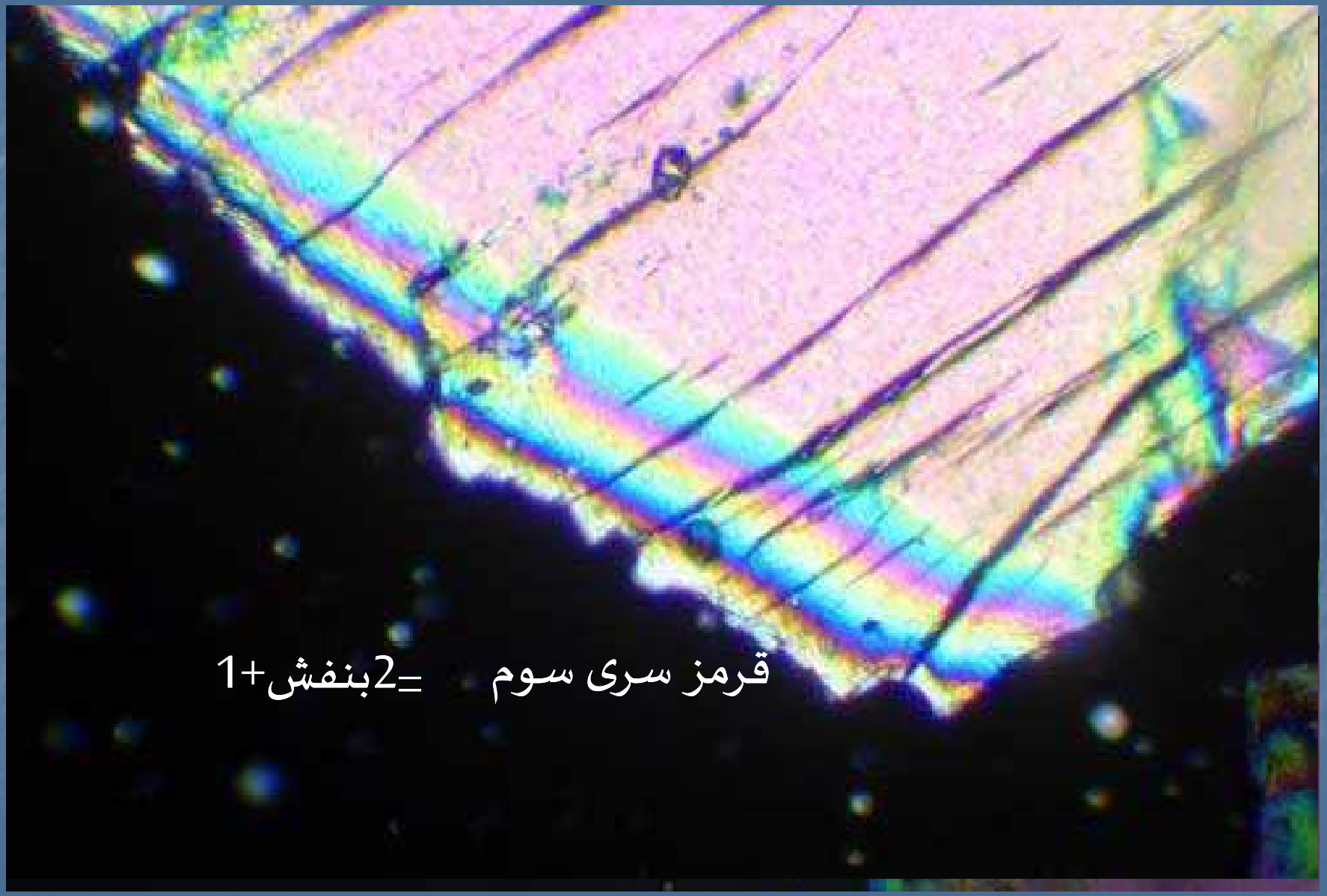


قبل از ورود تیغه | کاهش رنگها | مشاهده رنگ خاکستری

برای تعیین سری رنگ بیرفرنژانس کانی کافی است تعداد دفعاتی را که با وارد کردن تدریجی تیغه ، رنگ بنفش حساس در میدان دید میکروسکوپ ظاهر شده است شمارش و با عدد یک جمع کنیم . حاصل آن ، شماره ی سری رنگ بیرفرنژانس مقطع مورد مطالعه خواهد بود .

در مورد مقطع فوق (رجوع شود به فیلم شماره 2) با وارد کردن تیغه، دو بنفش مشاهده می شود بنابراین سری رنگ بیرفرنژانس کانی، قرمز سری سوم است

گاهی بدون استفاده از تیغه کمکی می توان رنگ تداخلی کانی را مشخص کرد.



ماکل

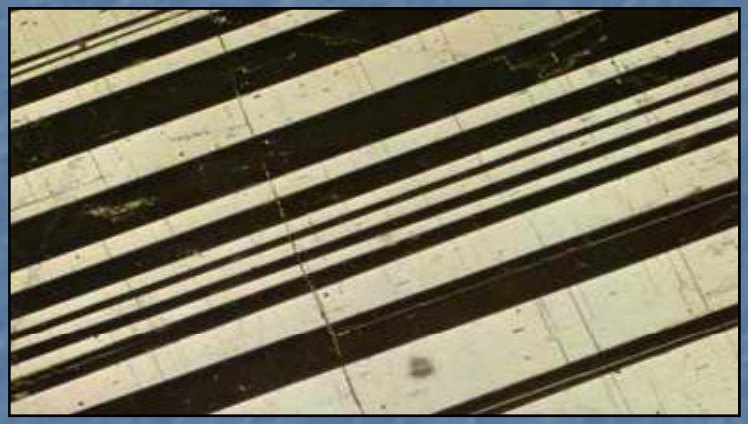
هنگامی که دو یا چند بلور از یک کانی به خصوص یا دو کانی متفاوت که دارای ساختمان بلور شناسی مشابه باشند چنان در هم رشد کنند که عناصر تقارن اضافی ایجاد کنند ، ماکل نامیده می شود . انواع آن شامل:

ماکل مشبک

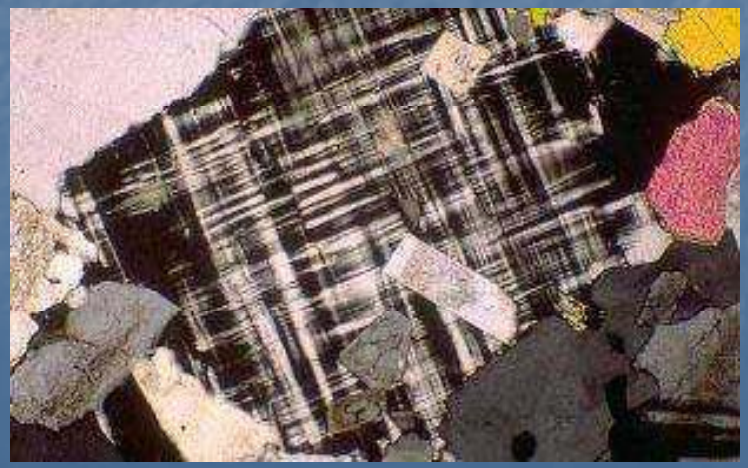
ماکل پلی سنتتیک و کارلسباد

ماکل کارلسباد

ماکل کارلسباد که با چرخاندن پلاتین نیمی از کانی روشن و نیم دیگر تاریک (خاموش) است .



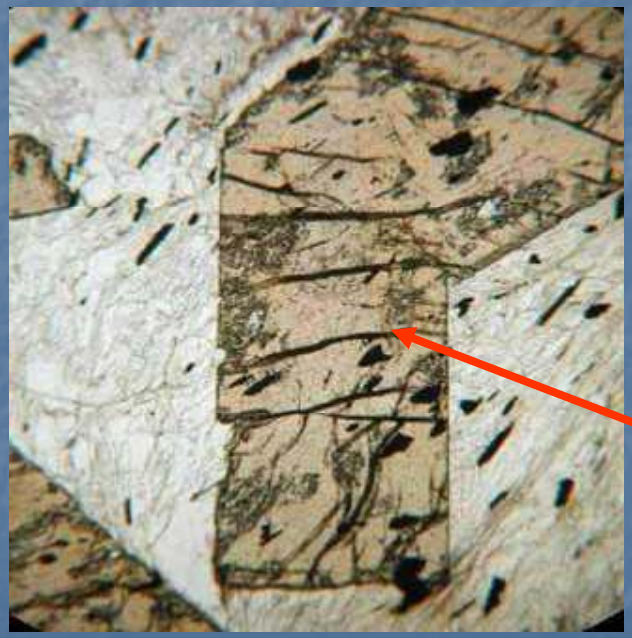
ماکل پلی سنتتیک که در نور پلاریزه ی متقاطع به صورت تیغه ا ی (مخطط) است و ضمن چرخاندن صفحه ی پلاتین، تیغه ها یک در میان خاموش و روشن می شوند .



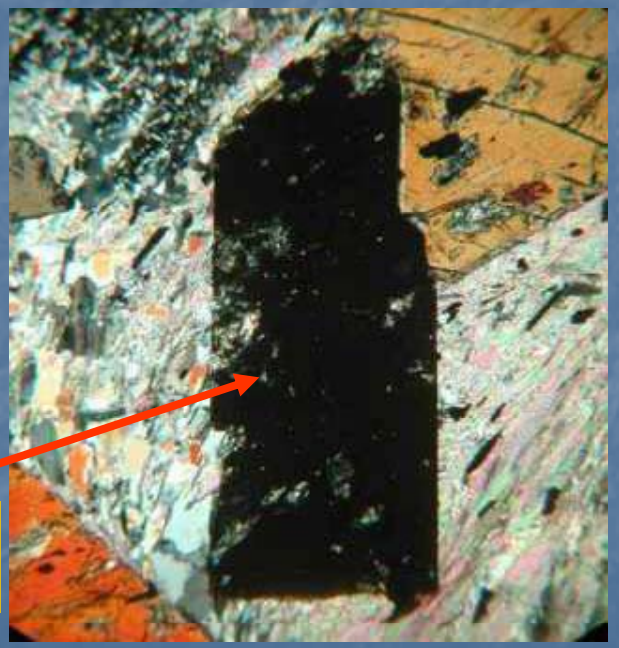
ماکل مشبک که در نور پلاریزه ی متقاطع سطح کانی به صورت مشبک دیده می شود .

بلورها از نظر خاموشی و زاویه آن به گروه های مختلف تقسیم می شوند :

خاموشی مستقیم یا موازی : اگر خاموشی مقطع نازک بلور در نور پلاریزه زمانی اتفاق بیفتد که یکی از ویژگی های بارز بلورشناسی مثل ماکل ، طویل شدگی یا رخ ، موازی یکی از تارهای رتیکول باشد، خاموشی را مستقیم یا موازی می گویند .

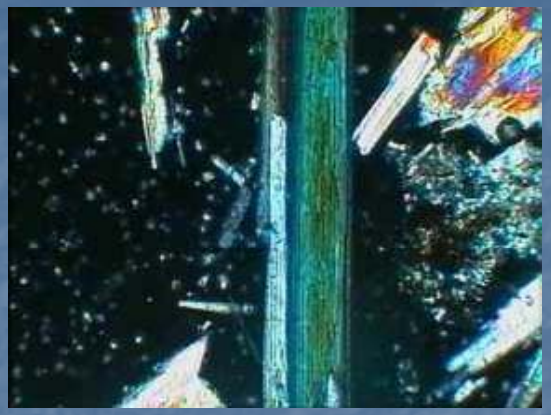


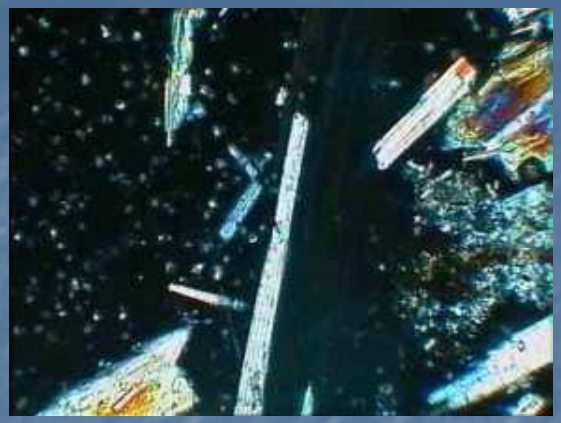
نور پلاریزه ساده



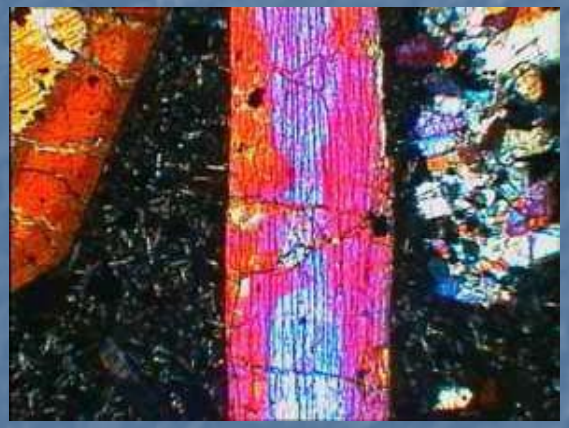
نور پلاریزه متقاطع

خاموشی مایل

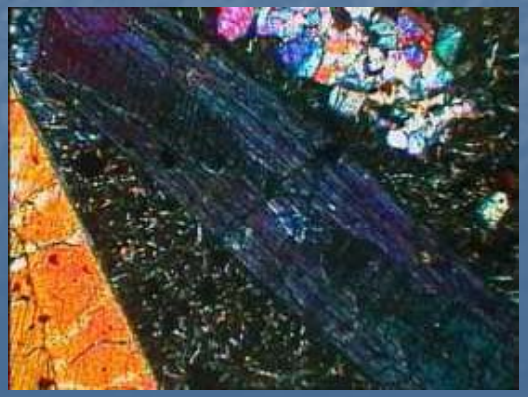


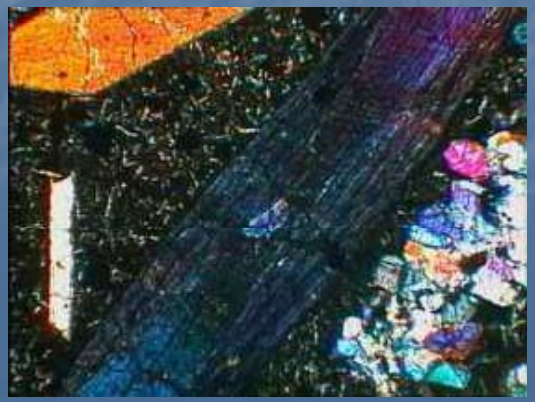


اگر خاموشی مقطع نازک زمانی اتفاق بیفتد که رخ ، ماکل یا طویل شدگی بلور نسبت به سطوح ارتعاش نیکول ها به طور مایل قرار گرفته باشد ، خاموشی را مایل می گویند .

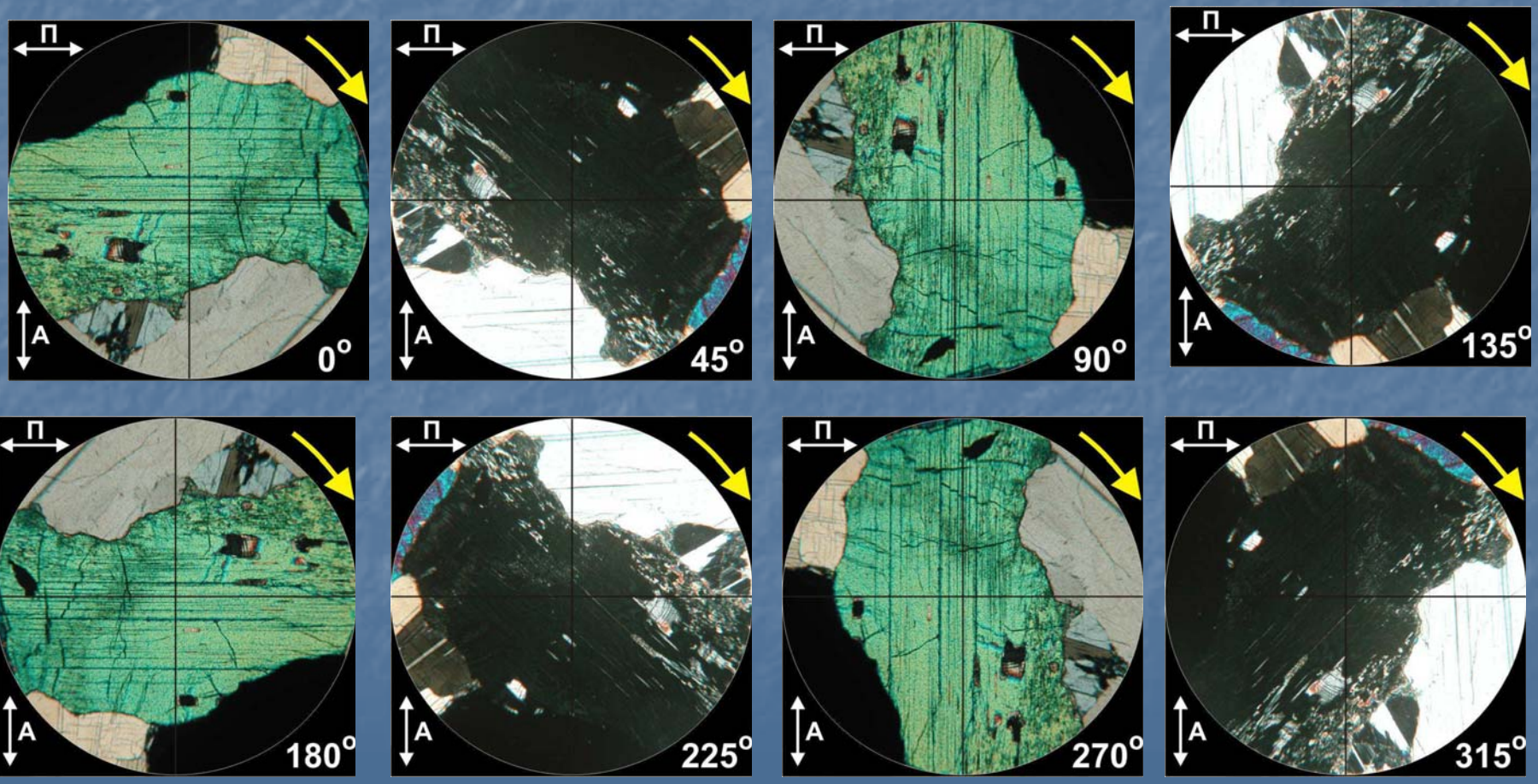


در اندازه گیری زاویه ی خاموشی ،کوچکترین زاویه ی خاموشی اندازه گیری می شود .



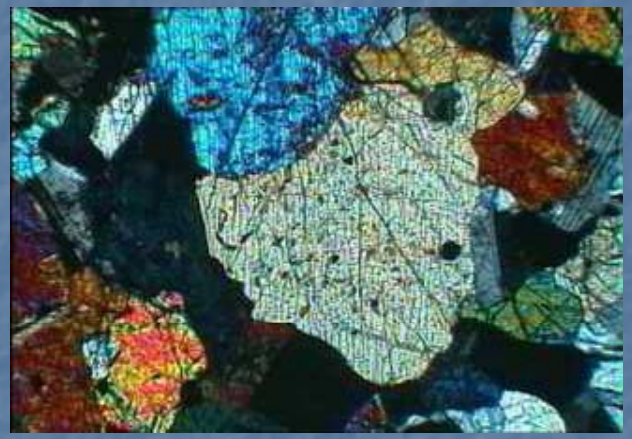


در صورتی که یکی از جهات مشخص را در امتداد تار رتیکول شمالی-جنوبی یا شرقی -غربی قرار دهیم و میدان میکروسکوپ روشن باشد ، با چرخاندن صفحه ی پلاتین در جهت عقربه ساعت یا خلاف آن خاموشی ایجاد خواهد شد

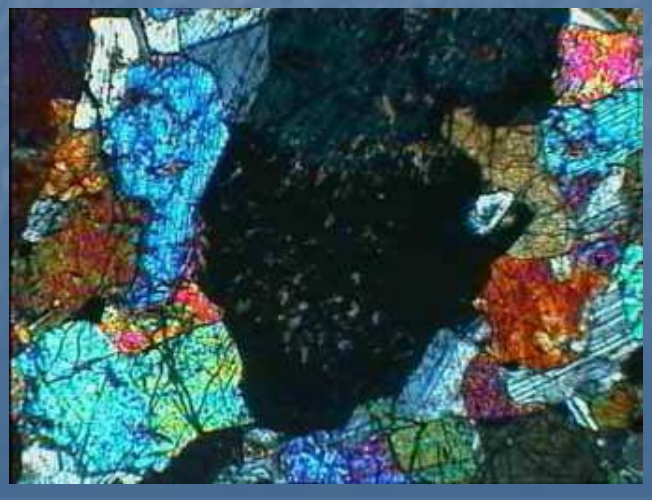


تعیین زاویه ی خاموشی

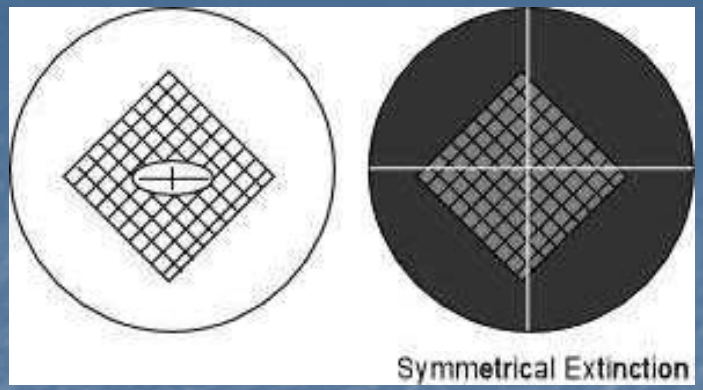
برای تعیین زاویه ی خاموشی کافی است که ابتدا آنالیزور را از مسیر نور خارج کرده و سپس یکی از جهات مشخص بلورشناسی ، مثلاً رخ را موازی تار رتیکول شمالی-جنوبی قرار دهیم .



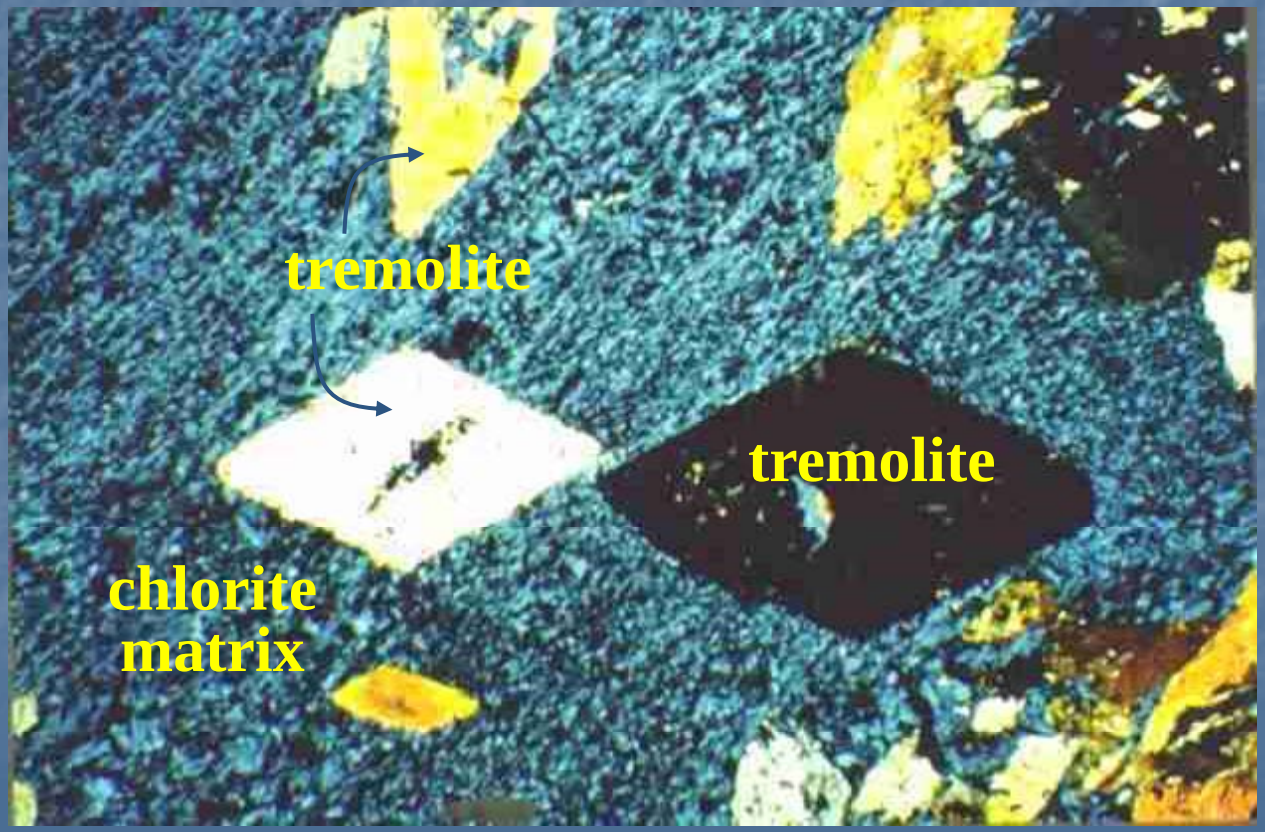
پس از آن مجدداً آنالیزور را وارد میدان میکروسکوپ می کنیم . در صورتی که کانی دارای خاموشی مستقیم باشد ، در این حالت در وضعیت خاموشی خواهد بود . اما اگر دارای خاموشی مایل باشد



با چرخاندن صفحه ی پلاتین ، کانی به وضع خاموشی خواهد رسید . میزان درجه ی چرخش صفحه پلاتین برای رسیدن به خاموشی ، زاویه خاموشی کانی خواهد بود .



خاموشی متقارن : بعضی از کانی های دارای رخ از نظر شکل یا طرح رخ ها به گونه ای هستند که مقطع آن ها به شکل لوزی در می آید و در حالتی به وضعیت خاموشی در میآیند که امتداد سطوح نیکول ها موازی با دو قطر این لوزی قرار گیرد .



طویل شدگی بلور ها

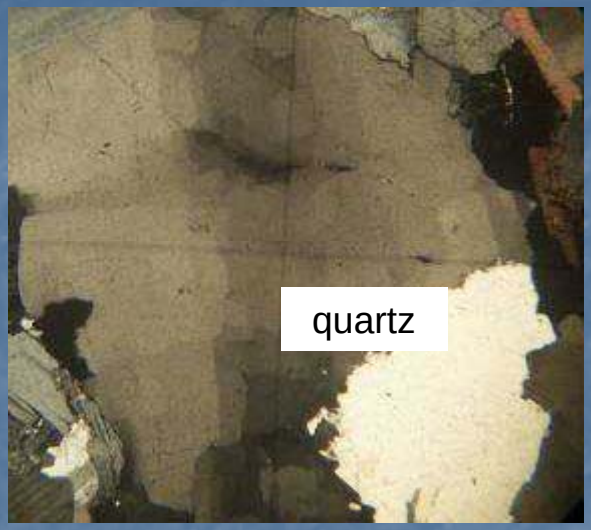
بعضی از بلور ها در امتداد یکی از محور های بلور شناسی رشد نموده و طویل می شوند. این طویل شدگی ممکن است در امتداد انتشار نور با سرعت کمتر (ضریب شکست بزرگتر کانی γ)یا در امتداد انتشار نور با سرعت بیشتر (ضریب شکست کوچکتر کانی α) صورت گرفته باشد .

در حالت اول بلور دارای طویل شدگی مثبت است .

اما اگر طویل شدگی در امتداد ضریب شکست کوچکتر باشد ، بلور دارای علامت طویل شدگی منفی است .

برای تعیین علامت طویل شدگی در کانی ها از تیغه های کمکی استفاده می شود .

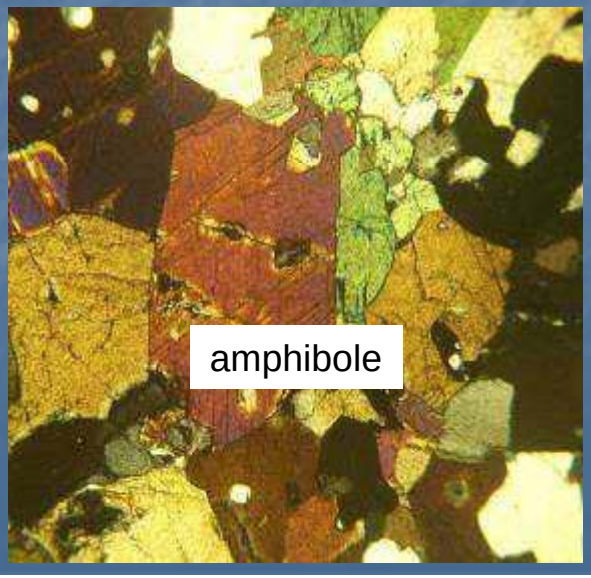
در صورتی که بیرفرنژانس مقطع مورد مطالعه ضعیف (خاکستری سری اول) باشد ، از تیغه ی کمکی λ (ژیپس) استفاده می شود .



بیرفرنژانس

ضعیف

در صورتی که رنگ بیرفرنژانس مقطع متوسط یا قوی باشد ، به ترتیب از تیغه ی کمکی $\lambda/4$ و تیغه ی کمکی گوه ای کوارتز استفاده می کنیم .

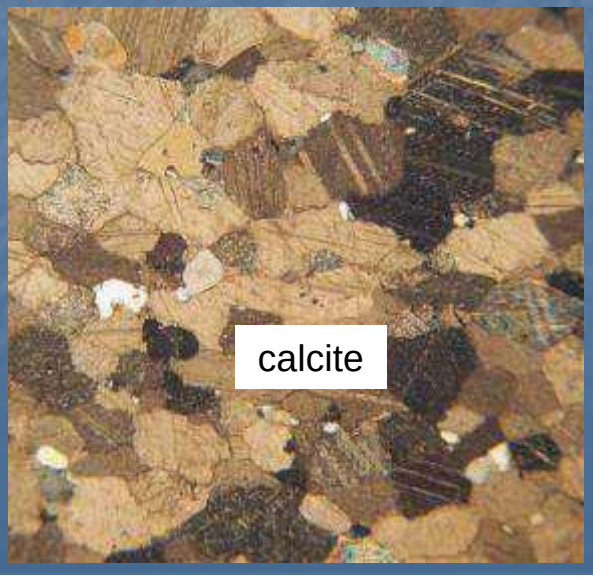


بیرفرنژانس

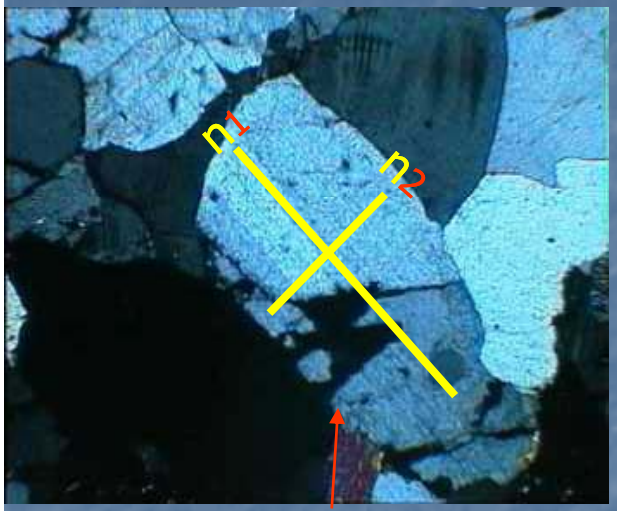
متوسط

بیرفرنژانس

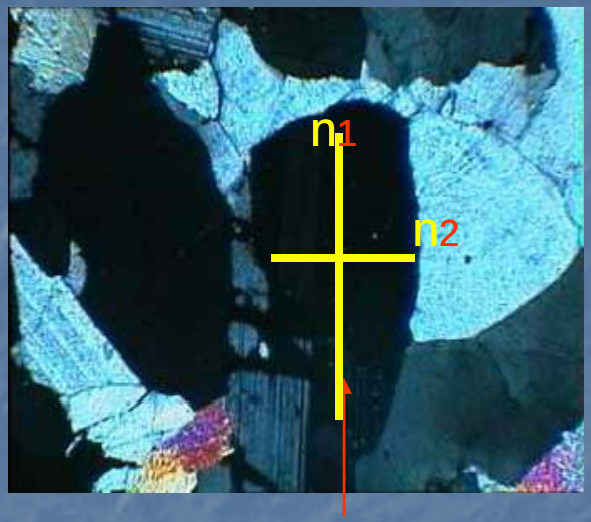
قوی



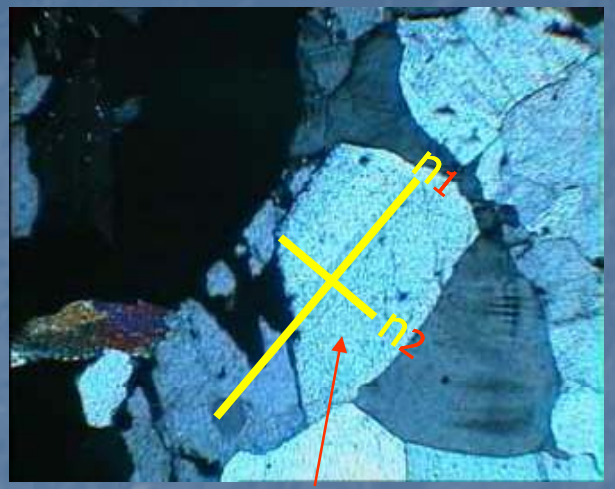
تعیین علامت طویل شدگی (منفی) در یک پلاژیوکلاز



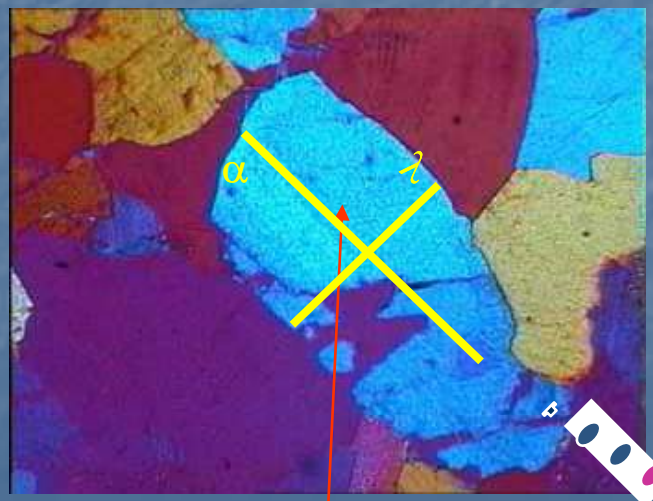
45درجه چرخش پلاتین



حالت خاموشی



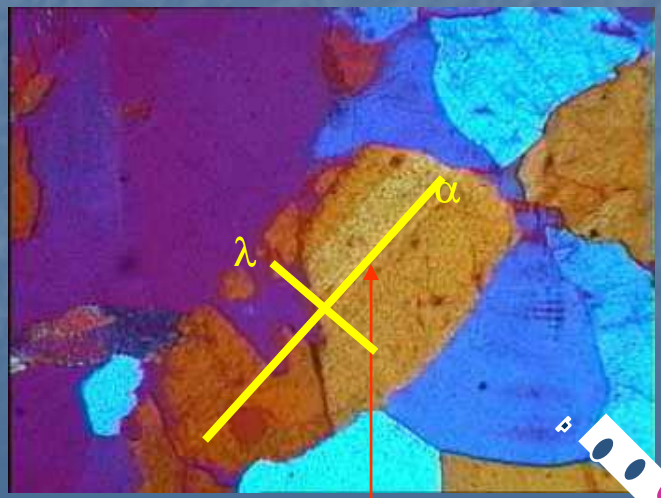
45درجه چرخش پلاتین



افزایش رنگها

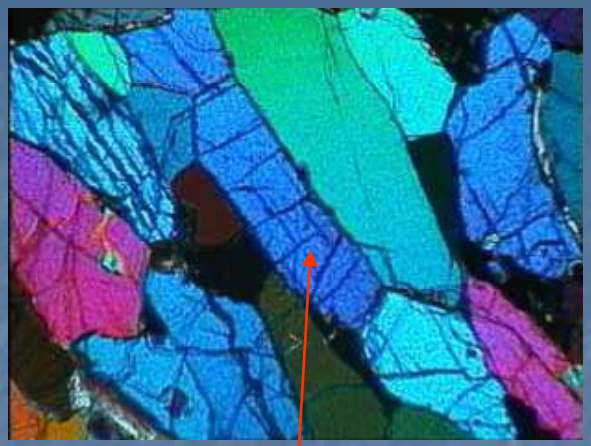
با وارد کردن تیغه λ

از آنجا که در این حالت رنگها افزایش یافته اند ،بنابراین ضریب شکست بزرگ تیغه کمکی بایستی با ضریب شکست کوچکتر کانی موازی قرار گرفته باشد.

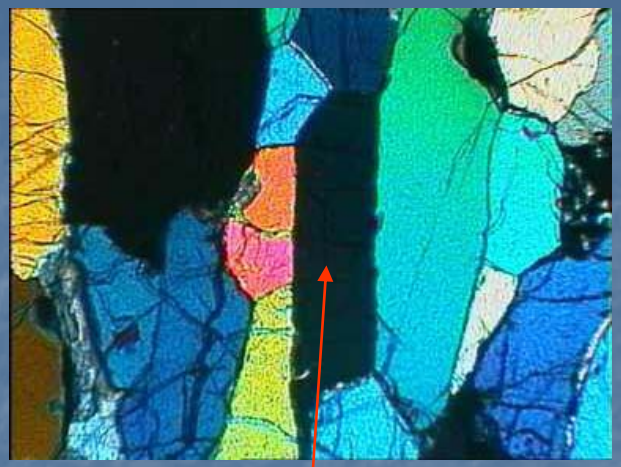


کاهش رنگها

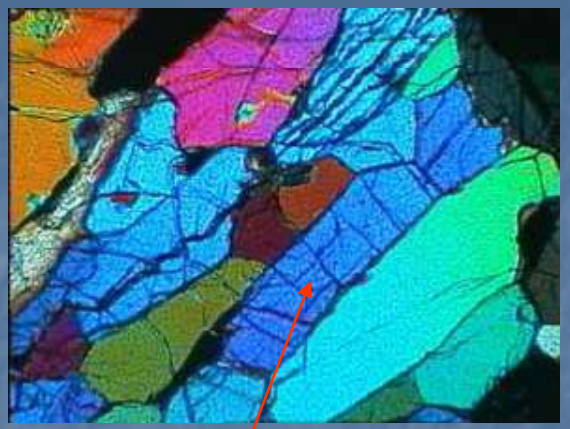
علامت طویل شدگی (مثبت) در کانی اولیوین



45درجه چرخش پلاتین



کانی در حالت خاموشی



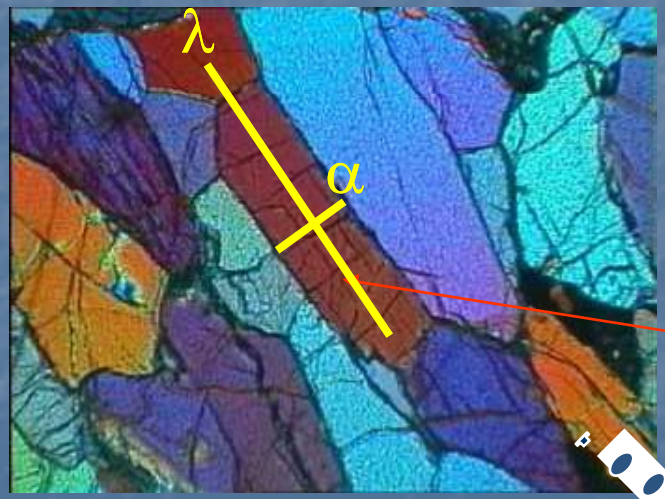
45درجه چرخش پلاتین

با وارد کردن تیغه $\lambda/4$

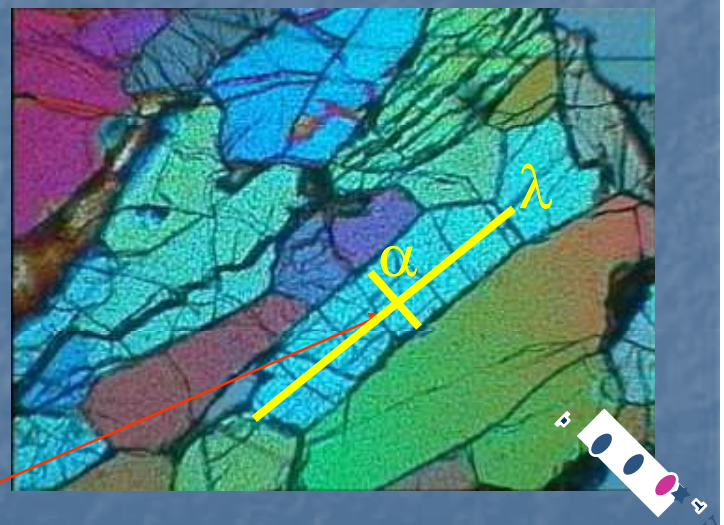
با وارد کردن تیغه $\lambda/4$

کاهش رنگها

افزایش رنگها

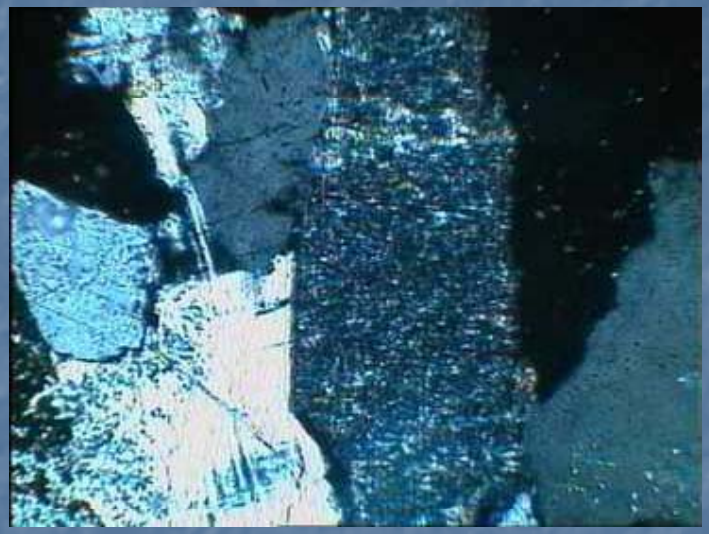


از آنجا که در این حالت رنگها کاهش یافته اند ،بنابراین ضریب شکست بزرگ تیغه کمکی بایستی با ضریب شکست کوچکتر کانی موازی قرار گرفته باشد.

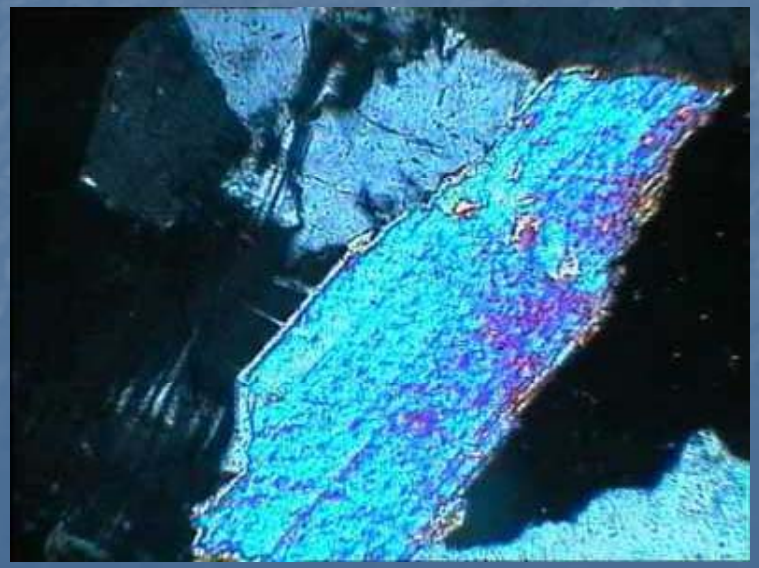


از آنجا که در این حالت رنگها افزایش یافته اند ،بنابراین ضریب شکست بزرگ تیغه کمکی بایستی با ضریب شکست بزرگتر کانی موازی قرار گرفته باشد.

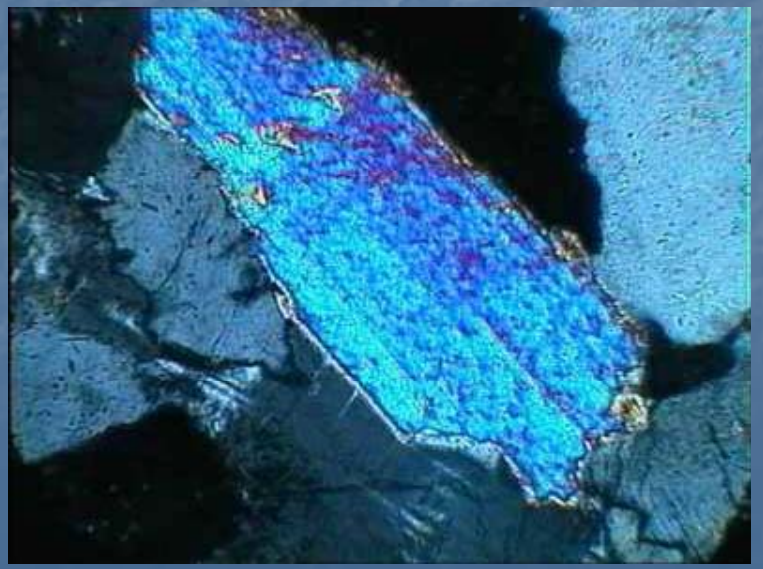
علامت طویل شدگی را در کانی موسکویت (با کمک گرفتن از فیلم های شماره 3 و 4 تعیین کنید؟



فیلم شماره 4



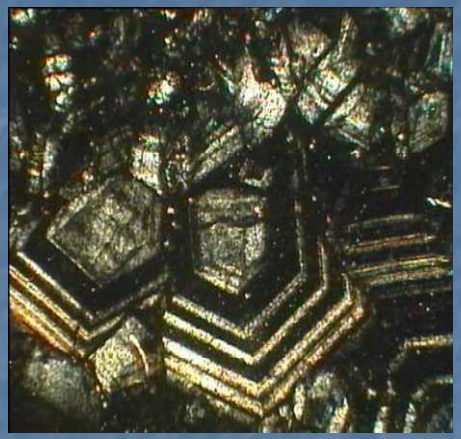
فیلم شماره 3



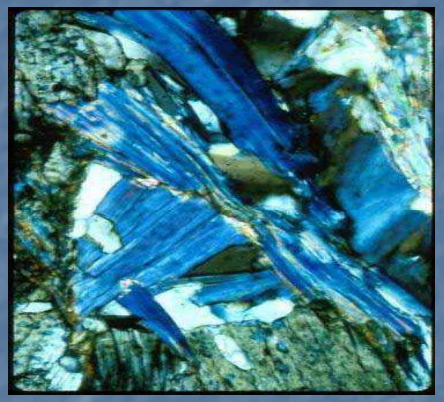
ورود تیغه گوه ای کوارتز

پدیده های غیر عادی بیرفرنژانس در فضای بلور

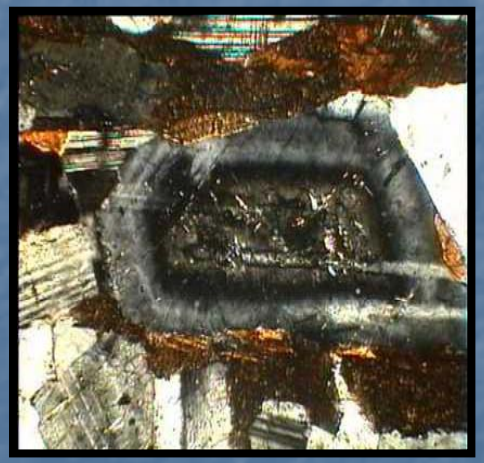
پدیده های غیر عادی رنگ های تداخلی به اختصار عبارتند از :



1- بی نظمی نورانی

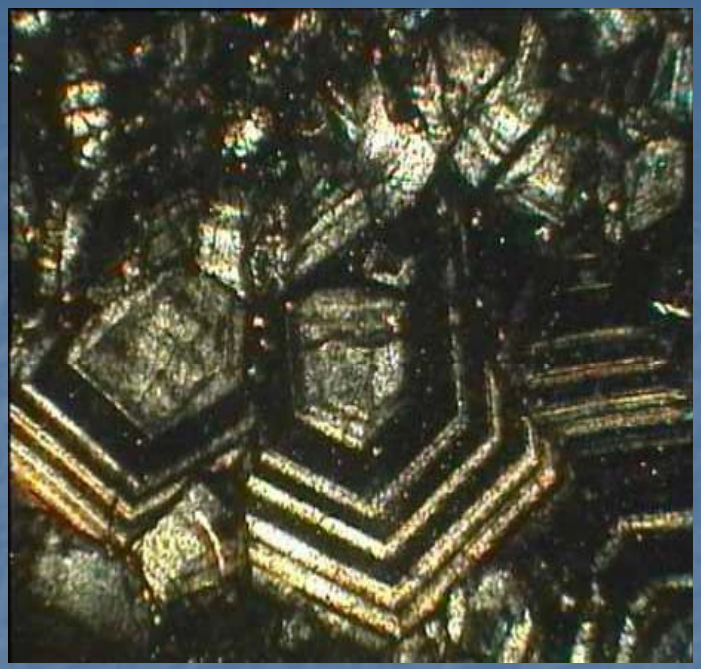


2- بیرفرنژانس غیر عادی



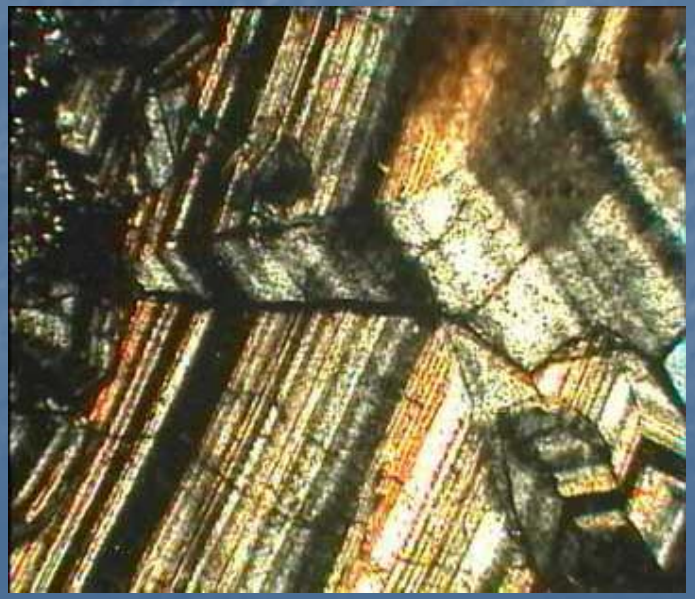
3- منطقه ای بودن

4- خاموشی موجی



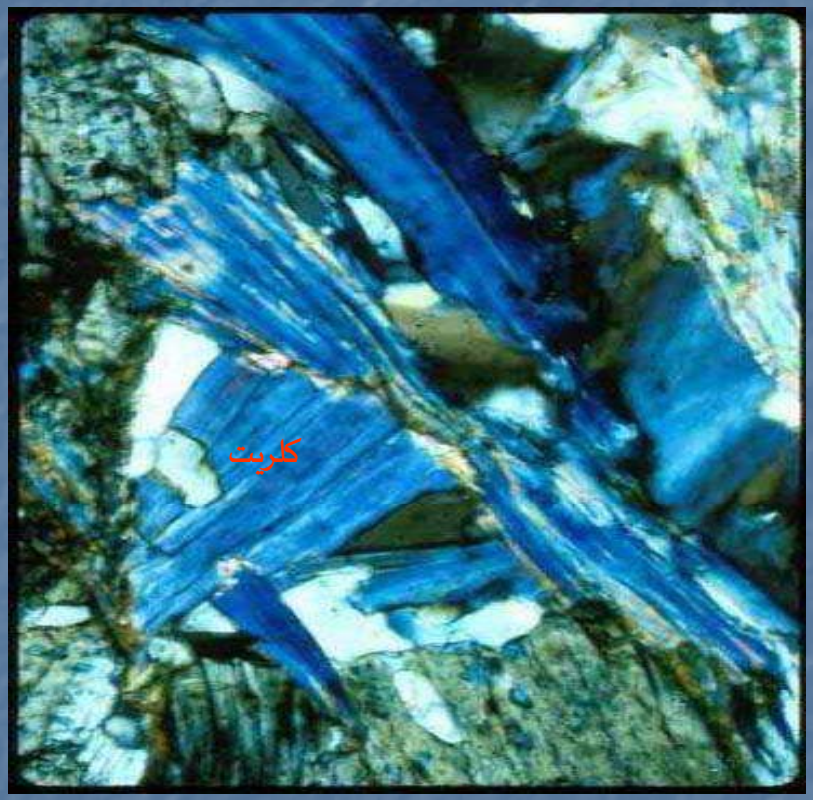
1- بی نظمی نورانی :

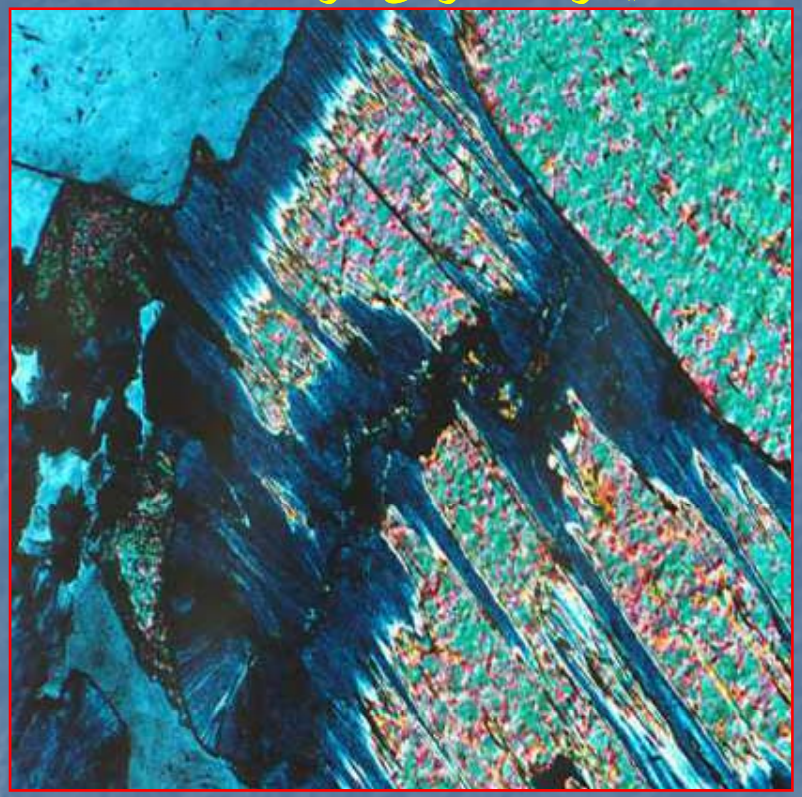
در بعضی از انواع گرونا (گروناهای کلسیم دار) که قاعدتاً به دلیل سیستم مکعبی باید در نور پلاریزه متقاطع، همسانگرد ظاهر شوند بیرفرنژانس ضعیفی(خاکستری تیره) مشاهده می شود . این حالت بی نظمی نورانی نامیده می شود .



2- بیرفرنژانس غیر عادی :

در بعضی از کانی ها ی با رنگ بیرفرنژانس ضعیف گاهی به جای رنگ بیرفرنژانس اصلی رنگ دیگری ظاهر می گردد.

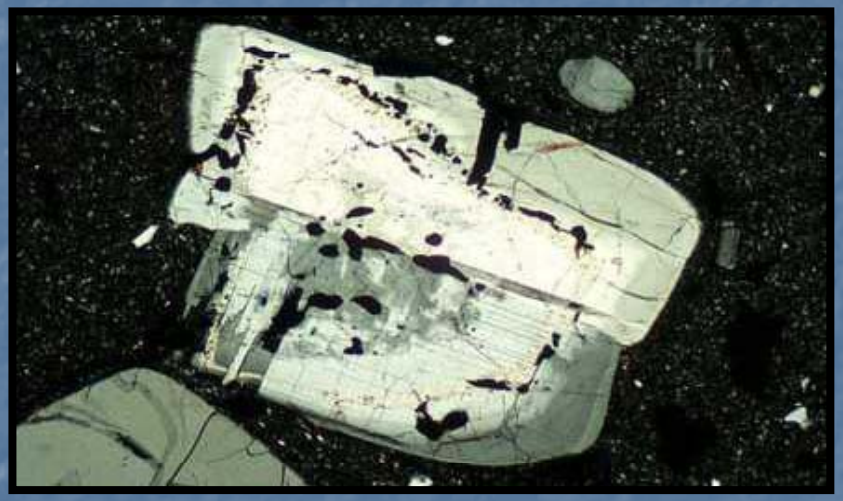


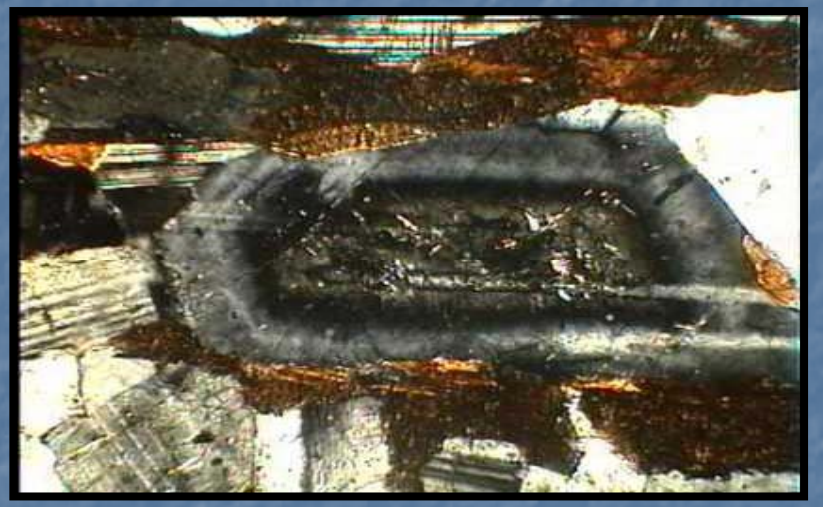


این پدیده بیشتر در کانی های با پاشیدگی قوی مانند کانی های کلینوزوییزیت ، زوییزیت و ایدوکراز مشاهده می شود .

3- منطقه ای بودن :

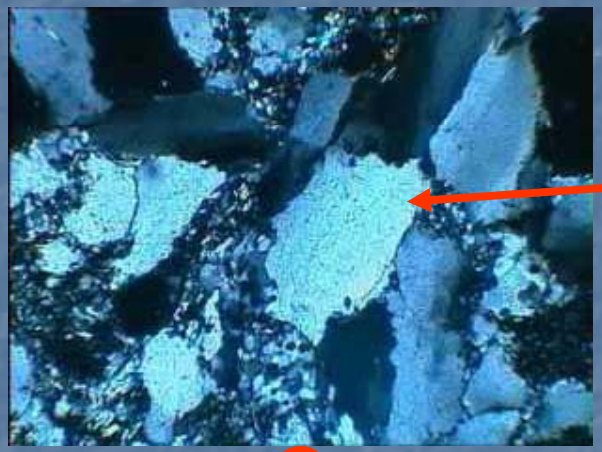
بعضی از کانی ها مثل پلاژیوکلاز ها ، در نور پلاریزه متقاطع، با چرخش صفحه پلاتین خاموشی در آنها به صورت مناطق متحدالمرکز ظاهر می شود . به این پدیده منطقه ای بودن گفته می شود .





4- خاموشی موجی :

بعضی از کانی ها ، نظیر کوارتز یا پلاژیوکلاز و ... در هنگام چرخش صفحه ی پلاتین به یکباره خاموش نمی شوند ، بلکه خاموشی در آن ها به صورت موج صورت می گیرد .

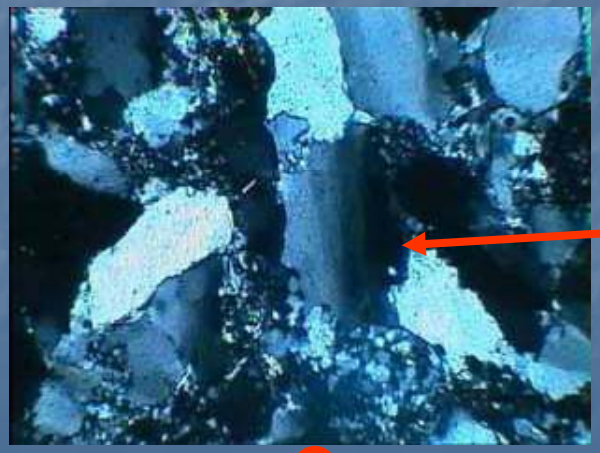


دانه کوارتز در وضعیت روشنایی

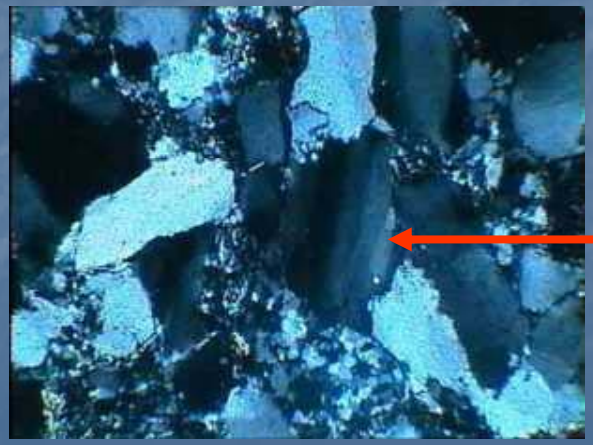
1

با چرخش پلاتین خاموشی به صورت موج حرکت می کند

2

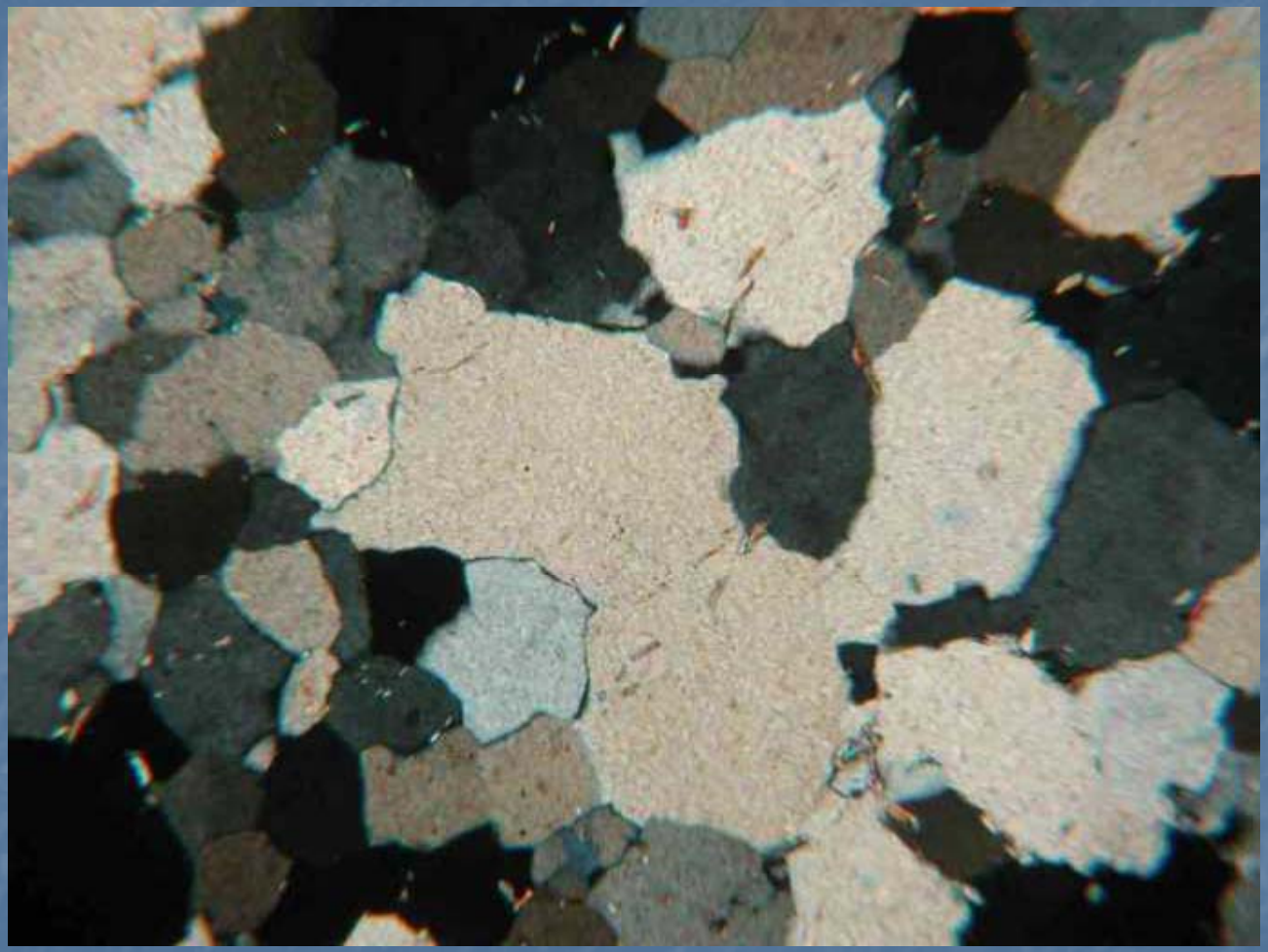


3



4

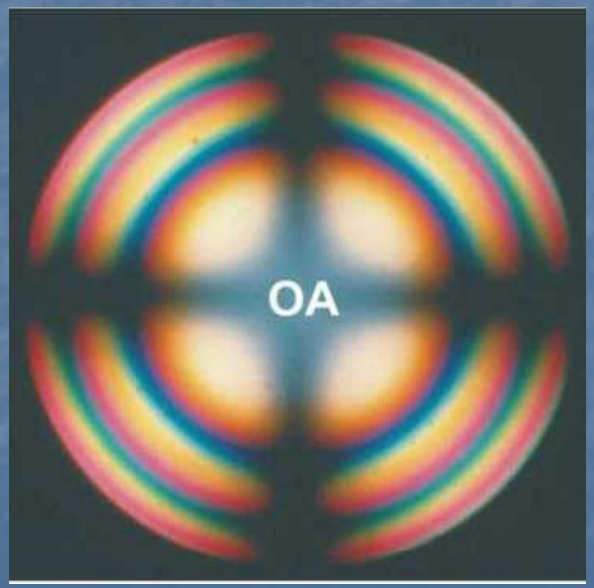
تعیین ضخامت مقطع

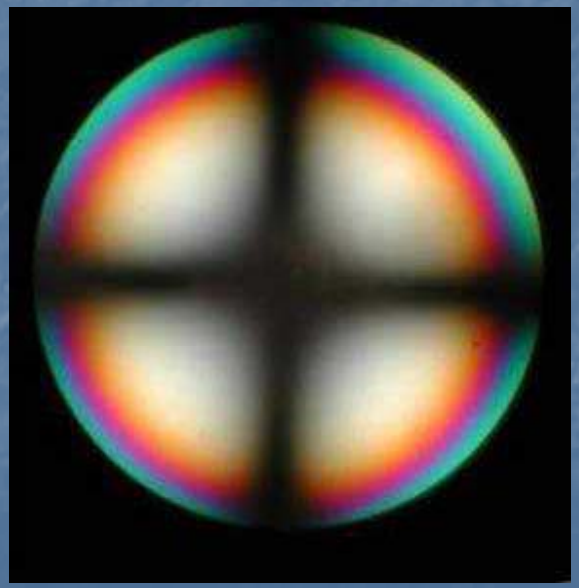


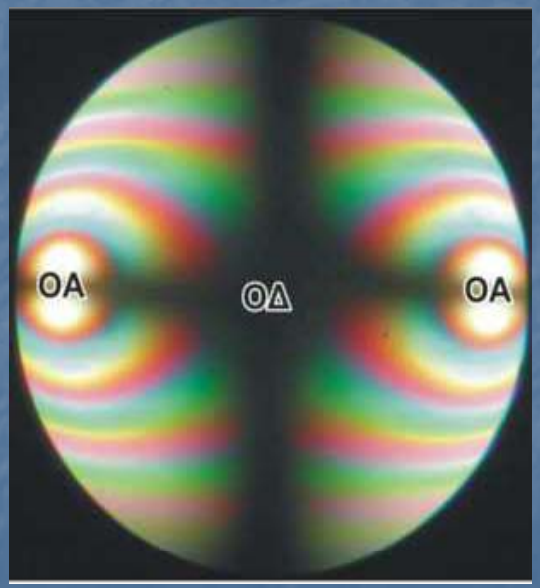
مقطع نازک دارای تعداد زیادی از دانه های کوارتز است .محور نوری در این دانه ها در برخی مایل و در بعضی دیگر تقریباً قائم و یا افقی است . دانه های با محور نوری افقی ، نشان دهنده ی بالاترین سری رنگ تداخلی هستند و در تصویر زرد رنگ پریده دیده میشوند. با استفاده از نمودار سری رنگهای نیوتن می توان ضخامت دقیق کانی را مشخص کرد (03/0میلی متر).

گفتار هفتم

مطالعه بلورها در نور پلاریزه متقارب



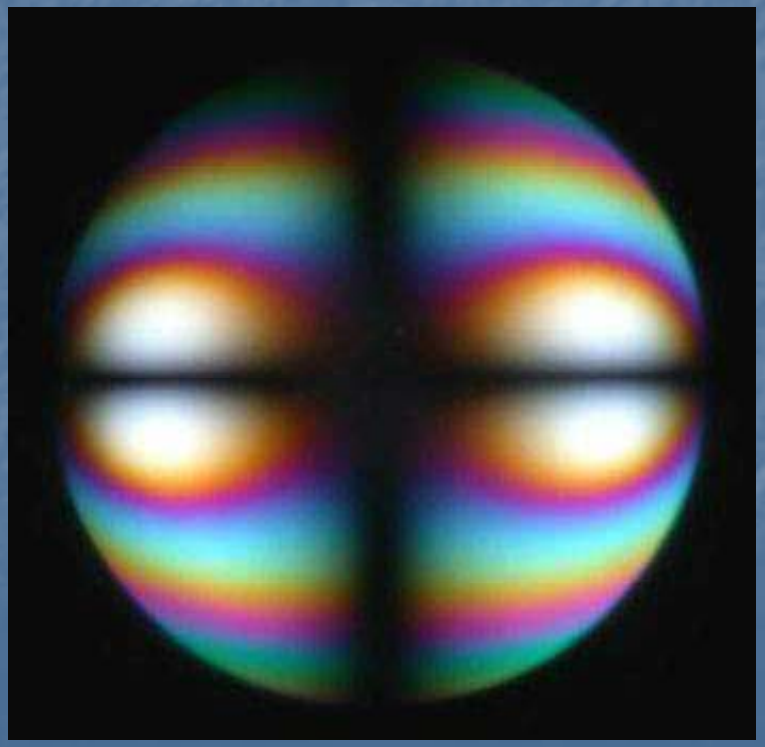


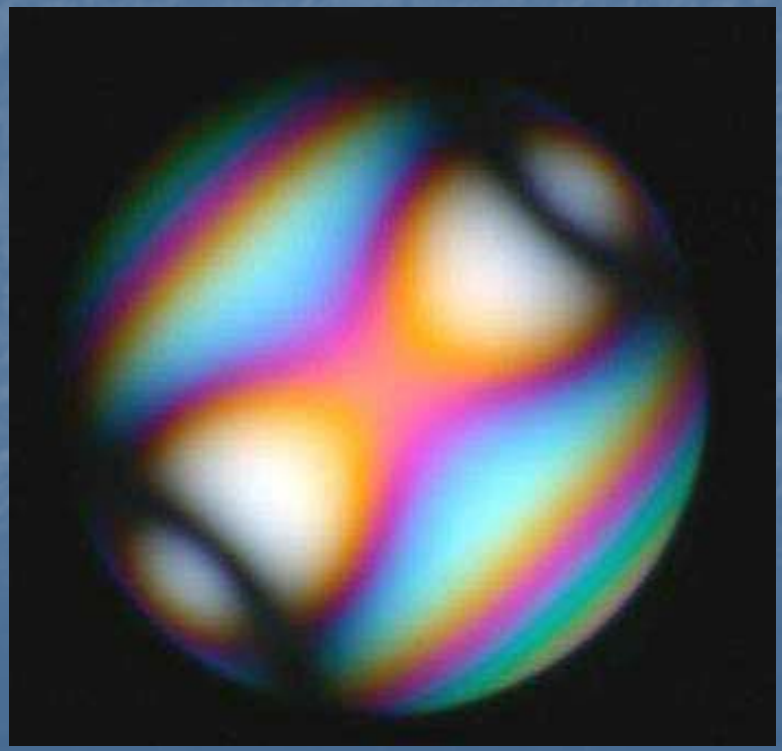


هدف کلی

در پایان این گفتار شما قادر خواهید بود:

مشخصه هایی از بلورها را ، در نور پلاریزه متقارب با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان بررسی نمایید.





هدفهای رفتاری

1-نور پلاریزه ی متقارب را تعریف کنید و چگونگی ایجاد آن را از طریق به کارگیری قسمت های مختلف میکروسکوپ بیان کنید.

2-چگونگی تشخیص بلورهای یک محوری و تعیین علامت نوری آن ها را بیان کنید .

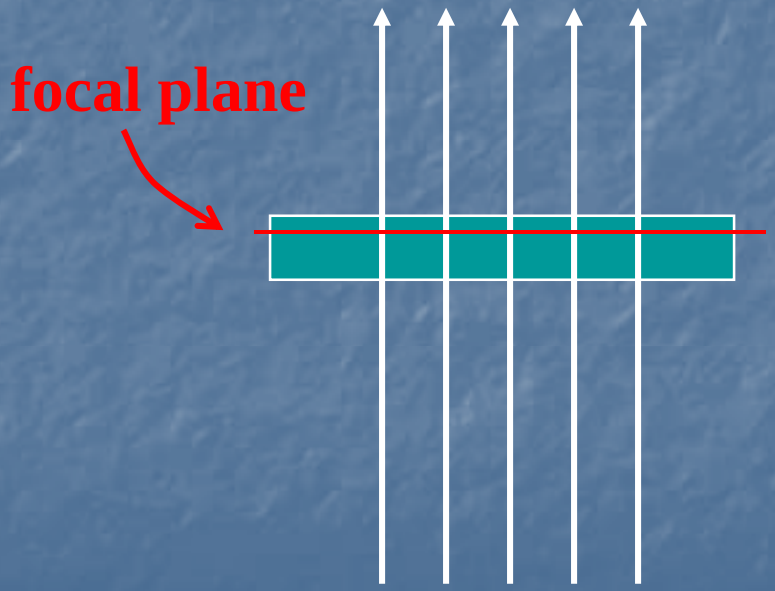
3- چگونگی تشخیص بلور های دو محوری و تعیین علامت نوری آن ها را بیان کنید .

4- بهترین مقاطع بلور ها جهت سنجش یک محوری یا دو محوری بودن کانی ها و علامت نوری را با ذکر علت توضیح دهید .

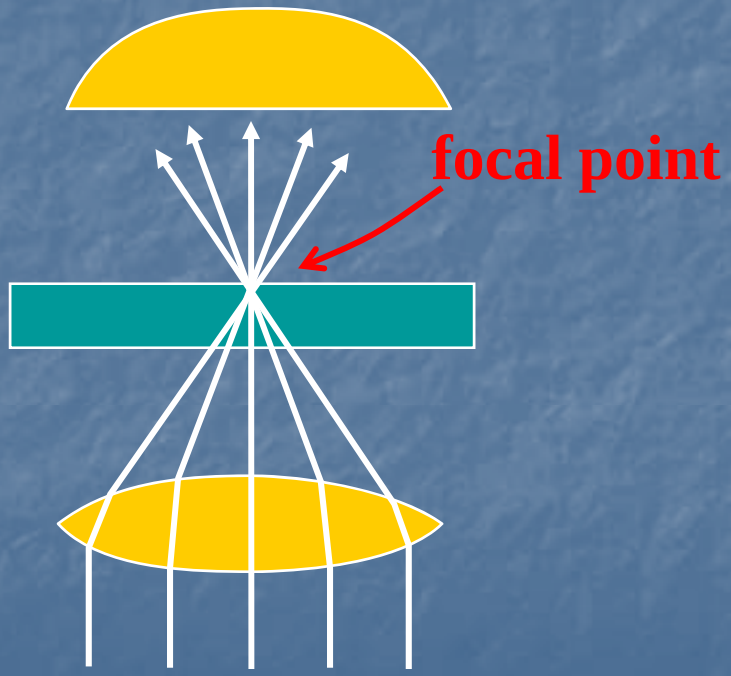
5-چگونگی اندازه گیری زاویه 2V را توضیح دهید.

مطالعه کانیها در نور پلاریزه متقارب

مطالعه ی اورتوسکوپی یا مطالعه با نور پلاریزه موازی مطالعه ی بلور ها با نور پلاریزه ای است که موازی محور میکروسکوپ از طریق بلور انتقال داده می شود. مطالعه ی کنوسکوپی بلور ها عبارت از بررسی بعضی دیگر از ویژگی های نوری بلور های ناهمسانگرد است که توسط میکروسکوپ پلاریزان و با استفاده از کندانسور و عدسی برتران صورت می گیرد .



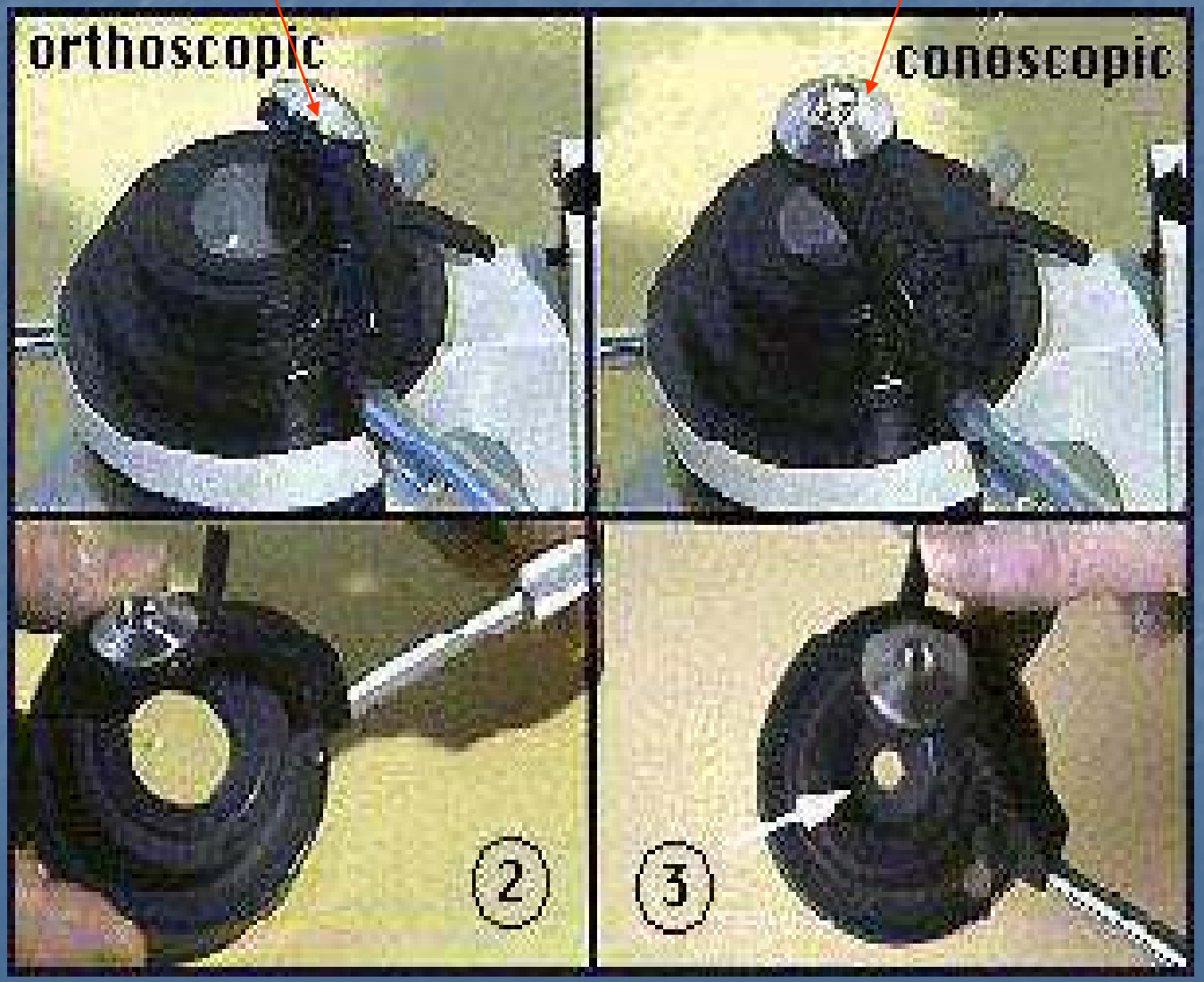
ارتوسکوپی



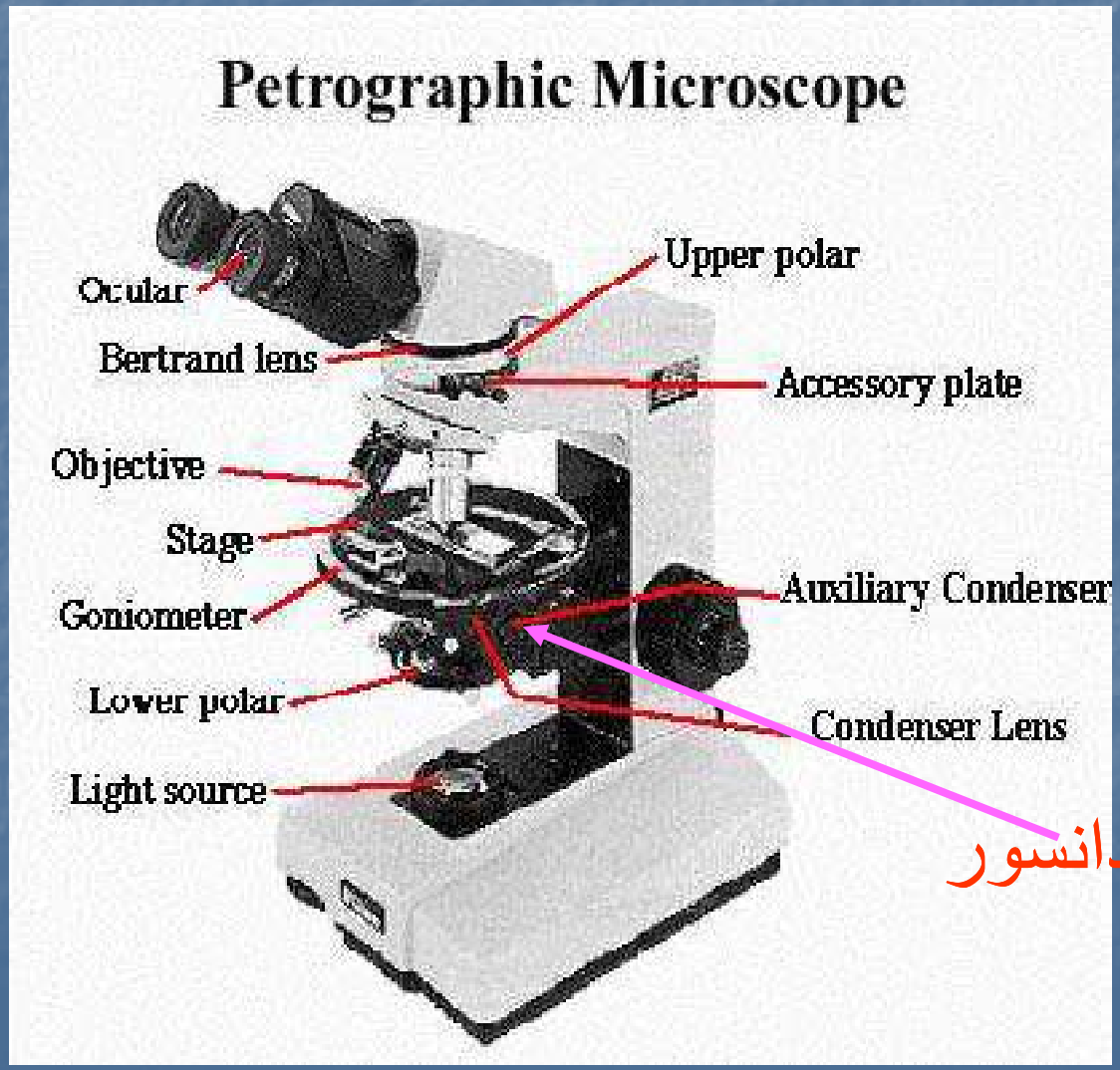
کنوسکوپی

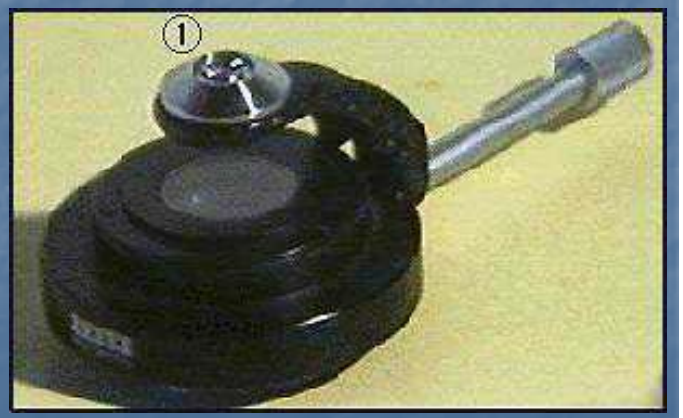
- حالت کنوسکوپی
- (عدسی متقارب کننده داخل است)

- حالت ارتوسکوپی
- (عدسی متقارب کننده خارج است)

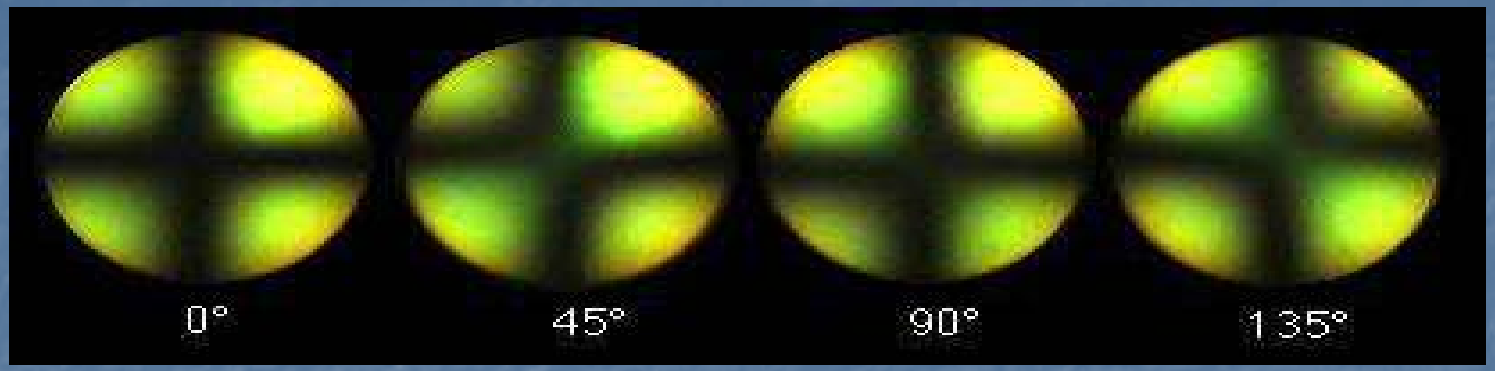


- برای مطالعه ی کانی ها با نور متقارب ، ابتدا کندانسور را در مسیر عبور نور و در طول محور میکروسکوپ قرار می دهیم . پس از آن عدسی شیئ با بزرگترین بزرگنمایی را در مسیر میدان دید میکروسکوپ وارد می کنیم .





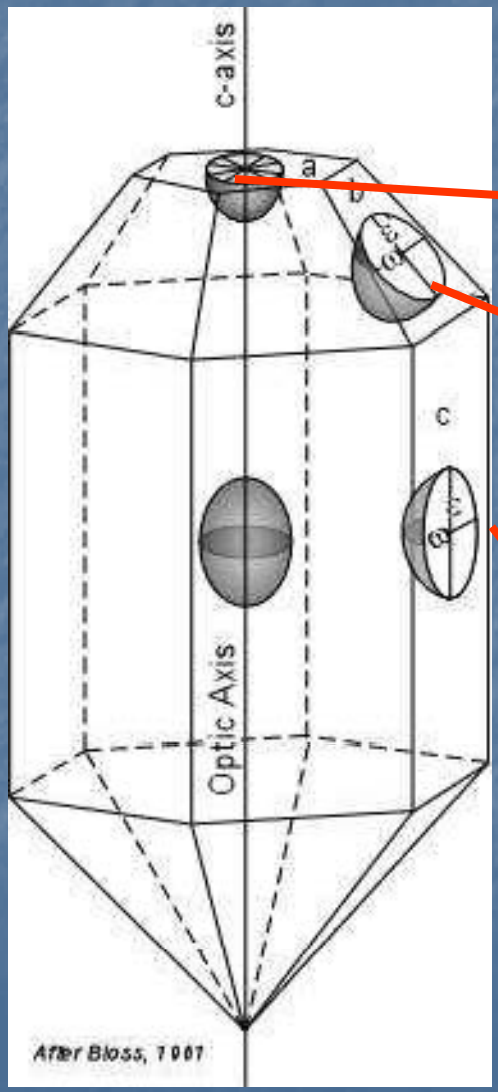
می توان با خارج کردن عدسی برتران و عدسی چشمی از میدان دید میکروسکوپ تصاویر کوچک اما واضح و روشنی را از رنگ های تداخلی به دست آورد .



- بلور هایی که در سیستم تری گونال ، تتراگونال و هگزاگونال متبلور می شوند بلور های یک محوره اند ، در حالی که بلور های متبلور در سیستم های منوکلینیک ، تری کلینیک و اورتورمبیک دو محوری اند .

- بعضی از بلور های دو محوری به خاطر کوچک بودن زاویه ی محوری آن ها ، اشکالی همانند کانی های یک محوری نشان می دهند . بعضی از بلور های یک محوری تحت تاثیر نیرو های کششی به صورت بلور های دو محوری مشاهده شوند .

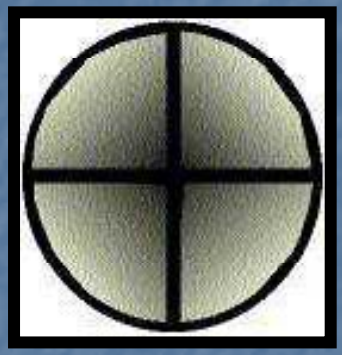
- بهترین مقاطع برای تشخیص یک محوری بودن بلورها، مقاطعی هستند که عمود بر محور نوری برش داده شده باشند .

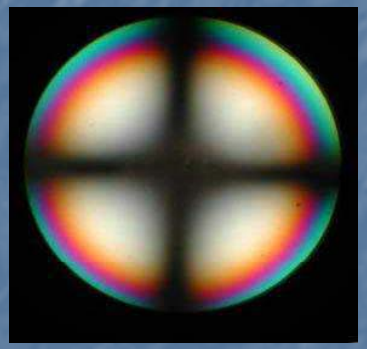


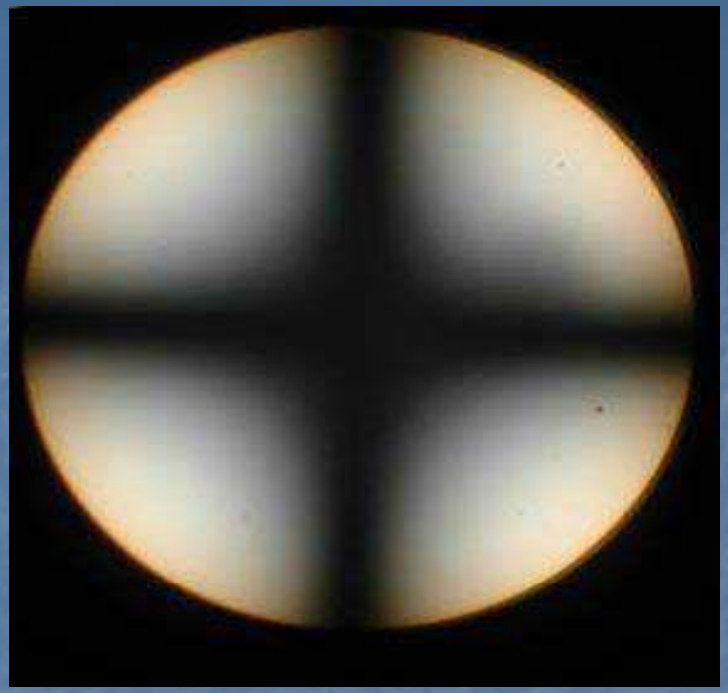
برش عمود بر محور نوری

برش مایل

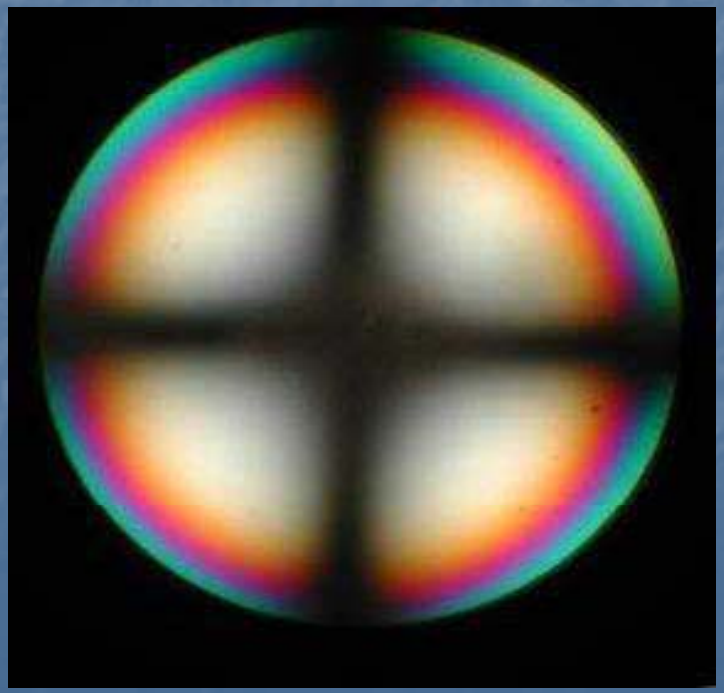
برش موازی با محور نوری

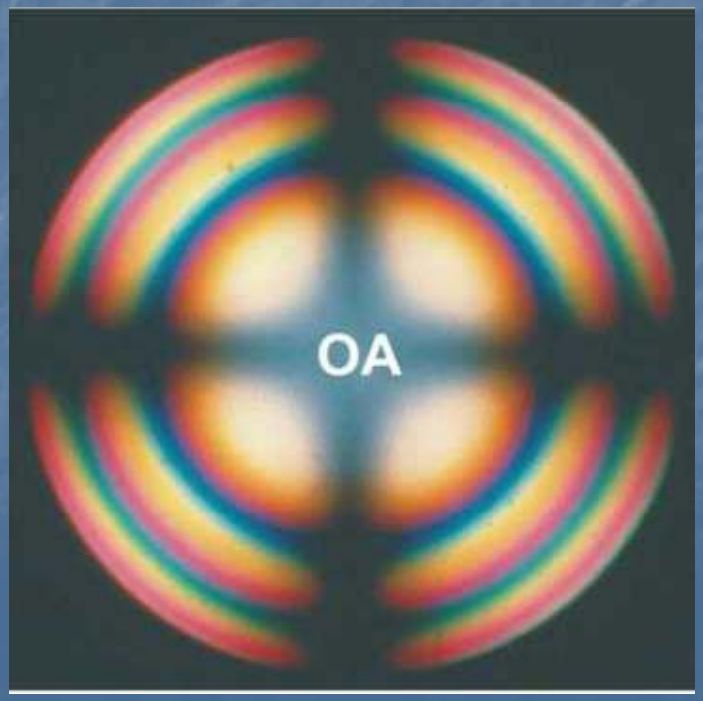


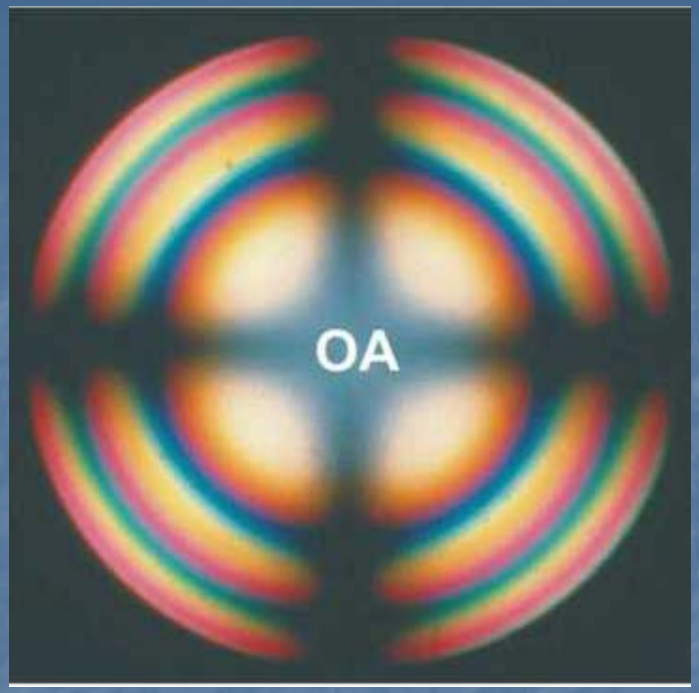


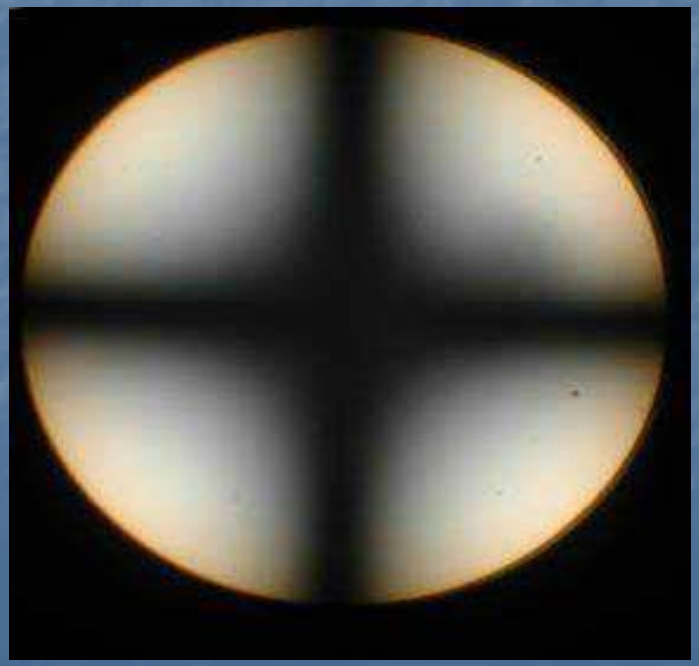


- در کانی های یک محوری ،اشکال تداخلی عبارت است از یک محور متقاطع سیاهرنگ (صلیب سیاه) و یک یا چند دایره ی متحدالمرکز که نشان دهنده رنگ های تداخلی است .







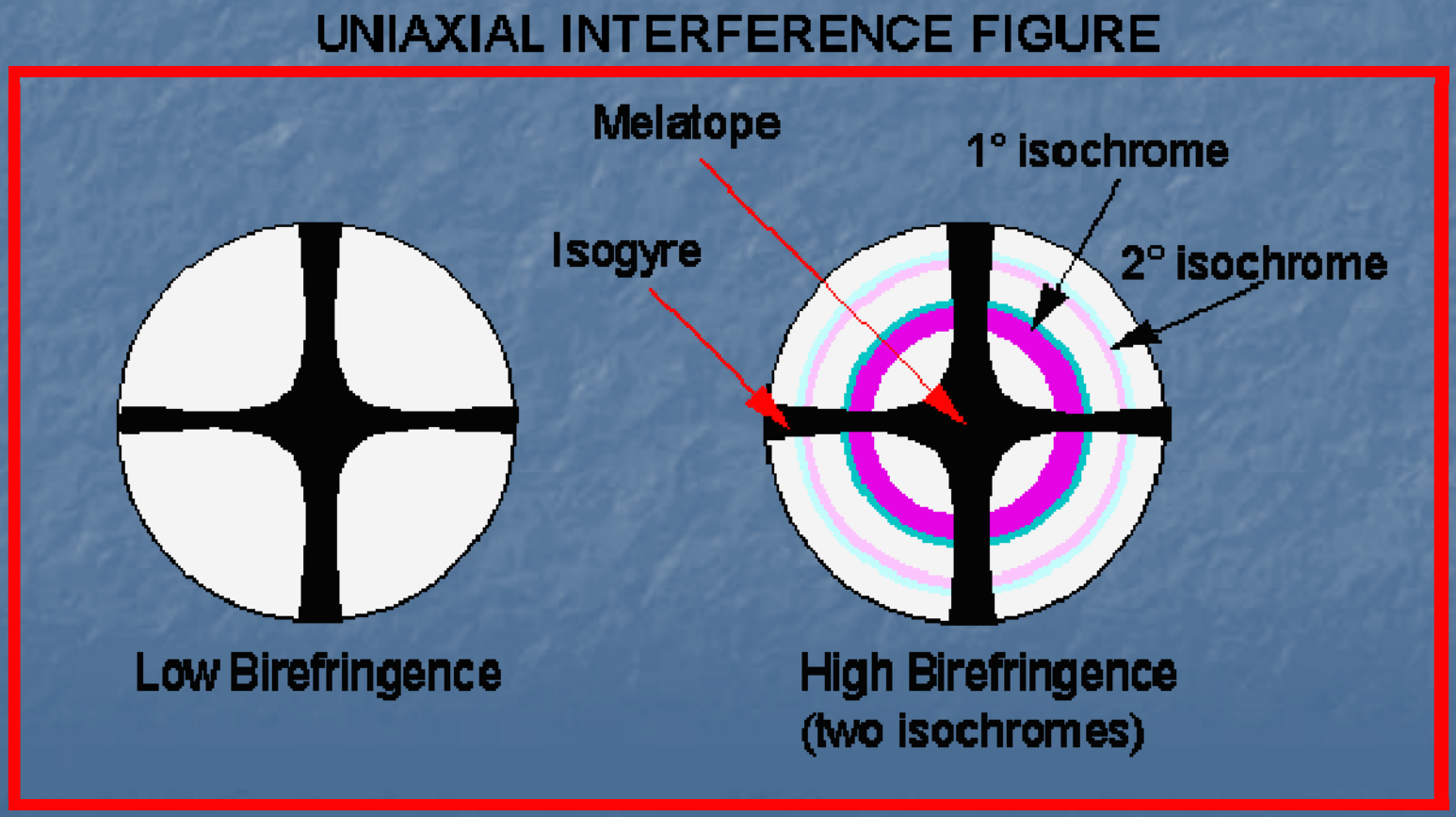


رنگ های تداخلی و تعداد دوایر متحدالمرکز رنگین در اشکال تداخلی کانی های یک محوری با تغییر ضخامت مقطع نازک و تغییر شکست مضاعف کانی متغیر خواهد بود

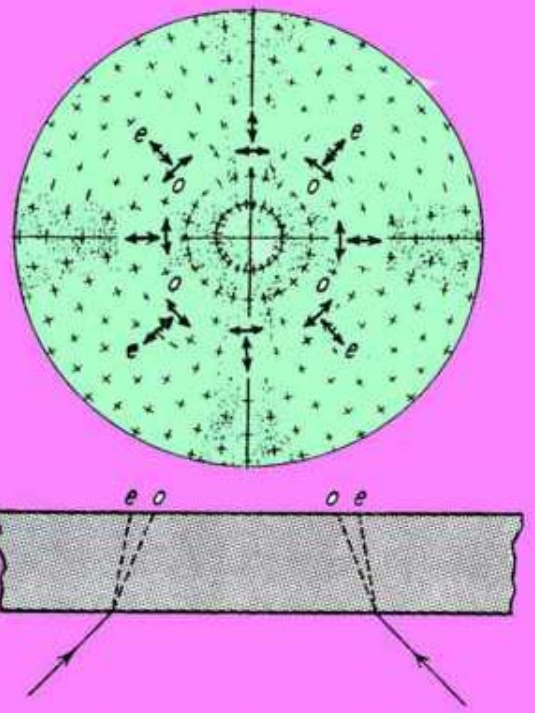
در کانی های با ضخامت زیاد ممکن است سری های بیشتری از رنگ های تداخلی (سری اول ، سری دوم ، سری سوم ... و یا بیشتر) مشاهده شود ،

در حالی که در مقاطع نازک از همان کانی رنگ های تداخلی دوایر متحدالمرکز ممکن است از سری اول بالاتر نرود .

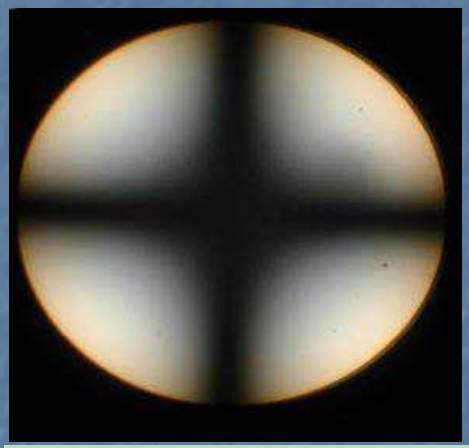
- در حالت دیگر اگر دو مقطع نازک از دو کانی مختلف ، ضخامت و همچنین برش آنها نسبت به محور نوری یکسان باشد ، هنگام مطالعه با نور متقارب ، مقطع نازک با شکست مضاعف بیشتر ، تعداد دوایر متحدالمرکز رنگین بیشتری را نسبت به مقطع نازک با شکست مضاعف کمتر نشان خواهد داشت .

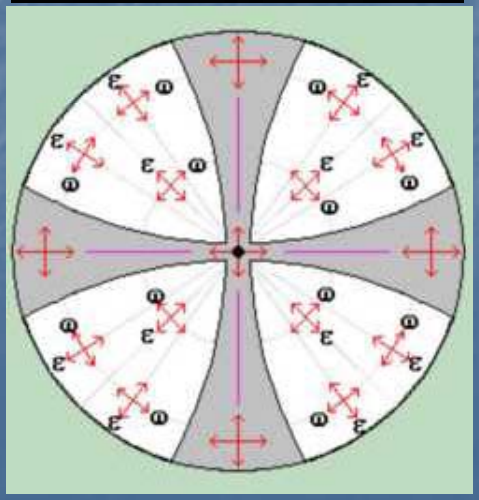


- در مقطع نازک یک کانی ، مثلاً کوارتز که عمود بر محور اصلی بلور برش داده شده است . هنگام عبور نور متقارب از آن مقطع پرتو های متقارب شکسته شده و هر کدام به دو نور تقسیم می شوند : نور غیر عادی e و نور عادی o

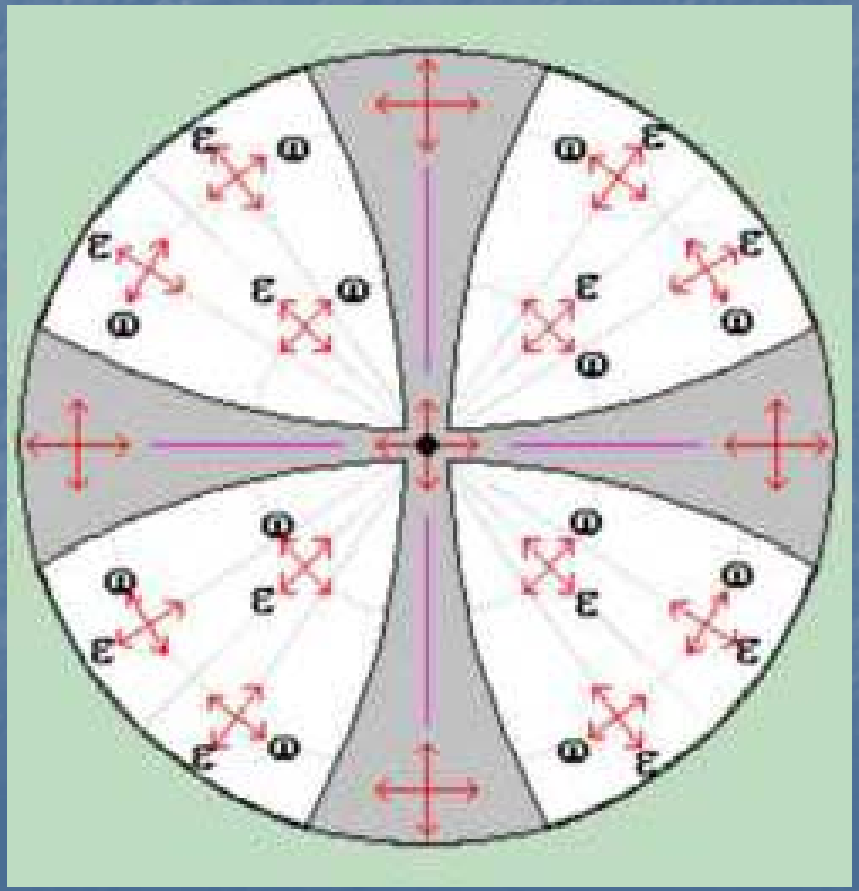


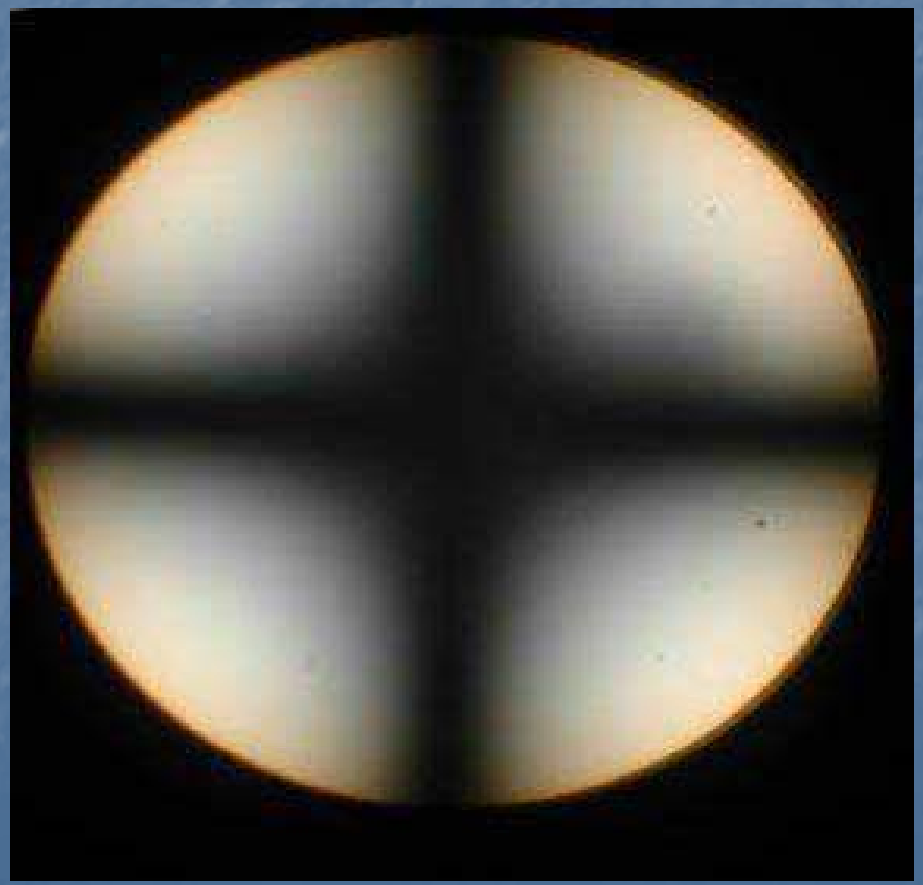
شکل ۴-۷. نمایش جهات ارتعاش دو نورعادی و غیرعادی در کانیهای دو محوری و چگونگی تشکیل اشکال تداخلی. شعاع غیرعادی با سرعت کمتر و شکست بیشتر = e
شعاع عادی با سرعت بیشتر و شکست کمتر = o

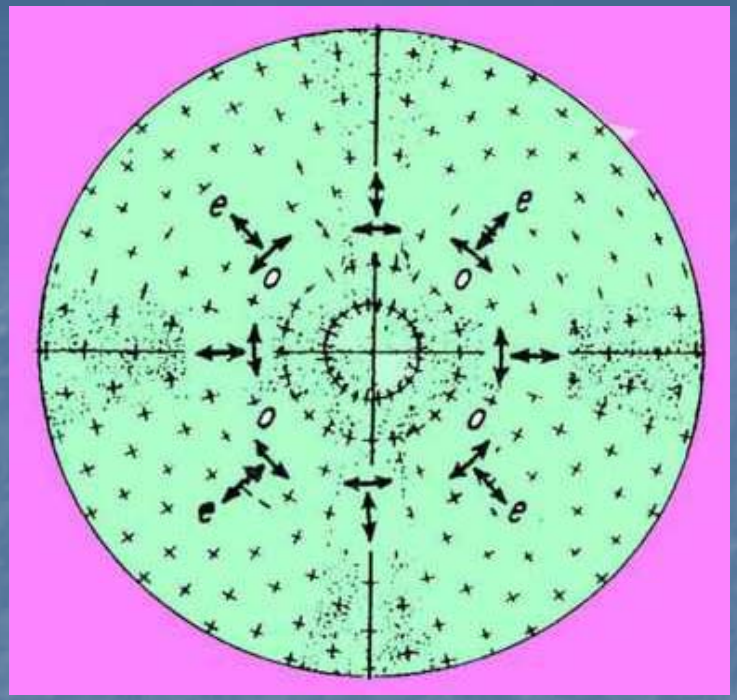


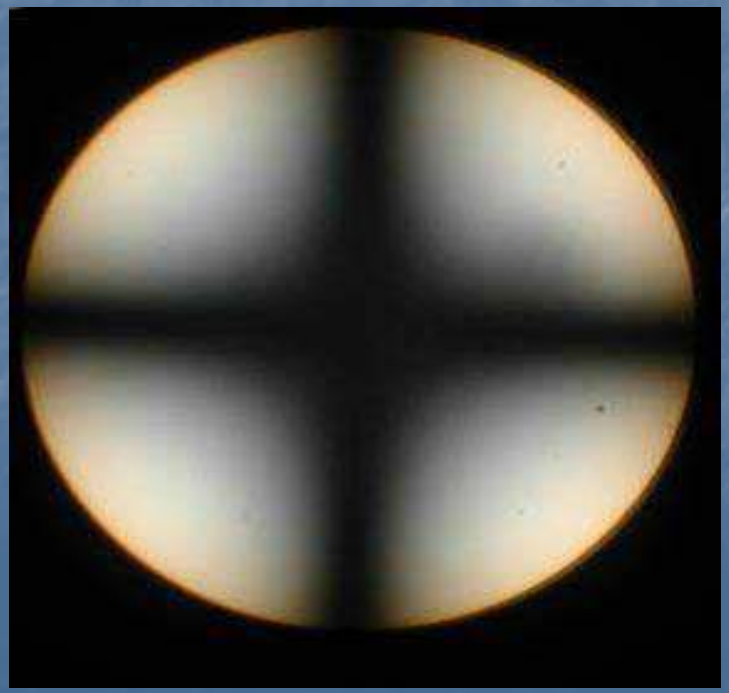


نور غیر عادی e که در امتداد شعاع میدان دید میکروسکوپ مرتعش می گردد و نور عادی o که در جهت عمود بر آن مرتعش می شود . نور غیر عادی e دارای ضریب شکست بیشتر و در نتیجه سرعت کمتر است ، در حالی که نور عادی o دارای ضریب شکست کمتر و سرعت بیشتر است .

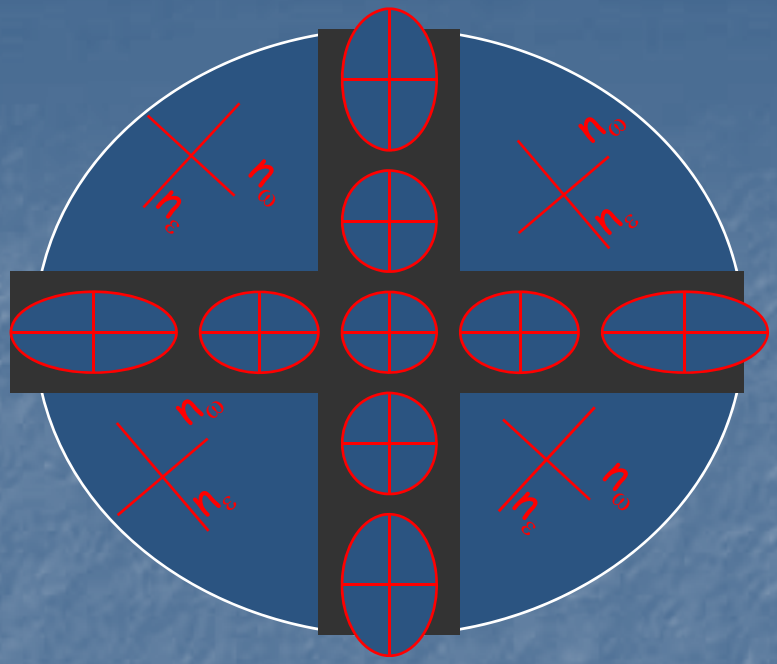




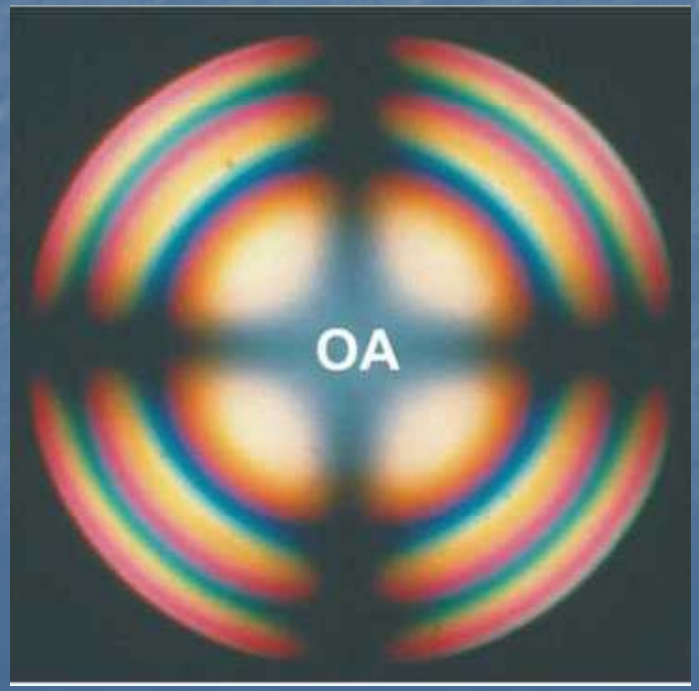




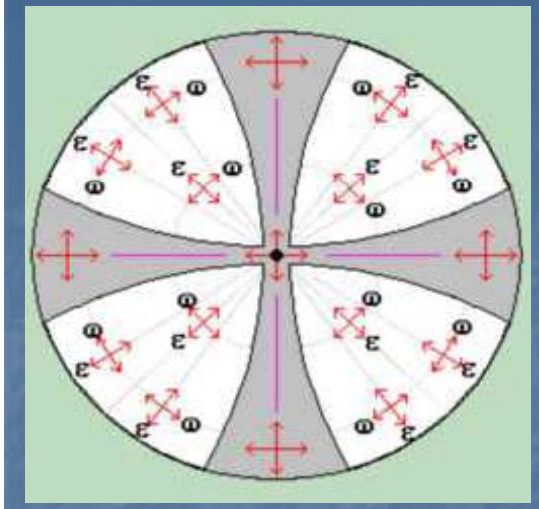
- مقدار اختلاف دو ضریب شکست (ne-no) از صفر در مرکز ، یعنی جایی که نور به صورت موازی با محور نوری به مقطع نازک می تابد ، تا حداکثر مقدار در حاشیه ای میدان ، یعنی جایی که نور با حداکثر زاویه نسبت به محور نوری به مقطع می تابد ، تغییر خواهد کرد .

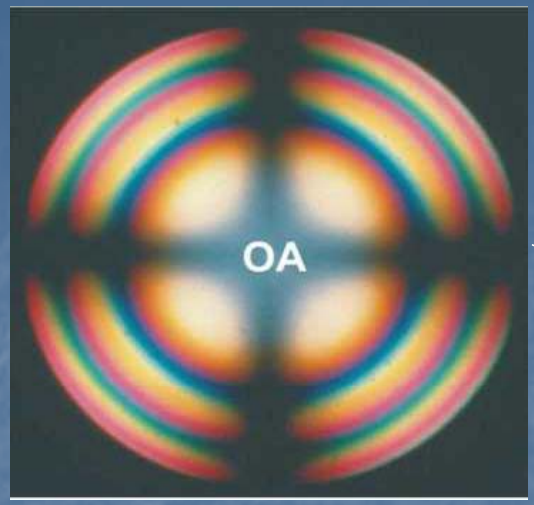


- با انطباق جهات ارتعاش دو نور e و o با جهات ارتعاش آنالیزور و پلاریزور خاموشی ایجاد می شود و میدان دید در آن منطقه تاریک می گردد . مجموع این نقاط که در مجاورت تنگاتنگ قرار گرفته اند، صلیب سیاه را تشکیل می دهند . اما در سایر نقاط تاخیر های متفاوتی خواهیم داشت .



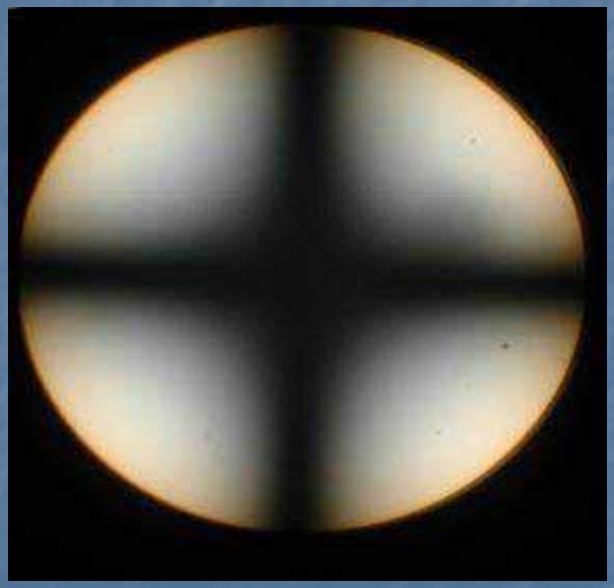
- در مرکز میدان ، با توجه به اینکه جهات ارتعاش دو نور عادی و غیر عادی منطبق با جهات ارتعاش آنالیزور و پلاریزور است ، نوری از آن عبور نمی کند و دایره ی رنگین تشکیل نمی شود .





هر چه از مرکز به طرف حاشیه های میدان حرکت می کنیم ، اختلاف دو ضریب شکست و در نتیجه مقدار تاخیر افزایش می یابد .

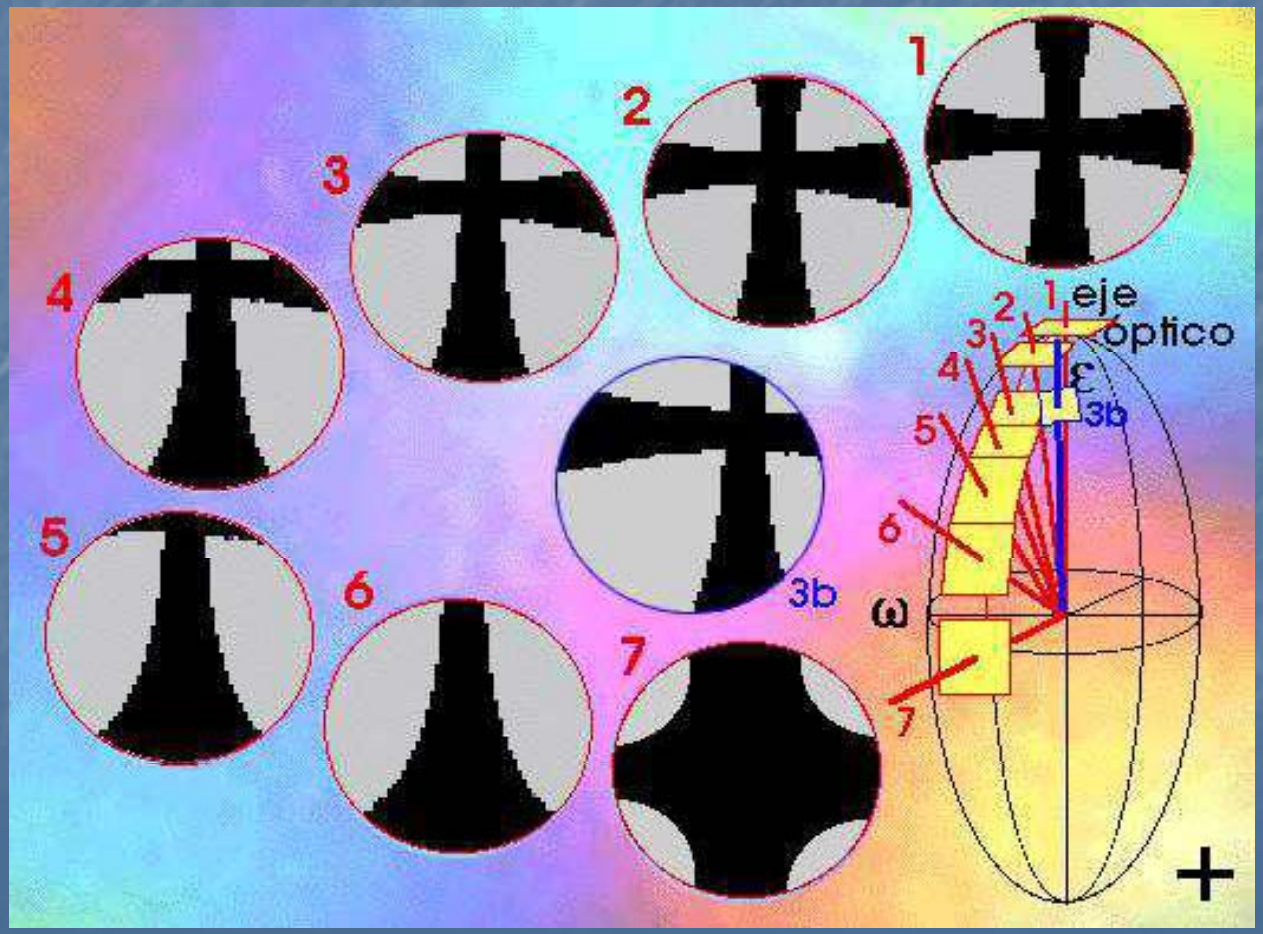
با افزایش مقدار تاخیر ،سری رنگ های مربوط به آن نیز بالاتر رفته و به این ترتیب دوایر متحدالمرکز رنگین ظاهر می شوند .

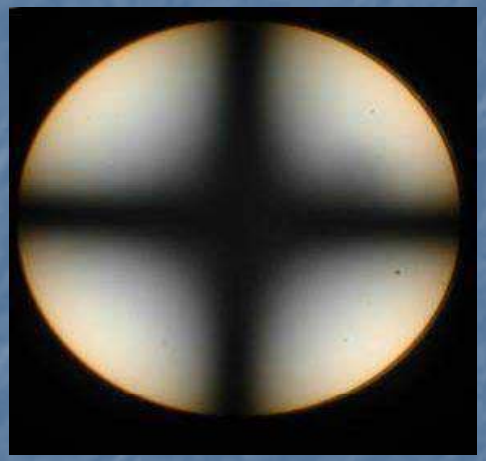


تعداد دوایر رنگین بستگی به شدت شکست مضاعف دارد . بلوری که دارای شکست مضاعف ضعیف و در نتیجه بیرفرنژانس آن ضعیف باشد ، فاقد دوایر رنگین خواهد بود .

مقاطع مختلفی از یک بلور یک محوری می توان تهیه نمود.

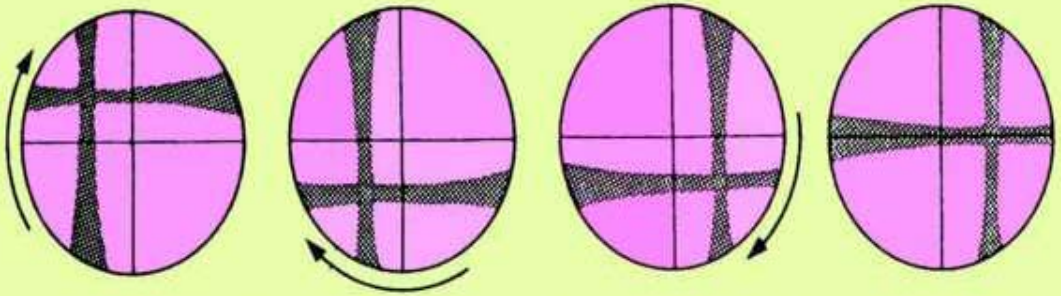
بهترین مقطع ، مقطعی است که عمود بر محور نوری برش داده شده باشد (برش شماره 1) .



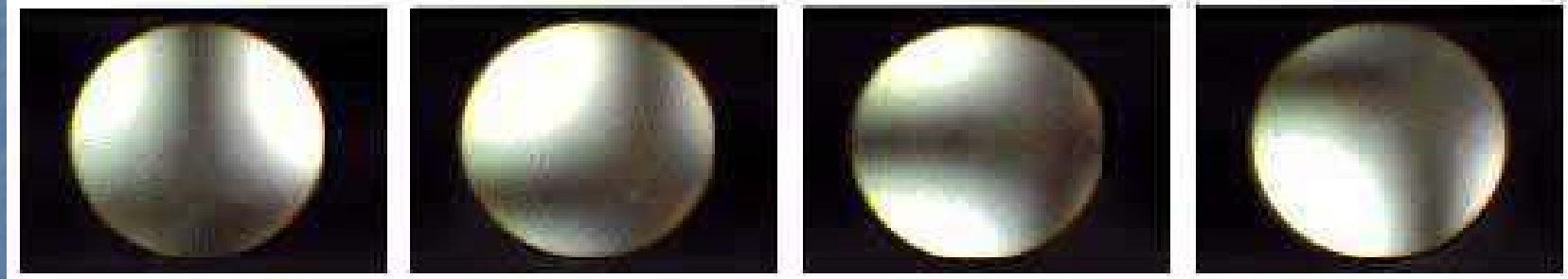


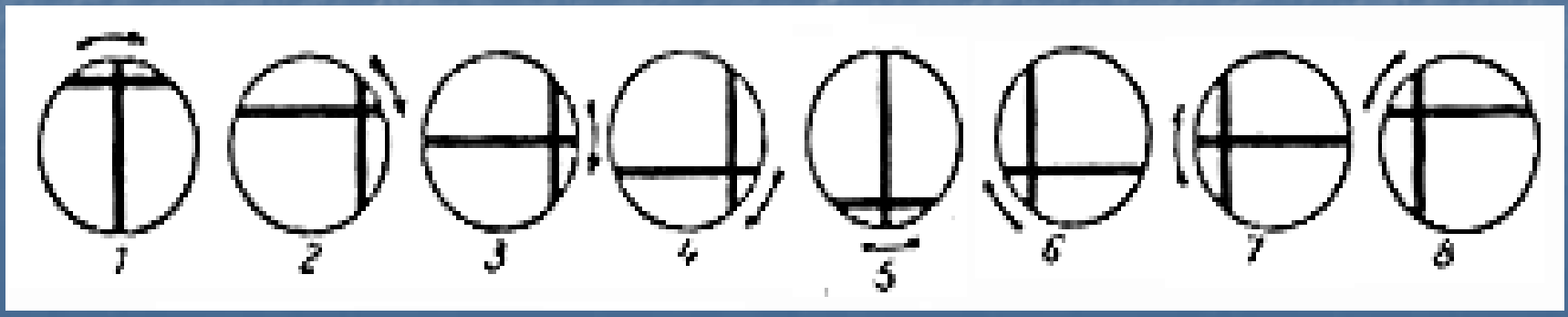
(برش شماره 1)

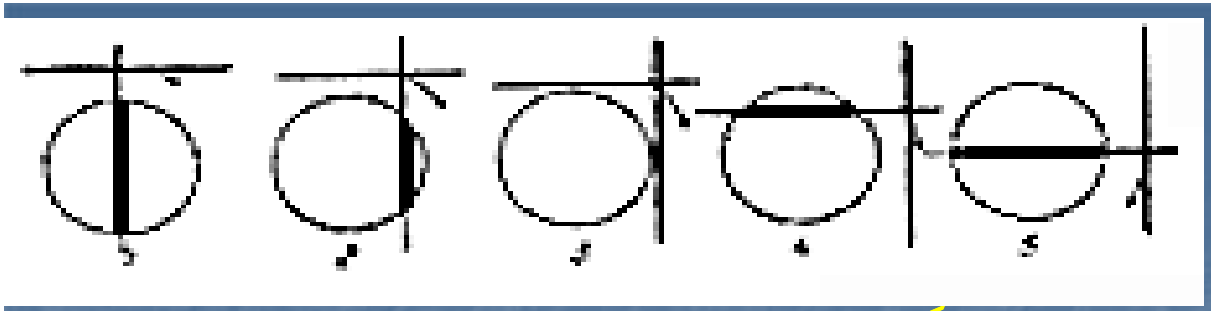
در صورتیکه مقطع نازک یک کانی یک محوری نسبت به محور نوری مایل باشد .دیگر صلیب سیاه به صورت متقارن در میدان میکروسکوپ ظاهر نمی شود ، بلکه محل تقاطع دو خط سیاهرنگ عمود بر هم ، به نسبت زاویه ی تمایل برش ، خارج از مرکز میدان دید میکروسکوپ خواهد بود .



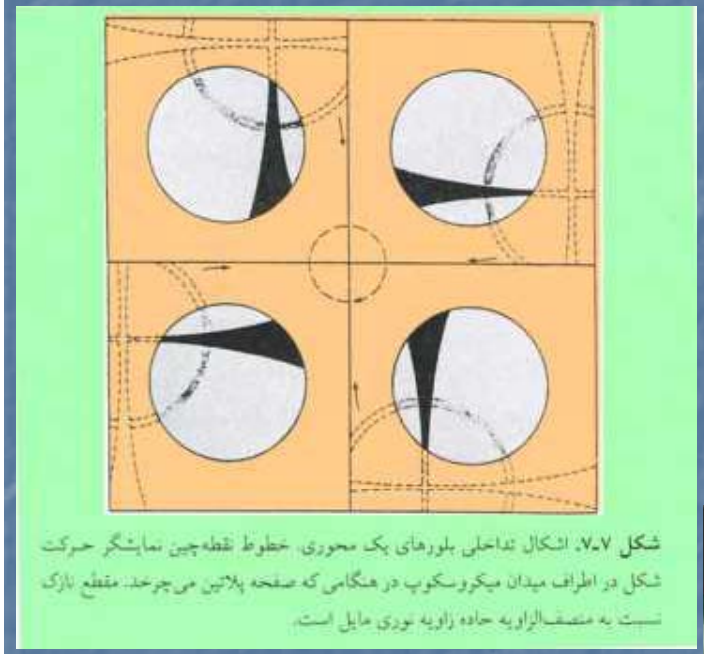
شکل ۷ـ۶. مقطع یک بلور یک محوری که نسبت به منصف الزاویهٔ حادهٔ زاویهٔ نوری به طور مایل برش داده شده است. در هنگام چرخش صفحهٔ پلاتین در جهت عقربه‌های ساعت، مرکز دو خط عمود بر هم (صلیب سیاه) خارج از مرکز میدان دید میکروسکوپ حرکت می‌کند.



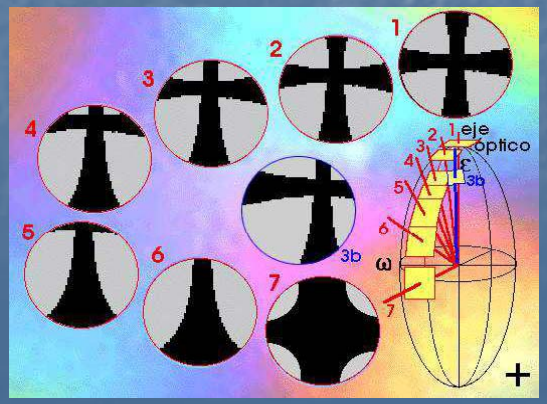


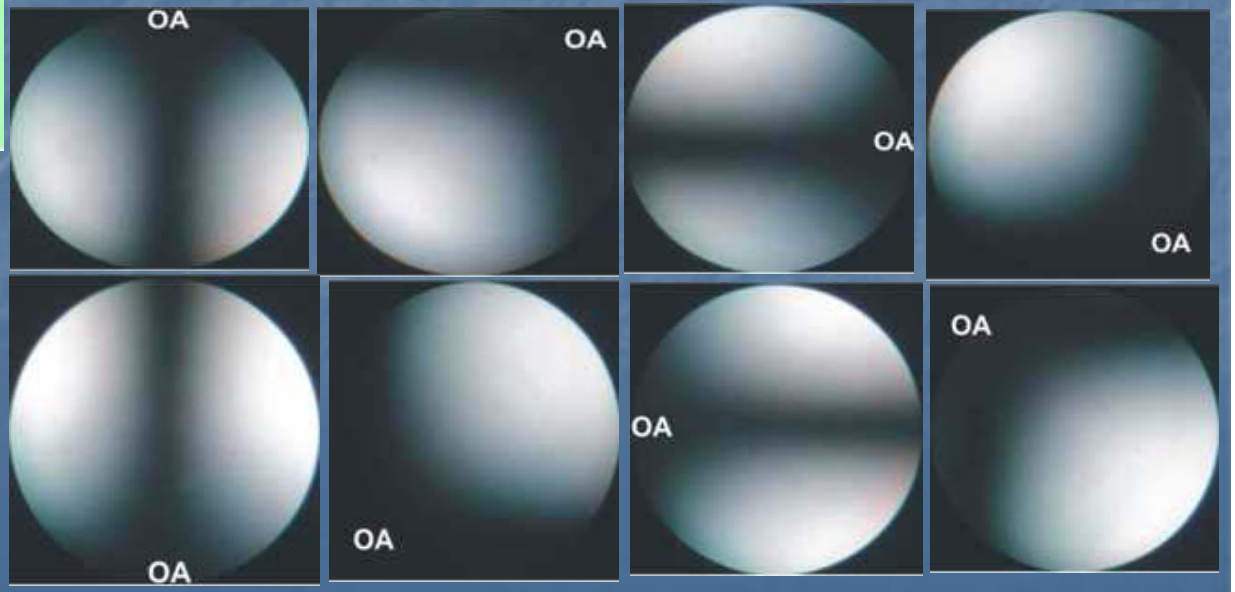


در صورتی که زاویه ی برش نسبت به محور نوری کمتر شود ، محل تقاطع دو بازوی صلیب ممکن است خارج از میدان میکروسکوپ تشکیل شود و با هر چرخش 90 درجه ای صفحه ی پلاتین یکی از بازو های چهار گانه ی صلیب در میدان دید میکروسکوپ ظاهر می گردد. (برش شماره 6)

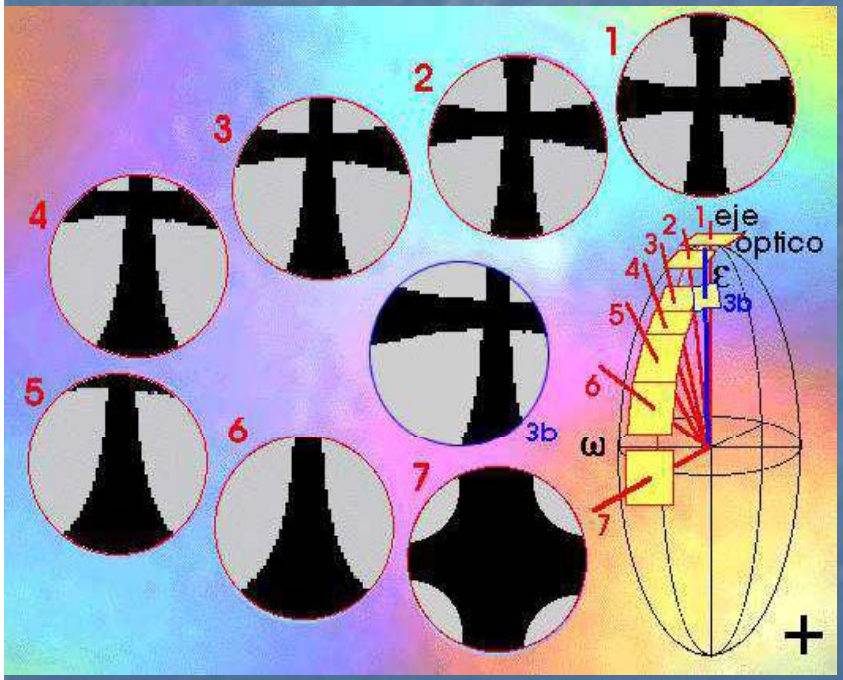


شکل ۷-۷. اشکال تداخلی بلورهای یک محوری. خطوط نقطه‌چین نمایشگر حرکت شکل در اطراف میدان میکروسکوپ در هنگامی که صفحه پلاتین می‌چرخد. مقطع نازک نسبت به منصف‌الزاویه حاده زاویه نوری مایل است.

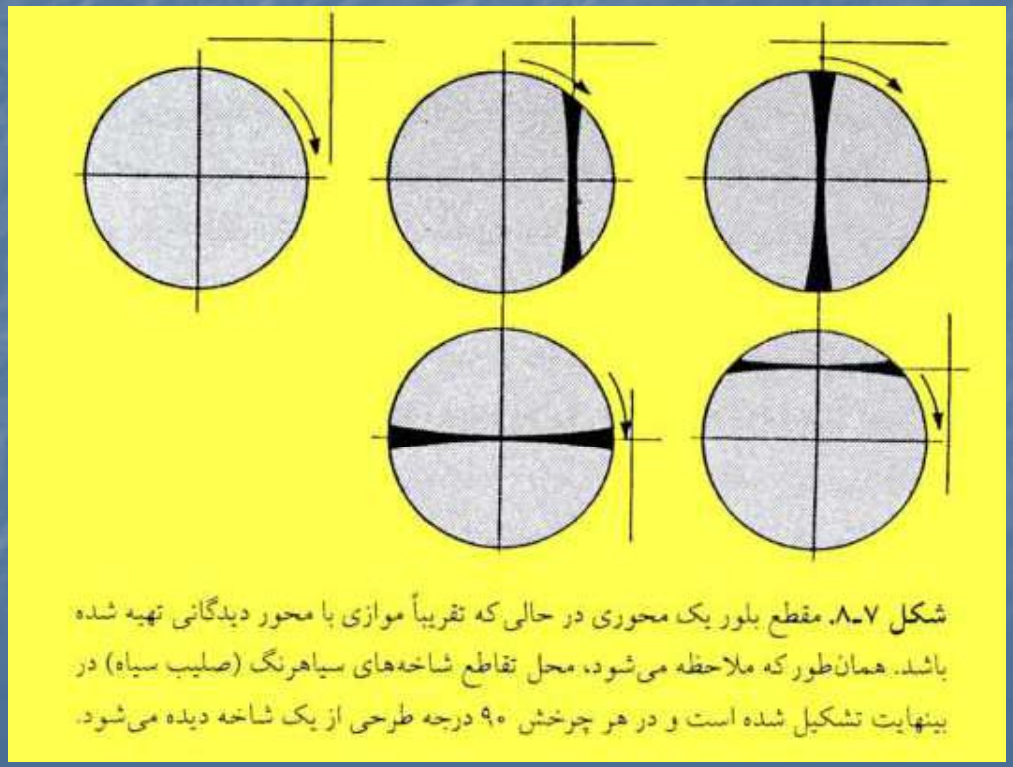




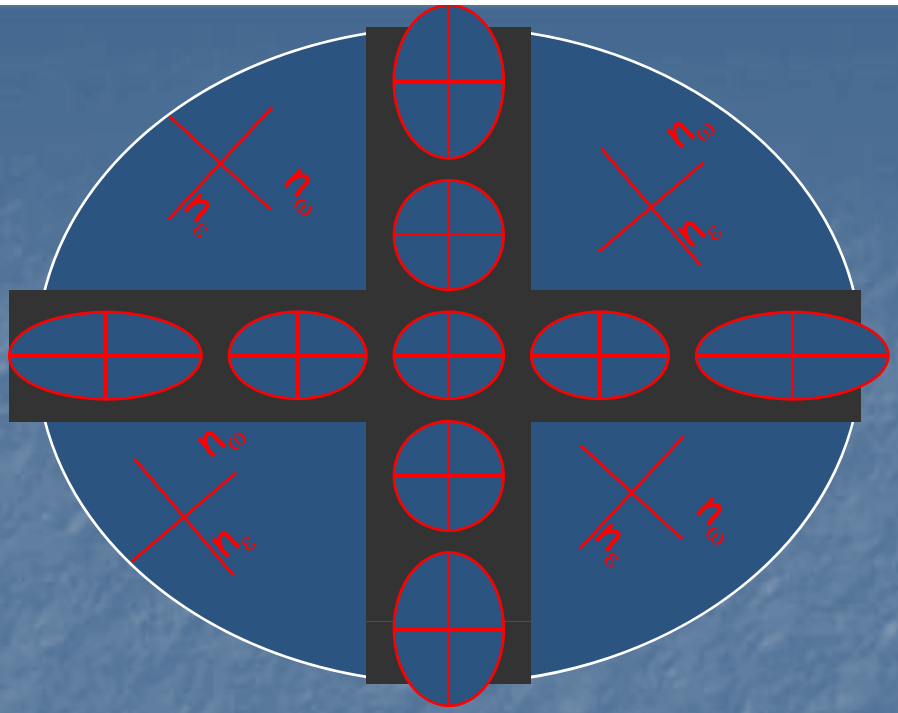
در صورتی که مقطع نازک کاملاً موازی با محور دیدگانی برش داده شود ، محل تقاطع بازو های صلیب در بینهایت تشکیل می شود و در هنگام چرخش صفحه ی پلاتین ، در هر 90 درجه چرخش ، هاله ای از یک بازوی صلیب وارد میدان دید می گردد و تقریباً قسمت اعظم میدان دید میکروسکوپ را احاطه می کند .



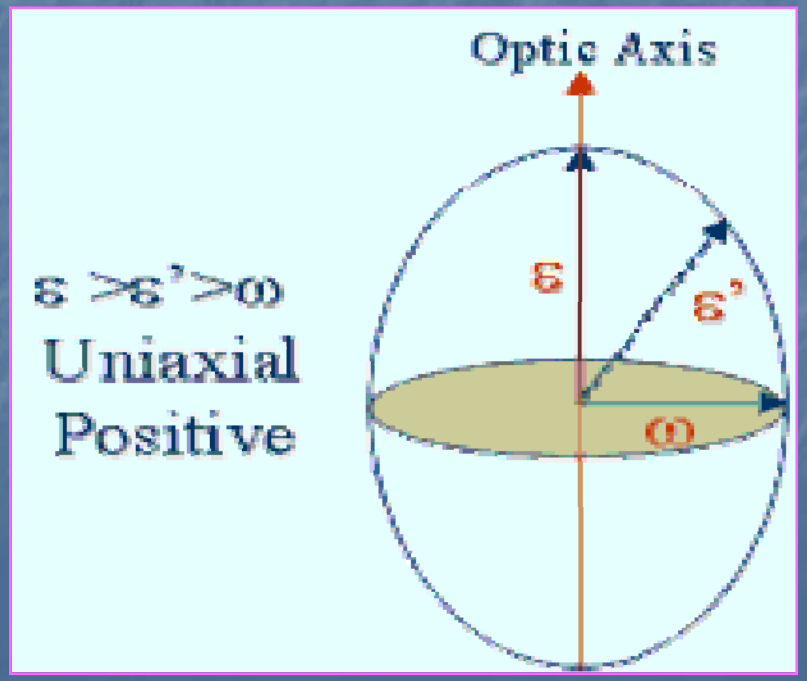
برش شماره 7



شکل ۷-۸. مقطع بلور یک محوری در حالی که تقریباً موازی با محور دیدگانی تهیه شده باشد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، محل تقاطع شاخه‌های سیاهرنگ (صلیب سیاه) در بینهایت تشکیل شده است و در هر چرخش ۹۰ درجه طرحی از یک شاخه دیده می‌شود.

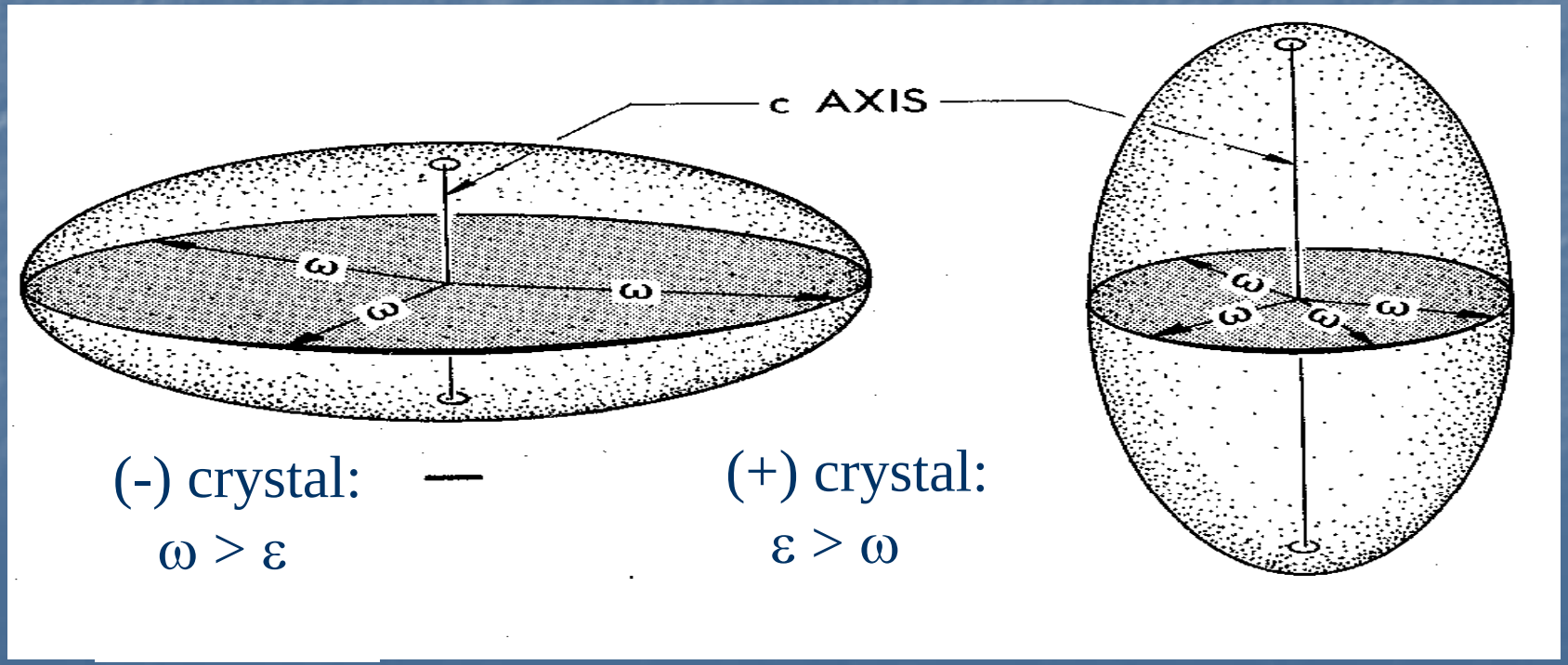


- تشکیل بازو های سیاهرنگ نشاندهنده ی این است که جهات ارتعاش دو نور o و e منطبق بر جهات ارتعاش آنالیزور و پلاریزورند ، همچنین در این جهت می توان اندازه ی حقیقی ε را (ضریب شکست نور غیر عادی) در نور پلاریزه موازی به دست آورد .

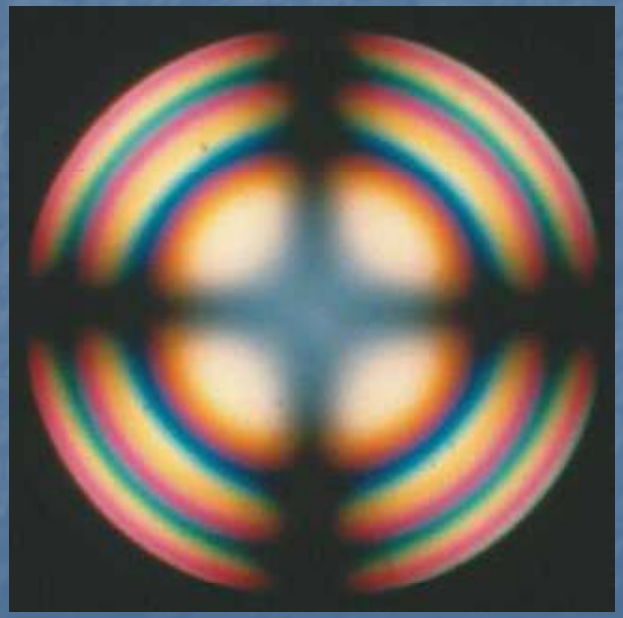


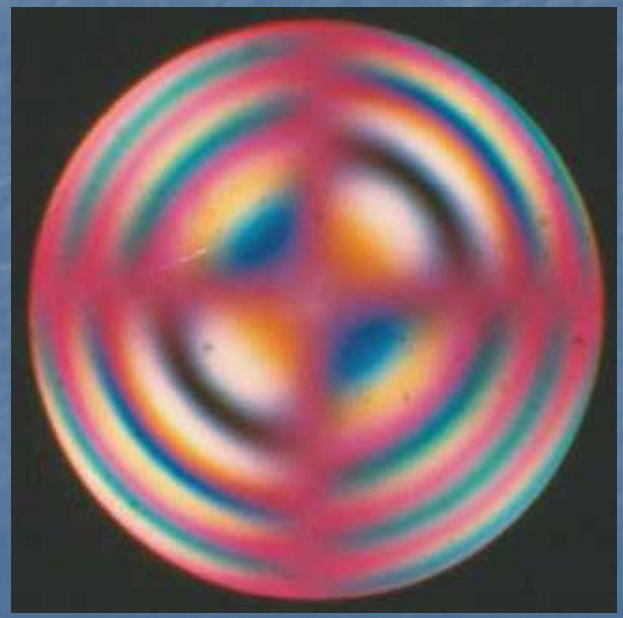
تعیین علامت نوری کانی های یک محوری

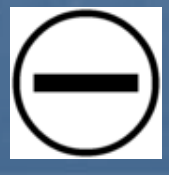
در صورتی که ضریب شکست نور غیر عادی (ε) بیشتر از ضریب شکست نور عادی (ω) باشد ، بلور یک محوری مثبت است و در صورتی که ضریب شکست نور عادی (ω) بیشتر از ضریب شکست نور غیرعادی (ε) باشد، بلور یک محوری منفی خواهد بود . چگونگی تشخیص این دو در زیر میکروسکوپ و با استفاده از تیغه ی کمکی میکا ، تیغه ی کمکی ژیپس و یا کوارتز گوه ای صورت می گیرد .



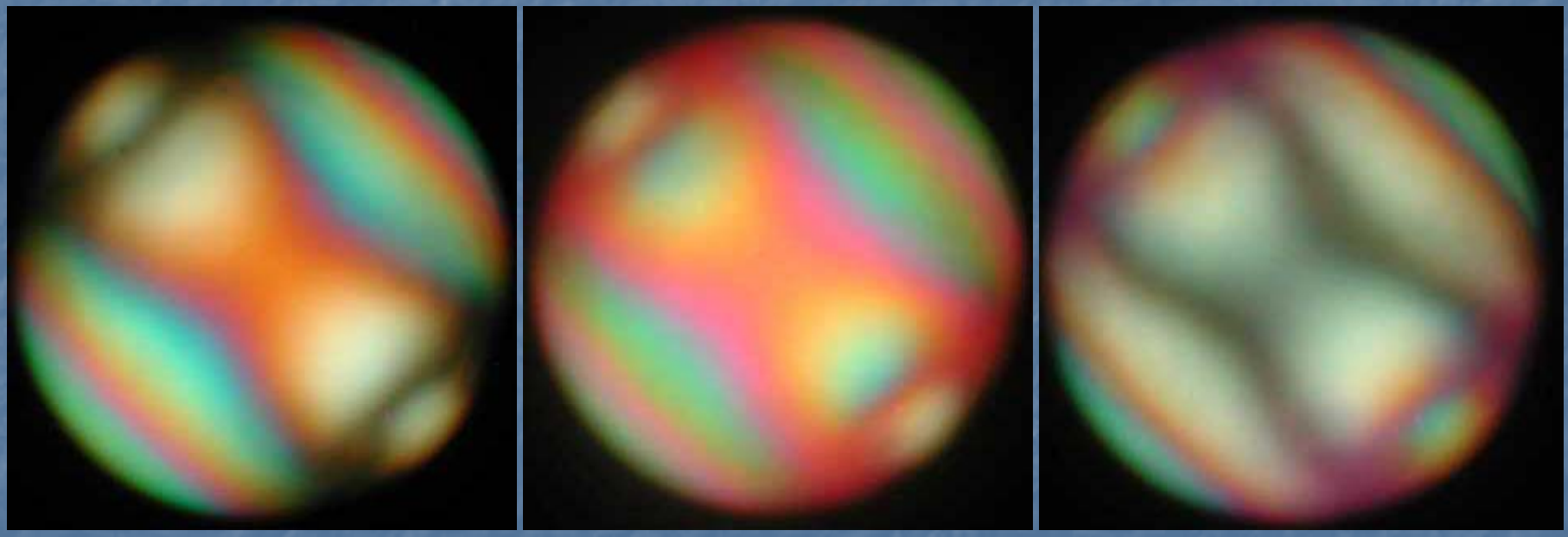
در بلور های یک محوری که دارای بیرفرنژانس متوسط (اواخر سری اول تا سری سوم) اند
با استفاده از تیغه ی کمکی میکا می توان علامت نوری را تعیین کرد .

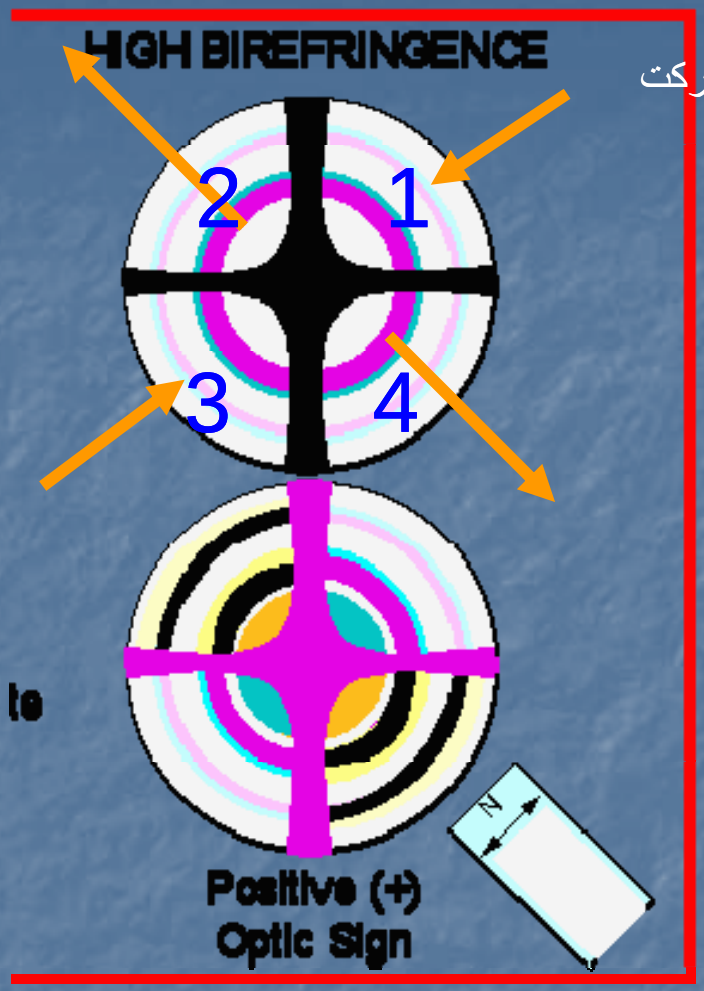






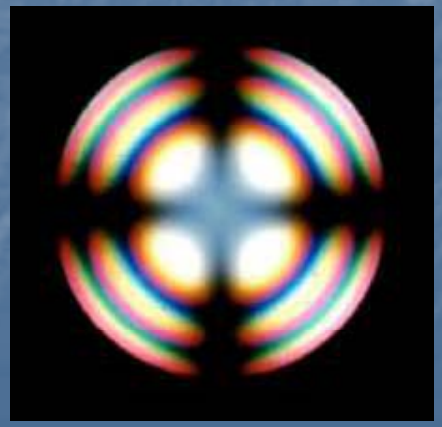
با وارد کردن این تیغه،در صورتی که نور غیر عادی دارای ضریب شکست بیشتر باشد ، در جهت شمال شرق-جنوب غرب ، یعنی موازی ضریب شکست بیشتر تیغه ی کمکی افزایش تاخیر به وجود می آید که این افزایش تاخیر موجب تقویت رنگ های تداخلی می شود





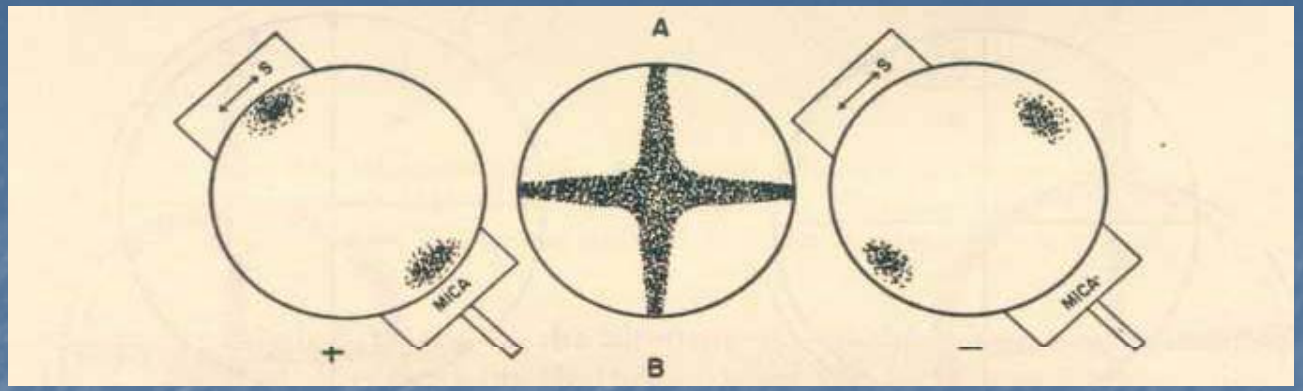
و در نتیجه در امتداد ربع (1 و 3) دایره های رنگین به طور ملایم به طرف مرکز انتقال پیدا می کنند . در همین حال کم شدن تاخیر در جهت عمود بر آن موجب می شود که در امتداد جنوب شرق- شمال غرب ، یعنی در ربع دوم و چهارم، رنگ ها به طور ملایم از مرکز میدان میکروسکوپ دور شوند .

در چنین حالتی بلور یک محوری مثبت است .

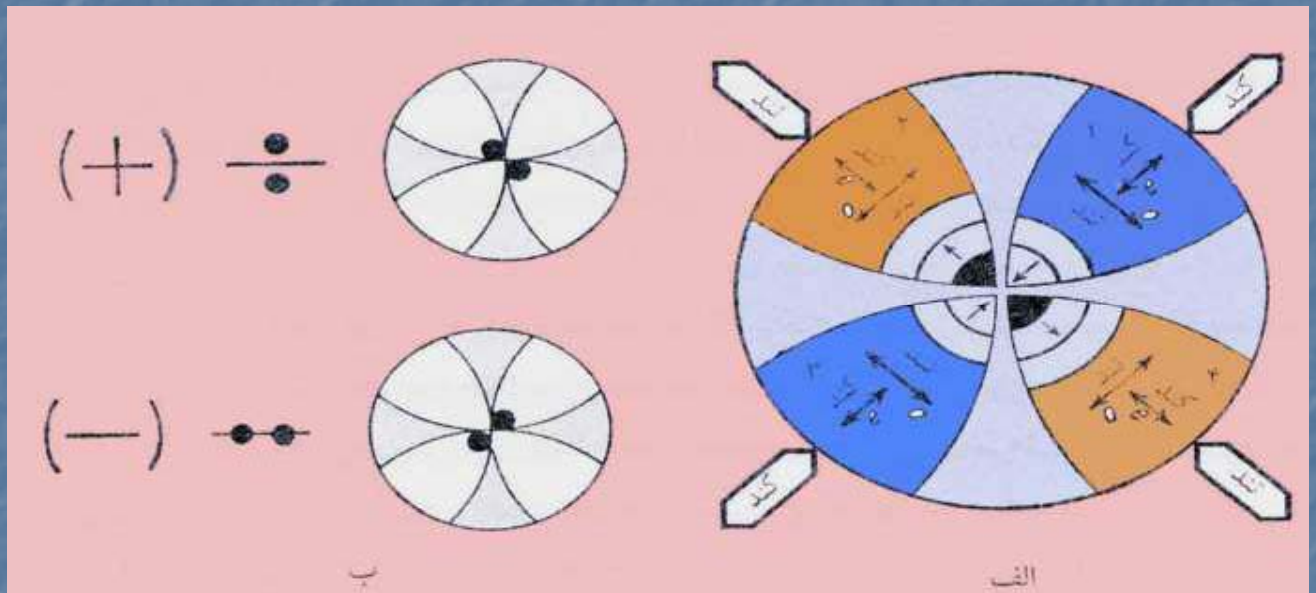


(+)

uniaxial

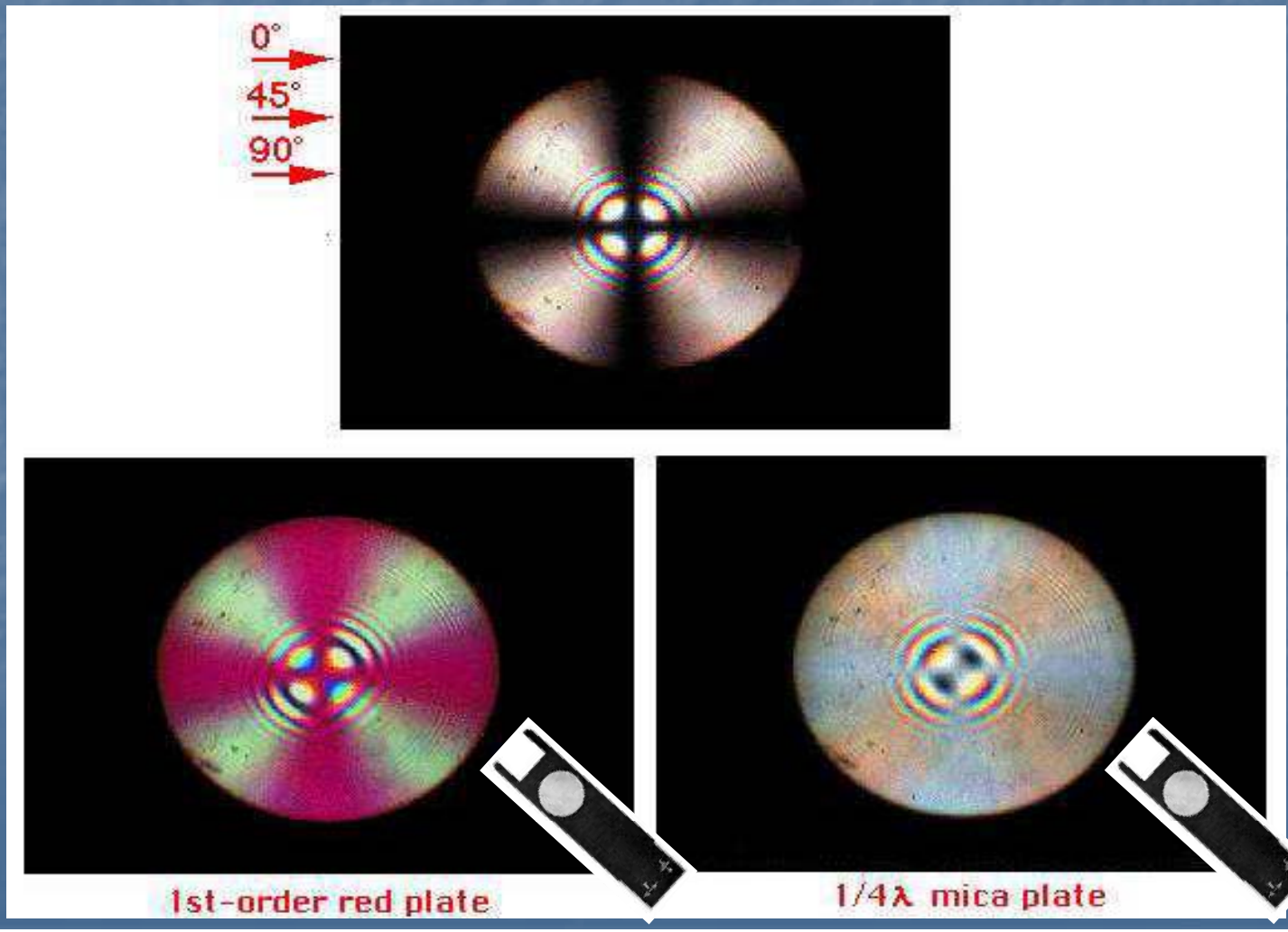


- در کانیهای با بیرفرانژانس پایین با وارد کردن تیغه ی میکا دو لکه ی سیاه رنگ نزدیک به مرکز صلیب سیاه در دو ربع 2 و 4 تشکیل می شود.



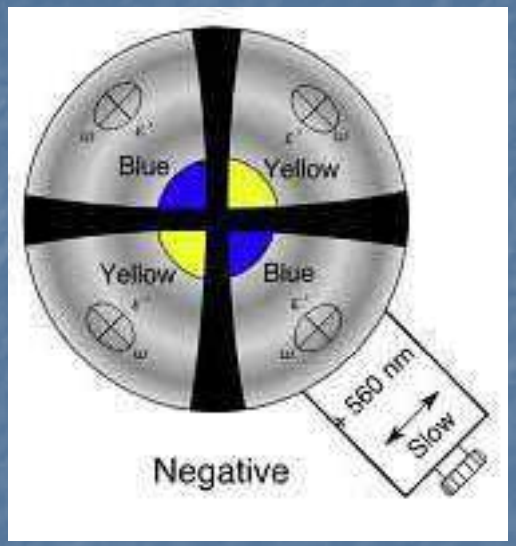
شکل ۷ـ۱۰. نمایش چگونگی ایجاد لکه‌های سیاهرنگ در بلورها یک محوری. (الف) بلور یک محوری مثبت (ب) چگونگی قرارگیری لکه‌های سیاهرنگ که اتصال آنها در بلورهای یک محوری مثبت با امتداد ارتعاش نور در جهت ضریب شکست بزرگتر که سرعت کمتر دارد و در حاشیه تیغه کمکی مشخص شده است علامت (+) و در بلورهای یک محوری منفی باهمان جهت از تیغه کمکی میکا علامت (-) را می‌سازد نشان می‌دهد.

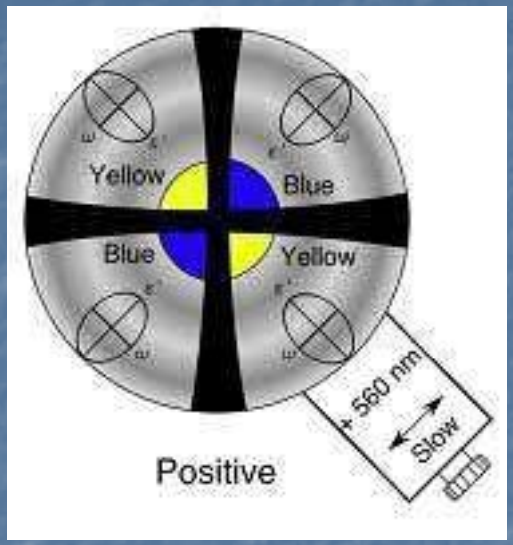
در بلورهای یک محوری منفی با وارد کردن تیغه کمکی ، در امتداد جنوب شرق- شمال غرب تاخیر افزایش یافته و دایره های رنگین موجود در دو ربع 2 و 4 به طرف مرکز میدان دید انتقال می یابند . در حالی که در همین حال با کاهش تاخیر در امتداد دو ربع 1 و 3 که موازی با امتداد نور دارای سرعت کمتر در تیغه ی کمکی است دایره های رنگین از مرکز دور می شوند و لکه های سیاه نیز در همین دو ربع به وجود می آید .

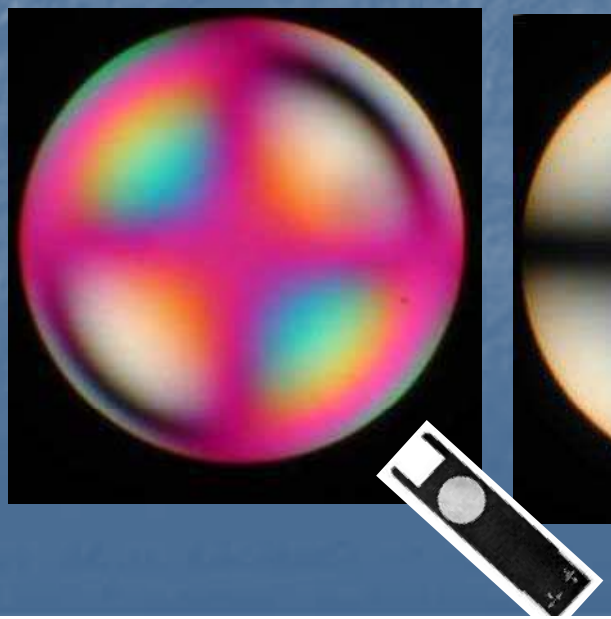


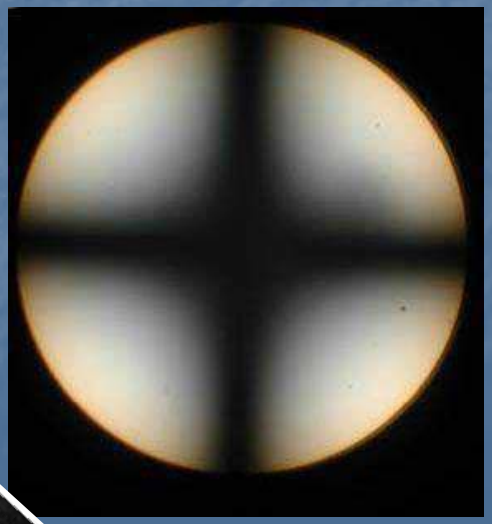
استفاده از تیغه ی کمکی ژیپس

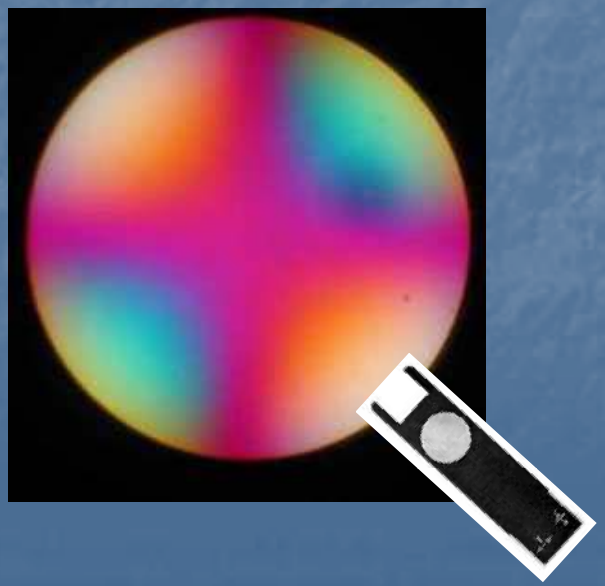
در صورتی که بلور یک محوری فاقد رنگ های تداخلی یا سری پایین رنگ های تداخلی (اوایل سری اول) باشد ، برای تعیین علامت نوری آن از تیغه ی کمکی ژیپس استفاده می شود .



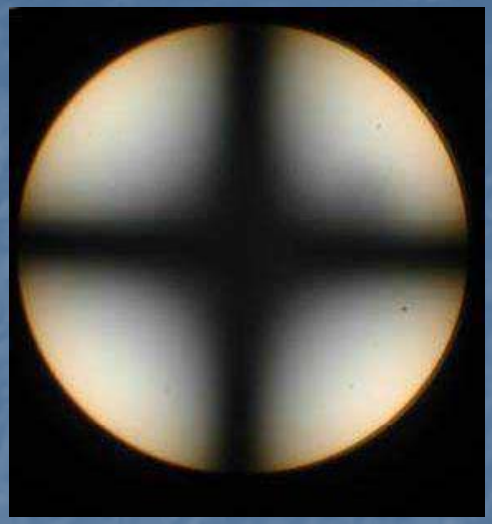


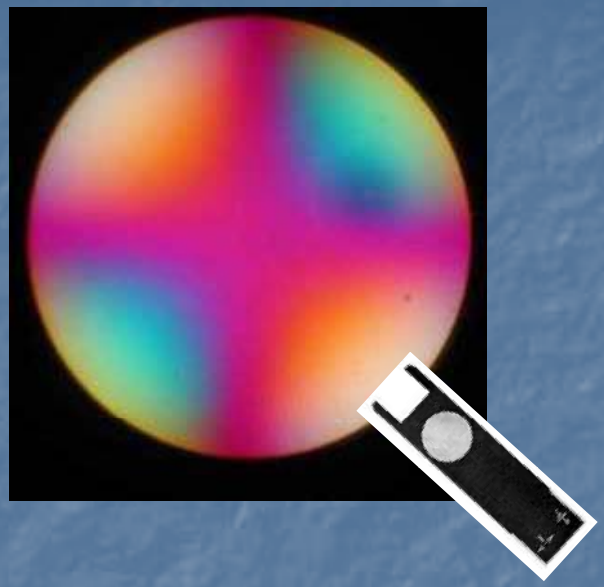




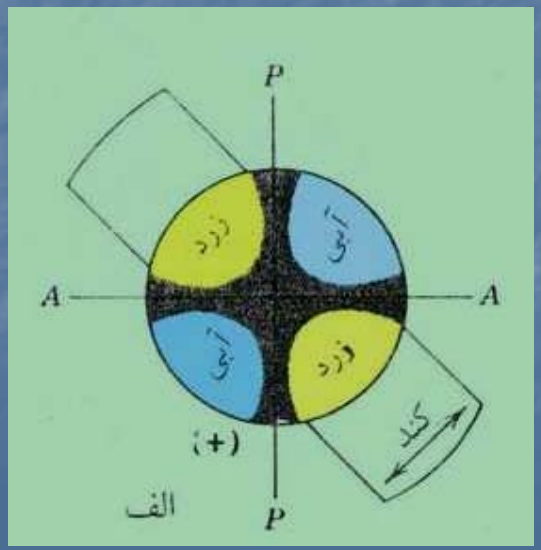


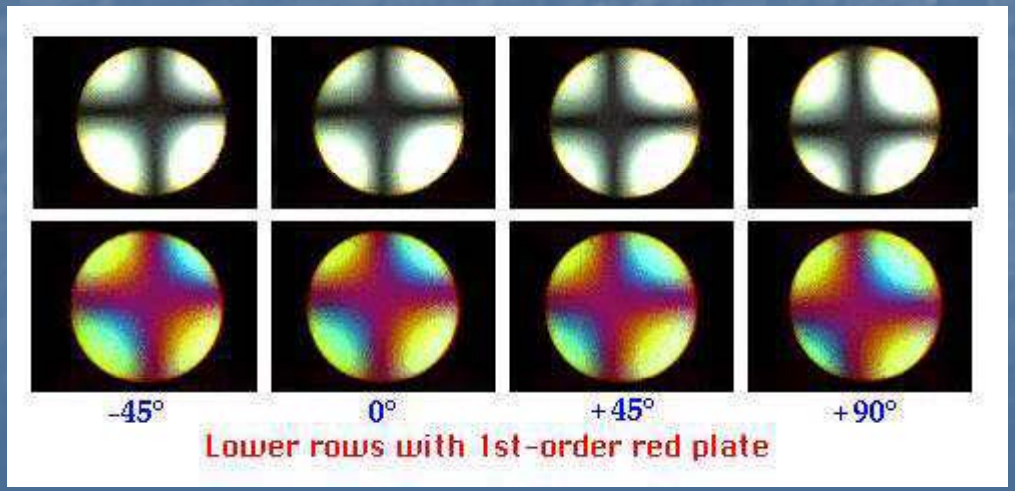
تشخیص کانی های یک محوری مثبت





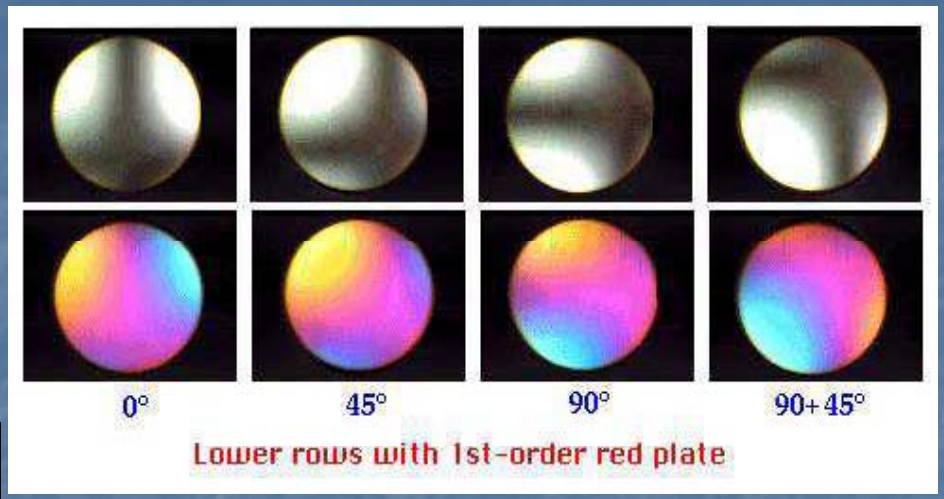
در کانی های یک محوری مثبت مانند کوارتز ، با وارد کردن تیغه ژیپس در دو ربع 1 و3 رنگ آبی (یا سبز) ظاهر می شود و در دو ربع2و4 رنگ زرد (یا نارنجی) مشاهده می شود.

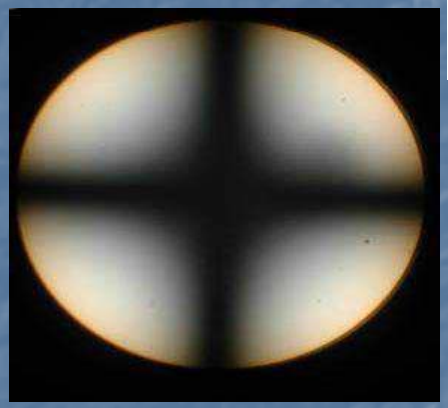


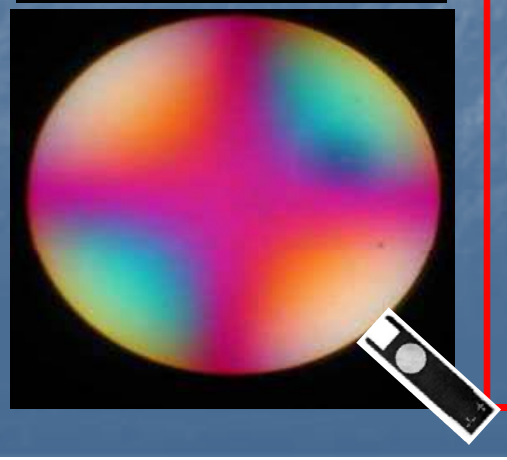


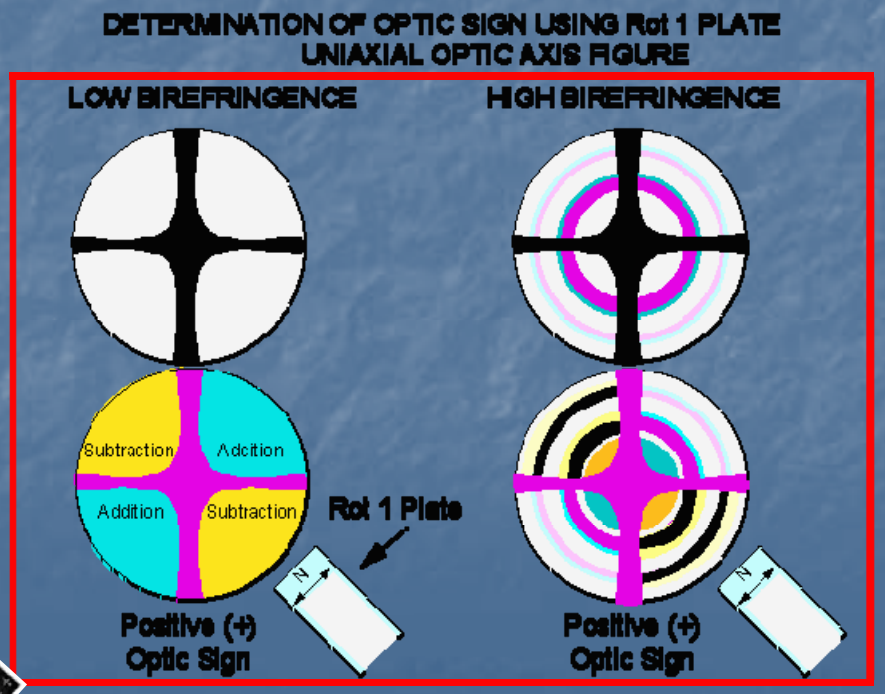
ادامه

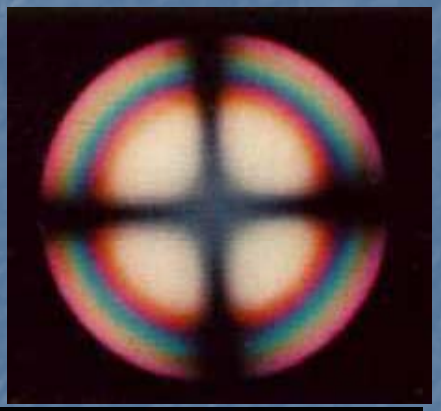
تشخیص کانی های یک محوری مثبت

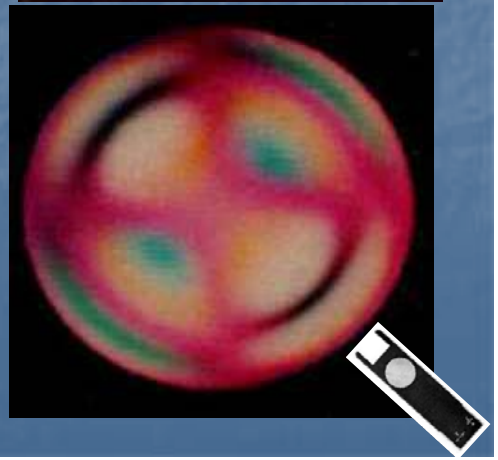








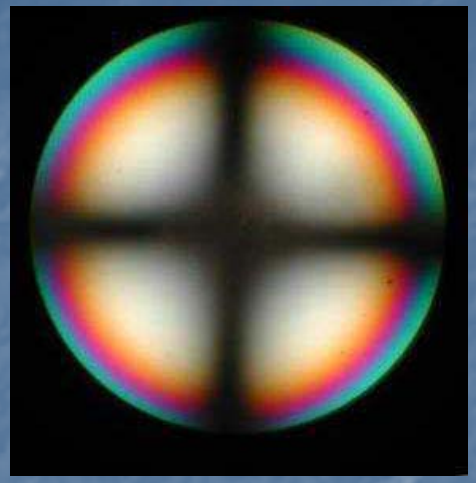




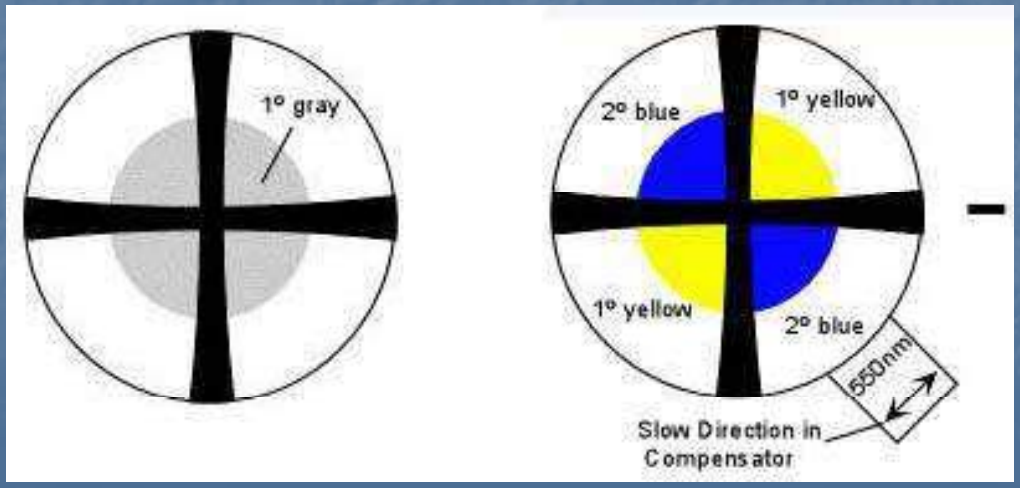
تشخیص کانی های یک محوری منفی

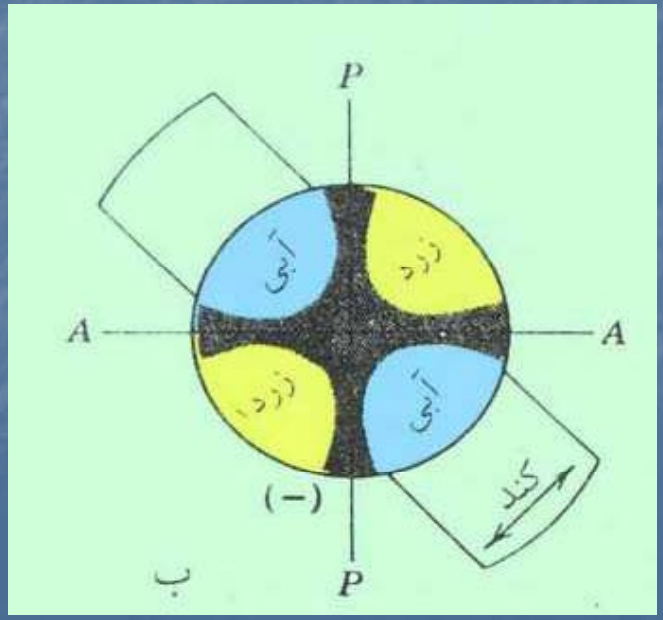
- در کانی های یک محوری منفی مانند کلسیت ، با وارد کردن تیغه ژیپس در دو ربع 2 و4 رنگ آبی (یا سبز) دیده می شود و در دو ربع1و3 رنگ زرد (یا نارنجی) مشاهده می شود.

- بعد از وارد کردن



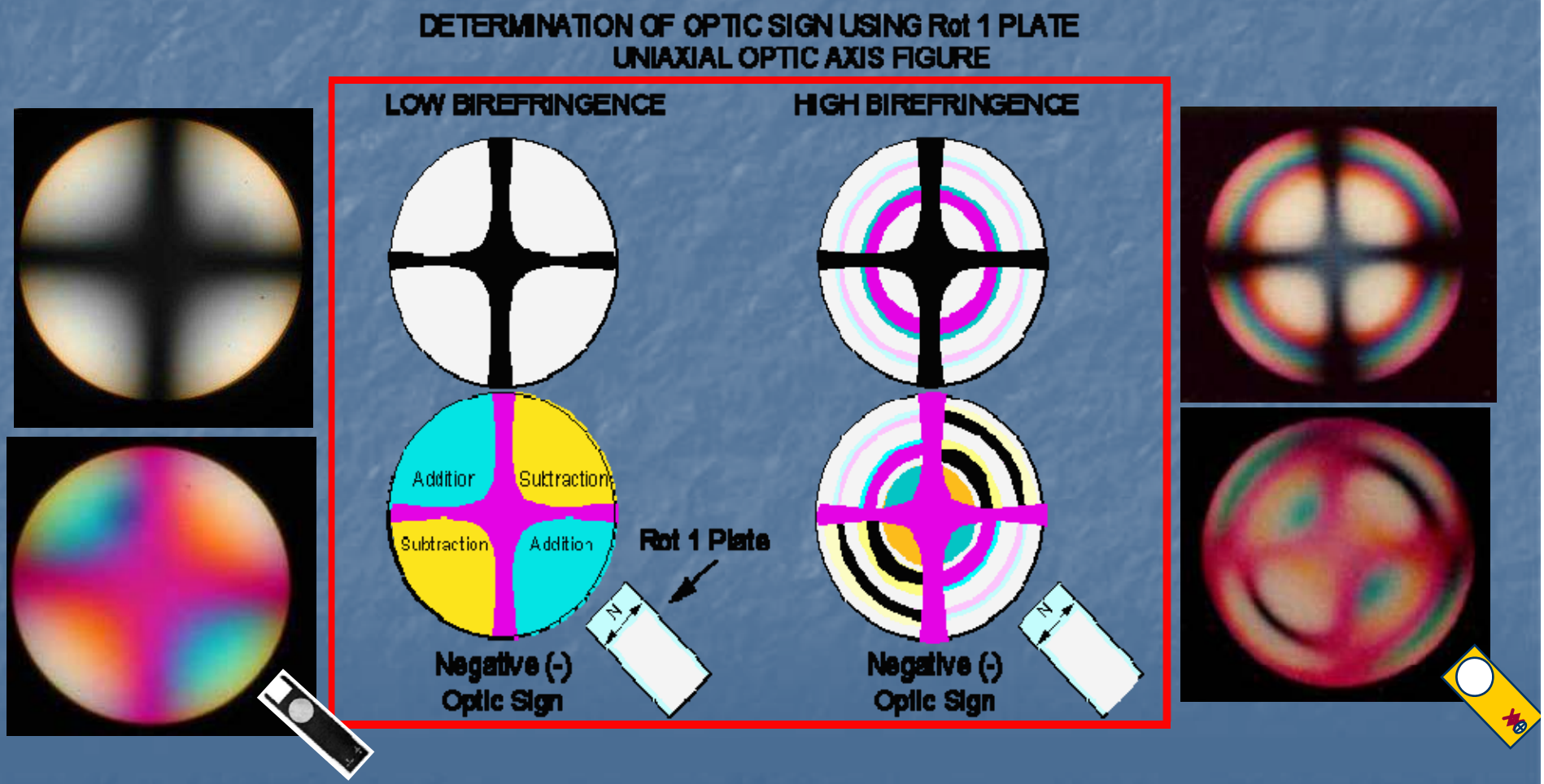
- قبل از وارد کرد تیغه



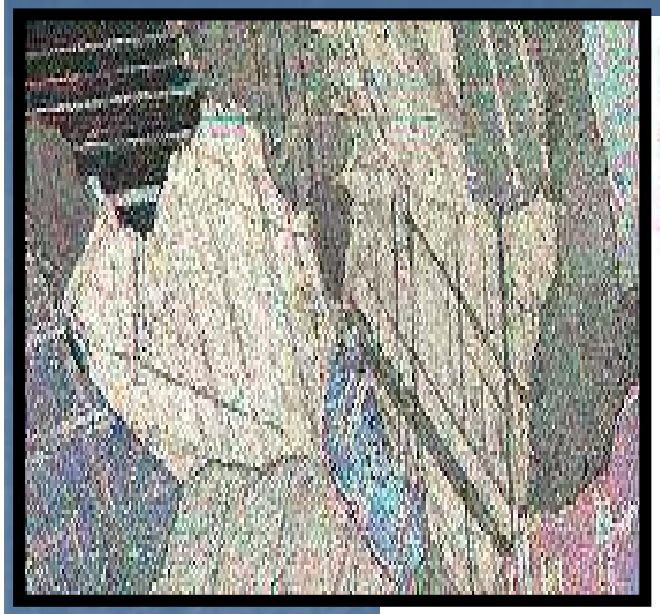


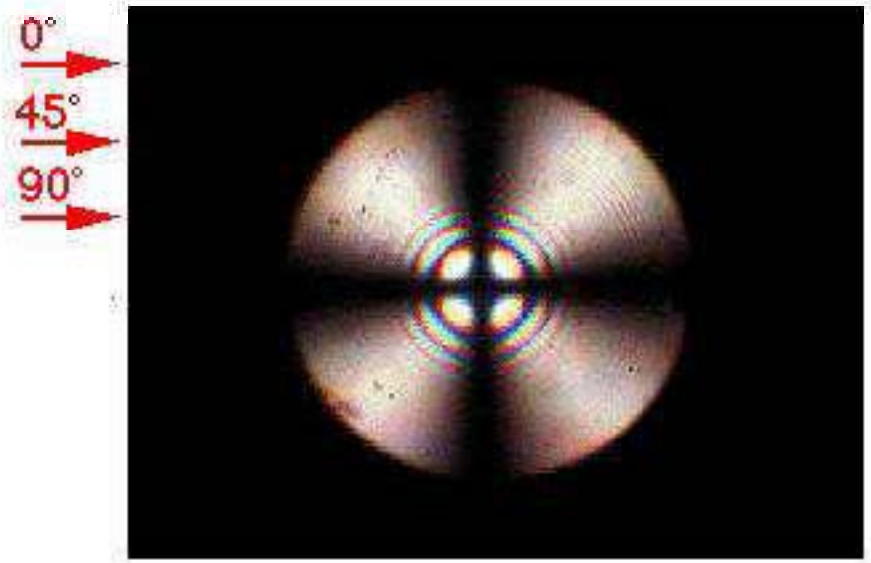
ادامه

تشخیص کانی های یک محوری منفی

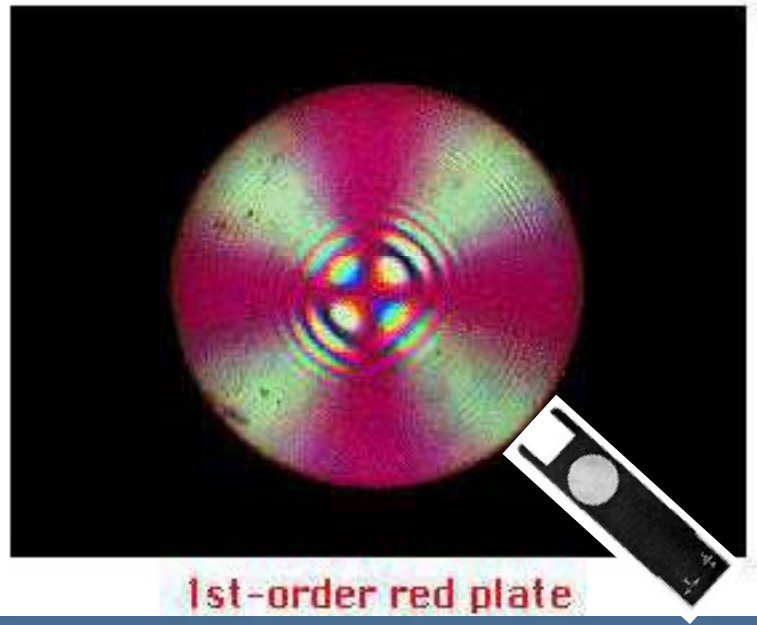


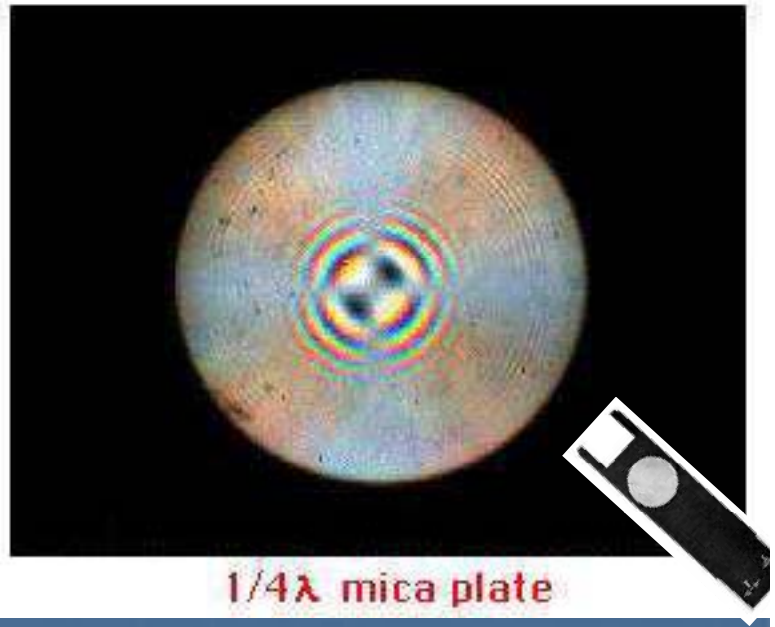
علامت نوری کانی چیست؟





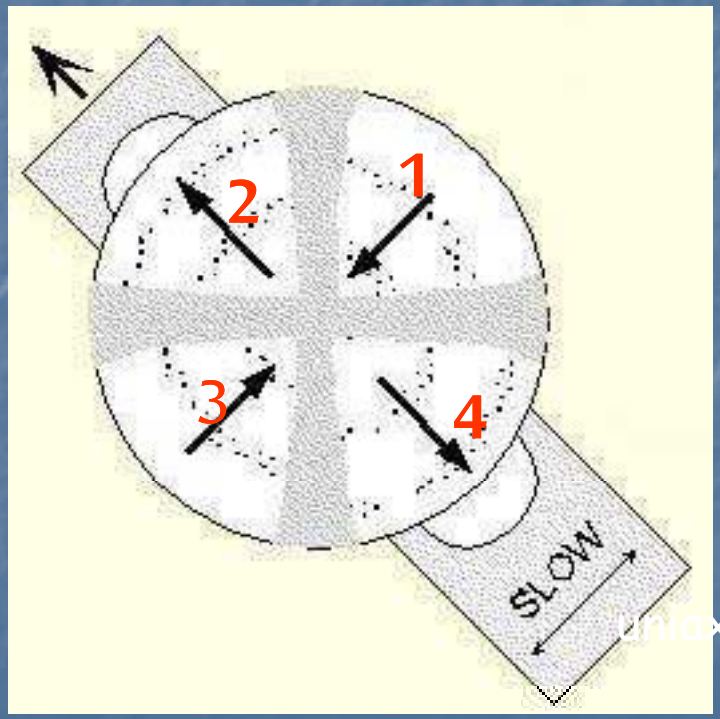
کانی یک محوری منفی است



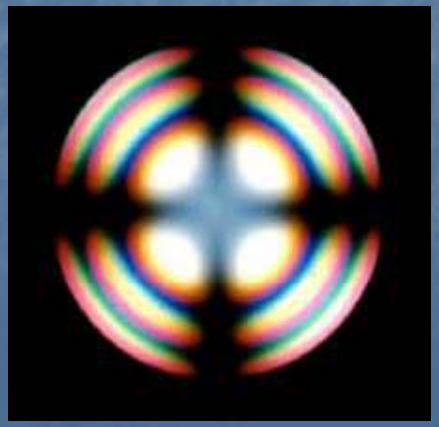


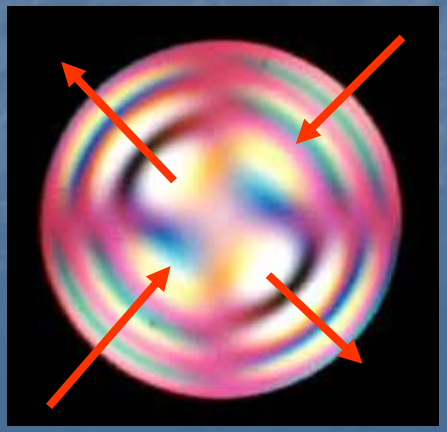
استفاده از تیغه ی گوه ای کوارتز

- در بلور های با رنگ های تداخلی سری های بالا ،استفاده از تیغه گوه ای کوارتز جهت تشخیص علامت نوری موثرتر است .
- در کانی های یک محوری مثبت با وارد کردن تدریجی تیغه گوه ای کوارتز به مسیر عبور نور متقارب، دوایر رنگین متحدالمرکز در دو ربع 1و3 به طرف مرکز میدان و در دو ربع2و4 به طرف خارج حرکت می کنند.

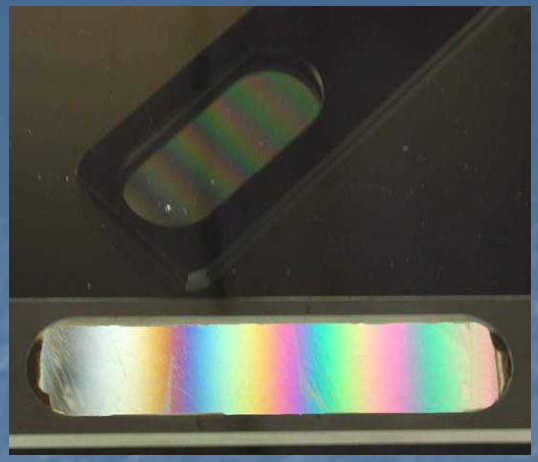


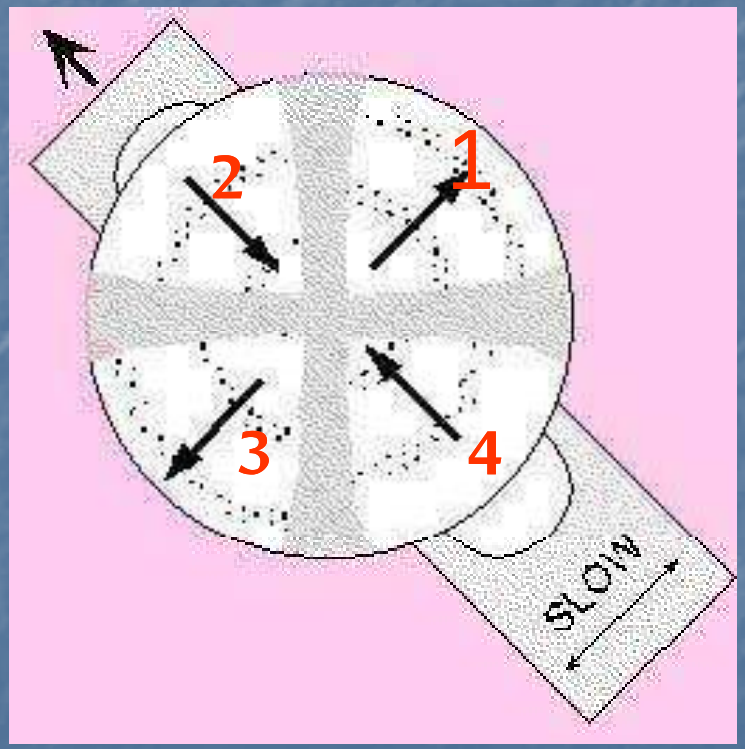
uniaxial



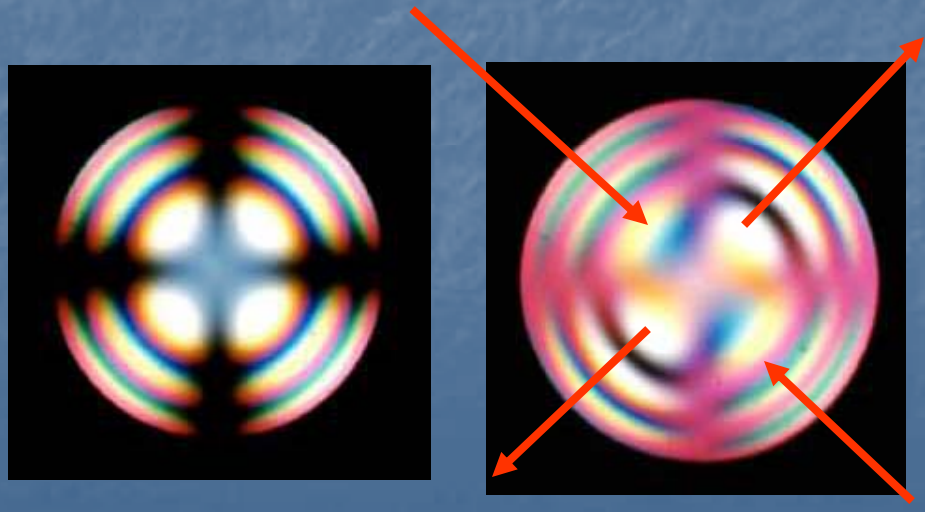


(+)



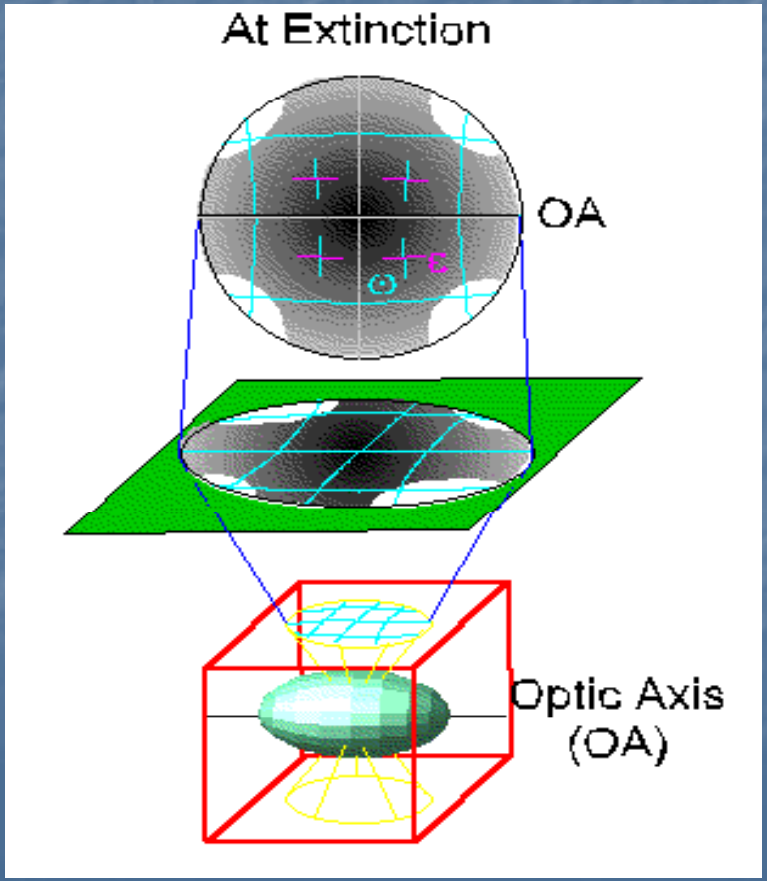


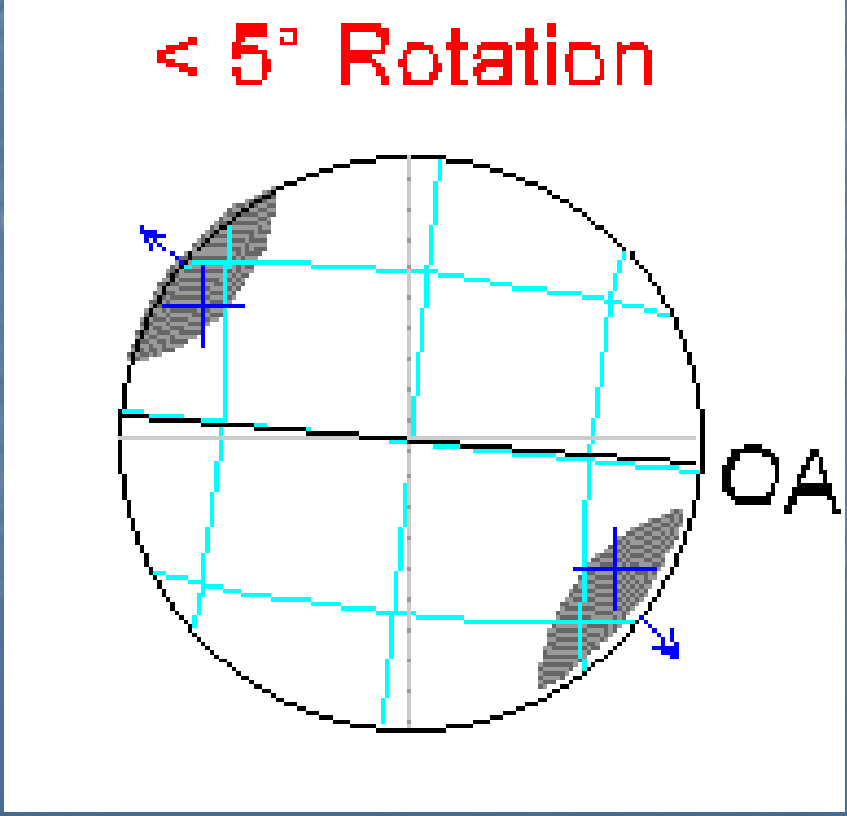
- در کانی های یک محوری منفی با وارد کردن تدریجی تیغه گوه ای کوارتز به مسیر عبور نور متقارب، دوایر رنگین متحدالمرکز در دو ربع 2و4 به طرف مرکز میدان و در دو ربع1و3 به طرف خارج حرکت می کنند.



فلاش فیگور

- در صورتی که مقطع نازک کاملاً موازی با محور دیدگانی برش داده شود ، محل تقاطع بازوهای صلیب در بینهایت تشکیل می شود و در هنگام چرخش صفحه ی پلاتین ، در هر 90 درجه چرخش ، هاله ای از یک بازوی صلیب وارد میدان دید میکروسکوپ می گردد و تقریباً قسمت اعظم میدان دید میکروسکوپ را احاطه می کند .

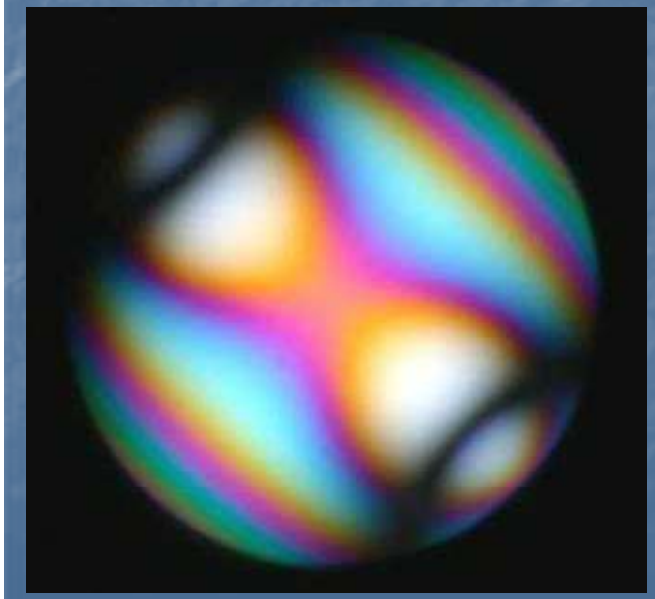




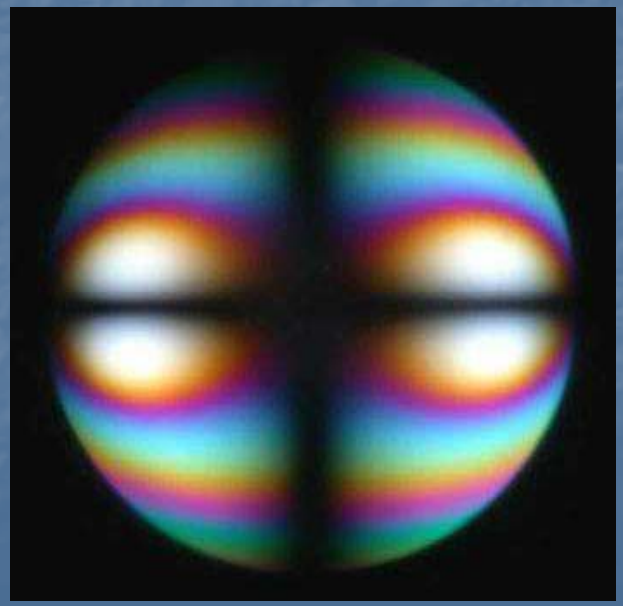
مطالعه بلور های دو محوری در نور پلاریزه متقارب

بهترین مقاطع جهت مطالعه ی بلور های دو محوری در نور متقارب ، مقاطع عمود بر منصف الزاویه ی حاده ی بین دو محوری نوری (برش Bxa)یا مقاطع عمود بر یکی از محوری های نوری است. چنین مقاطعی در نور پلاریزه متقاطع پایین ترین رنگ بیرفرنژانس را نشان می دهند.

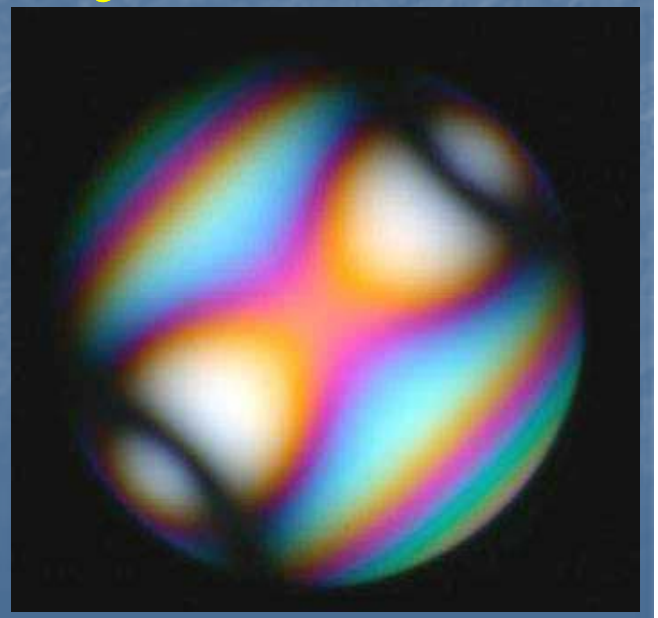
- **مقاطع عمود بر منصف الزاویه ی حاده ی بین دو محوری نوری**



- **در موقعیت 45درجه**

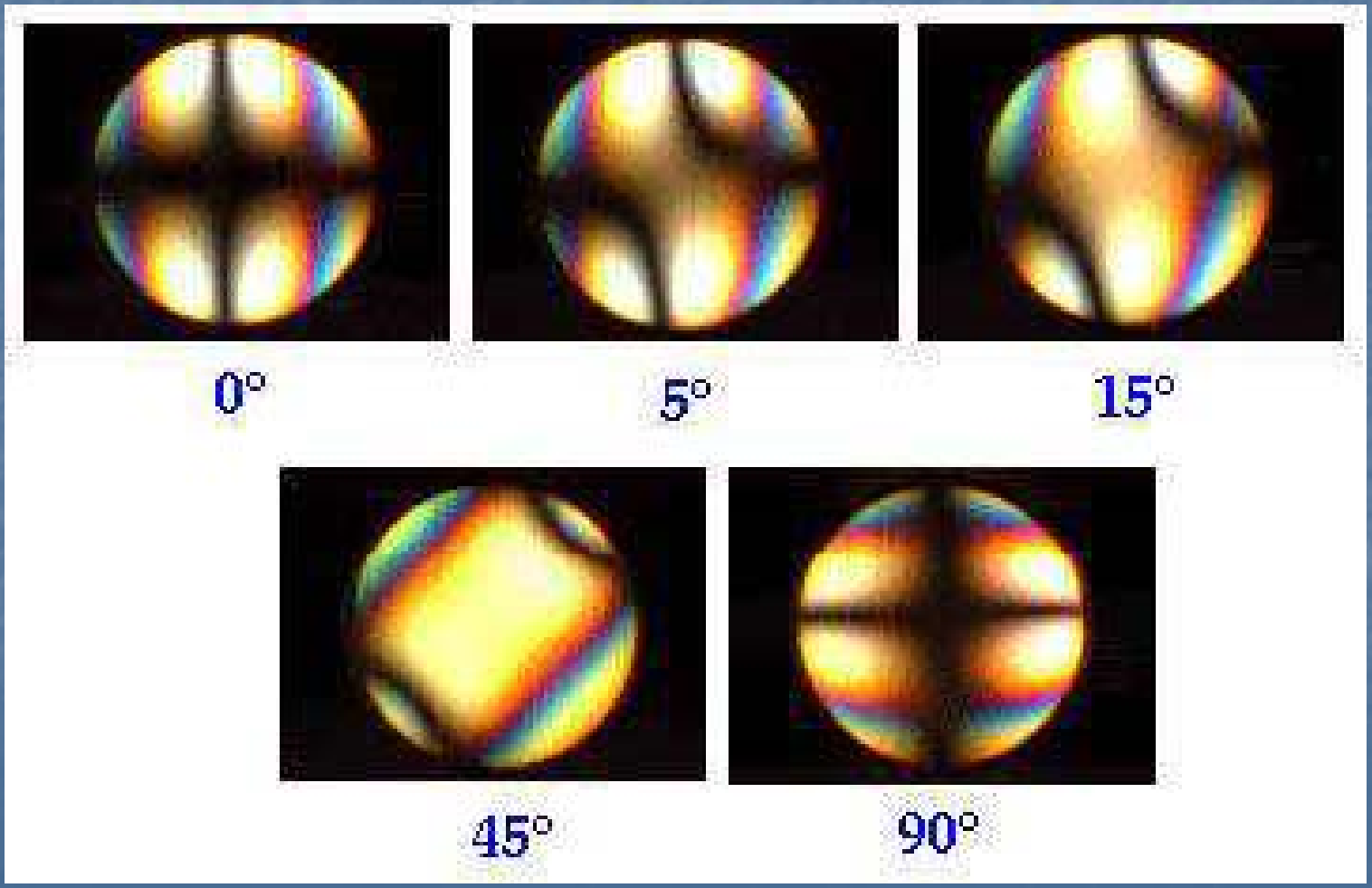


- **در موقعیت موازی سطوح ارتعاش**

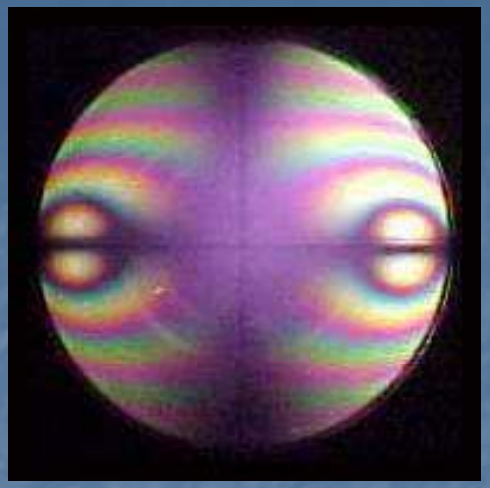


- **در موقعیت 45درجه**

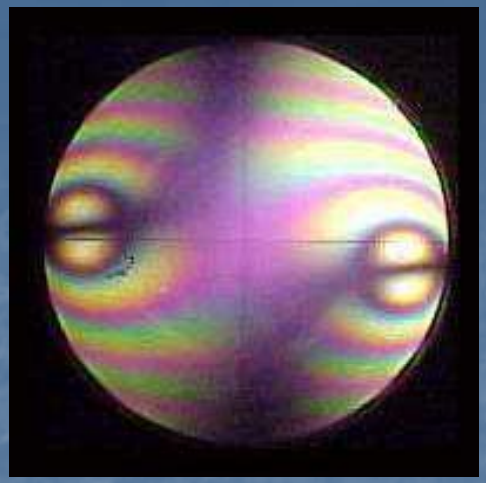
برخلاف بلور های یک محوری، منحنی های مربوط به اشکال تداخلی بلورهای دو محوری با چرخش صفحه ی پلاتین تغییر شکل می دهند که این تغییر شکل در هر چرخش اشکال مختلف و پیچیده ای را به وجود می آورد .



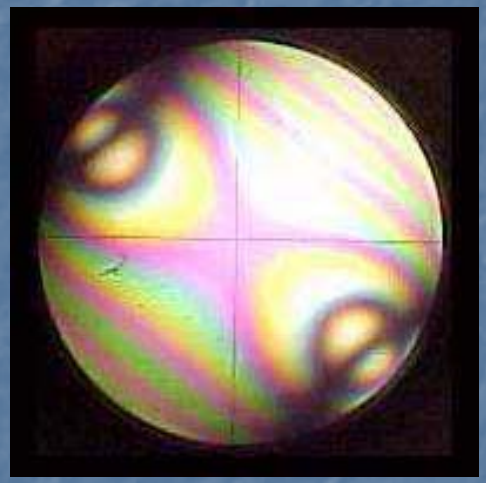
اشکال تداخلی با چرخش صفحه ی پلاتین



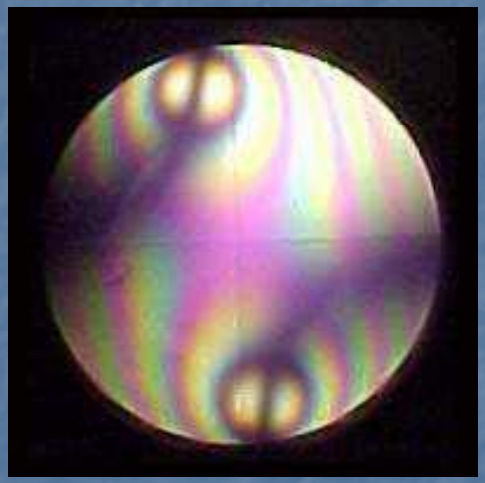
چرخش 0درجه



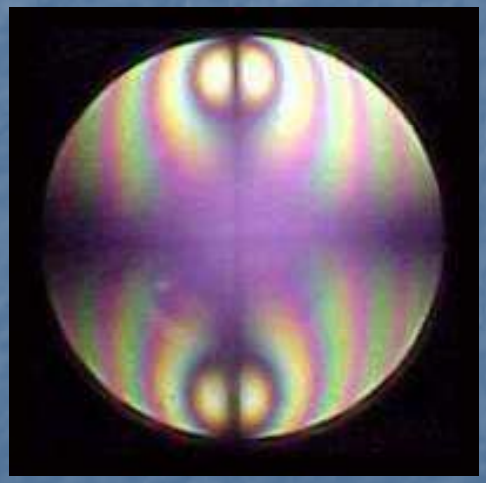
چرخش بین 0تا45



45درجه چرخش

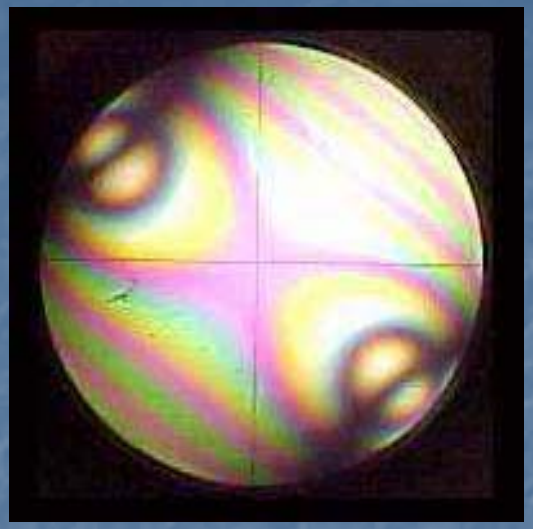


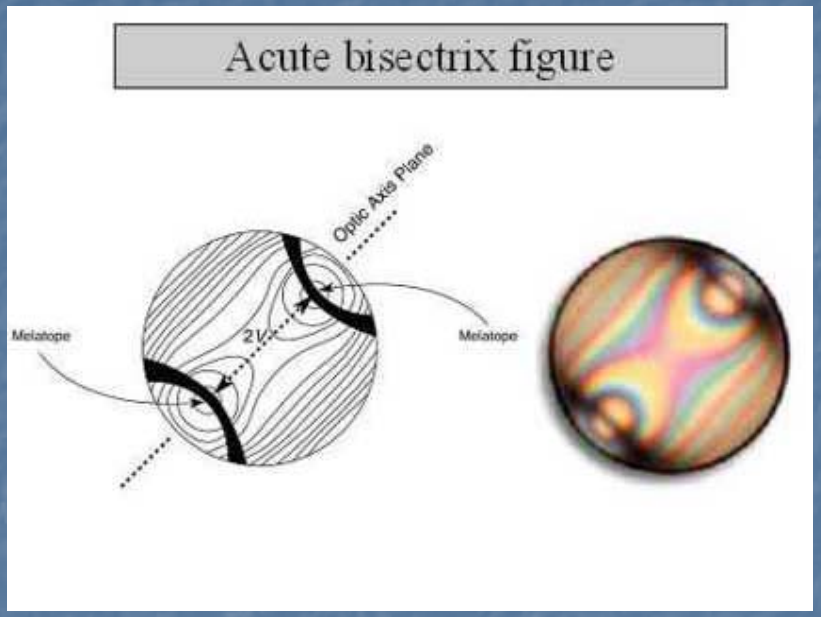
75درجه چرخش

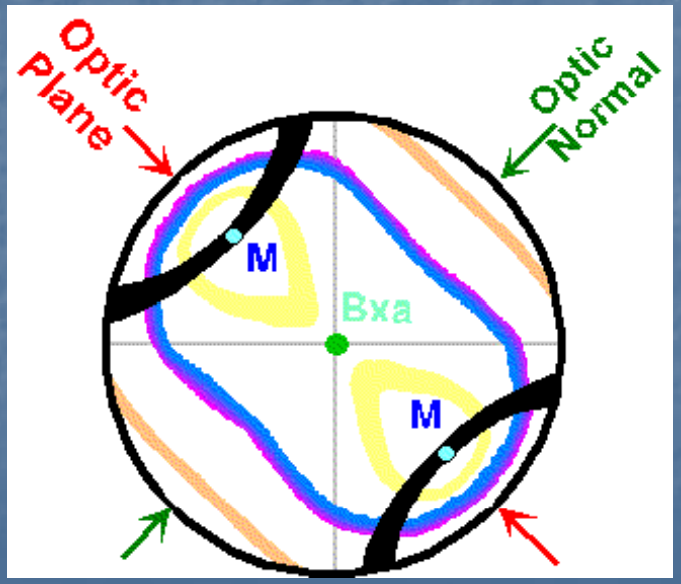


90درجه چرخش

- مطالعه ی مقاطع عمود بر منصف الزاویه ی حاده بین محور های نوری .



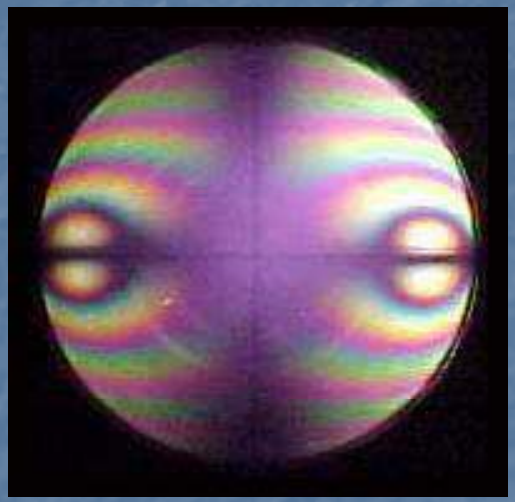


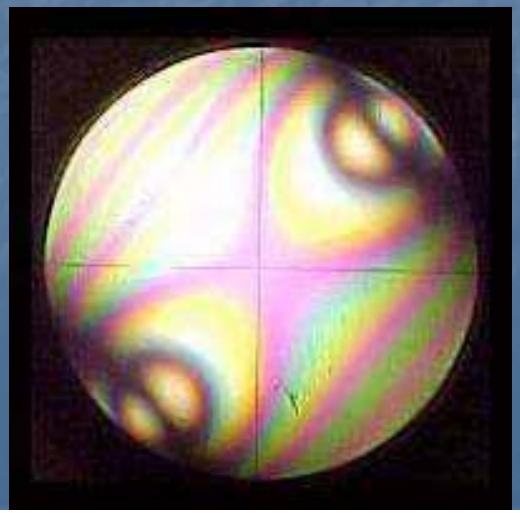


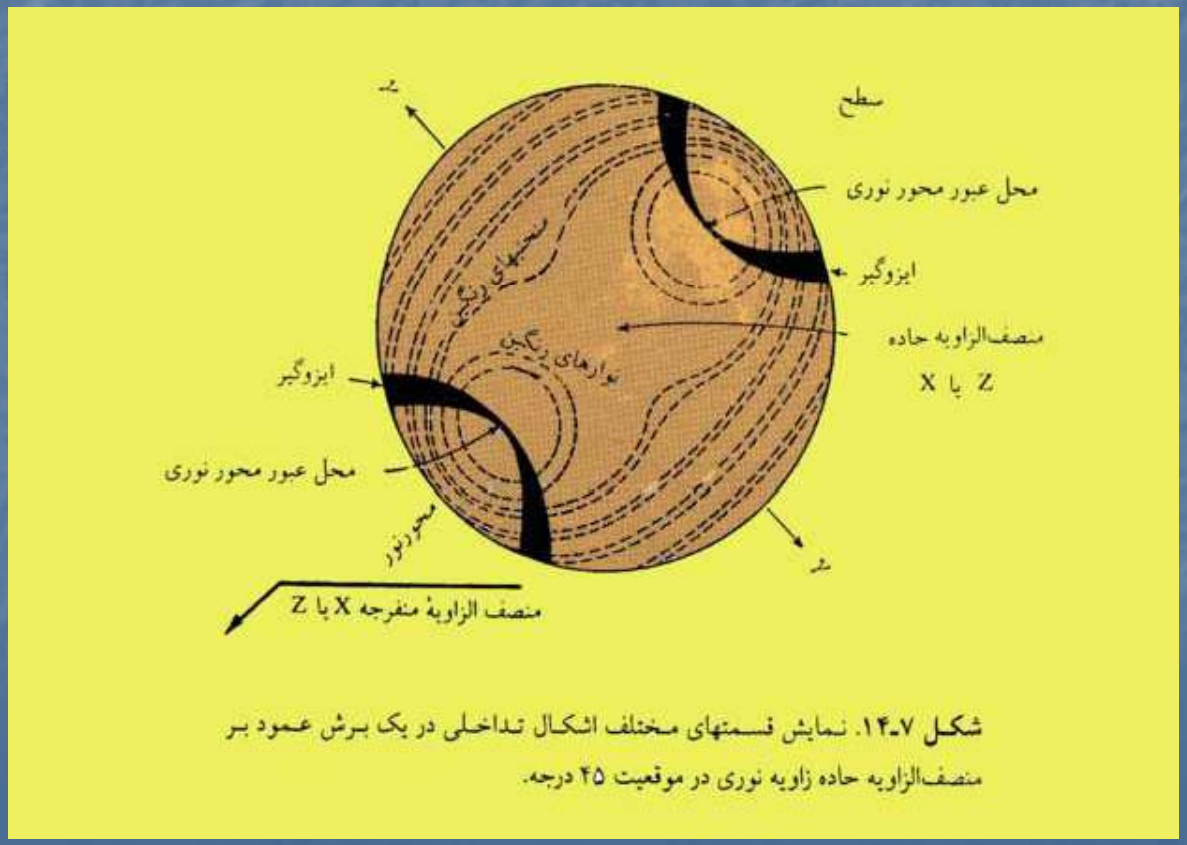
اشکال تداخلی با چرخش صفحه ی پلاتین ، به صورت دو خط سیاهرنگ شکسته شده و شاخه های هذلولی از مرکز دید به طرف خارج حرکت می کنند که حداکثر جدا شدگی را در وضعیت 45 درجه نسبت به موقعیت قبلی خود دارد.

دو شاخه هذلولی شکل در موقعیت 45 درجه را اصطلاحاً منحنی های ایزوگیر می نامند.
نوار های رنگین موجود در میدان دید میکروسکوپ منحنی های ایزوکروماتیک نامیده می شوند .

وسط هر کدام از شاخه های هذلولی محل عبور محور نوری است . فاصله این دو نقطه نشاندهنده فاصله دو ضلع زاویه نوری است .

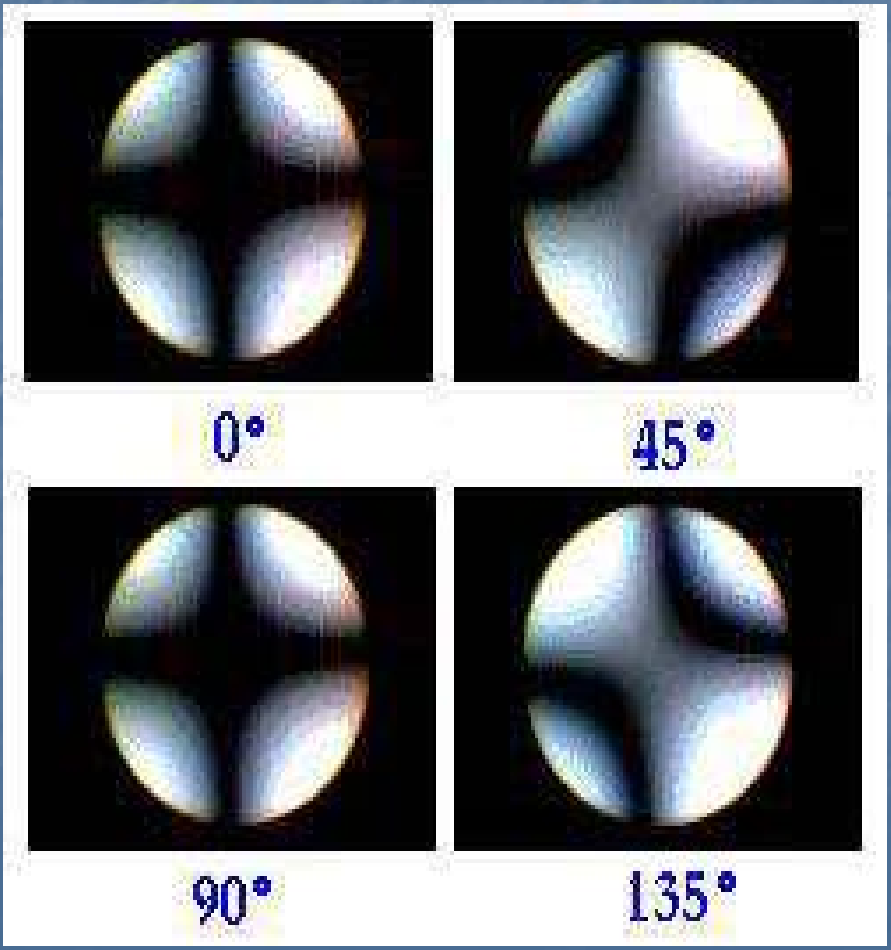


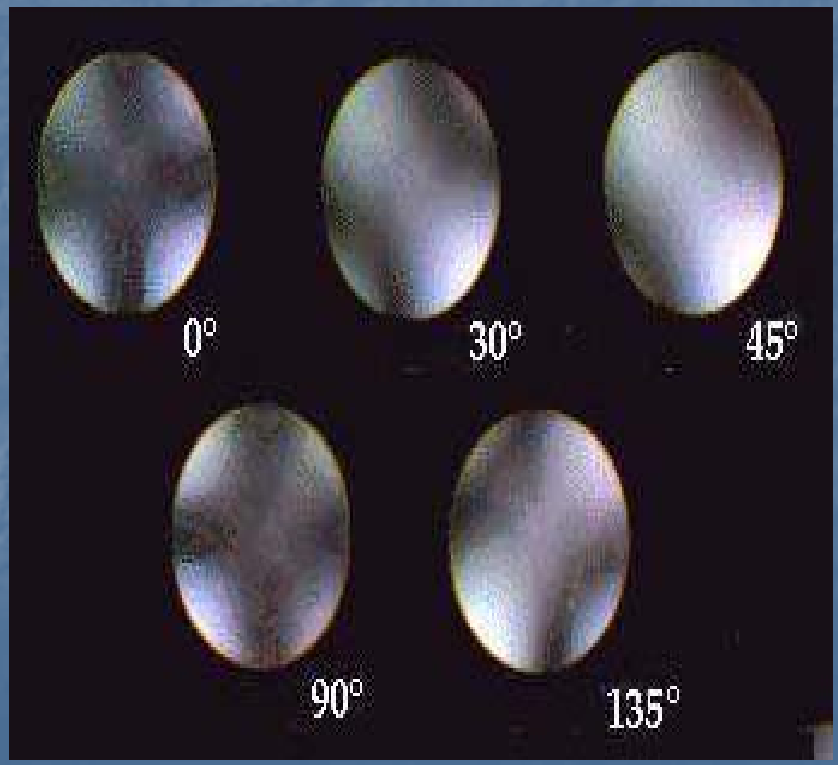




شکل ۷-۱۴. نمایش قسمتهای مختلف اشکال تداخلی در یک برش عمود بر منصف‌الزاویه حاده زاویه نوری در موقعیت ۴۵ درجه.

با توجه به اینکه در هنگام چرخش صفحه ی پلاتین صلیب سیاهرنگ شکسته به دو منحنی ایزوگیر تبدیل می شود اصطلاحاً این صلیب را صلیب دروغین می گویند .





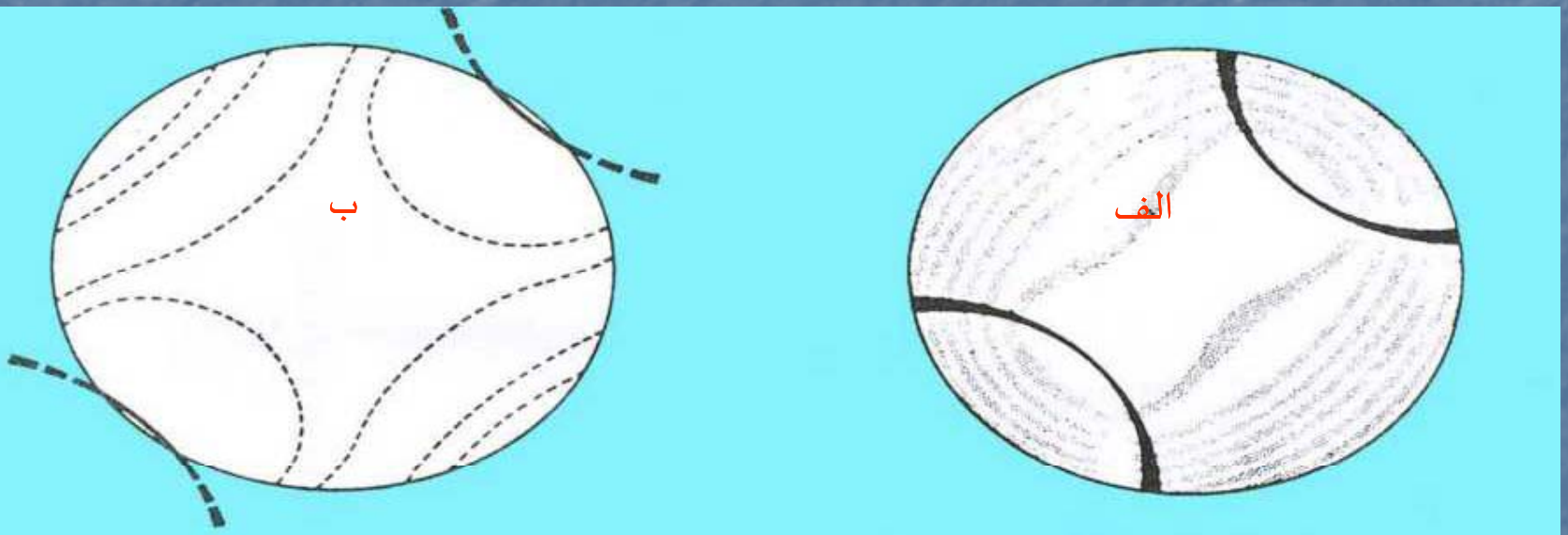
حداکثر فاصله ای که دو شاخه ی هذلولی در هنگام چرخش از یکدیگر می گیرند و همچنین سرعت دور شدن آن ها بستگی به زاویه ی نوری دارد . به این معنی که با افزایش این زاویه فاصله و همچنین سرعت دور شدن افزایش پیدا می کند .

هنگامی که زاویه ی نوری به صفر برسد ، دو محور نوری تبدیل به یک محور نوری می شود . در این حالت بلور ، یک محوری خواهد بود

ادامه

برای بیشتر بلور های دو محوری ، در صورتی که 2V بیش از 60 درجه باشد ، منحنی های ایزوگیر در موقعیت 45 درجه از میدان دید میکروسکوپ خارج می شوند .

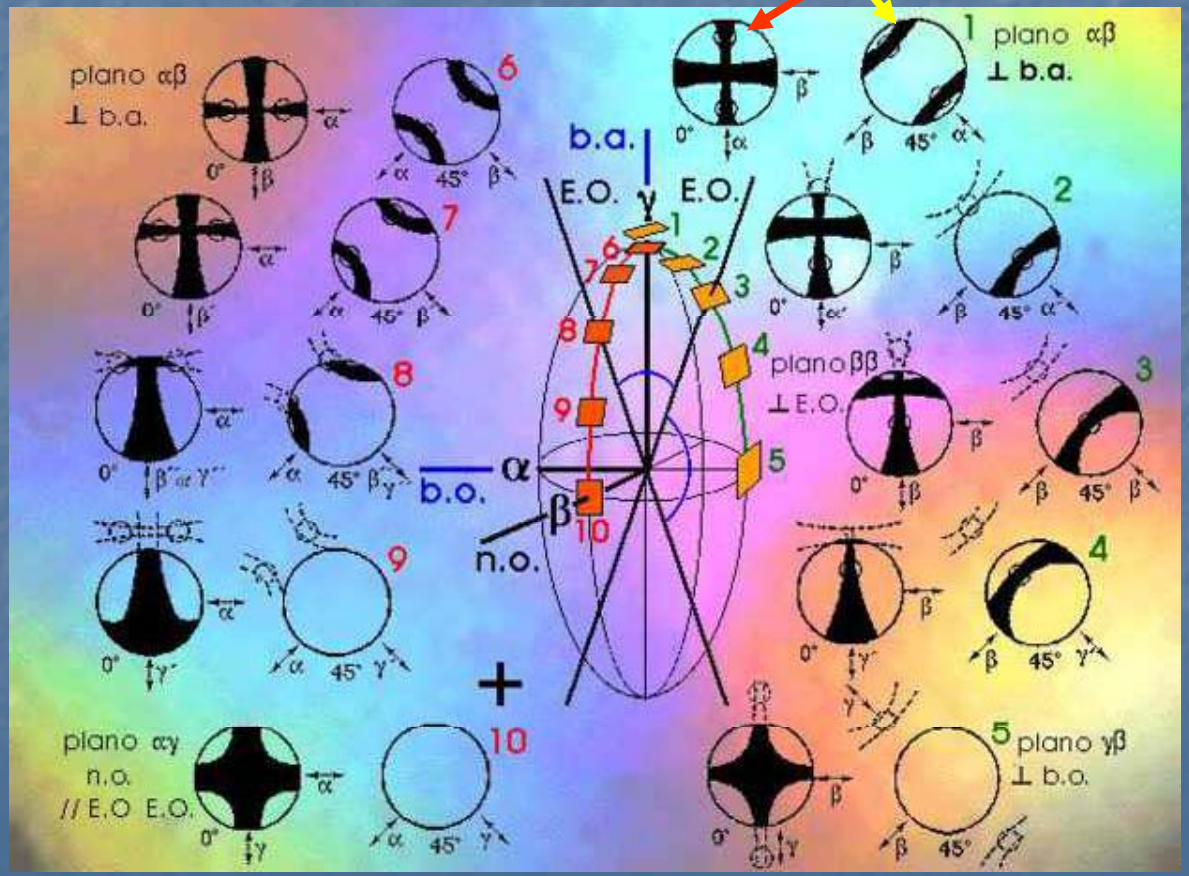
در این شکل اشکال تداخلی آراگونیت و باریت با یکدیگر مقایسه شده است . مقاطع تهیه شده از هر دو بلور بر منصف الزاویه ی حاده بین محور های نوری عمودند و ضخامت هر دو مقطع مساوی است . اختلاف این دو مقطع یکی در اندازه 2V و دیگری در شکست مضاعف (n2-n1)است .



شکل ۷ـ۱۵. مقایسهٔ زاویه نوری. (الف)آراگونیت $2V = 19^\circ$ و $(n_2 - n_1) = 0/155$
(ب) باریت $2V = 37^\circ 30'$ و $(n_2 - n_1) = 0/012$ همان‌طور که ملاحظه می‌شود با افزایش 2V مقدار دور شدن منحنیهای ایزوگیر بیشتر می‌شود.

مطالعه ی مقاطع عمود بر یکی از محور های نوری

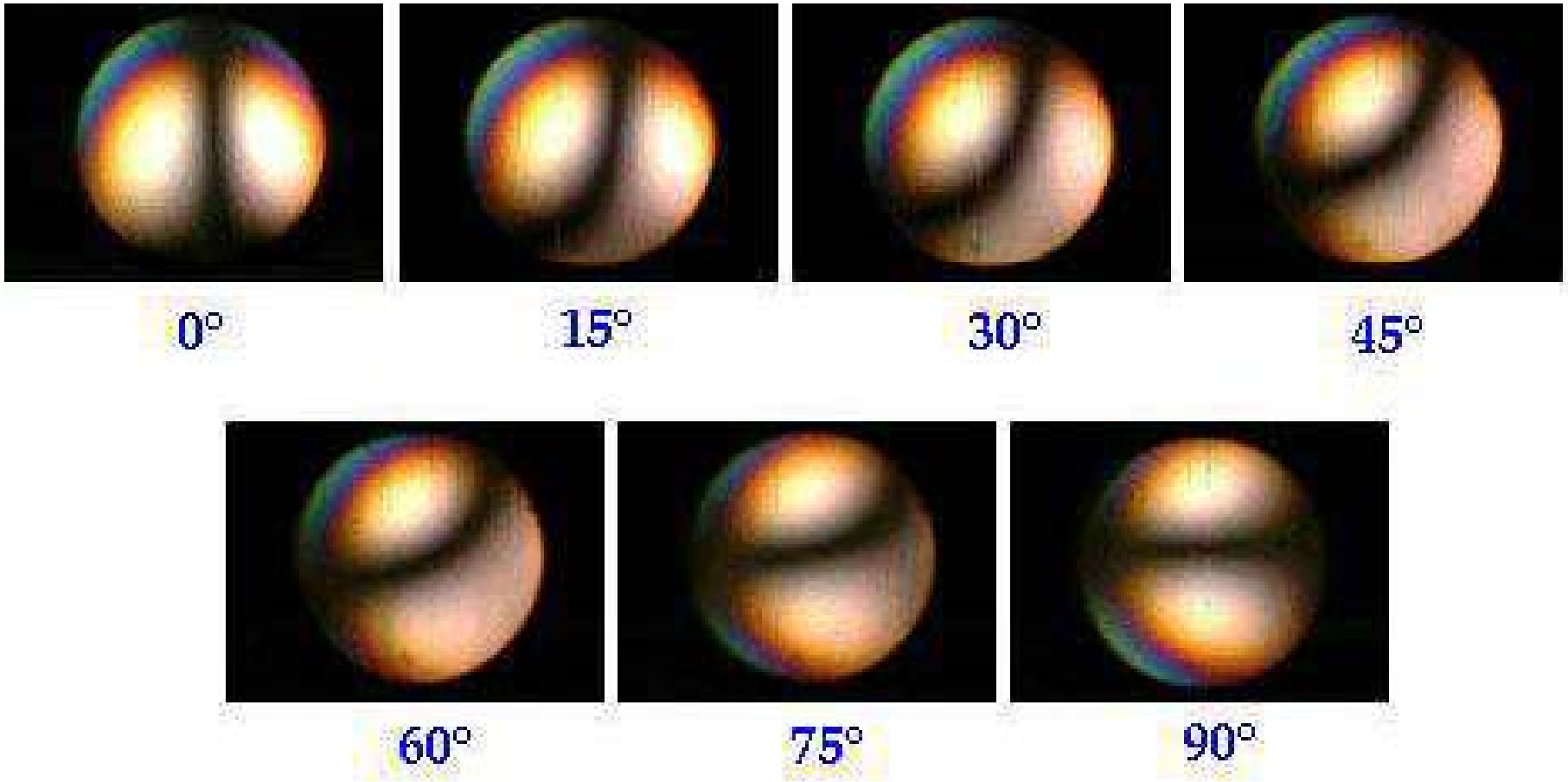
اشکال تداخلی مقاطع عمود بر منصف الزاویه حاده بین محور های نوری دارای تقارن اند .در وضعیت 90 درجه ، صلیب سیاهرنگ در مرکز دید میکروسکوپ مشاهده می شود و با قرارگیری در حالت 45 درجه محل استقرار شاخه های هذلولی نسبت به مرکز میدان میکروسکوپ به صورت متقارن است .



واضح است هر چه مقطع از حالت عمود بر منصف الزاویه ی حاده بیشتر خارج شود ، مرکز تقارن نیز از مرکز میدان دید میکروسکوپ دورتر می رود .

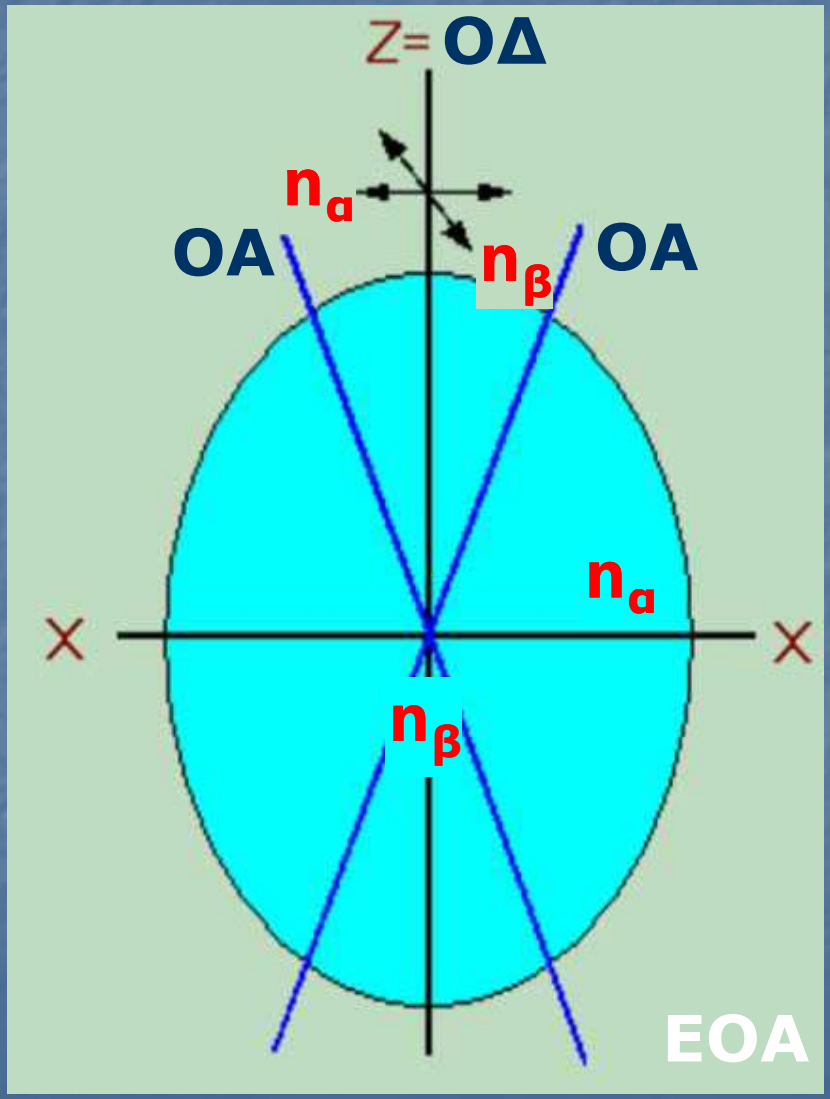
مقاطع عمود بر یکی از محور های نوری

هنگامیکه مقطع کاملاً عمود بر یکی از محور های نوری باشد ، حالت تقارن کاملاً از بین می رود و در هنگام چرخش صفحه ی پلاتین به جای شاخه ی هذلولی یک شاخه ی و به جای صلیب سیاهرنگ فقط یک خط ملاحظه خواهد شد که هنگام چرخش صفحه ی پلاتین به دور محور نوری خود خواهد چرخید



تعیین علامت بلور های دو محوری

به کمک تیغه های کمکی و با نور متقارب می توان علامت نوری را تعیین کرد .

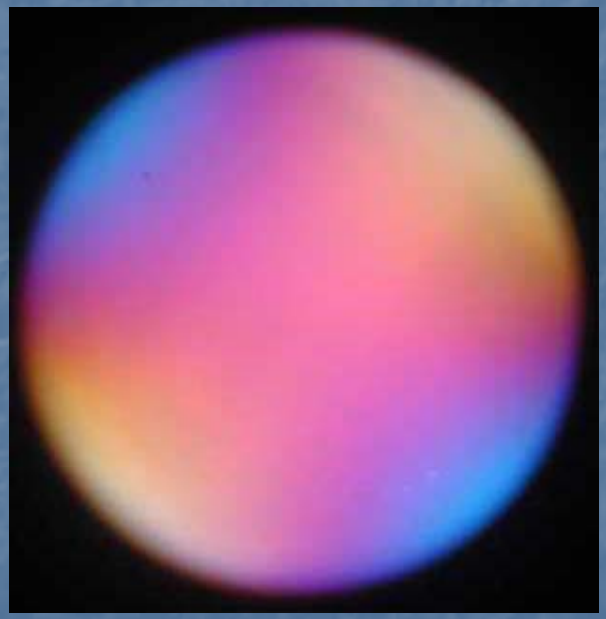


بلور های دو محوری مثبت بلورهایی هستند که منصف الزاویه حاده بین محور های نوری آن منطبق بر ضریب شکست بزرگتر بلور یا منطبق بر محور Z بلورشناسی باشد .

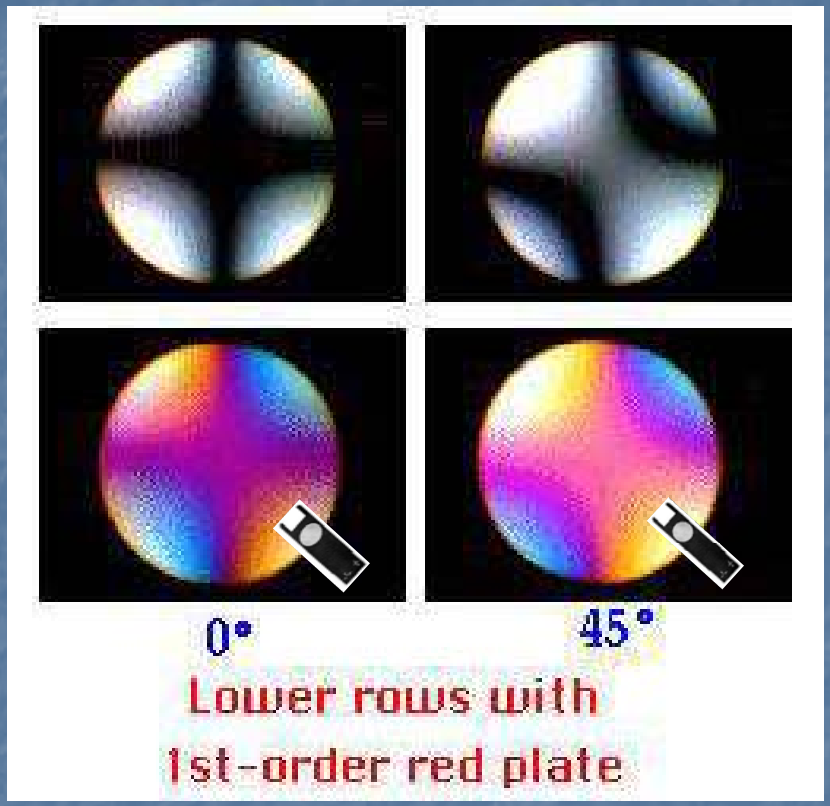
بلور های دو محوری منفی بلور هایی هستند که منصف الزاویه ی حاده ی بین محور های نوری آن منطبق بر ضریب شکست کوچکتر بلور است .

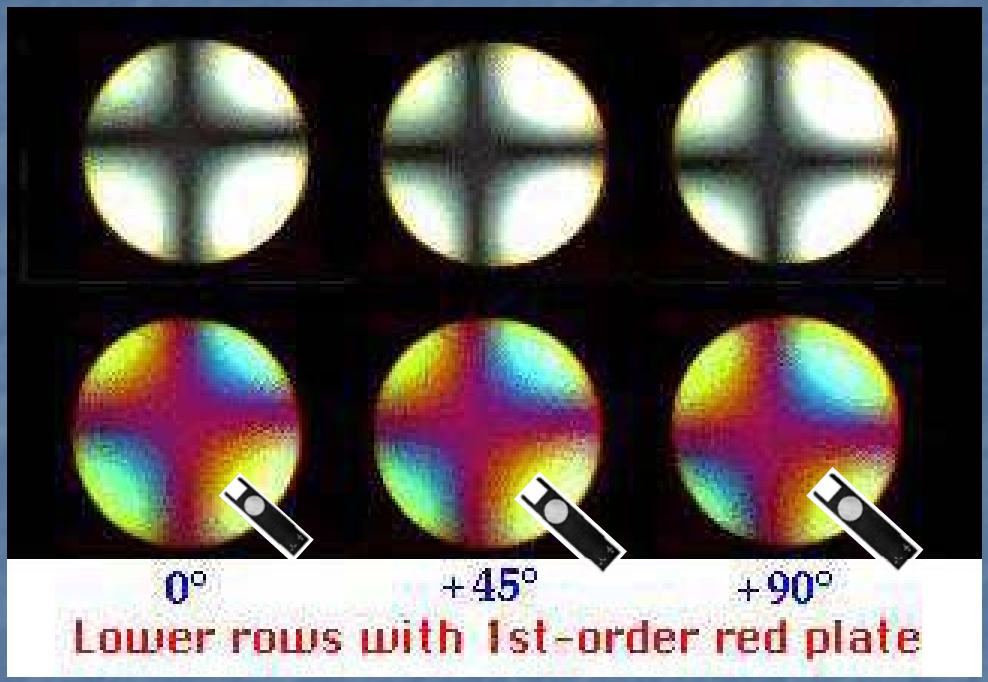
تعیین علامت در بلور های دو محوری

به این منظور ابتدا مقطع نازک را در موقعیت 45 درجه قرار می دهیم .با وارد کردن تیغه ژیپس اگر در ربع 1و3رنگ آبی ظاهر شد بلور دو محوره مثبت است.در صورتیکه ربع های 1و3 به رنگ زرد در آمدند، بلور دو محوره منفی است.

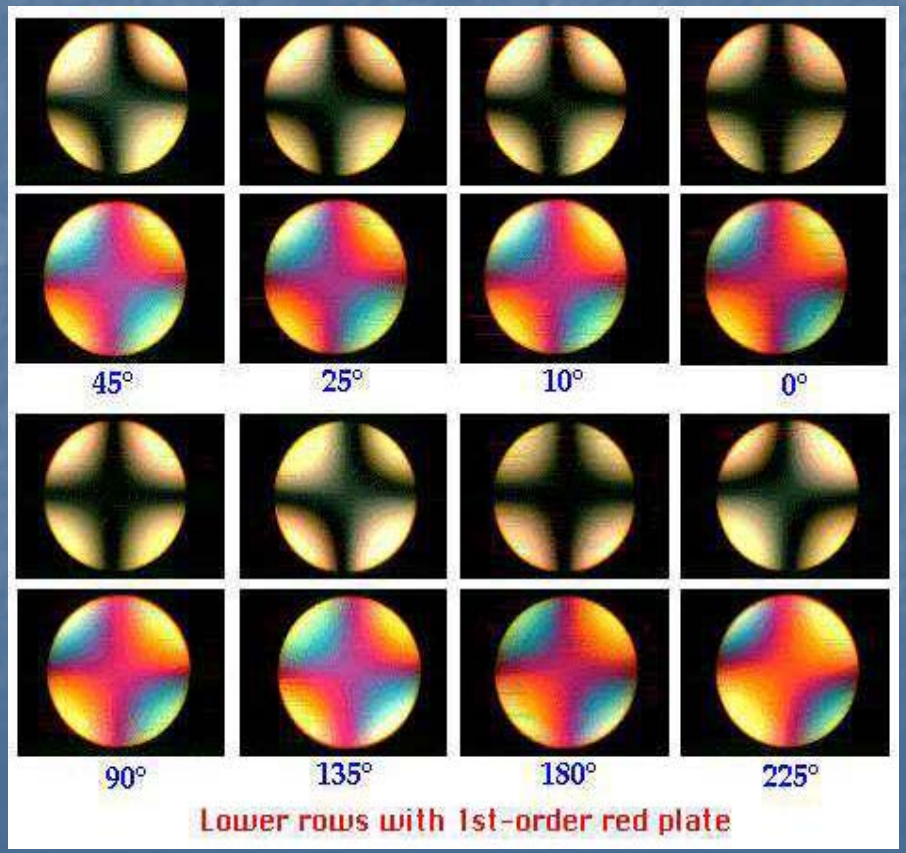


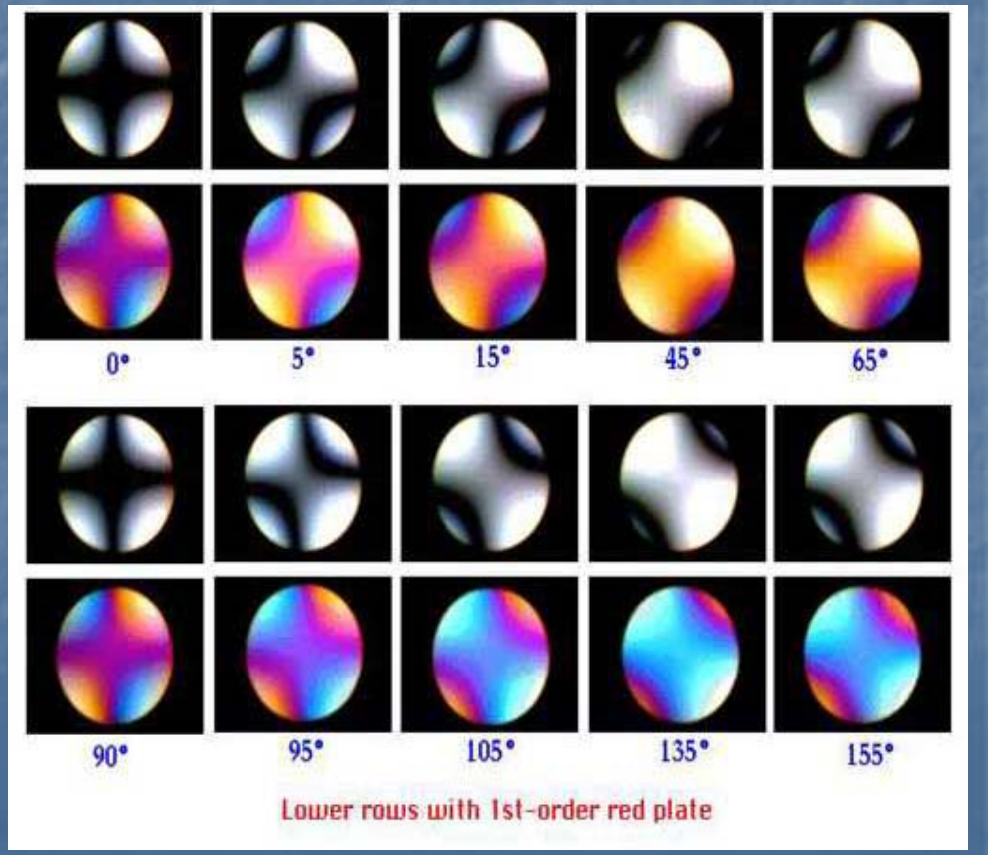
تعیین علامت در بلور های دو محوری مثبت



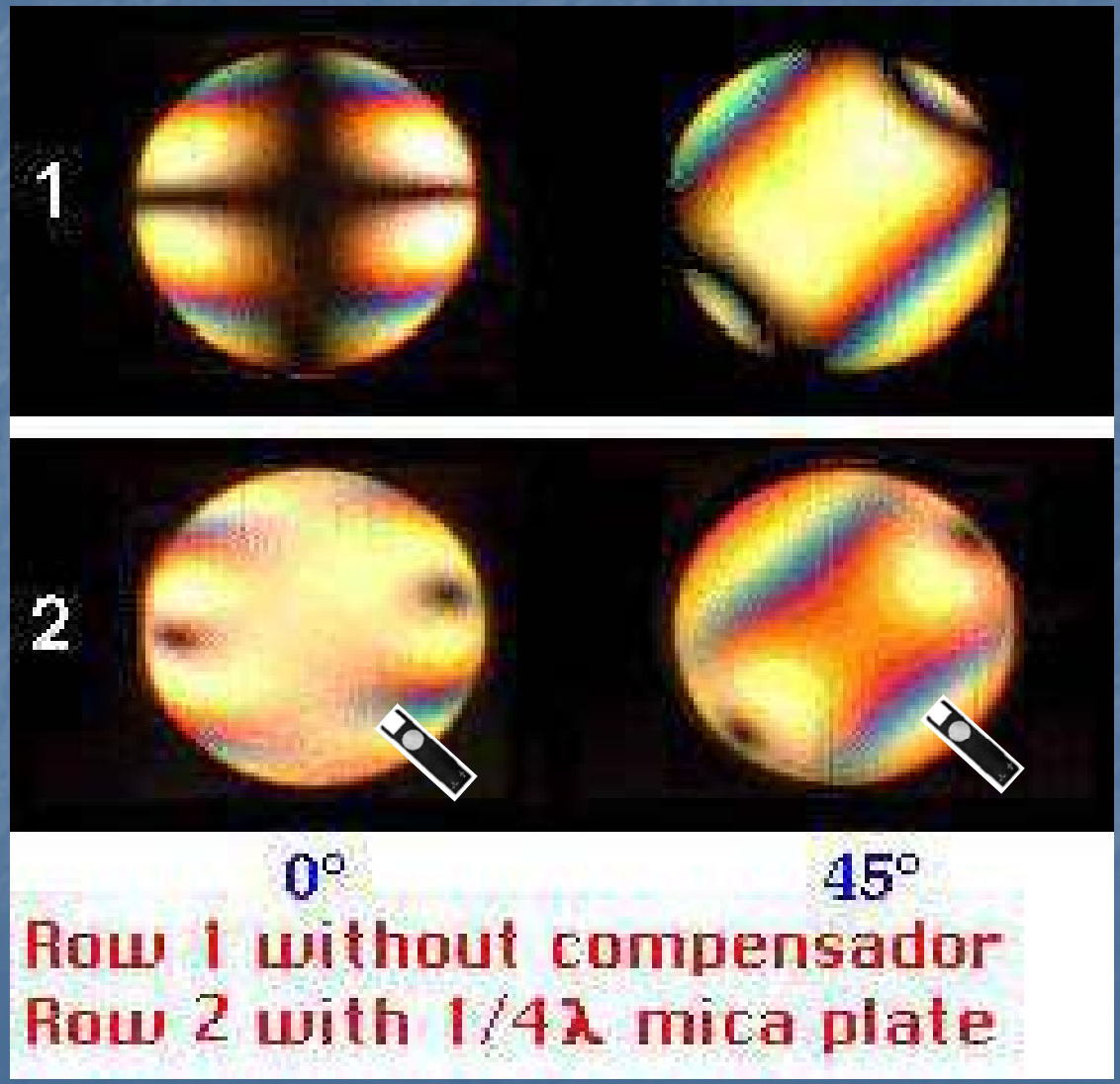


تعیین علامت در بلور های دو محوری منفی

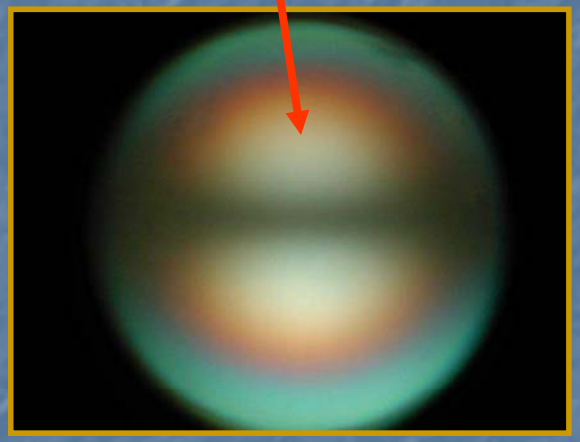


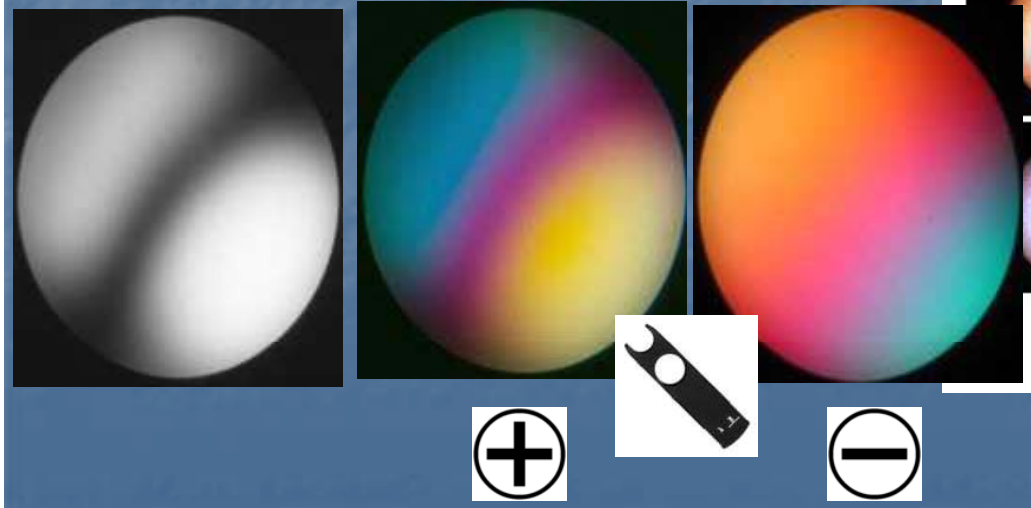


تعیین علامت در بلور های دو محوری با استفاده از تیغه میکا



- هر دو حالت فوق را می توان با استفاده از مقاطع عمود بر یکی از محور های نوری نیز به دست آورد . مشروط بر این که دو محور نوری کاملاً عمود بر یکدیگر نباشند زیرا در این صورت هذلولی به صورت خط مستقیم و بدون تحدب و تقعر ظاهر می شود .



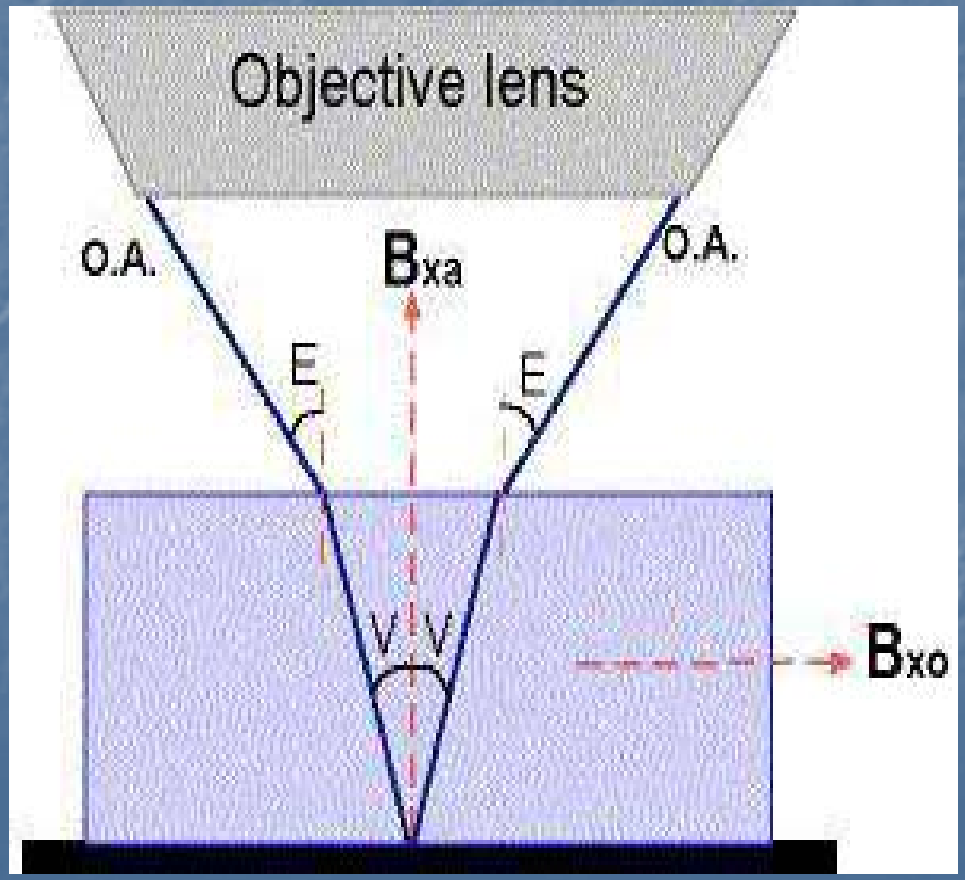


در سه کانی زیر علامت نوری را تعیین نمایید؟

کیانیت سیلیمانیت ارتوکلاز

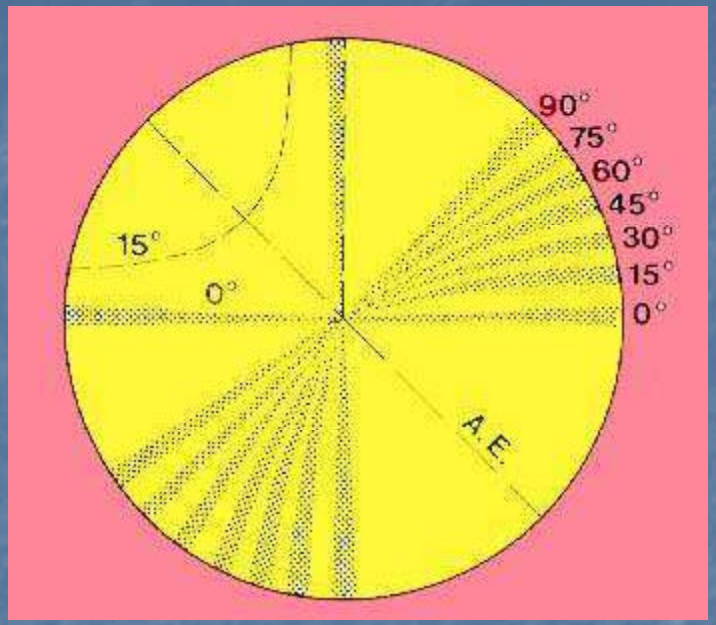
زاویه ی نوری ظاهری

در اشکال تداخلی بلور های دو محوری فاصله ی دور شدن دو شاخه ی هذلولی یا به عبارت دیگر ، فاصله ی دو محور نوری که از نوک دو هذلولی می گذرند ، نه تنها به 2V بلکه به β نیزبستگی دارد زیرا ضرایب شکست بلور برای نوری که در امتداد محور های نوری حرکت می کند برابر β است



. نوری که دراین امتداد از بلور می گذرد ، در هنگام خروج از بلور ، شکسته می شود و زاویه نوری برابر 2E را به وجود می آورد که این زاویه ، بزرگتر از زاویه ی نوری حقیقی (2V) می باشد و به آن زاویه ی نوری ظاهری گفته می شود .

اندازه گیری زاویه محورهای نوری

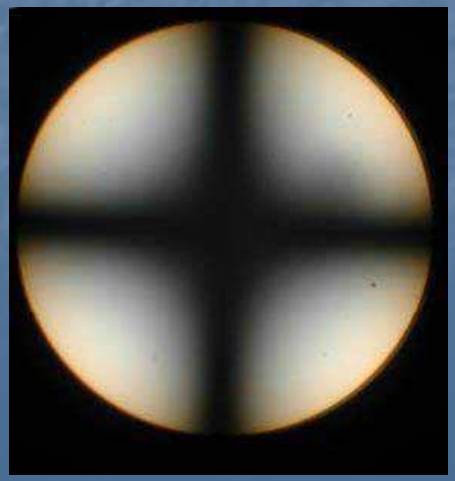


مقدار V را می توان از طریق مقایسه با شکل مقابل بدست آورد .
هر چه 2 V زیادتر شود ، مقدار انحنای شاخه های هذلولی کمتر می شود .

در بلور هایی که $2V=0^\circ$ است ، این منحنی ها حداکثر انحنا را دارند و هر شاخه به صورت یک زاویه ی قائم در می آید که در مجموع صلیب سیاهرنگ را ایجاد می کنند .

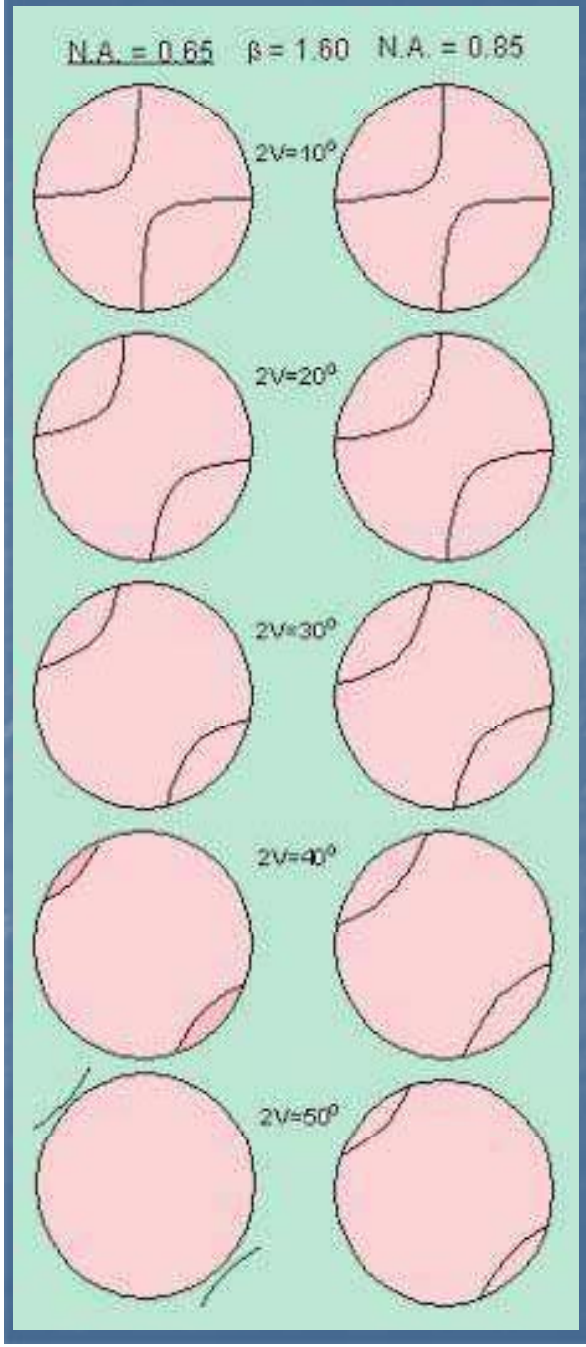
با افزایش 2V این انحنا کمتر می شود و دو شاخه هذلولی را به وجود می آورد . تا اینکه اگر $2V = 90^\circ$ بشود ، منحنی ها تبدیل به خطوط مستقیم خواهند شد .

2V=90



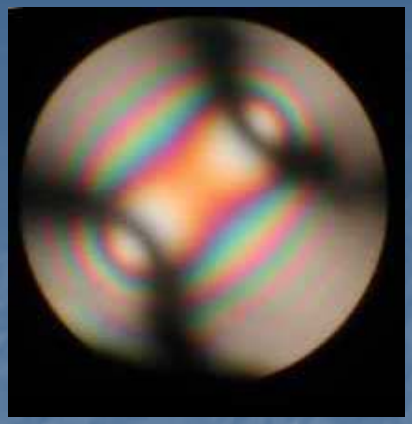
2V=0

ادامه



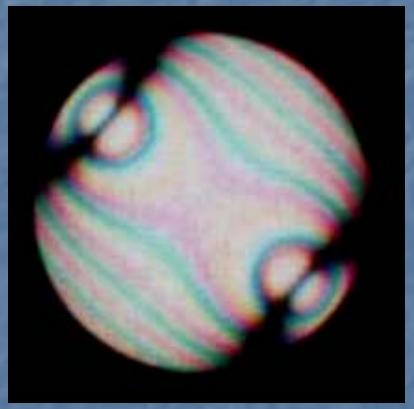
فلوگوپیت

Bxa centered, 2V=10



آراگونیت

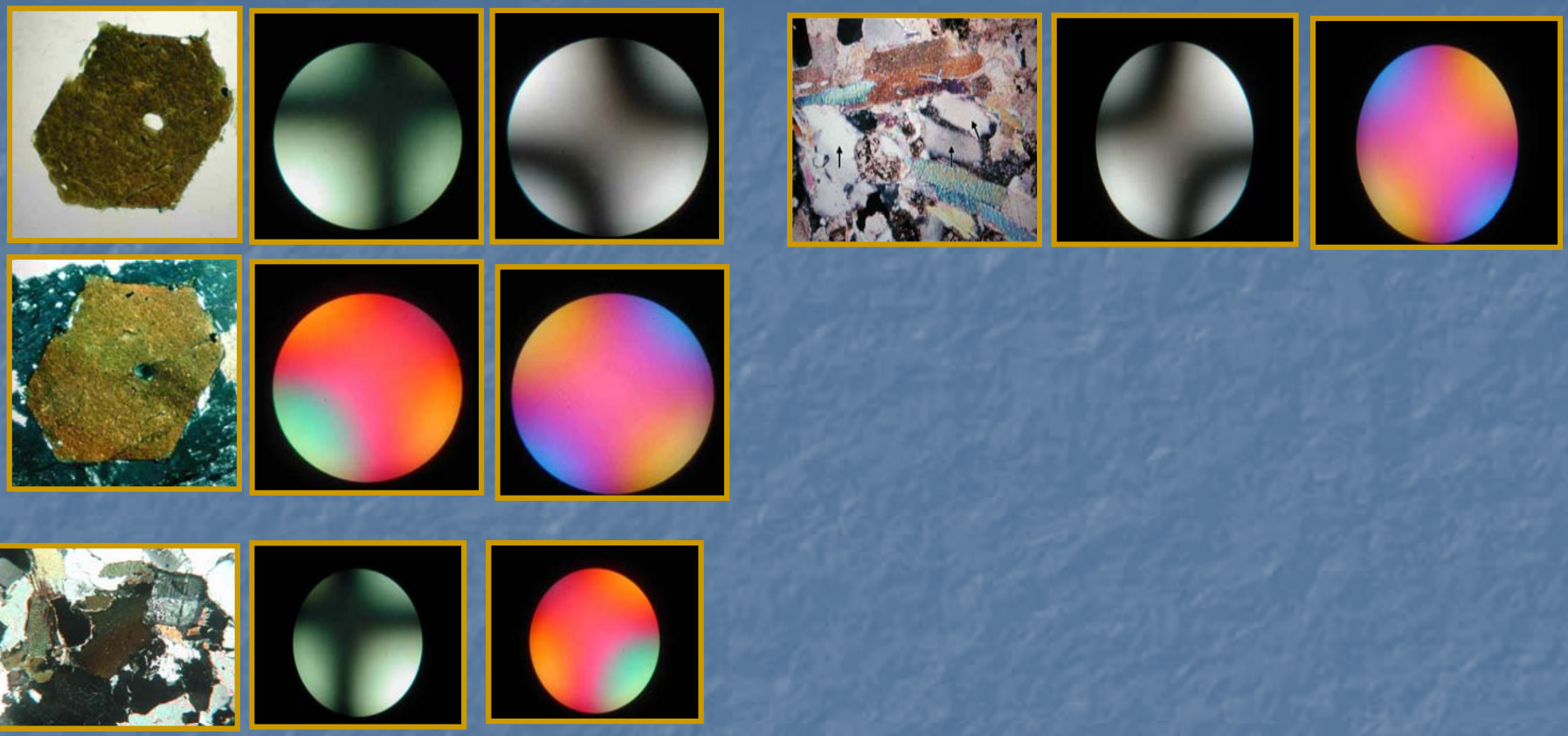
Bxa centered, 2V=20



Centered Bxa 2V = 35

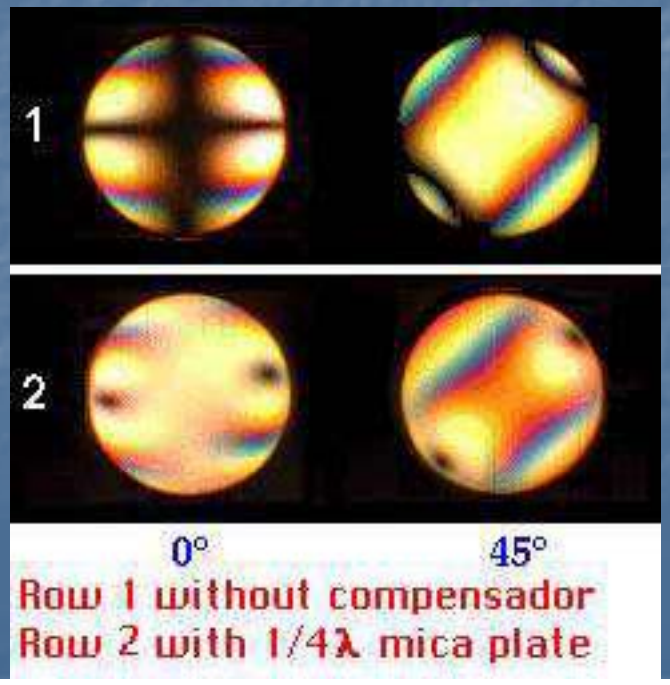
کانی (بیوتیت)

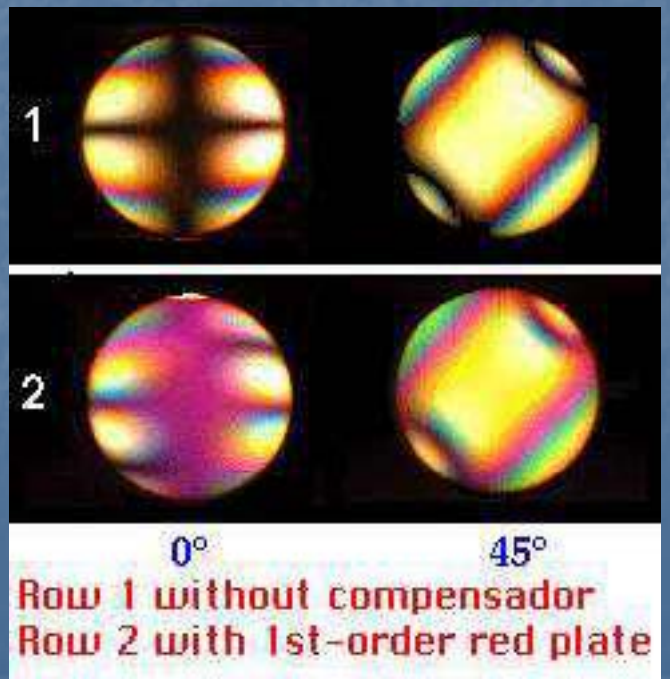
دو محوره منفی



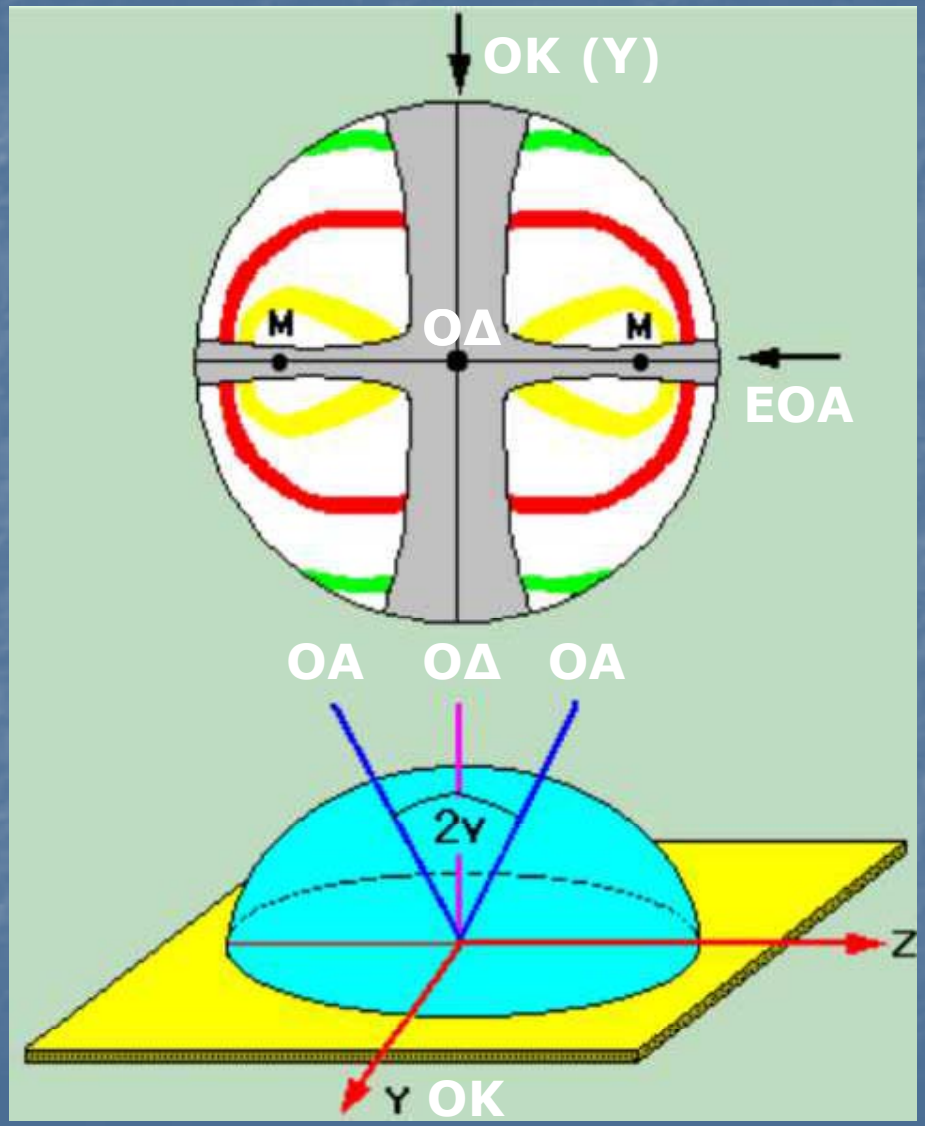
کانی (موسکویت)

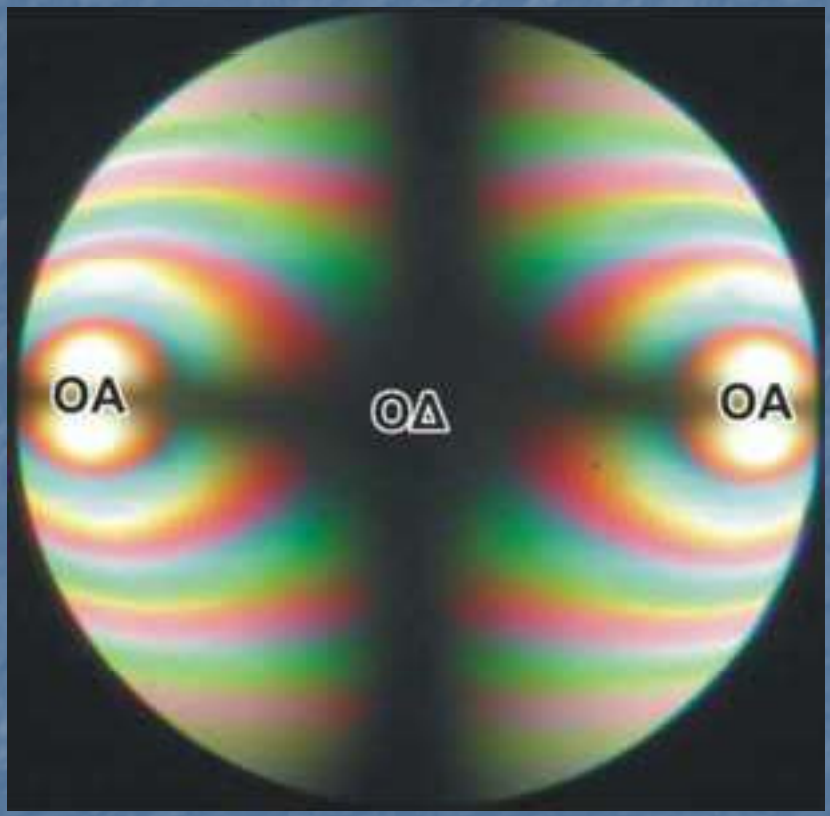
دو محوره منفی

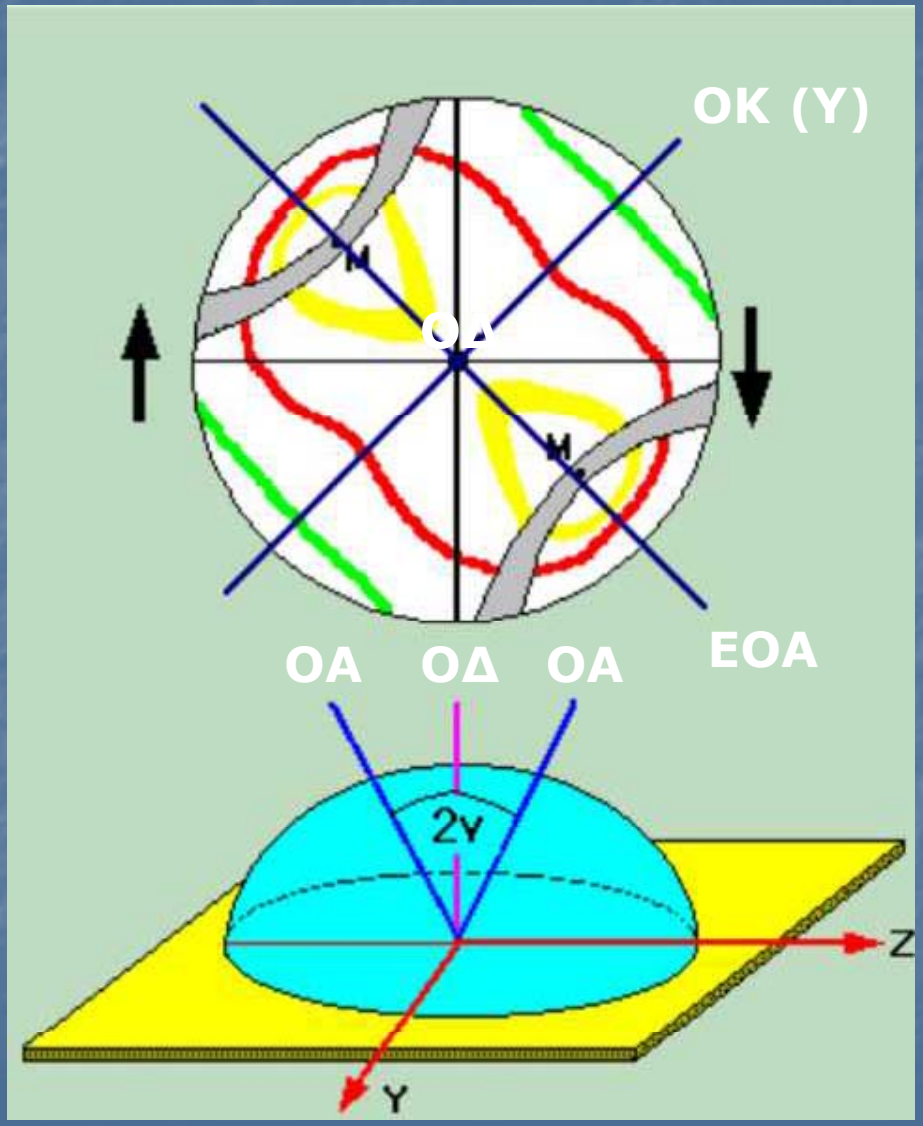


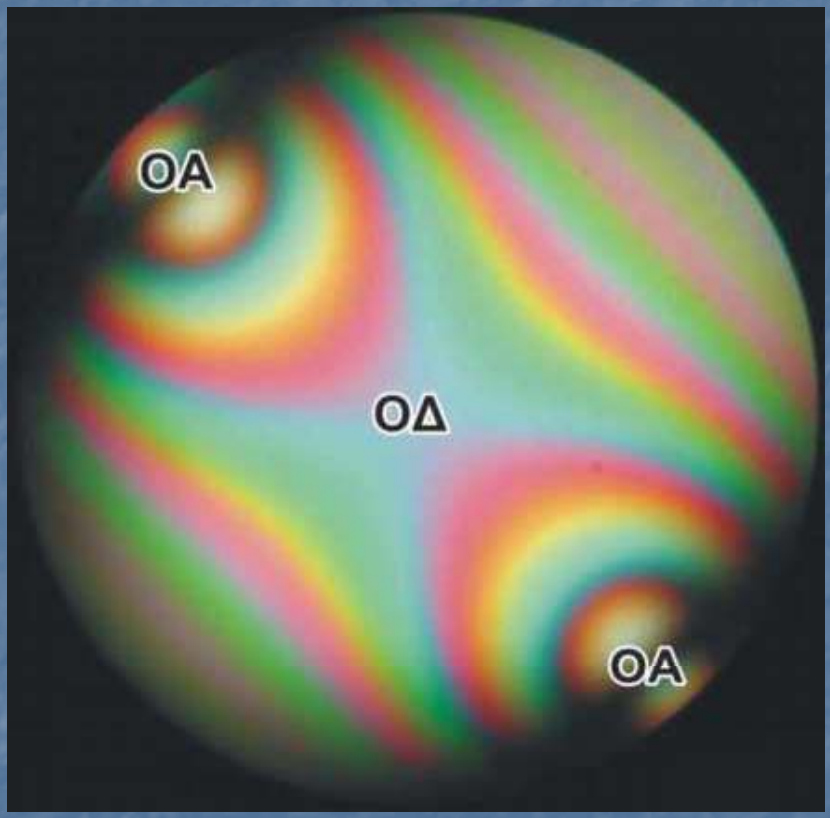


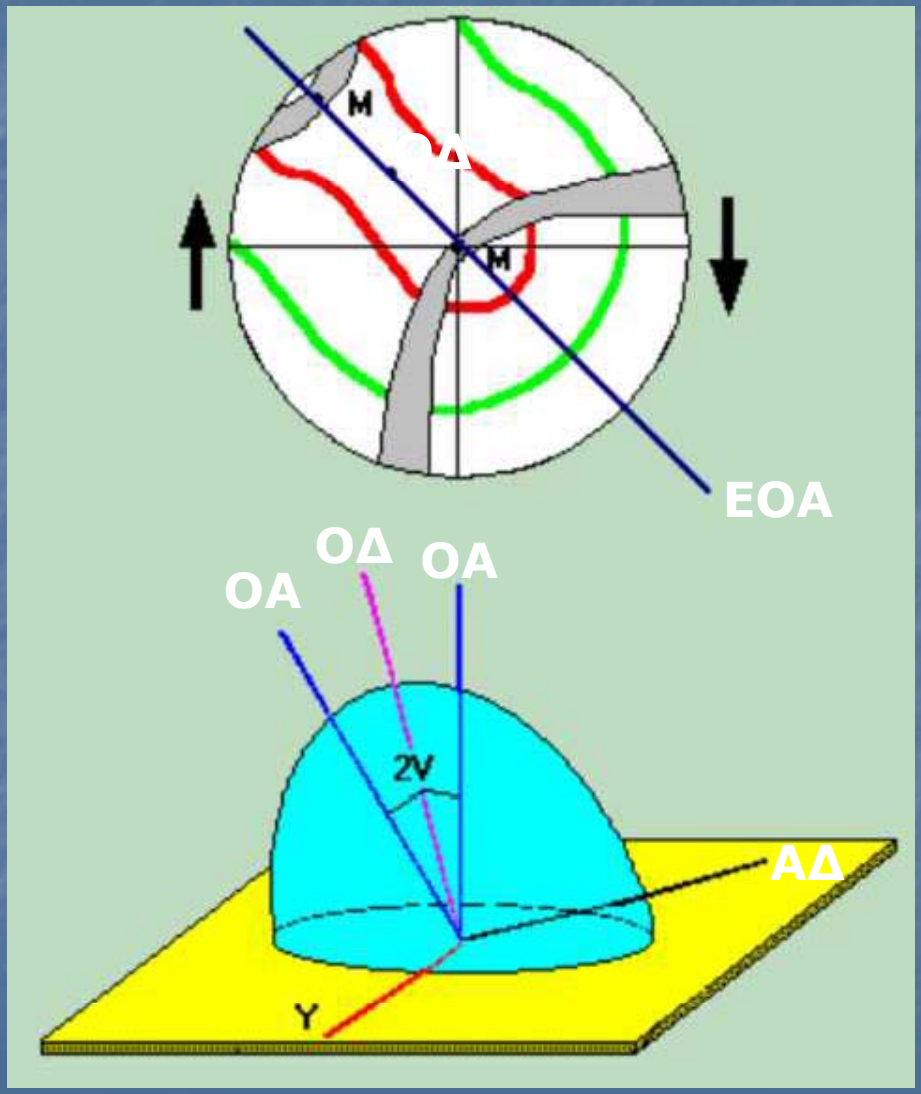
پایان


OK (Y)
M
OΔ
M
EOA
OA
OΔ
OA
2V
Z
Y OK


OA
OΔ
OA


OK (Y)
OA
OA
OΔ
OA
EOA
2V
Z
Y


OA
OΔ
OA


M
OA
M
EOA
OA
OΔ
OA
2V
AΔ
Y

OA

www.salampnu.com

سایت مرجع دانشجوی پیام نور

- ✓ نمونه سوالات پیام نور : بیش از ۱۱۰ هزار نمونه سوال همراه با پاسخنامه تستی و تشریحی
- ✓ کتاب ، جزوه و خلاصه دروس
- ✓ برنامه امتحانات
- ✓ منابع و لیست دروس هر ترم
- ✓ دانلود کاملا رایگان بیش از ۱۴۰ هزار فایل مختص دانشجویان پیام نور

www.salampnu.com