

OPTİK MİNERALOJİ

2010-2011 Bahar Y.Y.

Yrd.Doç.Dr. Kürşad ASAN

S.Ü. Müh. Mim. Fak.

Jeoloji Müh. Böl.

<http://www.mmf.selcuk.edu.tr/personel/kasan>

Dersin	Adı	Optik Mineraloji
	Sorumlusu	Yrd.Doç.Dr. Kürşad ASAN
	Kodu	1207404
	Yarıyıl	4. Yarıyıl (Bahar)
	Kredi	1 + 2
	Not sistemi	Vize (%40) + Final (% 60)
	Statüsü	Ön şartlı* zorunlu ders

* Optik Mineraloji dersinin devamını alamayan öğrenciler; **Magmatik Kayaç Petrografisi**, **Metamorfik Kayaç Petrografisi** ve **Sedimanter Kayaçlar** derslerini alamazlar

Optik Mineraloji,

Işığın (*görünür ışık*) minerallerle (*şeffaf, opak olmayan*) etkileşiminin bir sonucu olarak ortaya çıkan özellikleri inceleyen disiplindir.

Optik mineraloji,

Fiziğin “Optik” ve Jeolojinin “Mineraloji” dalları ile doğrudan ilişkilidir.

Dersin Amacı;

Kayaçlardan elde edilmiş ince kesitler üzerinde, kayacı oluşturan minerallerin polarizan mikroskop altında tayin edilme/tanınma tekniklerini vermektir.

Bu haliyle “Optik Mineraloji” aşağıdaki jeoloji disiplinlerine temel oluşturmaktadır;

- Mağmatik Petrografi
- Metamorfik Petrografi
- Sedimanter Petrografi

IŞIK	1. Hafta	Işığın mahiyeti
		Adi ışık & polarize ışık
		Dalga cephesi, dalga normali ve ışın
		Işık dalgalarının özellikleri
		Görünür ışığın spektrumdaki yeri
İZOTROP & ANİZOTROP CİSİMLER	2. Hafta	İzotrop ve Anizotrop cisimler
		Yansıma, kırılma ve kırma indisi
		İndikatrix (izotropik & anizotropik)
	3. Hafta	TOE kristaller
		ÇOE kristaller
POLARİZE IŞIK & POLARİZAN MİKROSKOP	4. Hafta	Polarize ışığın elde edilme yöntemleri
		Polarizan mikroskop: parçaları & çalışma prensibi
ORTOSKOPIK TAYİNLER	5. Hafta	Şeffaflık Derecesi/Opaklık
	6. Hafta	Renk/Pleokroizma
	7. Hafta	Şekil/Biçim
	8. Hafta	Rölyef & Beke Çizgisi
	9. Hafta	Dilinim, Bölünme ve Çatlaklar
	10. Hafta	Çift Kırma ve Polarizasyon Renkleri
	11. Hafta	İkizlenme/Zonlanma/Kapanım/Alterasyon
	12. Hafta	Sönme ve Sönme Açısı Tayini / Uzanım İşareti
KONOSKOPIK TAYİNLER	13. hafta	TOE minerallerin konoskopik özellikleri
	14. hafta	ÇOE minerallerin konoskopik özellikleri

IŞIK

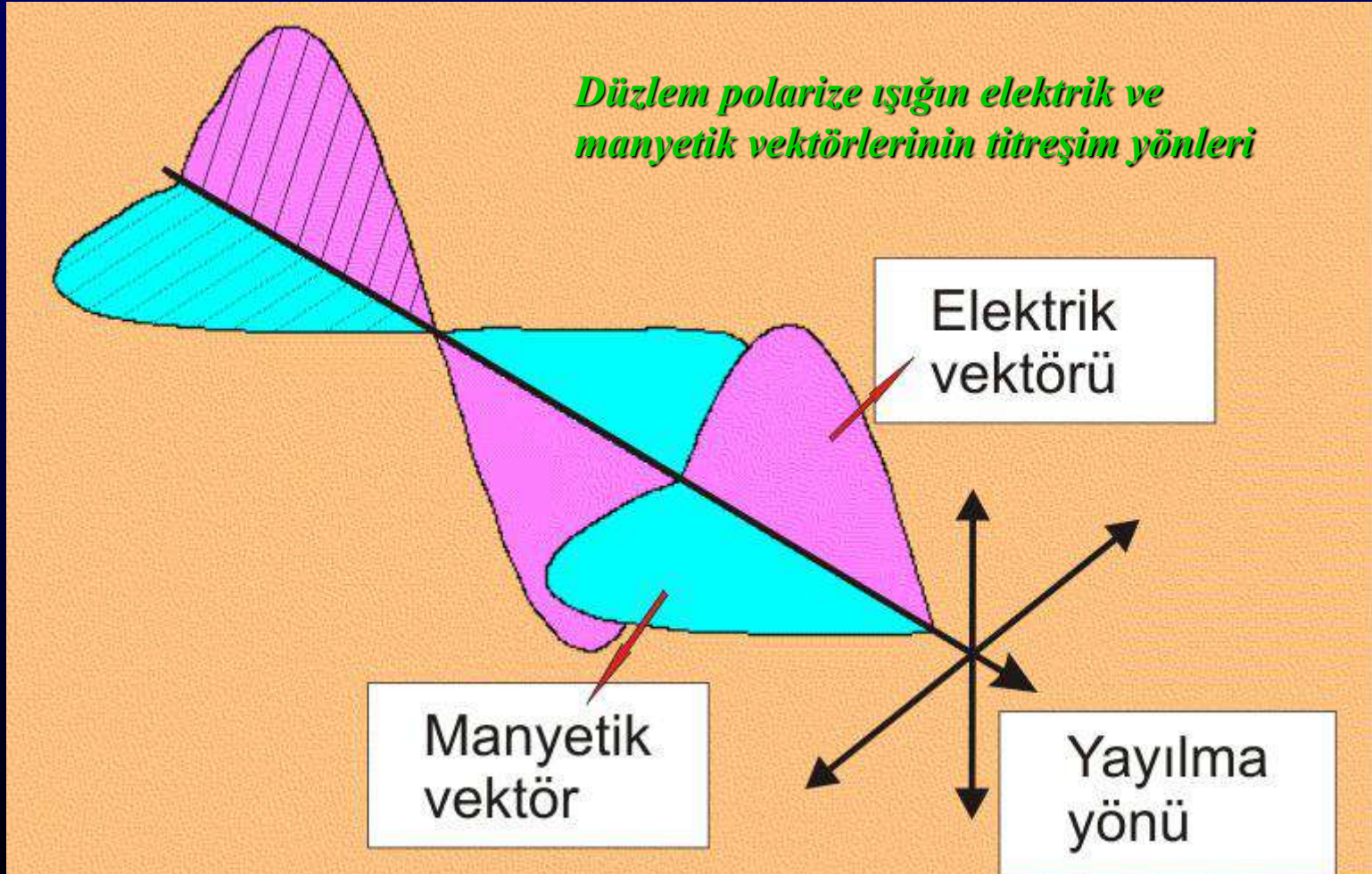
Işık özel bir enerji şeklidir. İki teori vardır:

1. **Elektromanyetik teori:** Işık devamlı elektromanyetik dalgalardan ibarettir.
2. **Parçacık (Kuantum) teorisi:** Işık enerjisi foton veya kuant denilen partiküllerden oluşmaktadır.

Minerallerin optik özelliklerinin açıklanmasında *elektromanyetik* teori yeterlidir.

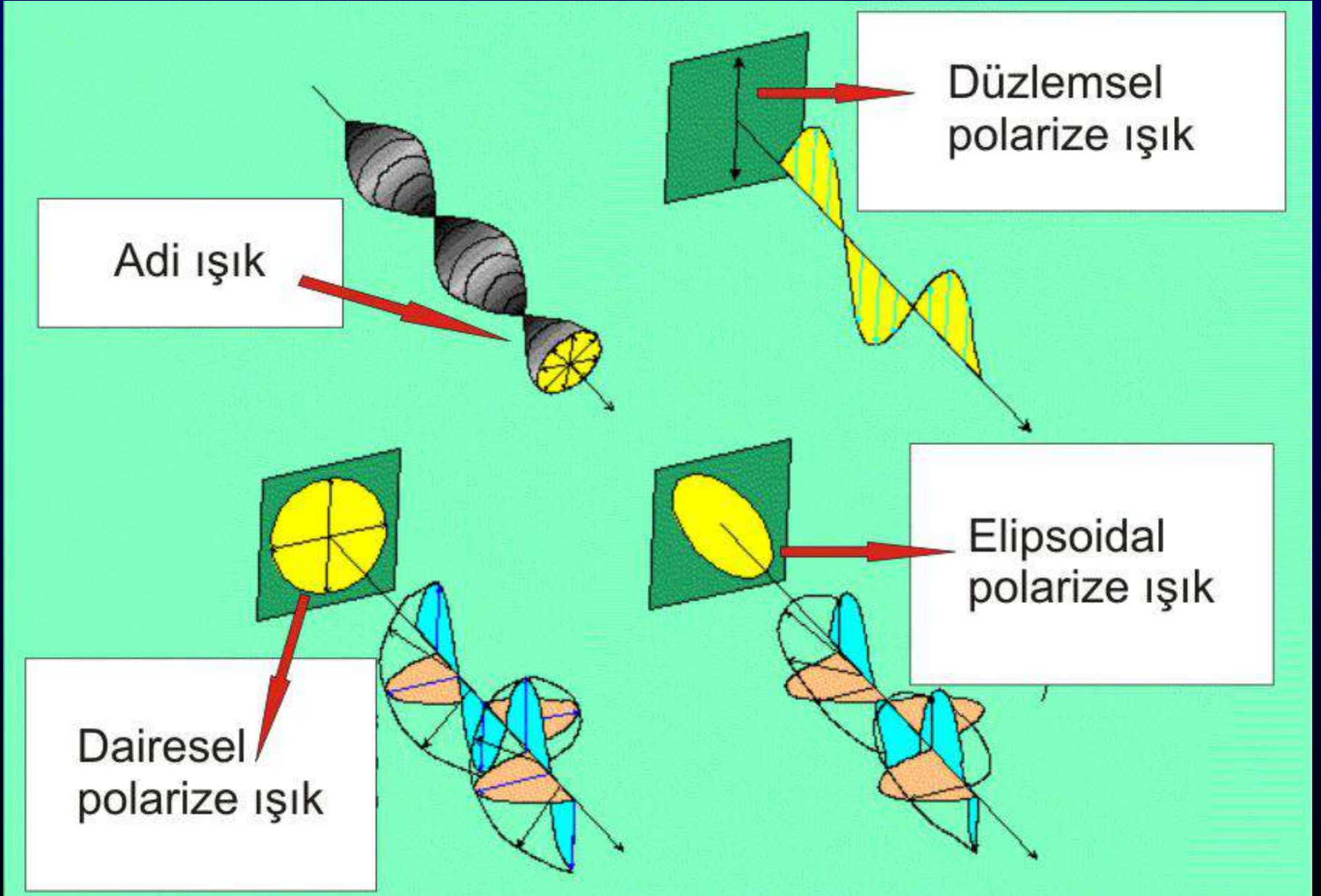
ADI IŞIK & POLARİZE IŞIK

- **Adi ışık** her yönde titreşim yapar.
- **Polarize ışık** ise elektrik ve manyetik vektörlerin birbirine ve yayılma istikametine dik sadece iki düzlemde titreştiği bir ışıktır.
- Kristal optiğinde sadece **elektrik vektörü** önemlidir.



Üç çeşit polarize ışık mevcuttur:

1) Düzlemsel (çizgisel), 2) Dairesel, 3) Elipsoidal



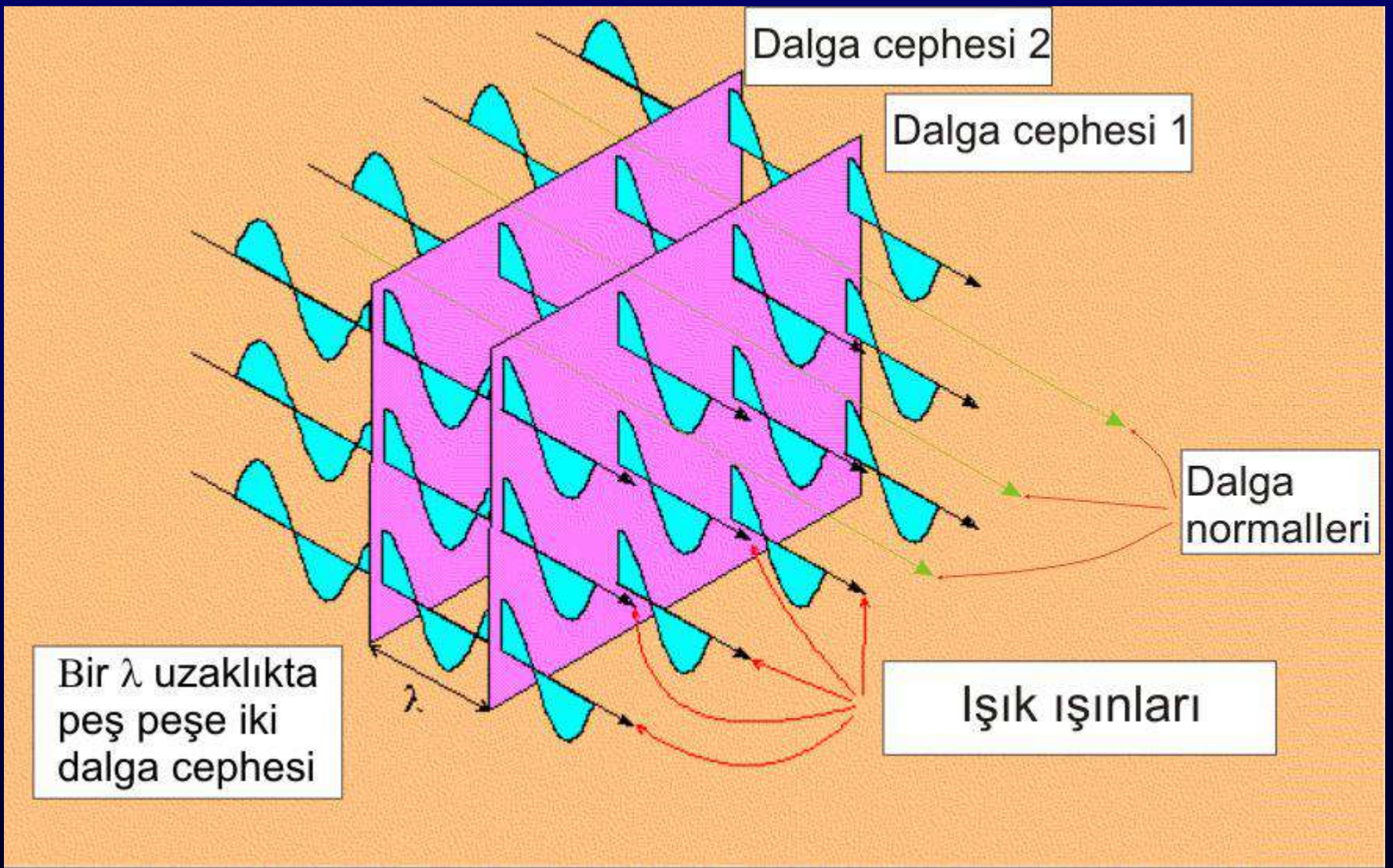
DALGA CEPHESİ, DALGA NORMALİ VE IŞIN

Dalgalar periyodik titreşim hareketi olduklarından bunlarda hem zaman ve hem de yer bakımından aynı pozisyonda olan noktalar vardır. Yani bu noktalar aynı fazdadırlar.

Dalga Cephesi: Bir dalga demetinde belli bir anda mevcut dalgaların aynı fazda olan bütün noktalarından geçen geometrik yere dalga cephesi (wave front) denir.

Dalga Normali: Dalga cephesine dik olan doğrudur.

Işın: Işın (ray) herhangi bir titreşim enerjisinin yayılma yönüdür. Dolayısıyla bir ışık ışını bir ışık dalgasının iki nokta arasında ilerlerken takip ettiği yoldur.



İzotrop ortamlarda (yukarıdaki gibi) dalga normali ve ışınlar çakışırlar.
Anizotrop ortamlarda birbirinden farklıdırlar. *Detaylı anlatılacaktır....*

IŞIK DALGALARININ ÖZELLİKLERİ

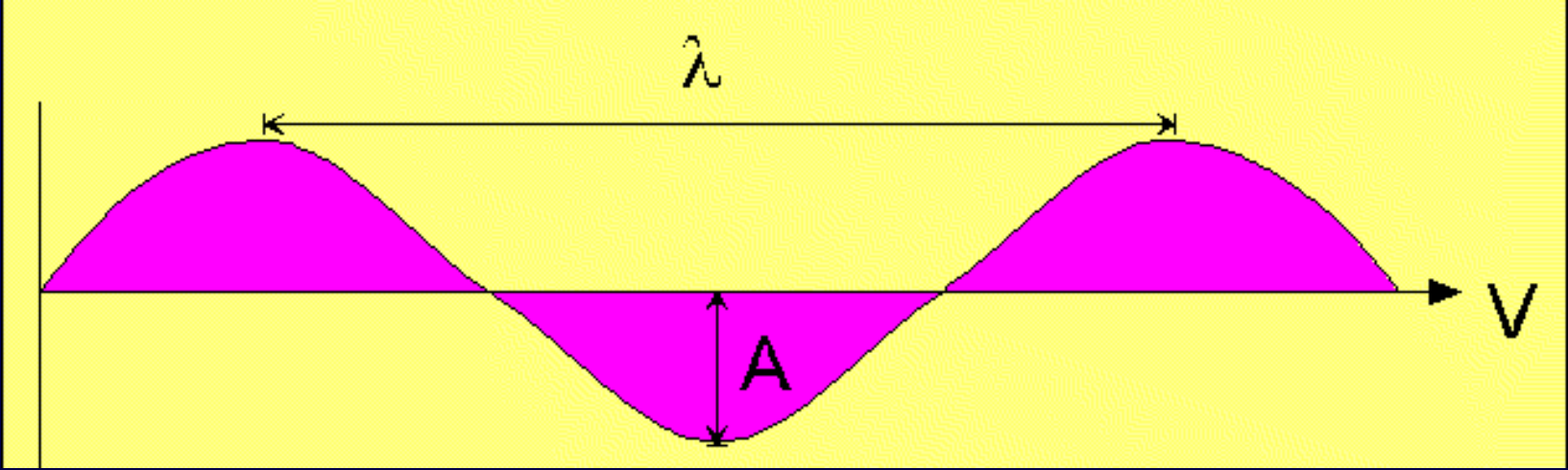
Dalga Boyu: Bir dalganın eşlenik iki noktası arasındaki uzaklıktır. Dalga boyu λ (lamda) ile gösterilir ve birimi Å (Angstrom) ($1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$) veya milimikron ($1 \text{ m}\mu = 10 \text{ Å} = 10^{-9} \text{ m}$) ile ifade edilir. Dalga boyu ışığın rengini tayin eder. Mor ışığın dalga boyu 4200 Å, kırmızı ışığınki ise 7000 Å

Peryod: Dalga hareketinin bir dalga boyu kadar ilerlemesi için geçen zamana peryod (T) denir. Bu durumda ışığın yayılma hızı $V = \lambda/T$ dir.

Frekans: Dalgadaki bir noktadan birim zamanda geçen tam dalga boyları sayısına frekans (f) denir. Birimi Hertz'dir. Bir dalga boyu T zamanda geçtiğinden $f = 1/T$ olup, $T = \lambda/V$ değeri yerine konursa frekans $f = V/\lambda$ şeklinde ifade edebilir.

Işın Hız Yüzeyi: Işıklar boyunca ilerleyen dalgaların belli bir zaman aralığında varmış oldukları yüzeydir.

Işık Dalgasının Bileşenleri



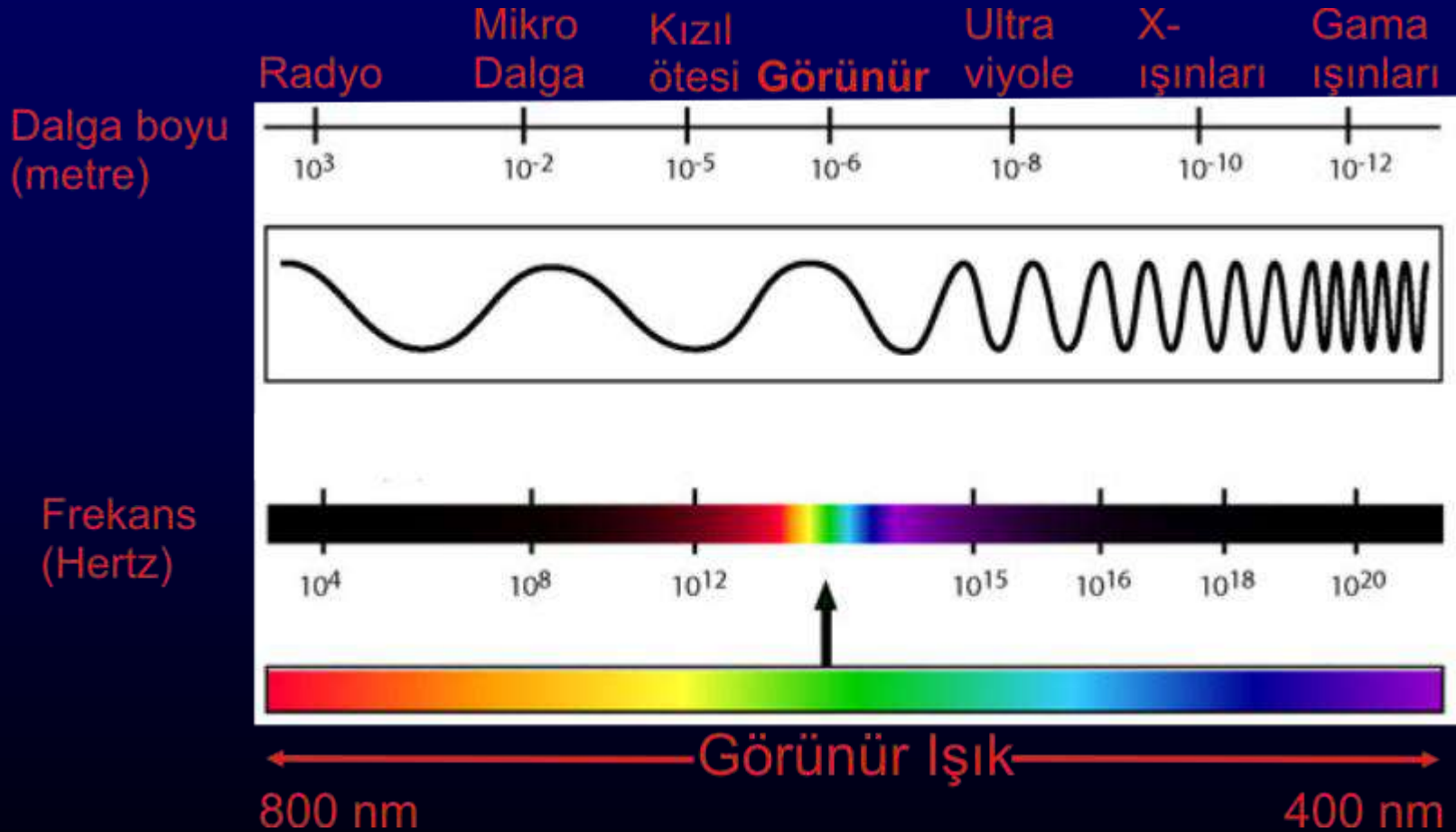
Dalga soldan sağa doğru V hızı ile ilerlemektedir.

λ , dalganın boyu

A , amplitüt (genlik), dalga yüksekliği

ELEKTROMANYETİK SPEKTRUM

İnsan gözünün görebildiği (görünür) ışığın dalga boyu 400 (mor)-800 (kırmızı) nm arasındadır. Görünür ışık spektrumunda çok az bir yer işgal eder.



İZOTROP VE ANİZOTROP CİSİMLER

Işığ1 geçiren ortamlar iki gruba ayrılırlar

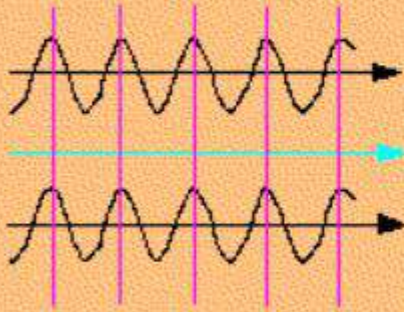


1) İzotrop (Tek kırıcı) cisimler:
Işık her yönde aynı hızla yayılır, ışık hızı yöne göre değişmez.

- Gazlar ve adi sıvılar
- Cam halindeki (kristalleşmemiş) katılar
- Kübik kristaller

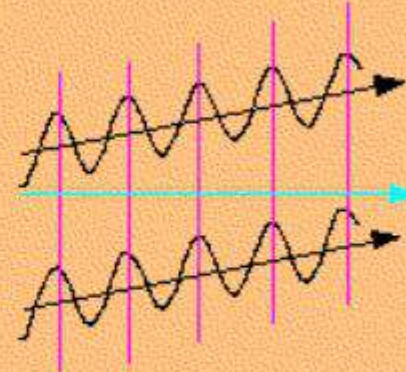
2) Anizotrop (Çift kırıcı) cisimler:
Işık hızı yöne göre değişir.

- Kübik sistem dışındaki tüm kristaller
- Basınca (stres) maruz kalmış amorf maddeler ve kübik kristaller



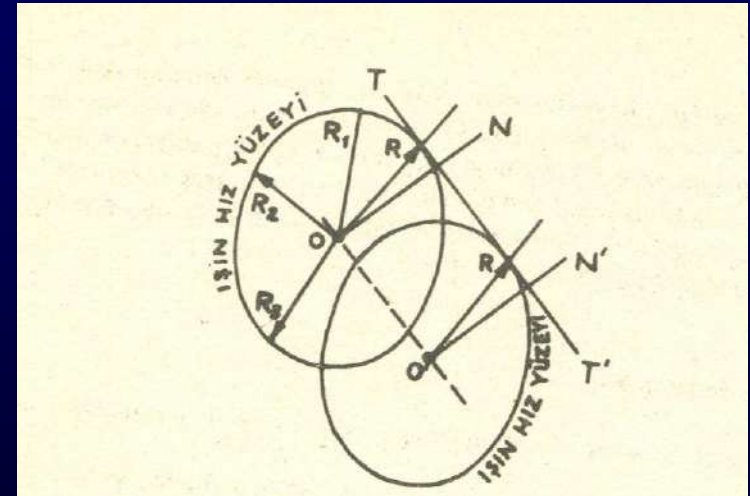
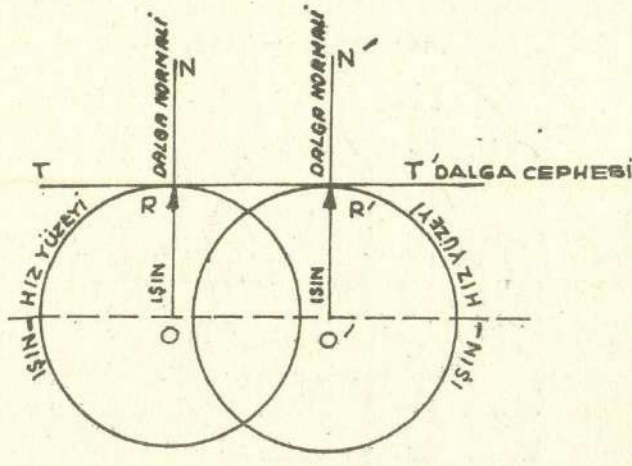
Işık ışını
Dalga normali
Işık ışını

İZOTROP



Işık ışını
Dalga normali
Işık ışını

ANİZOTROP



• İzotropik minerallerde, dalga normali ile ışık ışınlarının ilerleme istikametleri paraleldir.

• Işın-Hız yüzeyi **KÜRE*** dir.

• Anizotropik minerallerde, dalga normali ile ışık ışınlarının ilerleme istikametleri paralel değildir.

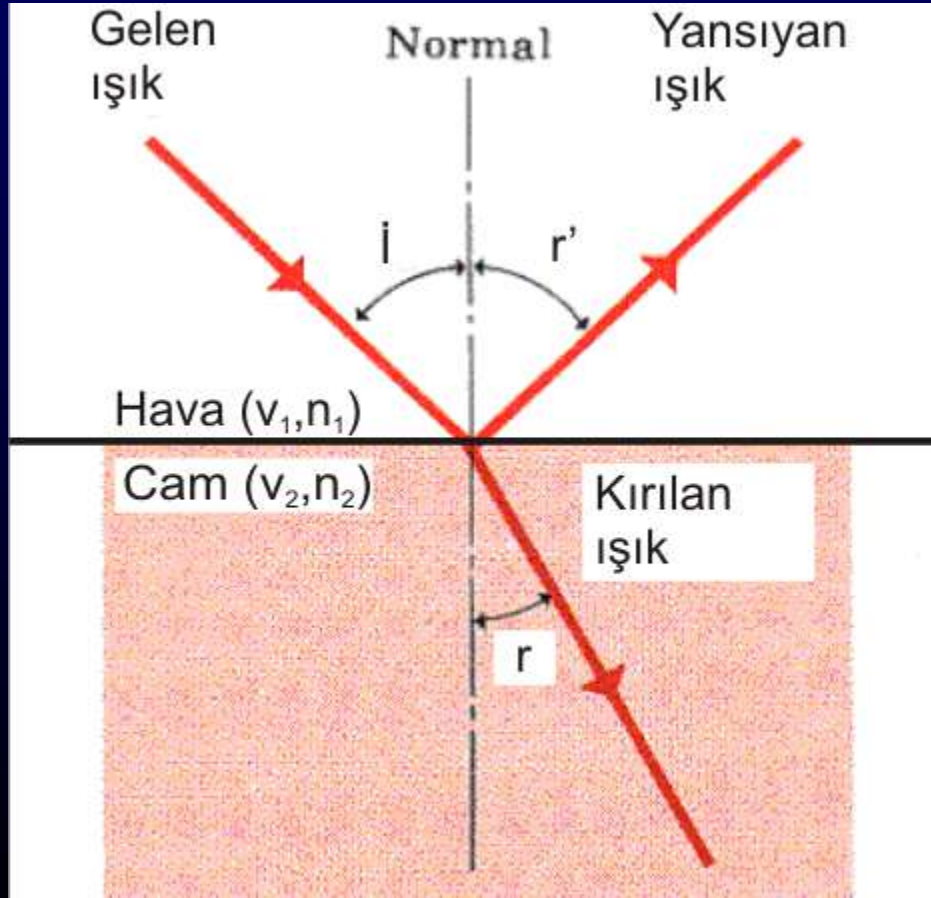
• Işın-Hız yüzeyi **ELİPS*** dir.

* detaylı anlatılacaktır

YANSIMA, KIRILMA VE KIRMA İNDİSİ

Optikçe yoğunlukları farklı olan bir ortamdan diğeri bir ortama (hava-su, hava-cam) gelen ışığın bir kısmı **YANSIR**, bir kısmı da **KIRILIR**.

- Yansıma olayında ışığın geliş açısı (i) ile yansıma açısı (r') eşittir .
- Kırılma olayında ışığın geliş açısı (i) ile kırılma açısı (r) eşit değildir



$$\angle i = \angle r'$$

$$\angle i \neq \angle r$$

$n_{1,2}$ = kırma indisi

$v_{1,2}$ = ışığın hızı

KIRMA İNDİSİ (n): Bir maddenin veya ortamın üzerine gelen ışığın hızını ne kadar azalttığıнын / kırıldığıнын bir ölçüsüdür.

- Bir x maddesinin (*cam gibi*) kırma indisi ($n_{x, \text{cam}}$) ışığın havadaki hızının (v_1) maddedeki hızına (v_2) oranıdır.

$$n_{x, \text{cam}} = v_1 / v_2$$

- Kırma indisinin değeri ışığın geliş açısının eğikliğine ve ışığın her iki ortamdaki göreceli hızına bağlıdır.

$$n_{x, \text{cam}} = \text{Sin } i / \text{Sin } r = v_1 / v_2$$

- Işığın madde veya ortamdaki hızı azaldıkça, kırma indisi artar.
- Işığın hızı havaya göre su, cam ve minerallerde daha yavaştır.

• **Snell kanunu:** ışığın bir ortamdan diğerine geçerken ne kadar büküleceği hesaplanabilir...

$$n_1 \times \sin i = n_2 \times \sin r$$

Örneğin;

hava ortamından ($n \sim 1$) **aseton** ortamına ($n=1.36$) giren bir ışığın geliş açısı 45° ise kırılma açısı Snell kanuna göre hesaplanırsa $\sim 39^\circ$ dir.

MADDE&ORTAM	KIRMA İNDİSİ (n)
Vakum	1.00000
Hava	1.00029
Buz	1.31
Su (20 °C)	1.33
Aseton	1.36
Etil alkol	1.36
Şekerli su (%30)	1.38
Florit	1.433
Pencere camı	1.52
.....

- İzotrop mineraller **Bir** kırma indisi, anizotrop mineraller **İki** veya **üç** kırma indisi değeriyle karakteristiktir.
- Minerallerin büyük çoğunluğunun kırma indisi değeri **1.32-2.40** arasındadır.
- Kırma indisi değeri bir mineralin **Rölyef** (optik engebe) ve **Çift Kırmasını*** doğrudan kontrol eder.

* *detaylı anlatılacaktır*

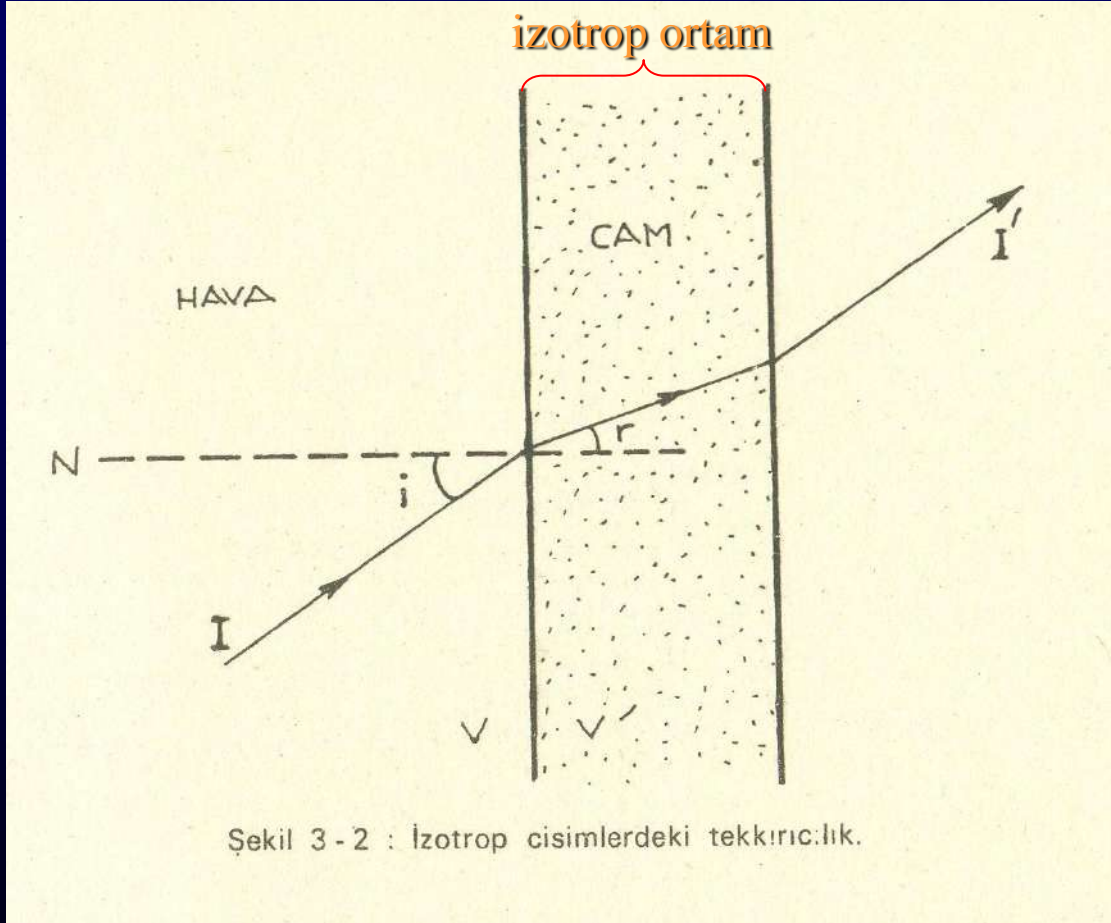
İNDİKATRİS

Minerallerin her yöndeki kırma indislerini ve minerali kat edip geçen ışığın titreşim yönlerini gösteren üç boyutlu geometrik şekildir.

- Bir indikatrisme, minerale ait kırma indisleri merkezden çıkan doğrular üzerine yerleştirilir.
- Bu doğrular aynı zamanda ışığın titreşim yönlerine paraleldir.
- İzotropik ve anizotropik olmak üzere iki indikatriis mevcuttur.

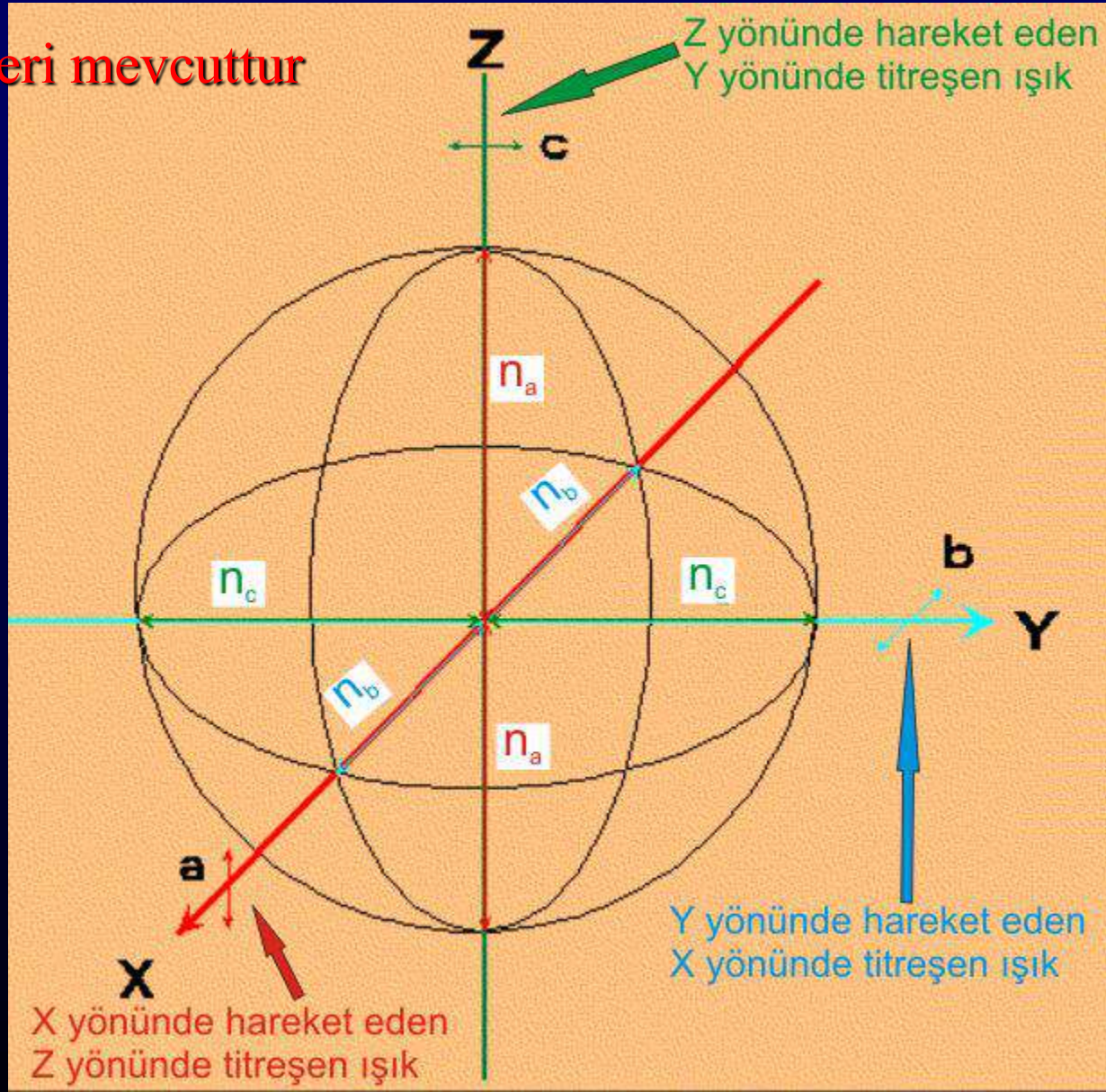
İZOTROPİK İNDİKATRİS

- İzotropik ortam ve mineraller tek kırıcıdırlar: *Gelen ışık ortamı tek bir kırılmış ışık olarak terk eder.*



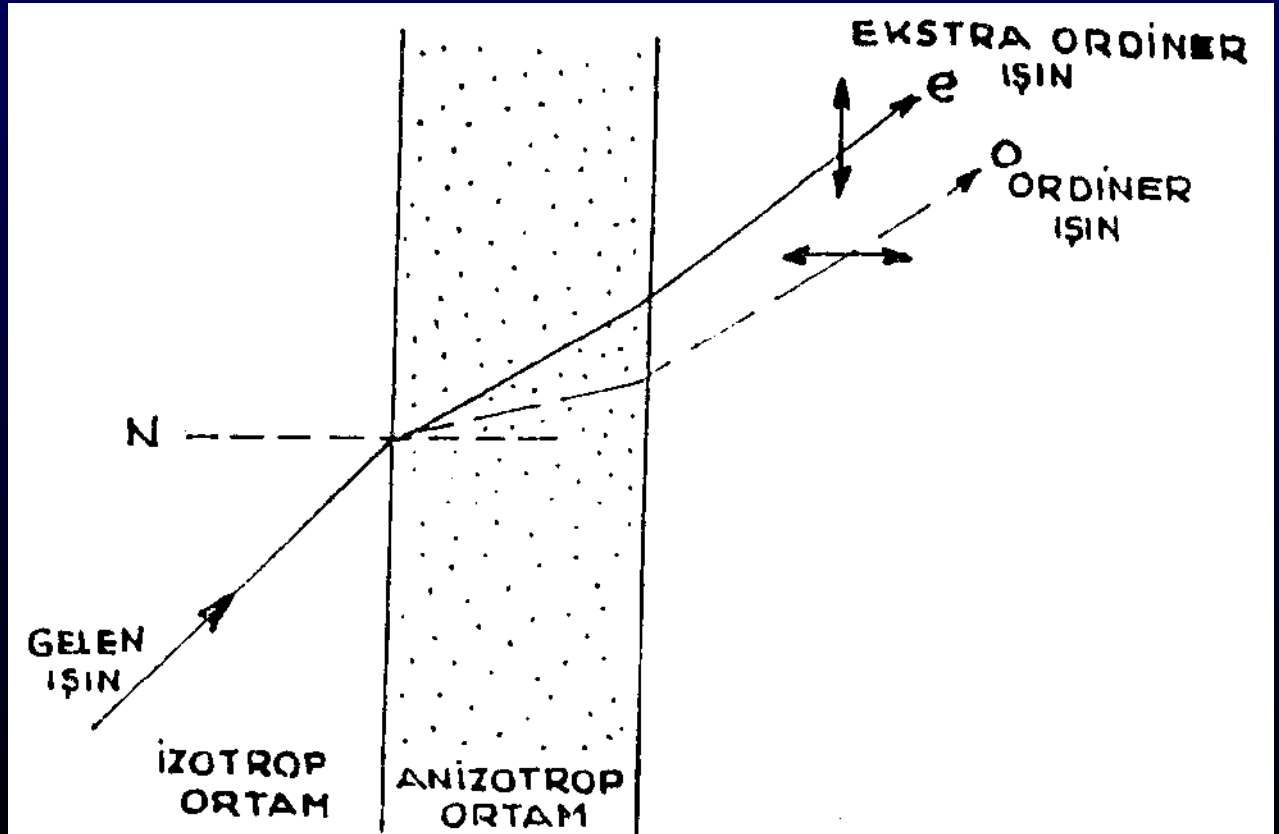
- Işığın hızı her yönde aynı olduğundan indikatris bir **KÜRE**dir.
- Işık hızı aynı olduğundan kırma indisi de tüm yönlerde aynıdır.
- Tek bir kırma indisi değeri mevcuttur

$$n_a = n_b = n_c$$



ANİZOTROPİK İNDİKATRİS

- Anizotrop mineraller çift kırıcıdır: *Gelen ışık minerali iki kırılmış ışık olarak terk eder.*
- kırılan iki ışığın titreşim yönleri birbirine diktir.
- Bunlardan birine ordiner (o) diğerine ekstraordiner (e) ışın adı verilir
- Ordiner ışın kırılma kanunlarına uyar, kırma indisi n_o ile gösterilir
- Ekstraordiner ışın kırılma kanunlarına uymaz, kırma indisi n_e ile gösterilir



Anizotrop mineraller *ikiye* ayrılırlar

1- TEK OPTİK EKSENLİ (TOE)
veya ÜNİAKS mineraller

- tetragonal
- heksagonal (trigonal, romboedrik)

kuvars, kalsit, apatit, nefelin

2- ÇİFT OPTİK EKSENLİ (ÇOE)
veya BİAKS mineraller

- ortorombik
- monoklinik
- triklinik

*olivin, biyotit, amfibol, piroksen,
plajiyoklas*

OPTİK EKSEN

- Işığın çift kırılmaya uğramadığı eksendir,
- Optik eksene paralel gelen ışık izotrop ortamlardaki gibi tek kırıcı özellik sunar.
- Anizotrop minerallerden **heksagonal** ve **tetragonal** sistemde kristallenen minerallerde bir optik eksen mevcut olduğundan, bunlara **tek optik eksenli (TOE)** mineraller denir.
- Anizotrop minerallerden **ortorombik**, **monoklinik** ve **triklinik** sistemde kristallenen minerallerde iki optik eksen mevcut olduğundan, bunlara **çift optik eksenli (ÇOE)** mineraller denir.

TOE MİNERALLER

- Tetragonal ve heksagonal sistemdeki c kristalografik ekseni baş simetri eksenidir ve optik eksenle çakışmış durumdadır.
- Baş simetri ekseni 3,4 veya 6 dönümlü olması durumunda bir dönme elipsoidi oluşur.

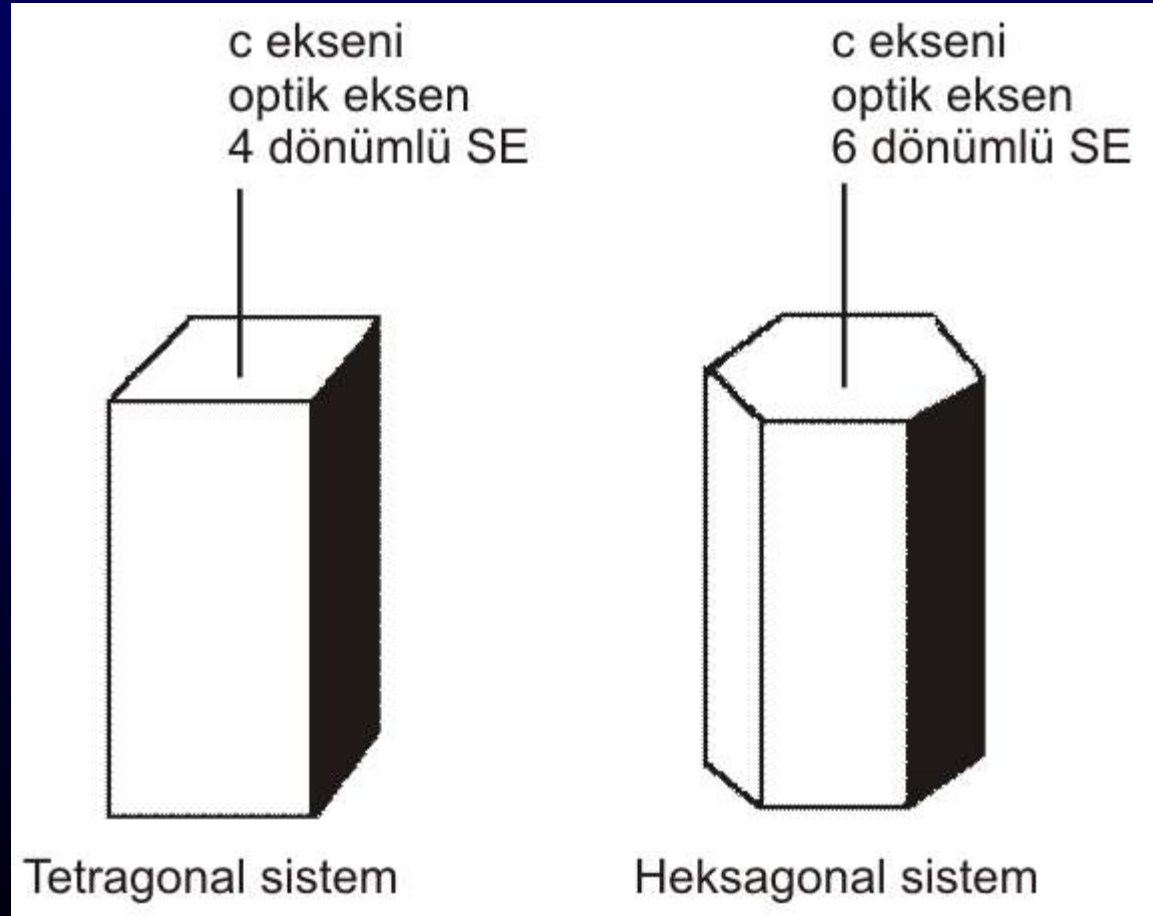
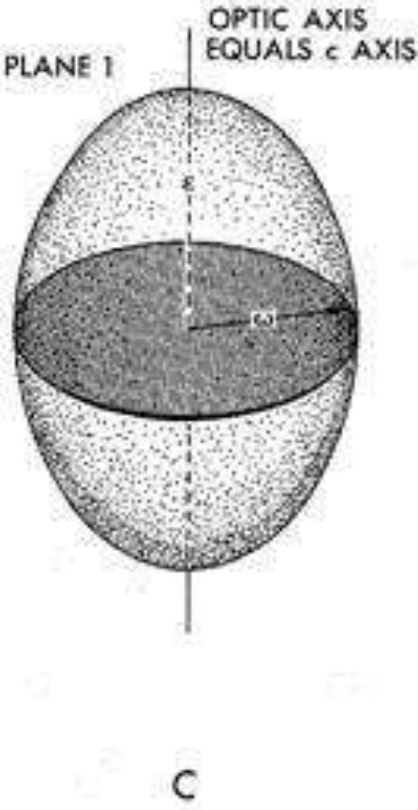
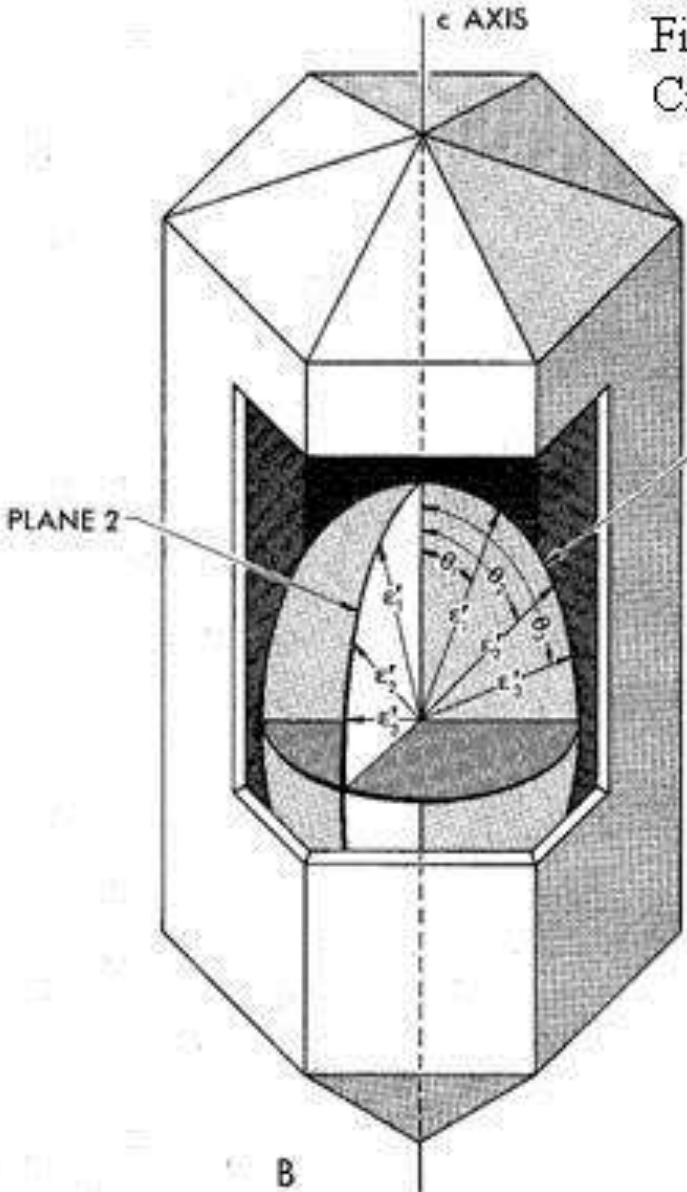
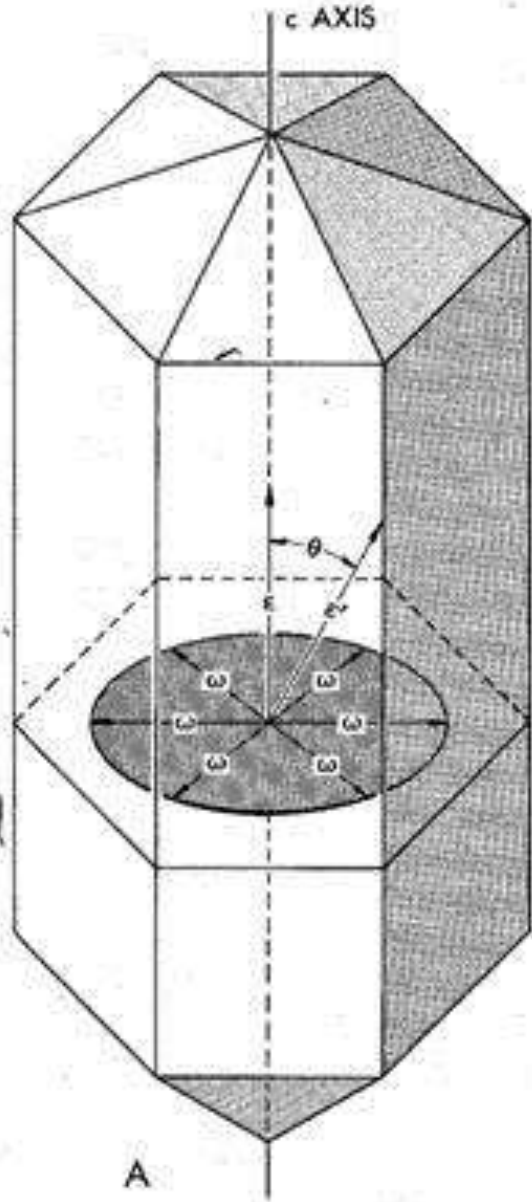


Fig 6-10 Bloss, Optical Crystallography, MSA



TOE Kristallerde İndikatris

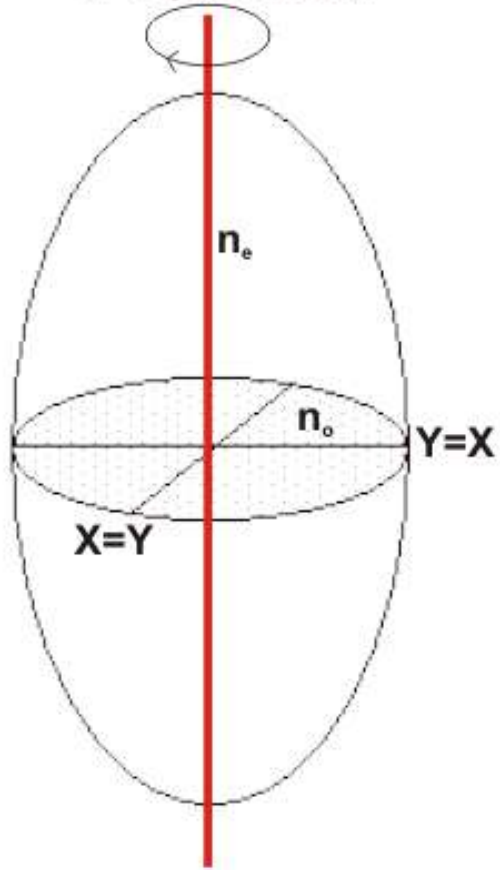
- Optik eksene dik kesitleri daima bir daire oluşturur.
- İki farklı kırma indisi değeri mevcuttur ve n_o ve n_e ile gösterilir*.
- Optik eksen (ve baş simetri ekseni) Z veya X eksenlerinden biriyle çakışmış durumdadır.
- Y eksenini Z veya X eksenlerinden birine eşittir.
- Optik eksen Z ile çakışmış ise kristal optikçe pozitif (+)
- Optik eksen X ile çakışmış ise kristal optikçe negatif (-)'dir.

* Bazı kaynaklarda;

$$n_o = \omega$$

$n_e = \varepsilon$ olarak gösterilmektedir.

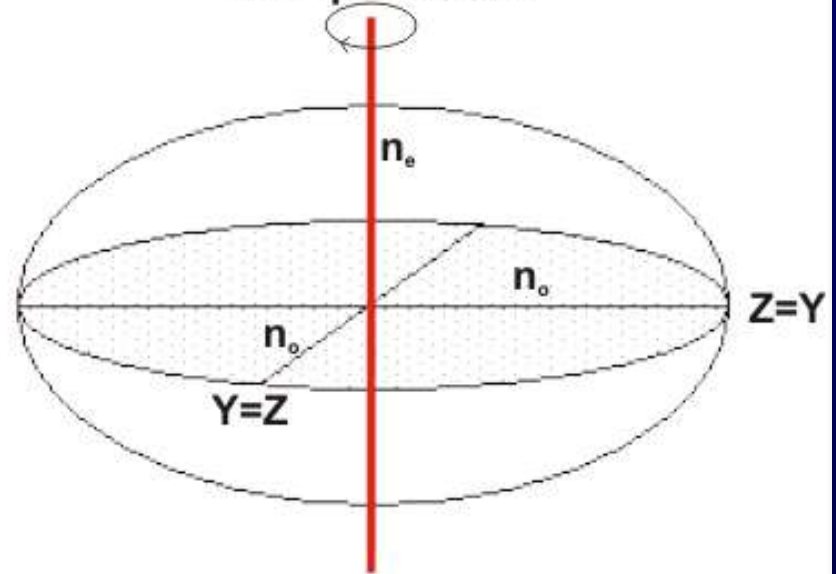
Z= Optik eksen



TOE positif (+)

$$n_e > n_o$$

X= Optik eksen



TOE negatif (-)

$$n_e < n_o$$

TOE Kristallerde Gelen Işık-İndikatris İlişkisi

Üç farklı durum mevcuttur;

1- Işığın optik eksene dik gelmesi (Baş Kesit):

Oluşan arakesit elipstir. Bu kesit kristalin optik eksene paralel kesitlerinden elde edilir. $n_e(\omega)$ = gerçek (maksimum) değer.

2- Işığın optik eksene paralel gelmesi (Dairesel Kesit):

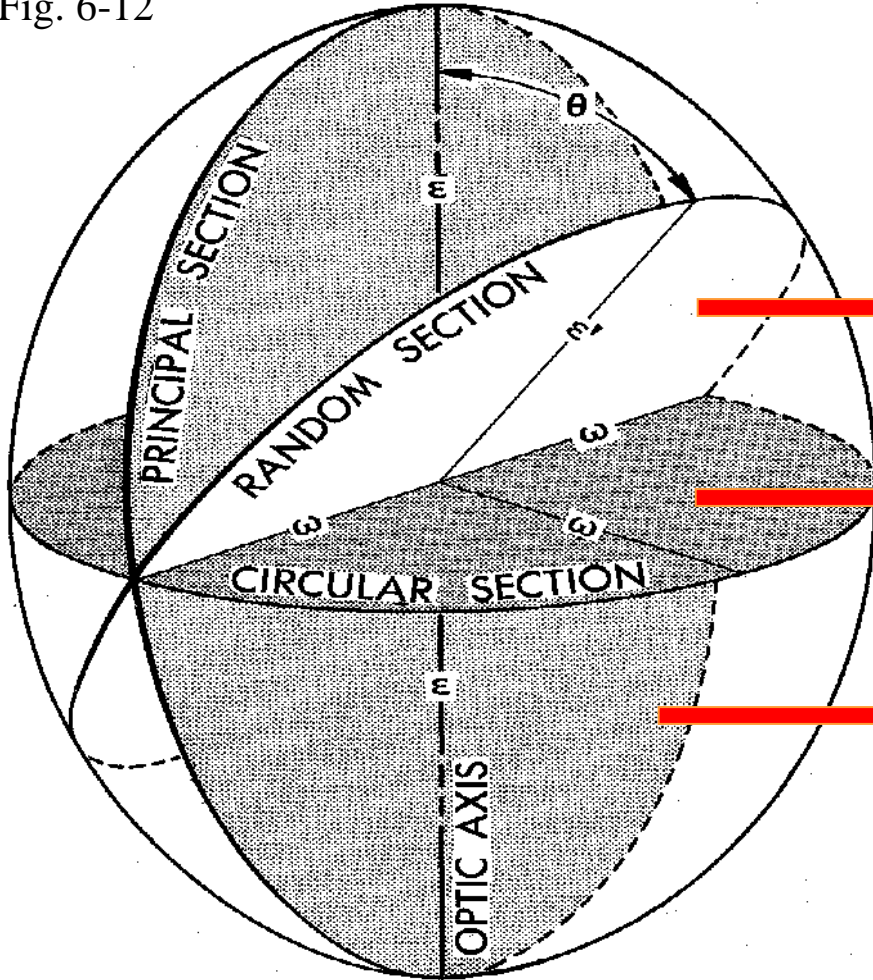
Oluşan arakesit dairedir. Bu kesit kristalin optik eksene dik kesitlerinden elde edilir. Işık çift kırılmaya uğramaz. Yalnızca $n_o(\omega)$ ile karakteristiktir.

3- Işığın optik eksene herhangi bir açıyla gelmesi (Rastgele Kesit):

Oluşan arakesit elipstir. $n'_e(\omega)$ = gerçek değer (n_e) ile $n_o(\omega)$ arasındadır.

NOT: Tüm kesitlerde $n_o(\omega)$ sabittir.

Fig. 6-12



Rastgele kesit



Dairesel kesit



Baş kesit

ÇOE Kristallerde İndikatriis

- Üç farklı kırma indisi değeri mevcuttur; farklı kaynaklarda farklı semboller kullanılabilir. Burada n_x , n_y , n_z kullanılacaktır.

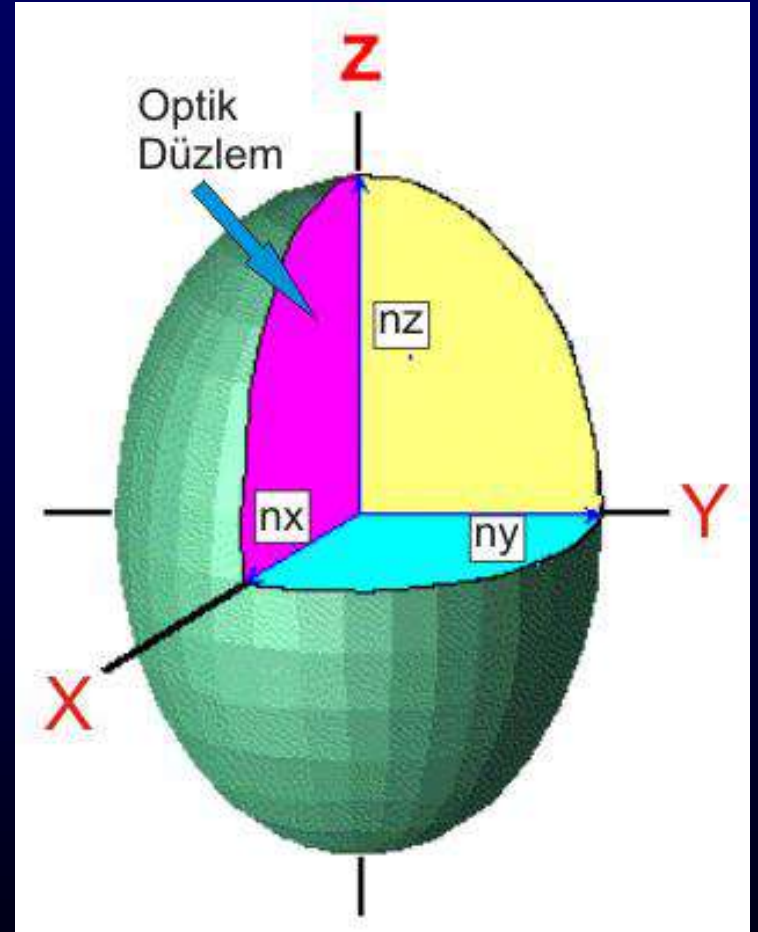
X eksenini $\rightarrow n_x = N_x = n_p = n_\alpha$

Y eksenini $\rightarrow n_y = N_y = n_m = n_\beta$

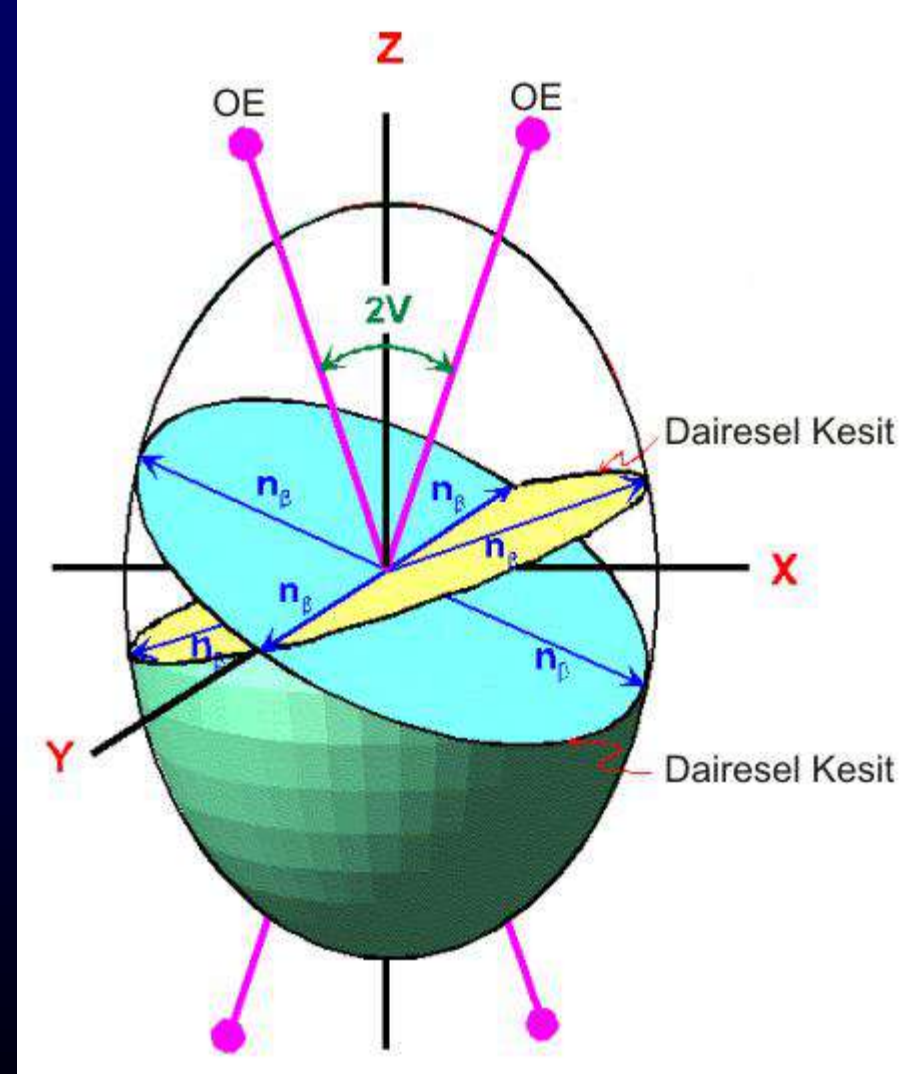
Z eksenini $\rightarrow n_z = N_z = n_g = n_\gamma$

- $n_z > n_y > n_x$

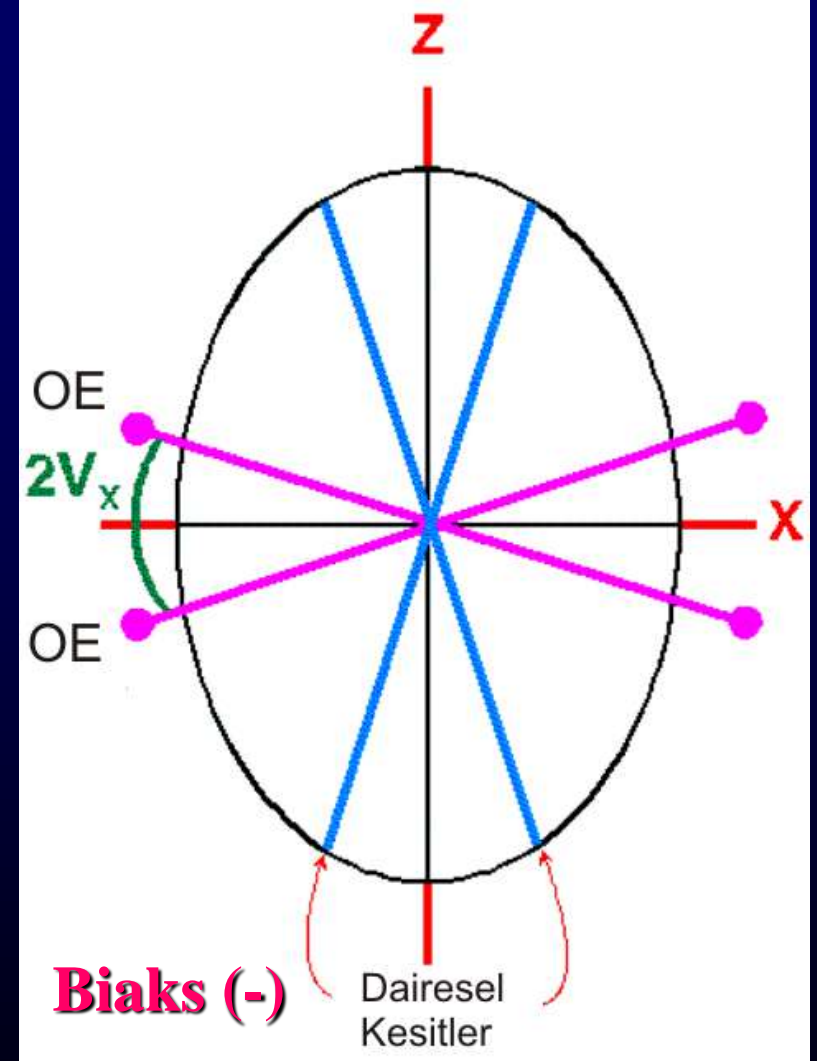
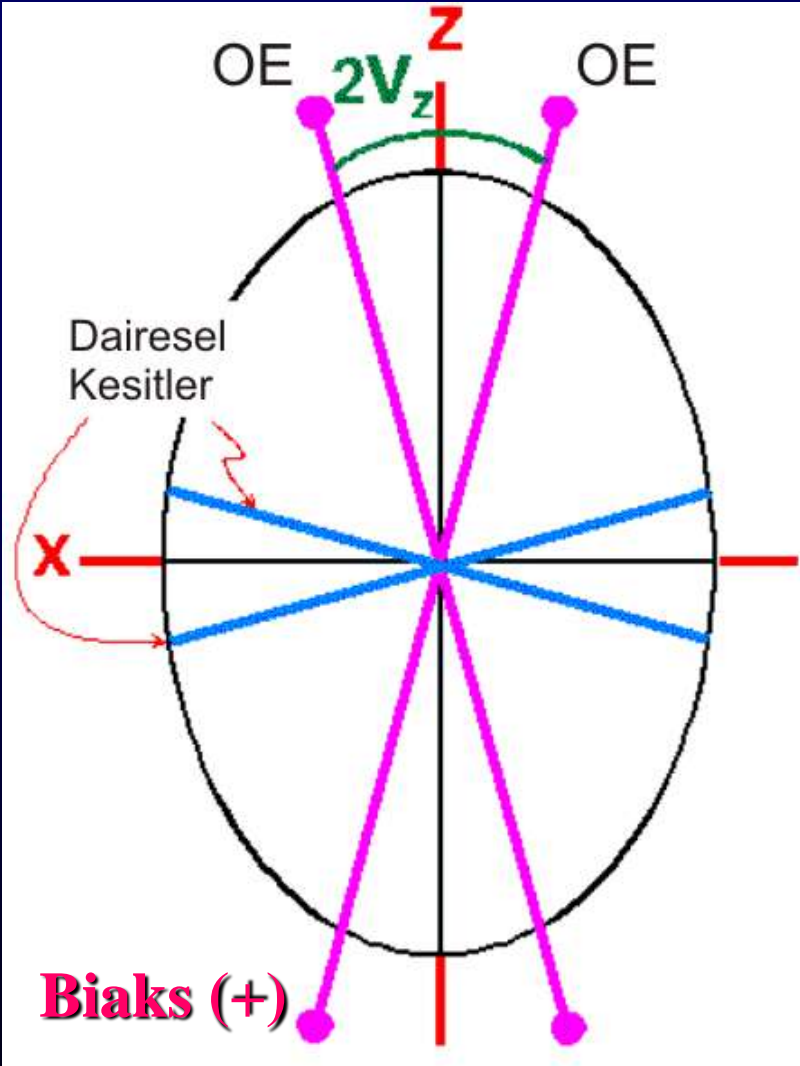
- Z ve X eksenleri OPTİK DÜZLEMİ oluşturur.



- Optik eksenlerden herhangi birine dik kesitleri bir daire oluşturur
- Optik eksenler (OE) arasındaki dar açı $2V$ açısı olarak tanımlanır.
- Dairesel kesitler Y ekseninden geçerler ve yarıçapları n_y (n_β) eşittir.



- $2V$ açısı Z yönünde ise mineral biaks pozitiftir
- $2V$ açısı X yönünde ise mineral biaks negatiftir.



POLARİZE IŞIK & POLARİZAN MİKROSKOP

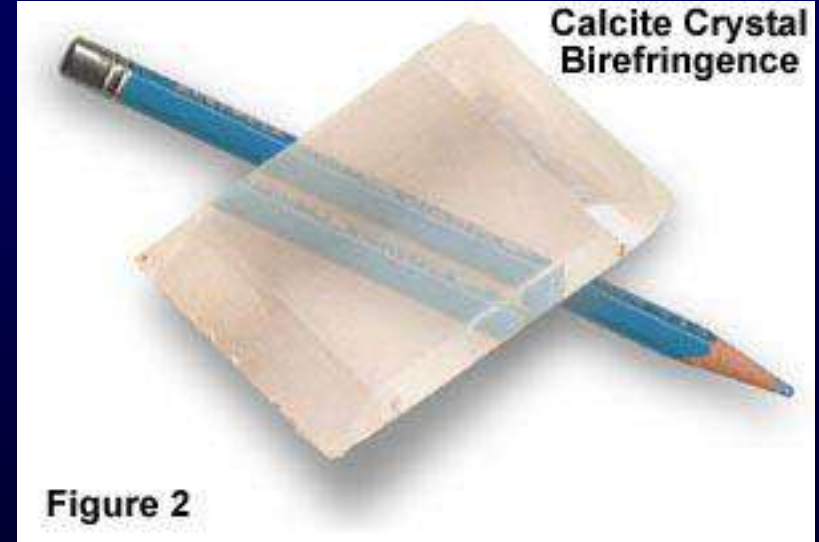
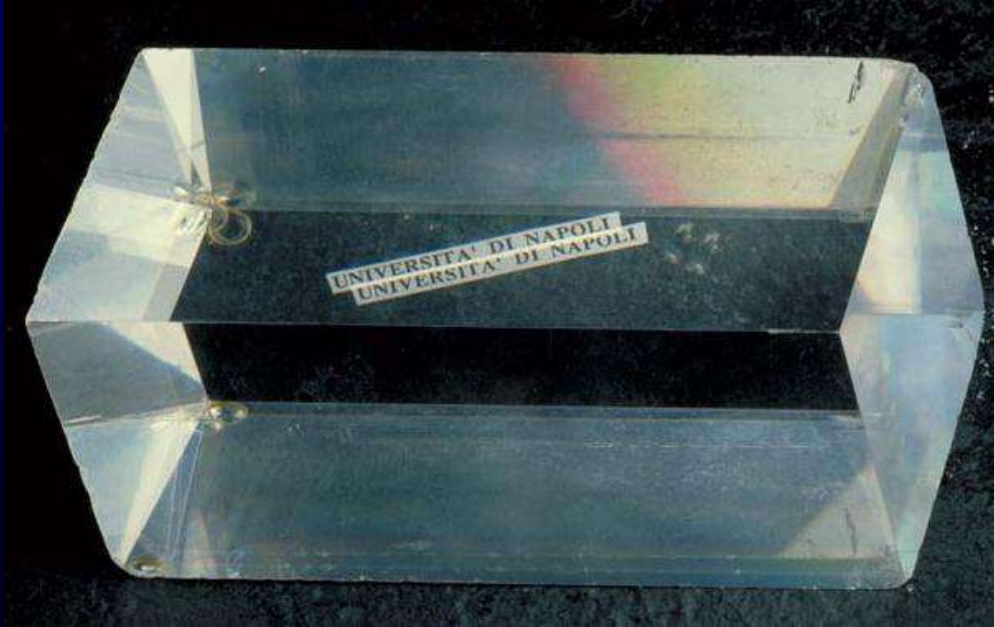
Polarize ışık, yayılma istikametine dik olan tek bir düzlemde (manyetik vektör hariç) titreşen ışıktır.

Polarize ışık başlıca şu yollarla elde edilir;

- 1- Çift kırıcı (anizotrop) kristaller kullanılarak
- 2- Farklı Absorpsiyon yoluyla
- 3- Yansıma yoluyla

Çift Kırıcı (Anizotrop) Kristaller Kullanılarak Polarize Işık Elde Edilmesi

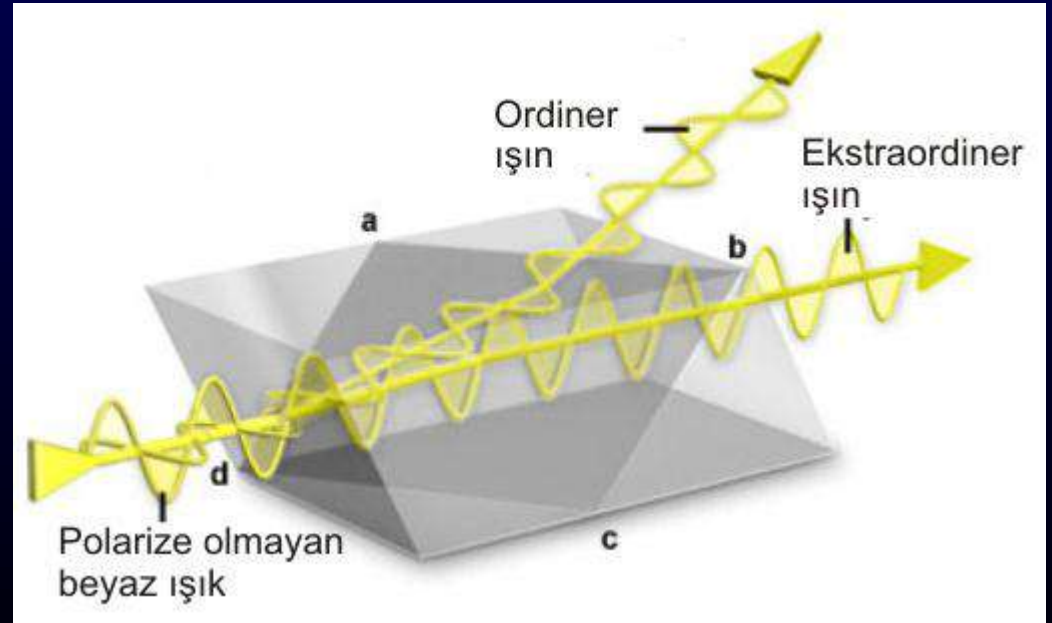
- Anizotrop kristaller gelen adi ışığı polarize iki bileşene ayırdıklarından polarize ışık elde edilmesinde kullanılırlar.
- Kalsit (CaCO_3) kristalinin çift kırıcılığı yüksek ($n_o=1.658$, $n_e=1.486$) olduğundan **İzlanda Spatı** denilen türü polarize ışık eldesi için yaygın olarak kullanılmaktadır.



İzlanda Spatı: Şeffaf, saydam kalsit türü

- Kalsitten (İzlanda Spatı) yapılan prizmalara “Nicol Prizması” veya kısaca “Nicol” denilmektedir.
- William Nicol (1829) tarafından yapıldığı için bu adla anılmaktadır.

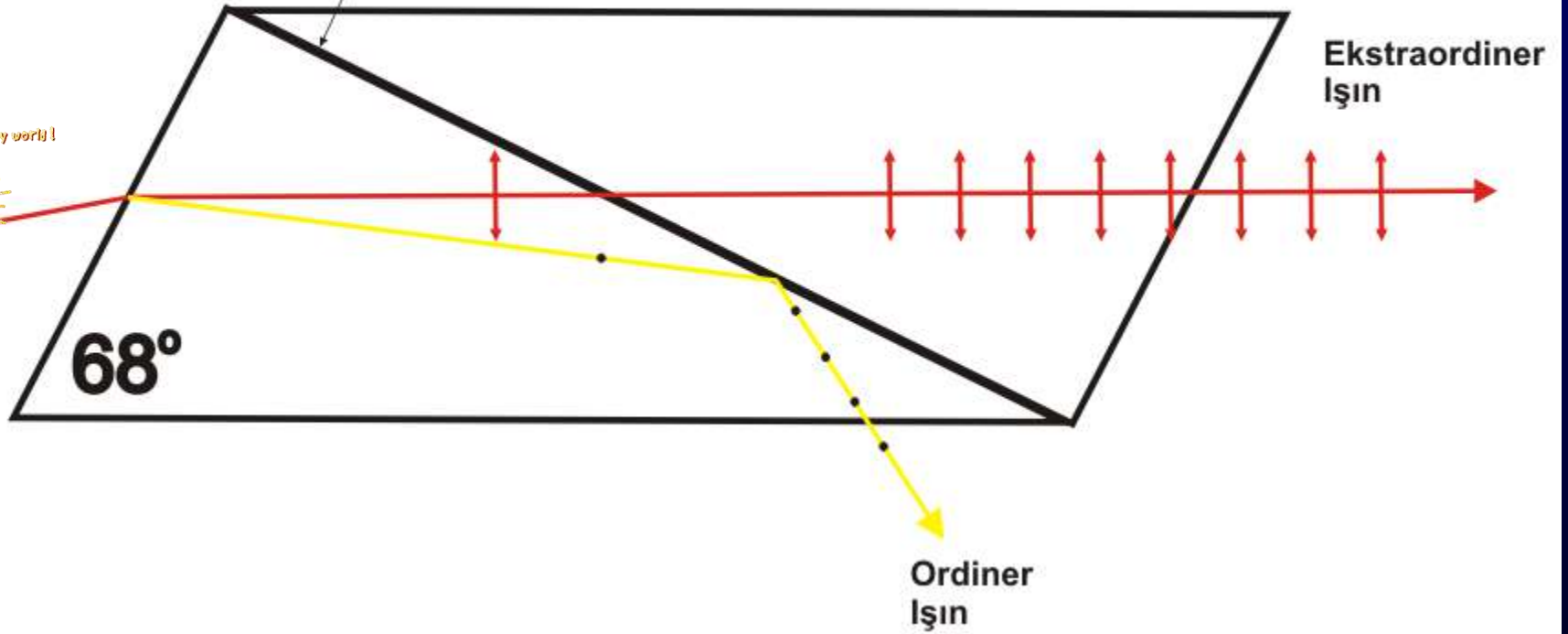
1. Kalsit kristali **abcd** düzlemi boyunca kesilerek iki parça oluşturulur
2. İki parça kanada balzamu ($n= 1.54$) ile orjinal kristal şekline uygun olarak yapıştırılır.
3. Prizmaya giren adi ışık iki ışına ayrılır; ordiner, ekstra ordiner
4. Ordiner ışının kırma indisi ($n_o=1,658$) kanada balzamından büyüktür ($n= 1.54$) ve daha fazla kırılır. Böylece kanada balzamında tam yansımaya uğrar ve prizma kenarında emilir
5. Ekstraordiner ışının kırma indisi kanada balzamına yakındır. Bu nedenle ekstraordiner ışın daha az kırılır ve tam yansımaya uğramadan prizmayı doğrudan polarize ışık olarak geçer.



Your smile lights up my world!



Yapıştırılmış
yüzey



Nicol Prizma

Nikol prizma dışında;

- Glazebrook prizması
- Ahrens prizması ile de benzer şekilde polarize ışık elde edilmektedir.

Nikollerin (Polarizör & Analizör) Beraber Kullanılması

Polarizan mikroskopta *polarizör* ve *analizör* olmak üzere iki nikol prizma mevcuttur;

Analizör



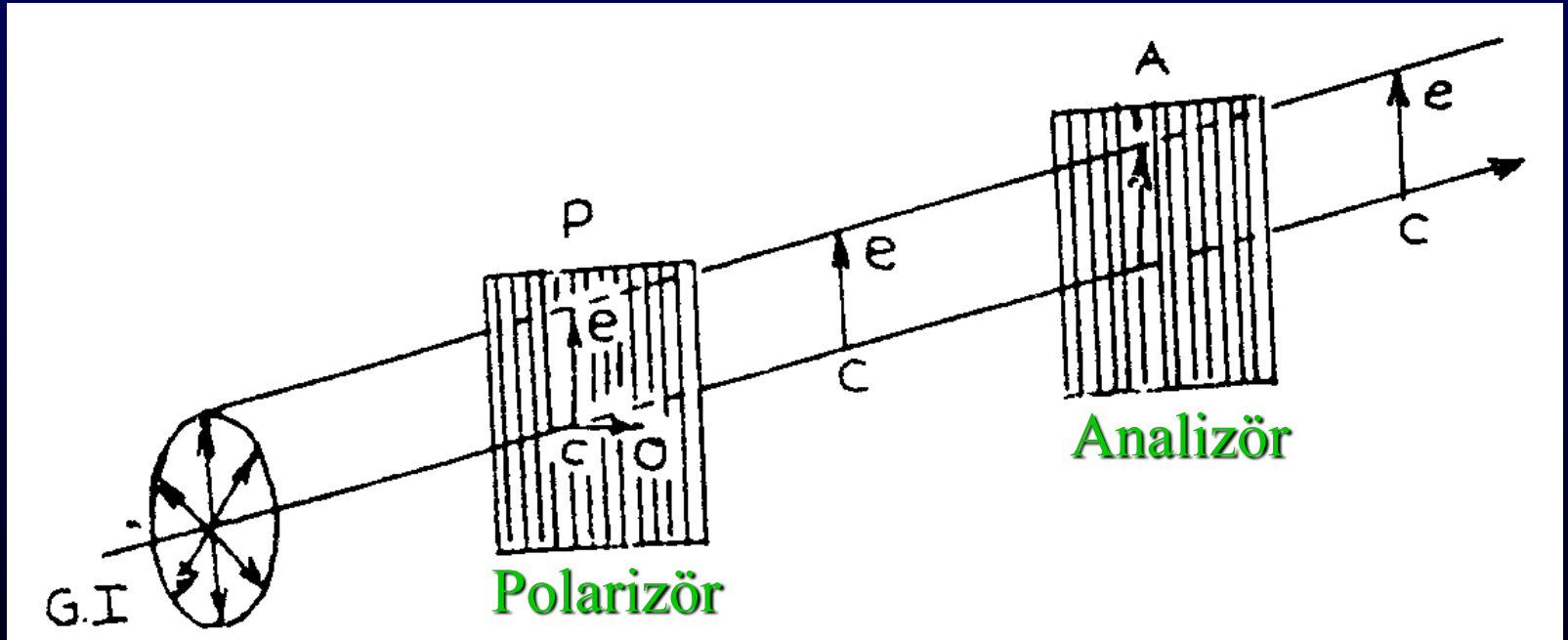
Polarizör

Nikol prizmalar birbirine göre üç farklı durumda yerleştirilebilir;

- 1) Nikollerin paralel olması
- 2) Nikollerin dik olması
- 3) Nikollerin birbirine eğik olması

Nikollerin Paralel Olması

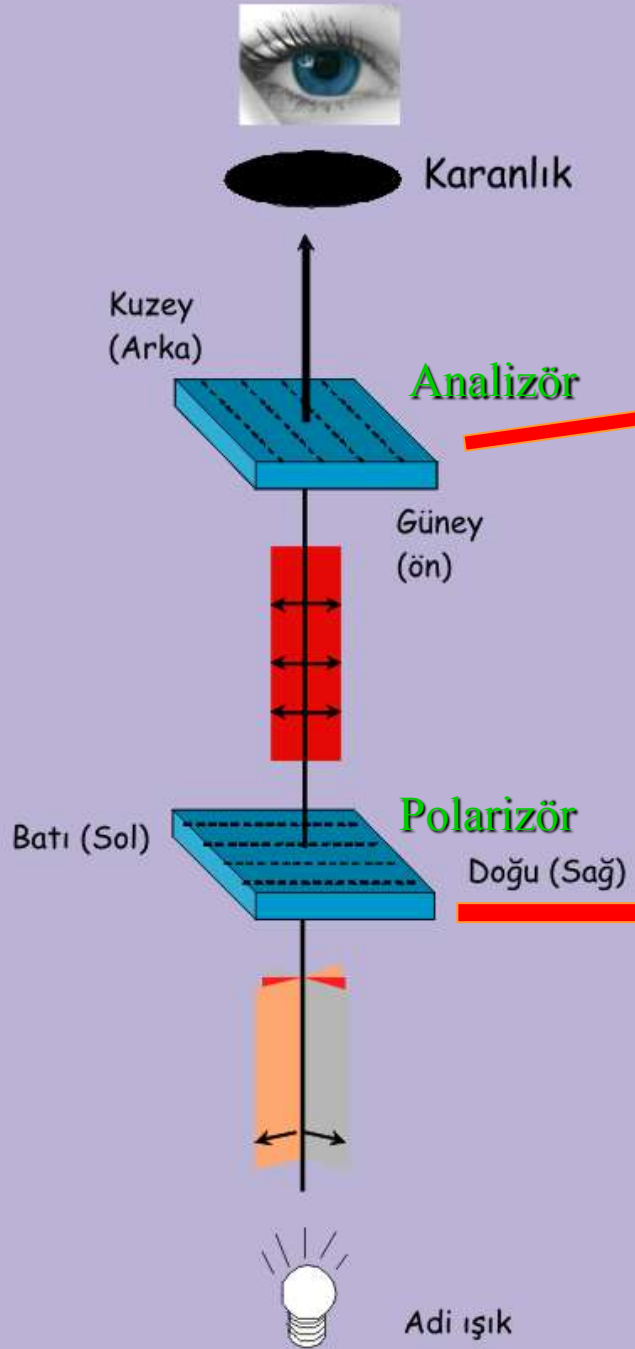
Birinci Nikol (polarizör) den çıkan ışın ikinci Nikol (analizör) ün giriş düzleminin normalı yönünde ilerler. Yani polarize ışık analizörün iki temel titreşim istikametinden biriyle çakıştığından analizörde sadece bir bileşen (ekstraordiner) meydana gelir ve o da analizörü olduğu gibi geçerek göz ışık görür.



Not: Polarizör ve analizör sadece bir yönde titreşen ışığı geçirirler.

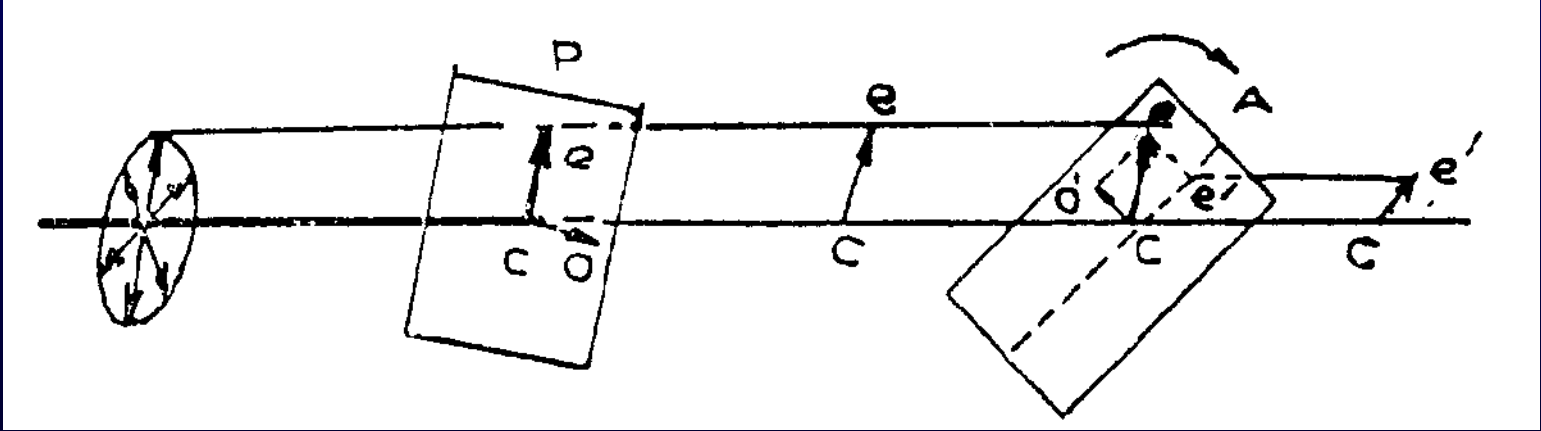
Nikollerin Dik Olması

Polarizörden gelen polarize ışık, analizörün temel titreşim istikametlerinden birine paraleldir. Dolayısıyla tek bir bileşen, ordiner bileşen meydana gelir ve o da tam yansımayla analizörün karartılmış yüzeyinde emildiğinden göz ışık görmez karanlık görür.



Nikollerin birbirine eğik olması

Polarizörden çıkan polarize ışığın amplitüdü (e) ile analizörden çıkanı (e') arasında bir azalma vardır. İki Nikol arasındaki açı büyüdükçe bu azalma artacak ve sonunda 90° olduğu zaman (e') bileşeni sıfırlanacak ve göz karanlık görecektir. Yani böylece çapraz Nikol konumu ortaya çıkacaktır.



Farklı Absorpsiyon Yoluyla Polarize Işık Elde Edilmesi

Turmalin gibi bazı anizotrop mineraller bir yönde titreşen ışık dalgalarını diğer bir yönde titreşenlerden çok daha fazla emerler.

- ~ 1mm kalınlığında ve optik eksene paralel kesilmiş turmalin levhasına dik gelen adi ışık iki polarize ışık verir.
- Bu iki polarize ışıktan asal kesit düzleminde titreşen ekstraordiner ışın kendisine dik olarak titreşen ordiner ışığa nazaran çok daha az emilir.

POLARİZAN MİKROSKOP

- Polarizör (P) ve analizör (A) olmak üzere iki nikol prizma mevcuttur.
- Döner ve dereceli tablaya sahiptir.
- Tablanın altında *kondansör*, objektif ve oküler arasında *Amici-Bertrand merceği* bulunur.
- Polarizör ve analizör sadece bir yönde titreşen ışığı geçirirler. P ve A titreşim istikametleri birbirine dik olacak şekilde yerleştirilmiştir.

P ve A'nın birbirine dik olduğunu anlamak için;

-ince kesit ışık yolundan (tabladan) alınır

-mikroskop çift nikol konumuna alınır (P ve A devrede)

-okülerden bakıldığında göz karanlık (siyah) görüyorsa P ve A dik konumdadır.

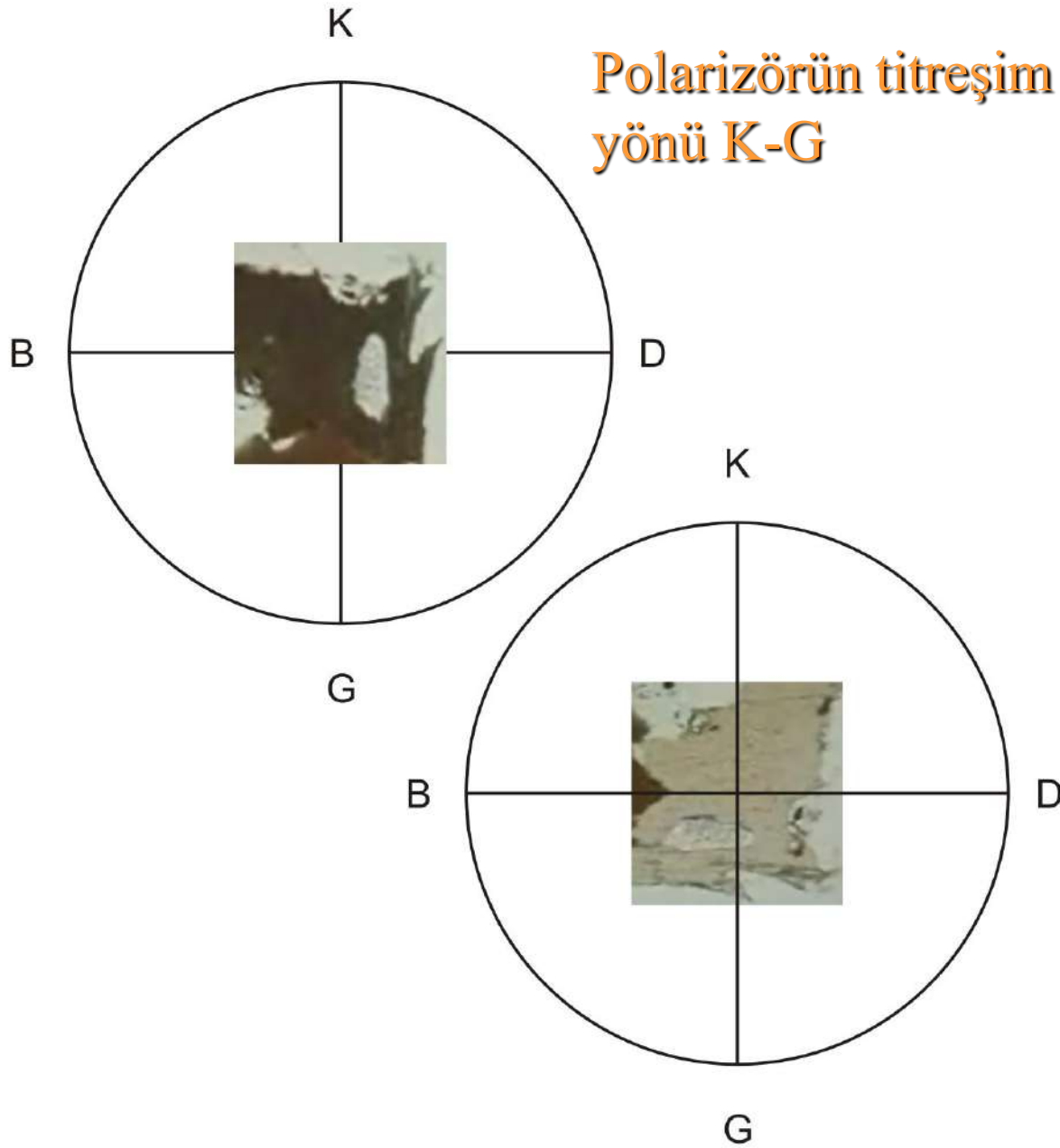
- dik değil ise ayarlamak için P göz tam karanlık görene kadar döndürülür.

- P ve A'nın titreşim yönleri retikül çizgilerine (K-G, D-B) paraleldir.

P ve A'nın titreşim yönlerini belirlemek için;

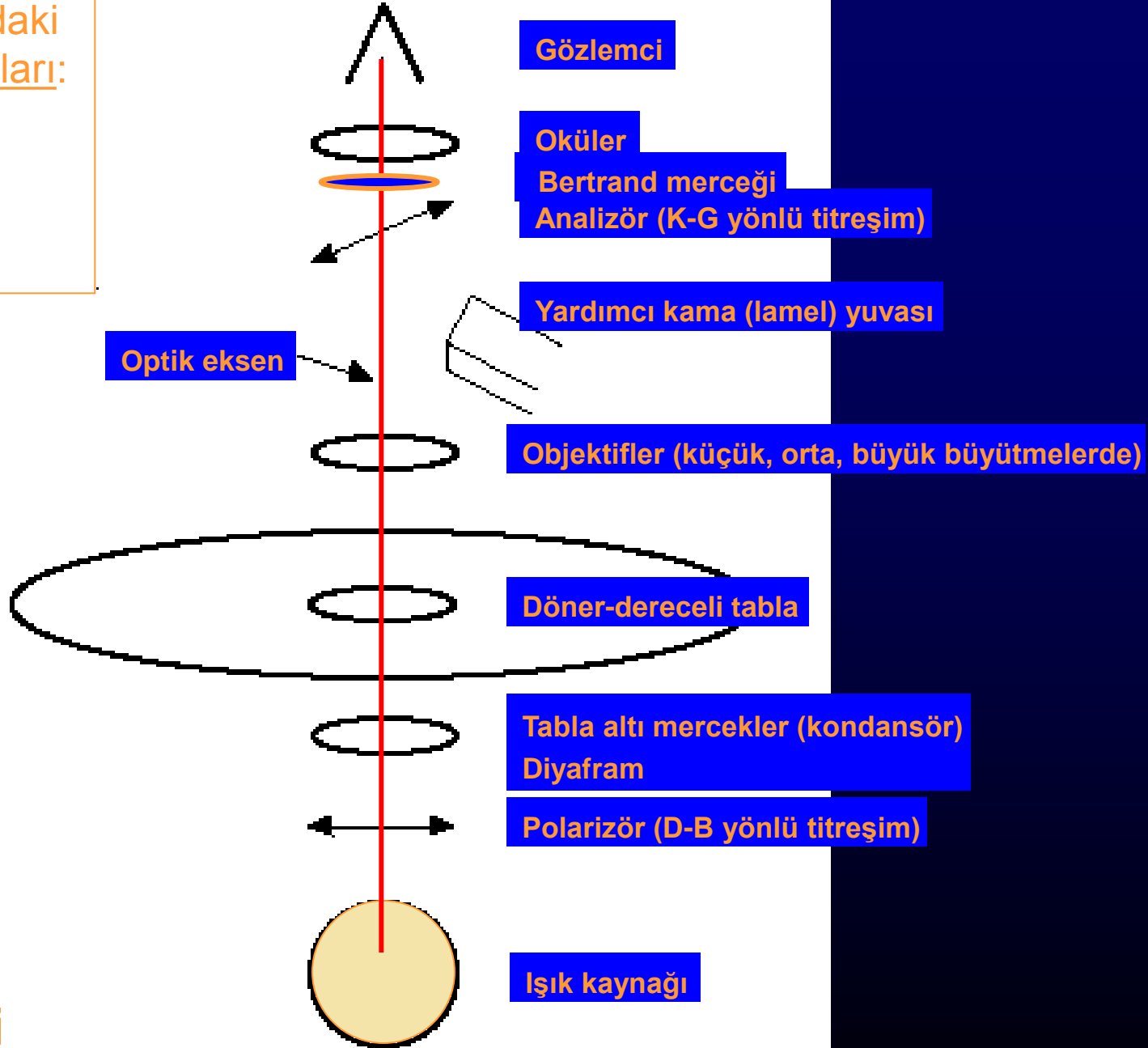
- biyotit içeren bir ince kesit seçilir
- mikroskop tek nikol konumuna alınır (sadece polarizör devrede)
- biyotit hangi retikül çizgisine paralelken max koyu renk gösteriyorsa o retikül çizgisi polarizörün titreşim yönüdür.

Polarizörün titreşim
yönü K-G



Laboratuvarımızdaki
mikroskop markaları:

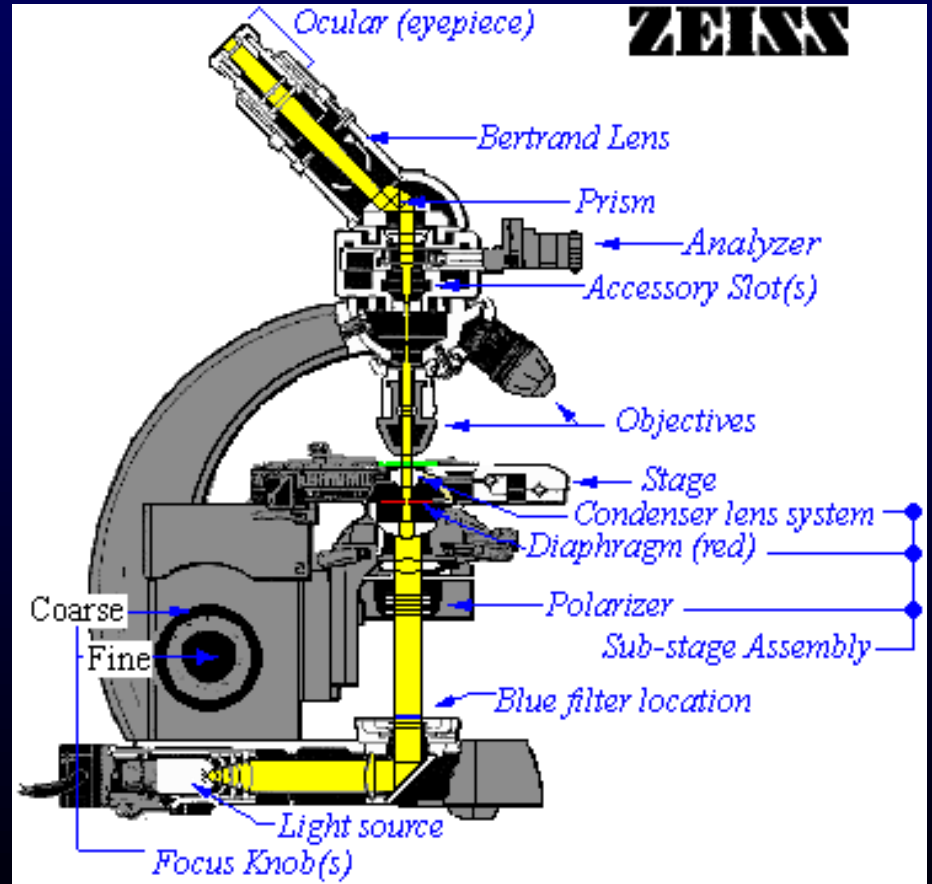
Zeiss
Euromex
Nikon
Meiji



Polarizan
mikroskopun
şematik kesiti

IŞIK KAYNAĞI

- Değişebilir özellikte lambalar ışık kaynağı olarak kullanılır.
- Bir çok mikroskopta ışık kaynağı mikroskobun altına yerleştirilir.
- Işık, eğik bir ayna yardımıyla mikroskobun ışık yoluna yansıtılır.
- Homojen bir görüntü elde etmek ve göz sağlığı için aynadan yansıyan ışığın önünde bir filtre sistemi mevcuttur



POLARİZÖR

Işık kaynağından çıkan ışık, ayna ve filtre sistemini geçerek polarizöre ulaşır (*Polarizörün işlevi önceki bölümlerde anlatılmıştı*).

KONDANSÖR & DİYAFRAM

Kondansör tablanın altında bulunur ve ışığı tabla üzerindeki ince kesit üzerine toplamaya yarar.

Diyafram: Işığın geometrik şeklini ayarlar

DÖNER TABLA

- Polarizan mikrosop 1°'lik hassasiyetle bölümlendirilmiş 360° dönebilen tablaya sahiptir.

Döner tabla



OBJEKTİFLER

- Bunlar tablanın üzerinde bulunan ve cismin büyütülmüş bir görüntüsünü veren mercek sistemleridir.
- **revolver** denilen dönebilen platforma monte edilmişlerdir.

revolver

objektifler



OBJEKTİFLER

- büyütme miktarı, sayısal açıklık ve bağlantı boru uzunluğu üzerinde yazılıdır.

büyütme

Sayısal açıklık

Bağlantı borusu
uzunluğu

0.17 Lamel
kalınlığına göre
düzeltilmiş



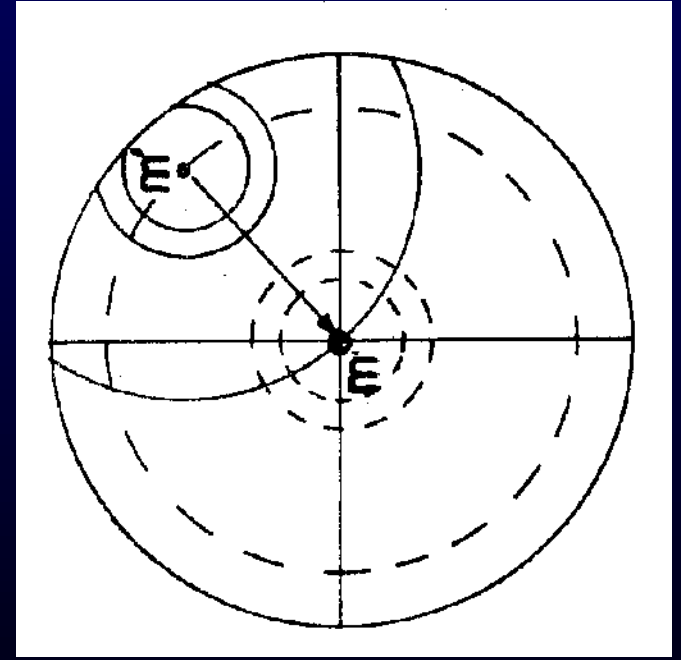
Objektifin Büyütmesi;
tüp uzunluğunun artması ve odak uzaklığının azalması ile orantılı olarak artar.

Akromatik objektifler renk kusuru büyük ölçüde giderilmiş objektiflerdir. Polarizan mikroskopta önemli ölçüler yapılacaksa daima akromatik objektifler kullanılmalıdır.

Planakromatik objektifler, akromatik objektiflere göre daha düz bir görüntü alanı verir.

OBJEKTİFİN MERKEZLENMESİ

Gözlemlerin ve bazı ölçümlerin iyi yapılabilmesi için objektiflerin merkezlenmiş olması gerekir. Yani retikül çizgilerinin kesişme noktasına getirilmiş olan bir kristal (E) mikroskop tablası döndürüldüğünde yerini koruması gerekir. Diğer bir deyimle dönme merkezinin görüntü alanının merkezi ile çakışmış olması gerekir. Merkeze getirilen kristal tabla döndürüldüğünde yer değiştiriyorsa (E'), bu kristali objektifin merkezlenmesini yapmak için kullanılan vidaları yuvalarına takarak kristali merkeze getirmek gerekir.



YARDIMCI LAMEL YUVASI

Yardımcı lamellerin yerleştirildiği açıklıktır.

ANALİZÖR

BERTRAND MERCEĞİ

Büyültücü mercektir.

BM devrede iken Konoskopik konum,

BM devre dışı iken Ortoskopik konum.

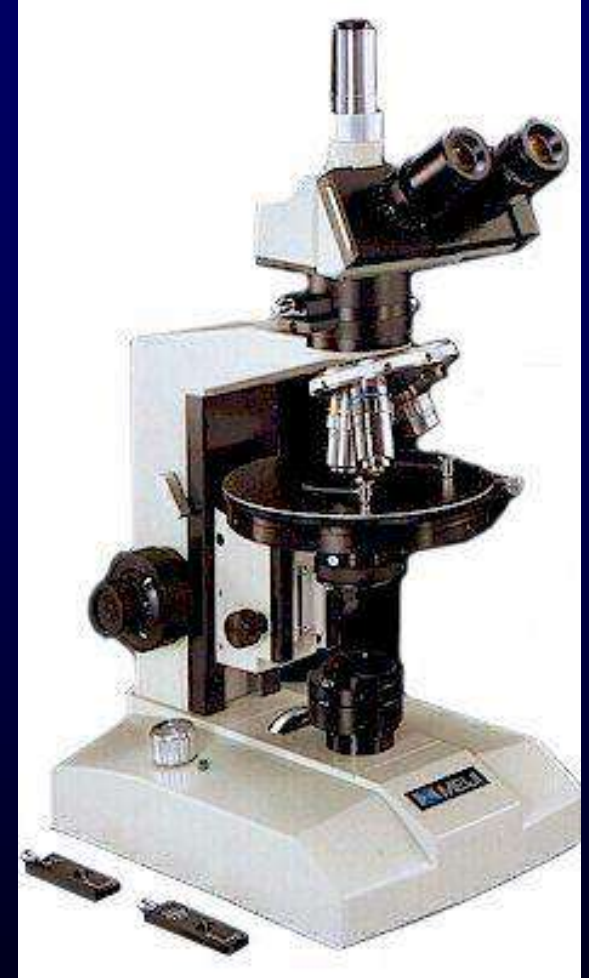
Yalnızca P devrede Tek Nikol

P ve A devrede Çift Nikol

OKÜLER

- Objektiften gelen büyütülmüş görüntüyü tekrar büyüterek göze gelmesini sağlayan mercek sistemidir.
- Okülerin de farklı büyütme tipleri (5x, 7x, 10x) mevcuttur.
- Mikroskopun toplam büyütmesi objektif ve okülerin büyütmelerinin çarpımıdır (örneğin, 40X objektif * 10X oküler = 400 X).
- Oküler içine yerleştirilmiş birbirine dik iki kıl (veya retikül çizgileri) (K-G ve D-B yönlerinde) bulunur.

Mikroskoplar; monoküler (tek), binoküler (iki) veya trinoküler (üç)



POLARİZAN MİKROKOPTA ORTOSKOBİK&KONOSKOBİK İNCELEMELER

			TEK NİKOL	ÇİFT NİKOL	
POLARIZAN MİKROKOPTA MINERAL İNCELEMELERİ	ORTOSKOPIK İNCELEMELER	BERTRAND MERCEĞİ DEVRE DIŞI, POLARİZÖR VE/VEYA ANALİZÖR DEVREDE	ŞEFFAFLIK DERECESESİ (OPAKLIK)	İZOTROPLUK, ANİZOTROPLUK	
			*ŞEKİL, BİÇİM	ÇİFT KIRMA	
			RENK, PLEOKROİZMA	SÖNME	
			*RÖLYEF (OPTİK ENGEBE)	İKİZLENME	
			BEKE ÇİZGİSİ VE KIRMA İNDİSİ TAYİNİ	ZONLANMA	
			*DİLİNİM, BÖLÜNME VE ÇATLAKLAR	UZANIM İŞARETİ	
			*KAPANIM (İNKLÜZYON)		
			*BOZUNMA (ALTERASYON)		
	KONOSKOPIK İNCELEMELER	BERTRAND MERCEĞİ, POLARİZÖR VE ANALİZÖR DEVREDE			OPTİK ŞEKİL
					OPTİK İŞARET

* ORTOSKOPIK KONUMDA, HEM TEK NİKOL HEMDE ÇİFT NİKOLDE İNCELENEBİLİR ÖZELLİKLER

Mikroskopta mineral incelemeleri aşağıdaki sıra ile yapılmalıdır;

1. Ortoskopik inceleme

- tek nikol

- if nikol

2. Konoskopik inceleme



Şeffaflık Derecesi veya Opaklık

- İnce kesit kalınlığında minerallerin büyük bir kısmı ışığı geçirir, bunlara “şeffaf” mineraller denir (örneğin; kuvars, feldispat, amfibol, piroksen).
- Şeffaf mineraller izotrop ve anizotrop olarak ikiye ayrılırlar.

İZOTROP: Çift nikolde sürekli karanlık (siyah), tek nikolde renksiz (*beyaz*) veya renkli (*kahve, kırmızı, yeşil, mor.*)

ANİZOTROP: Çift nikolde Griden-Çok canlı renklere kadar değişen renkler (*optik eksene dik geçen kesitleri hariç*), Tek nikolde renksiz veya renkli olarak gözlenirler.

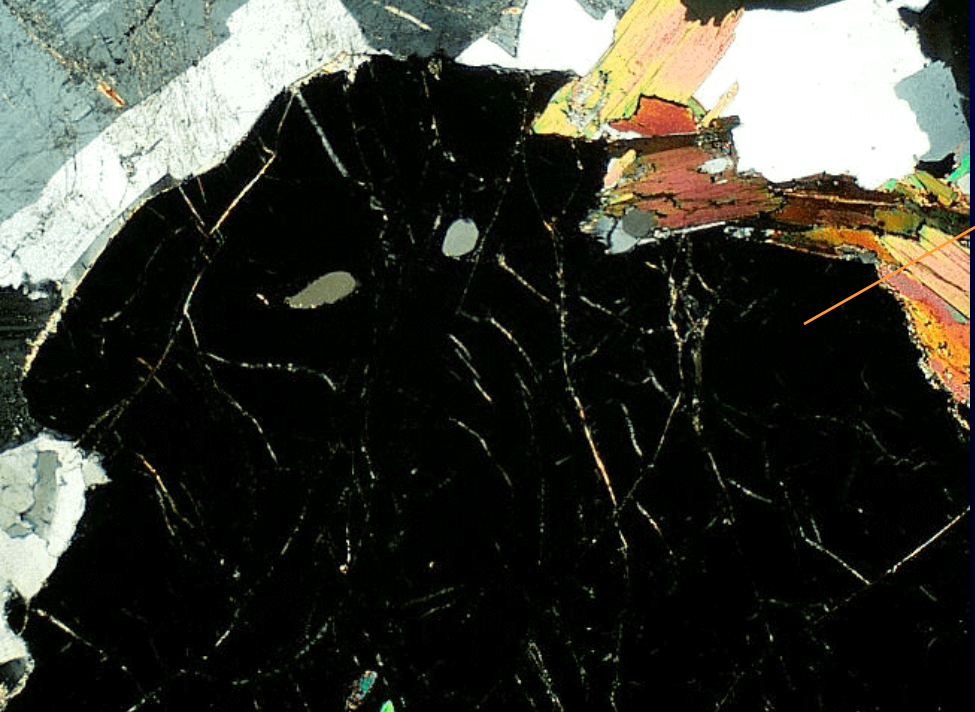
İzotrop-Granatın TN/ÇN
mikroskopik görünümü

Tek Nikol

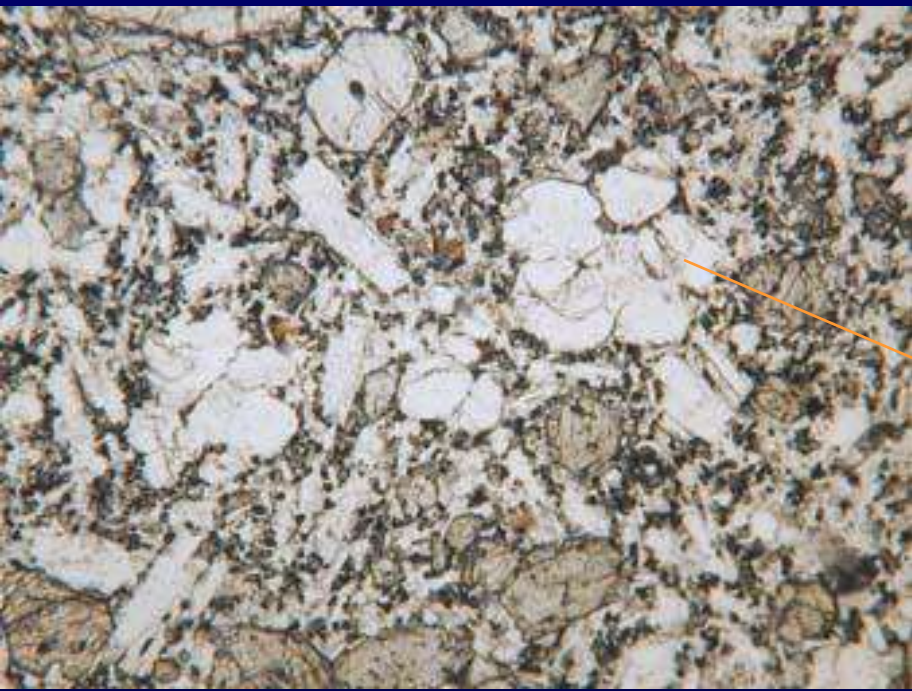


Granat

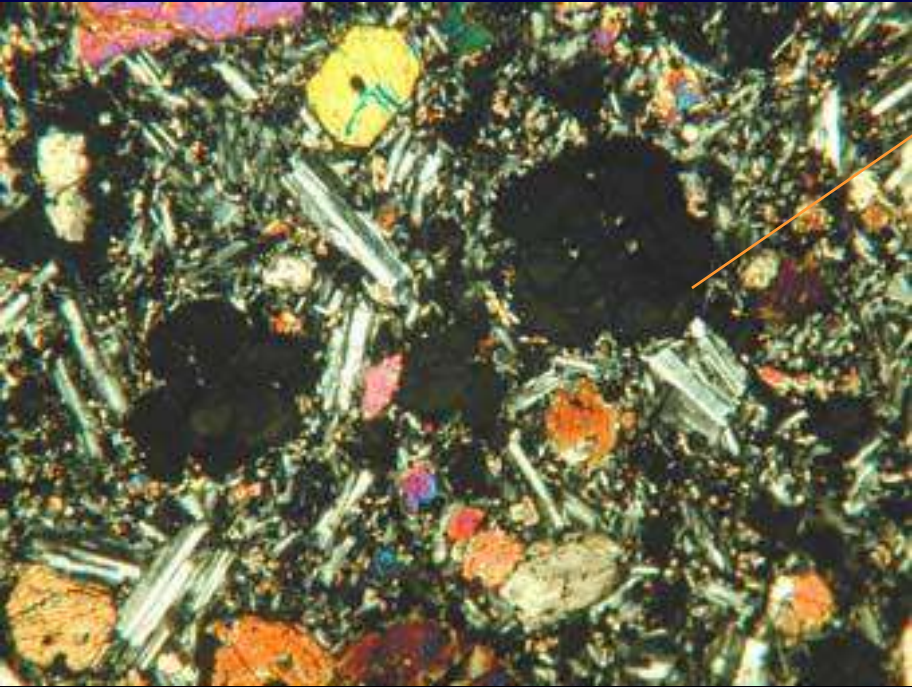
Çift Nikol



İzotrop-Lösitin TN/ÇN
mikroskopik görünümü



Lösit



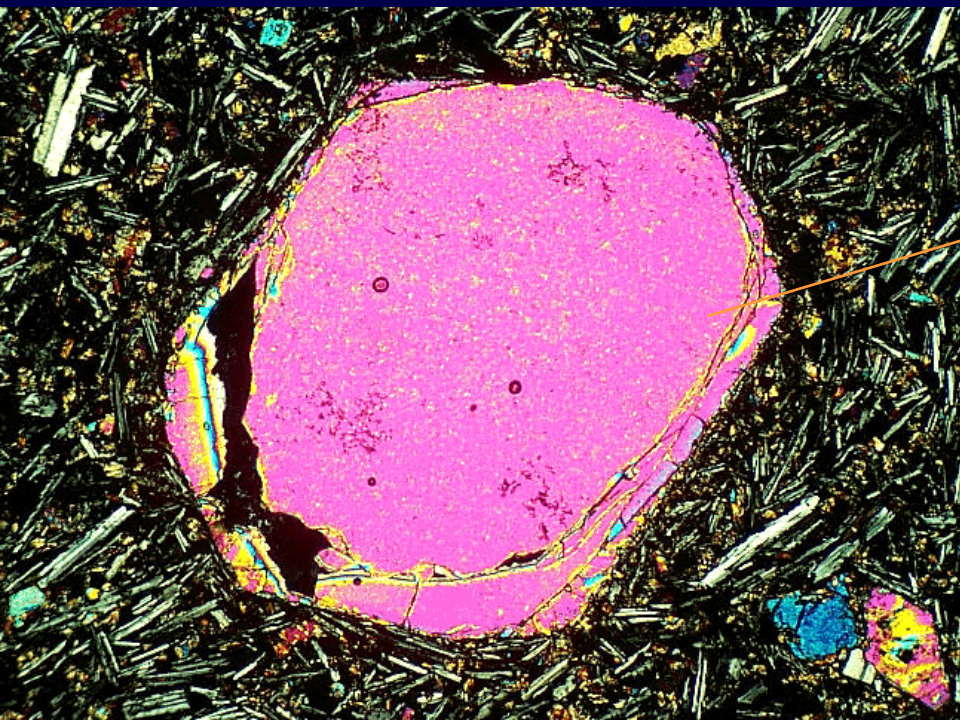
Anizotrop-olivinin TN/ÇN
mikroskopik görünümü

Tek Nikol

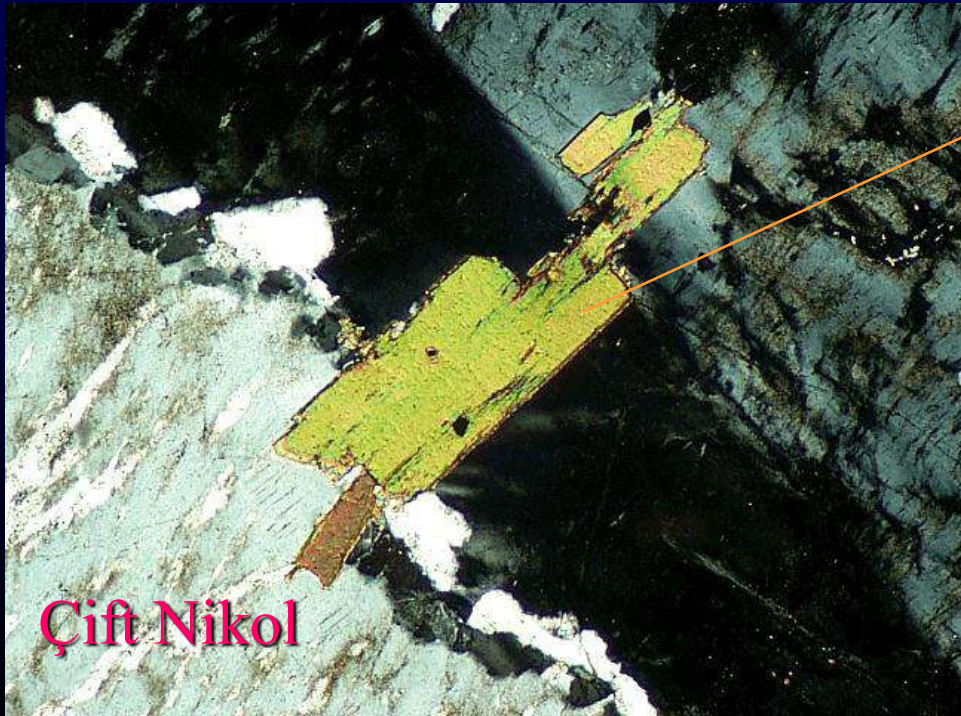


olivin

Çift Nikol

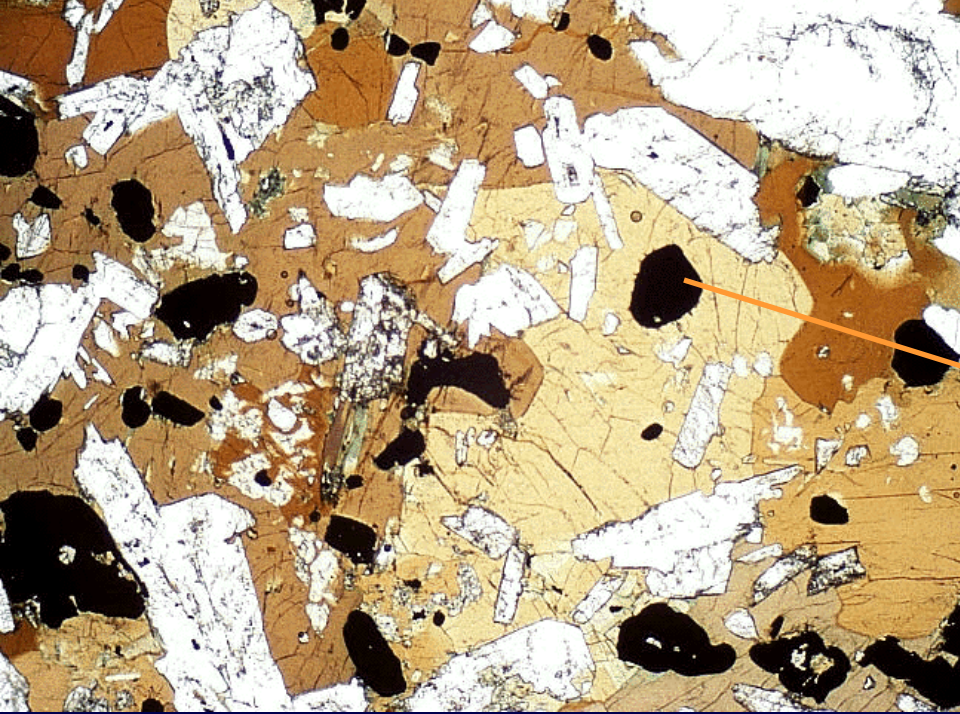


Anizotrop-biyotitin TN/ÇN
mikroskopik görünümü



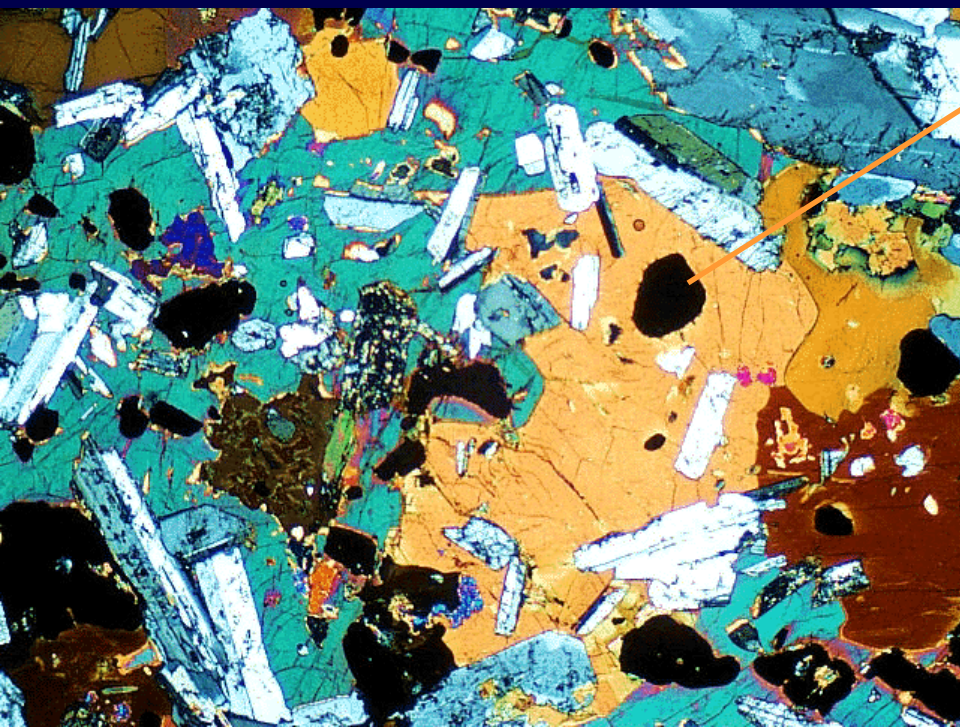
Biyotit

- Bazı mineraller ise ışığı geçirmezler, yani “opak” dırlar (örneğin; kromit, magnetit, galen, pirit). Opak mineraller polarizan mikroskop altında hem tek nikol hemde çift nikolde daima *siyah* olmaları ile tanınırlar. Opak minerallerin incelenmesi üstten aydınlatmalı cevher mikroskobunda ve parlatmalar yardımı ile yapılabilir.
- Ne şeffaf ne de tam opak olan minerallere “yarı şeffaf” mineraller denir.



Tek nikol

Opak mineral

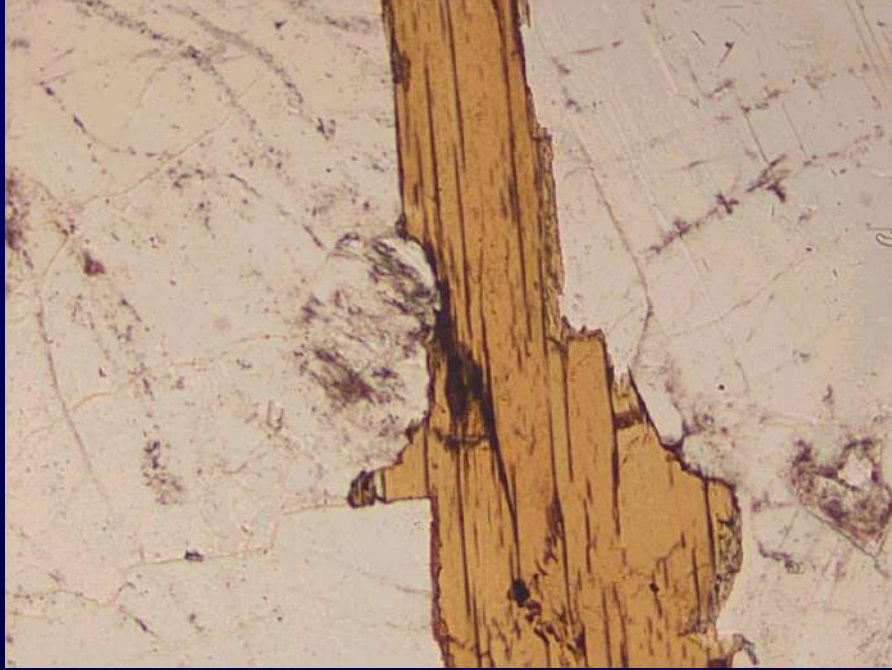


Çift nikol

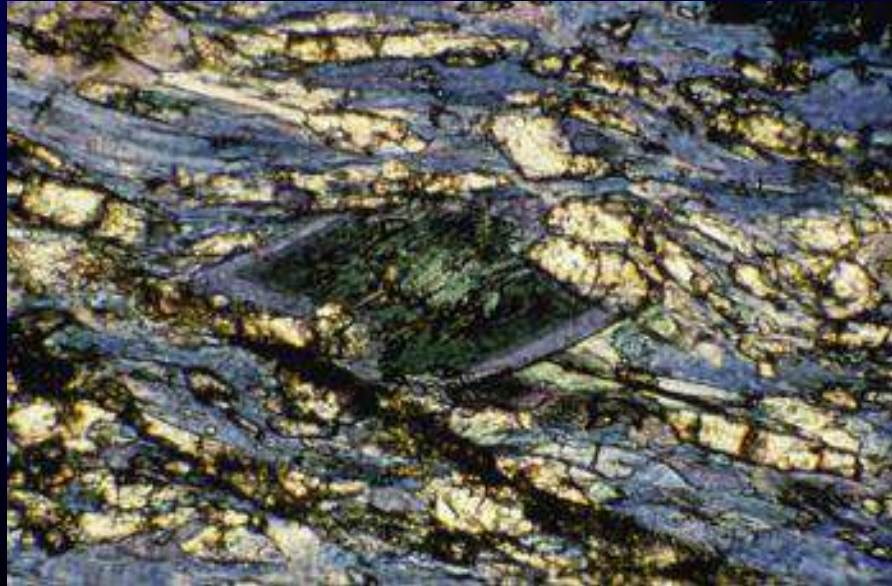
Renk

- Bir mineralin şeffaf veya yarı şeffaf olması halinde *tek nikolde* gösterdiği renk belirlenir.
- Minerallerin ince kesitte sahip oldukları renkler makroskopik olarak gösterdikleri renklerden çok farklıdır.
- Makroskopik olarak renkli olan birçok mineral ince kesit altında tek nikolde renksiz, bazen renkli (örneğin; hipersten, andaluzit, epidot), bazıları ise daima renkli (örneğin; biyotit, hornblend, egirin, piyemontit) olarak gözlenir.

(Kahve) biyotit



(Kırmızı) piyemontit



(Mor) glokofan

Pleokroizma

- İnce kesitte renkli olan minerallerin bir kısmı mikroskop tablası döndürüldüğünde yani mineralin polarizöre olan konumu değiştiğinde aynı rengi korurlar. Ancak bazı mineraller, tablanın hareket ettirilmesiyle renk değiştirir. Tek nikoldeki bu renk değişimi olayına “pleokroizma”, minerale de “pleokroik mineral” denir.
- Pleokroizma kristallerin farklı yönlerde titreşen ışığı farklı şiddetlerde absorpsiyona uğratmasından kaynaklanmaktadır. Kristallere ait indikatikslerin X, Y ve Z yönlerini polarizörün titreşim istikameti olan retikül çizgisine paralel getirilerek kristalin X, Y ve Z yönlerine ait renginin belirlenmesi gerekir.

- TOE'li (üniaks) minerallerde iki temel indis (X, Z veya no, ne) olduğundan bunlardaki pleokroizmaya “dikroizma” adı verilir. Örneğin turmalin mineralindeki dikroizma;

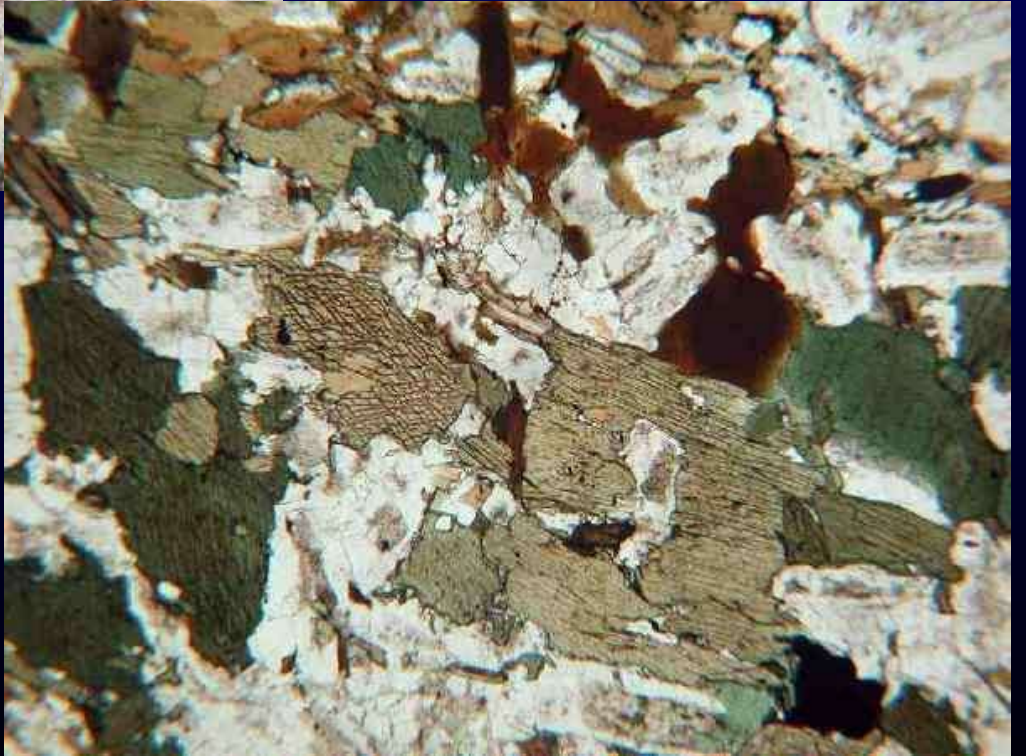
e= gri (zayıf), o=koyu siyahımsı kahve (çok kuvvetli)

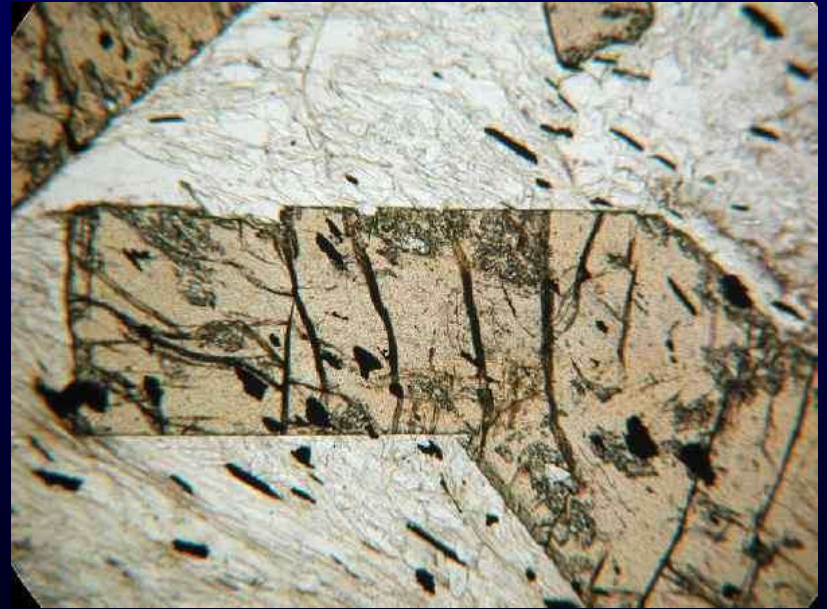
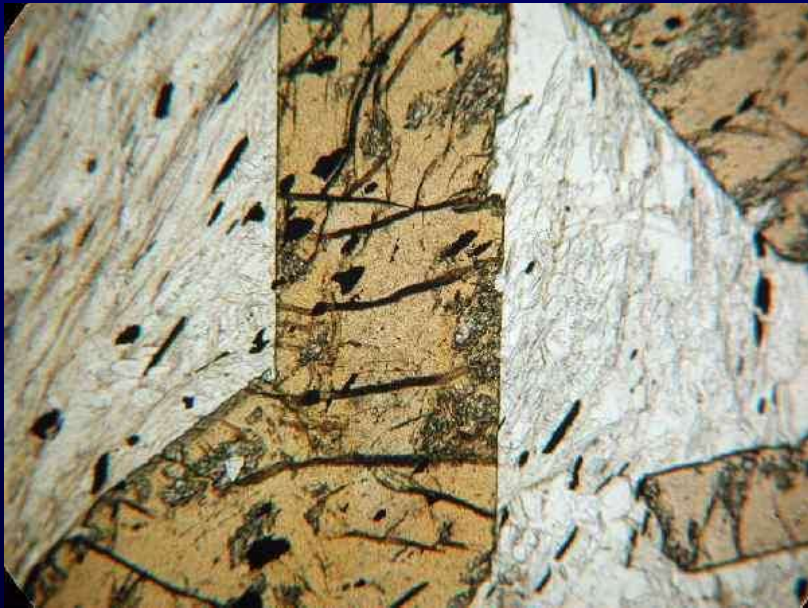
- ÇOE'li (biaks) minerallerde üç temel indis (X, Y, Z) olduğundan bunlardaki pleokroizmaya “trikroizma” adı verilir. Örneğin glokofan mineralindeki trikroizma;

X= renksiz veya soluk sarı (zayıf), Y= lavanta mavisi (orta), Z= morumsu mavi (kuvvetli)

Bazı minerallerin pleokroizma renkleri

	n_x	n_y	n_z
Korund	n_e =açık sarı		n_o = mavi/mor
Humit	sarı	renksiz	renksiz
Piyemontit	sarı	pembe	kırmızı
Turmalin	n_e = açık gri		n_o = sarı, kahve veya mavi
Biyotit	sarı-yeşil	kahverengi	kahverengi
Klorit (Mg'lu)	sarı	yeşil	yeşil
Hipersten	pembe	açık sarı	açık yeşil
Hornblend	açık yeşil	koyu yeşil	kahverengi
Glokofan	renksiz/sarı	açık mavi	koyu mavi





Biyotit
amfibol

ŞEKİL

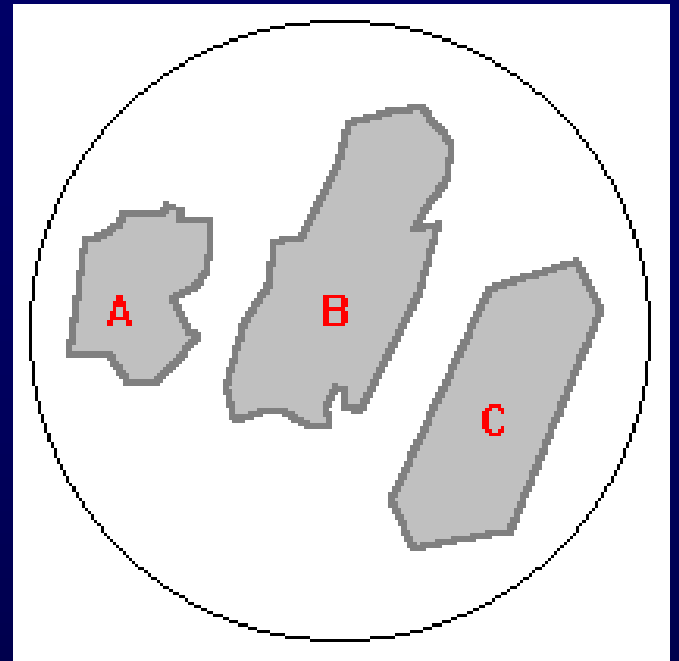
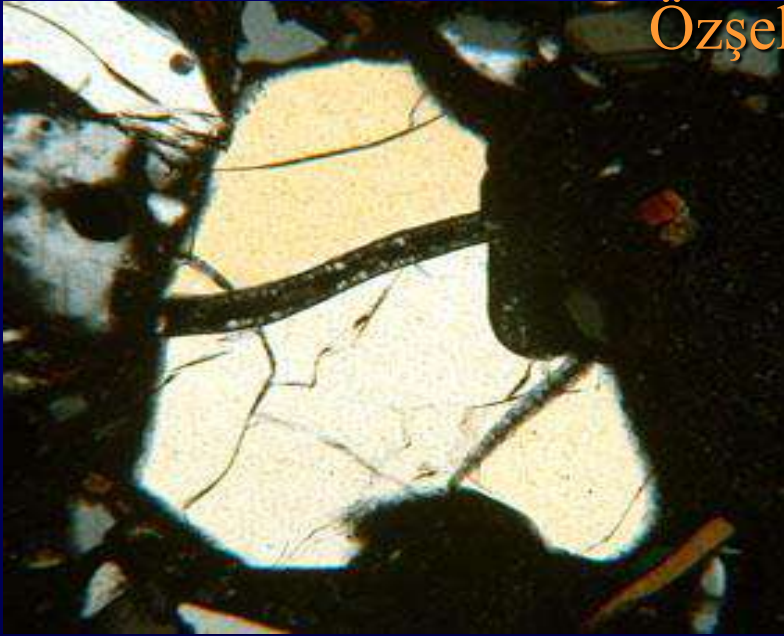
- Minerallerin ince kesitte, kesitin geçiş yönüne bağlı olarak gösterdikleri şekiller tanınmalarında önemlidir;

Bazı mineraller çok iyi gelişmiş düzgün yüzeylere sahip olup, özşekilli (idiyomorf=öhedral) olarak tanımlanır. Örneğin, stavrolit, apatit, olivin, sillimanit, sfen, pirit, manyetit vb.

Diğer bazı mineraller tamamen düzgün yüzeylere sahip olmayıp yarı özşekilli (hipidiyomorf=subhedral) olarak tanımlanır. Örneğin, amfibol, piroksen vb.

Bazı mineraller ise hiçbir düzgün yüzeye sahip olmayıp özşekilsiz (ksenomorf=anhedral) olarak tanımlanır. Örneğin, kuvars vb.

Özşekilsiz (A)

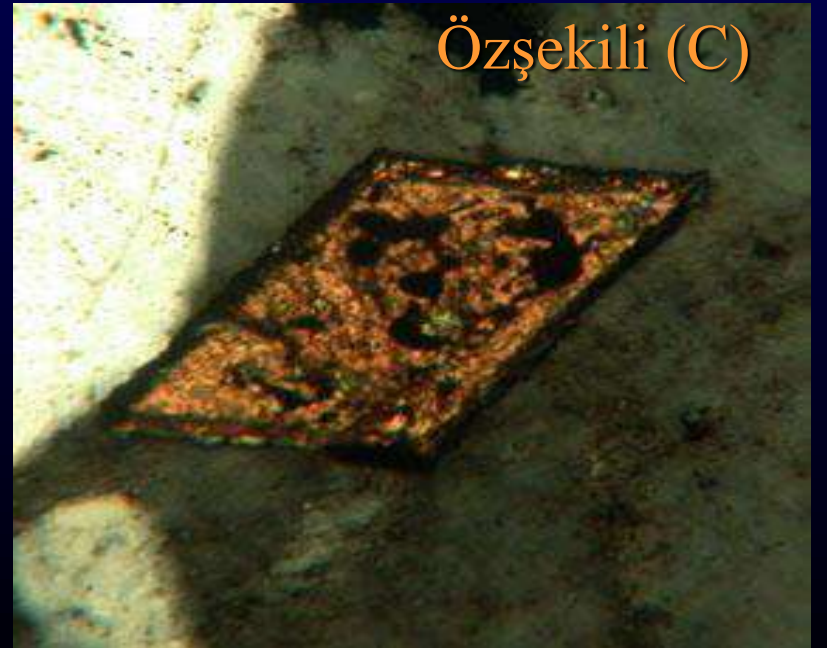


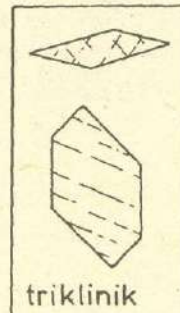
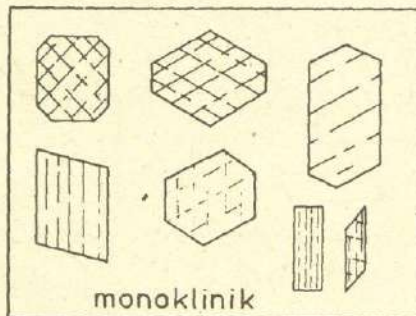
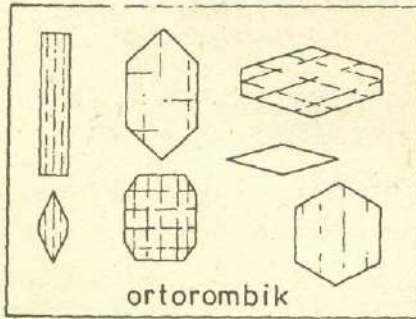
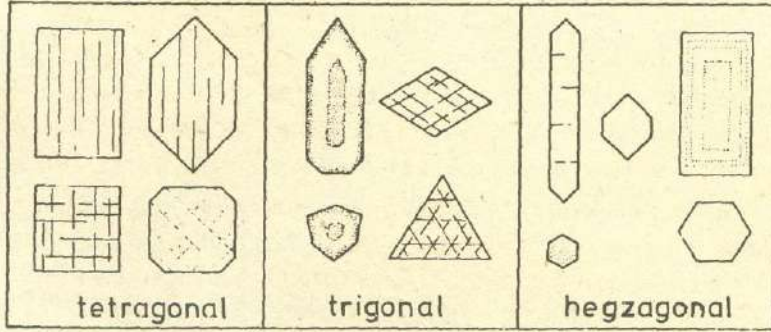
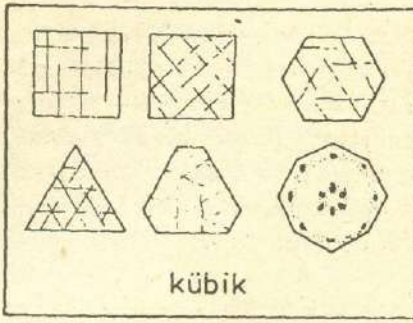
Yarıözşekili (B)



(from <http://www.geolab.unc.edu/Petunia/IgMetAtlas/mainmenu.html>)

Özşekili (C)





- Geometrik şekil mineralin kristal sistemi hakkında da bilgi verebilir.
- İki boyutlu olan ince kesitte, kesitin kristalden geçtiği değişik durumlara göre farklı kristal şekillerinin ortaya çıkması da mümkündür.

BİÇİM

- Minerallerin şekilleriyle birlikte sahip oldukları biçim de ayırt edici olabilir. Biçimlerine göre mineraller;

- 1) Prizmatik (Çubuksu) mineraller: Mineral bir yönde, diğer yönlerine göre daha prizma oluşturacak şekilde iyi gelişmiştir. Örneğin, plajiyoklas, nefelin, apatit, piroksen, skapolit vb.

- 2) İğnemsil/Lifsi mineraller: Bunlar ince uzun kristallerdir. Lifsi mineraller bu gruba girer. Örneğin, sillimanit, turmatin, zeolit vb.

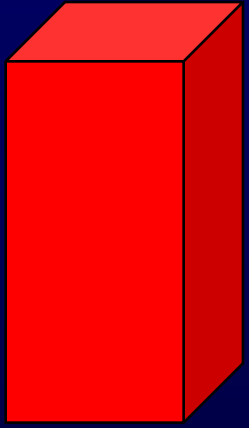
- 3) Yassı prizmatik (bıçaksı) mineraller: Boyutları belirgin bir şekilde birbirinden farklı ve bir yönde daha uzun olan minerallerdir. Örneğin, disten, vollastonit vb.

- 4) Levhamsı (Yapraksı) mineraller: Boyutları üçüncü yöne göre her iki yönde daha büyük olan minerallerdir. Örneğin, biyotit, muskovit, klorit vb.

- 5) Eşboyutlu mineraller: Her üç yönde eşit veya yakın boyutlu olan minerallerdir. Örneğin, spinel, granat, analsim vb.

- Minerallerin oluşturdukları toplulukların görünümünü de tanesil, lifsi, iğnemsil, çubuksu, yapraksı, ışınsal, sferülitik gibi isimlendirmek mümkündür.

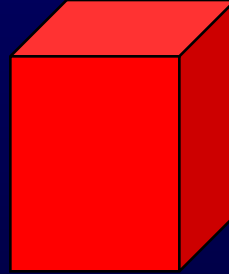
prizmatik



İğnemsisi/Lifsi



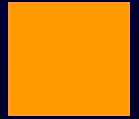
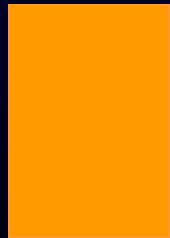
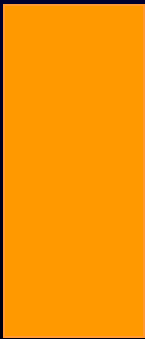
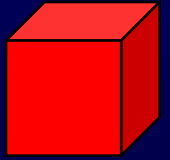
Yassı prizmatik

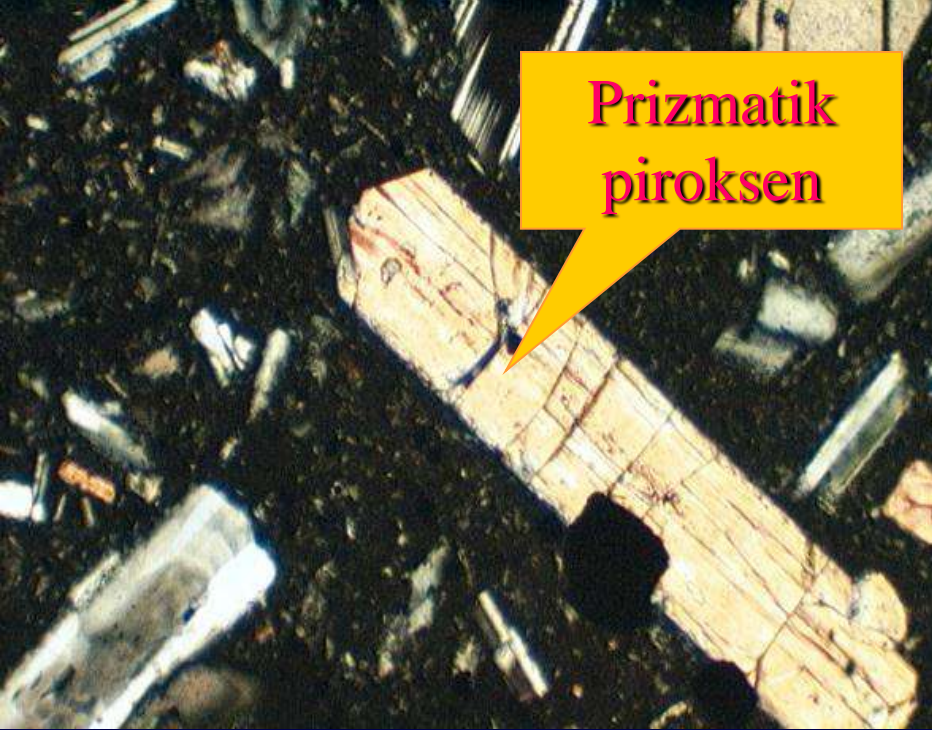


Levhamsı



Eş boyutlu





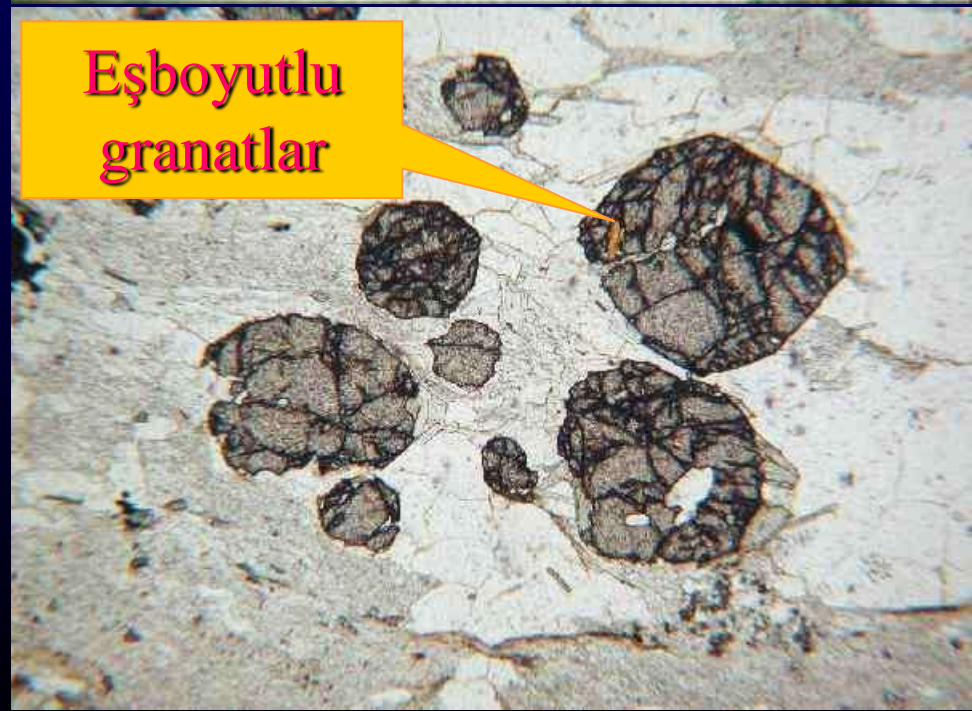
Prizmatik
piroksen



Levhamsı
biyotit



Lifsi
tremolitler



Eşboyutlu
granatlar

IŞIK KIRMA İNDİSİNİN NİSBİ TAYİNİ

- Bir minerale ait ışık kırma indisini hassas bir şekilde belirlemek için farklı yöntemler geliştirilmiştir (ör, immersiyon yöntemi).
- Mikroskobik çalışmalarda kırma indisinin yaklaşık belirlenmesi yeterlidir. Bunlardan ikisi;
 - 1- rölyef (optik engebe)
 - 2- beke çizgisi

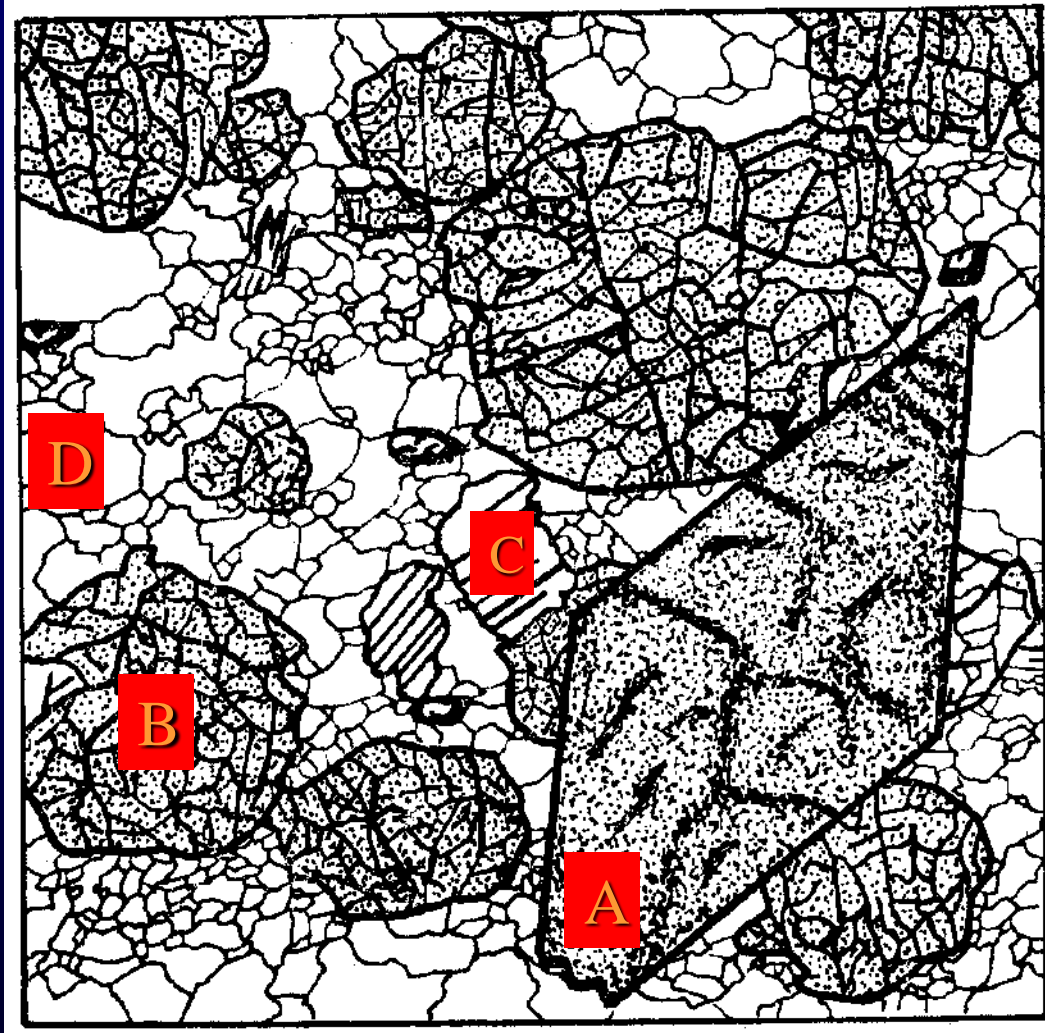
RÖLYEF (OPTİK ENGEBE)

- Minerallerin içinde bulunduğu ortama veya komşu minerallere kıyasla daha yüksekte/alçakta görülmesi özelliğidir. Bu özellikle, mineral ve ortamın ışık kırma indisleri arasındaki farka bağlıdır.
- Mineralin ışık kırma indisi ortamıninkine **yakın** ise mineral düşük bir optik engebe (röliyef) gösterir. *Bu durumda mineral sınırları belirgin olarak görülmez ve mineral yüzeyi düzgündür.*
- Mineralin ışık kırma indisi ortamınkinden **çok yüksek** ise mineral kabarık bir optik engebe gösterir. *Mineralin sınırları koyu ve belirgin, mineral yüzeyi pürüzlü, girintili çıkıntılı bir görünümde dir.* Bu durum kristal yüzeyindeki pürüzlerin, yansıma ve kuvvetli kırılma ile belirginleşmesi sonucudur.
- Işık kırma indislerinden biri ortamınkine eşit veya biraz küçük, diğeri ise yüksek olan minerallerde, mikroskop tablasının döndürülmesiyle röliyefin değiştiği (**röliyef pleokroizması**) gözlenir. Bu durum kalsit için tipiktir.

Mikroskopta bir mineralin rölyefini belirlemek için;

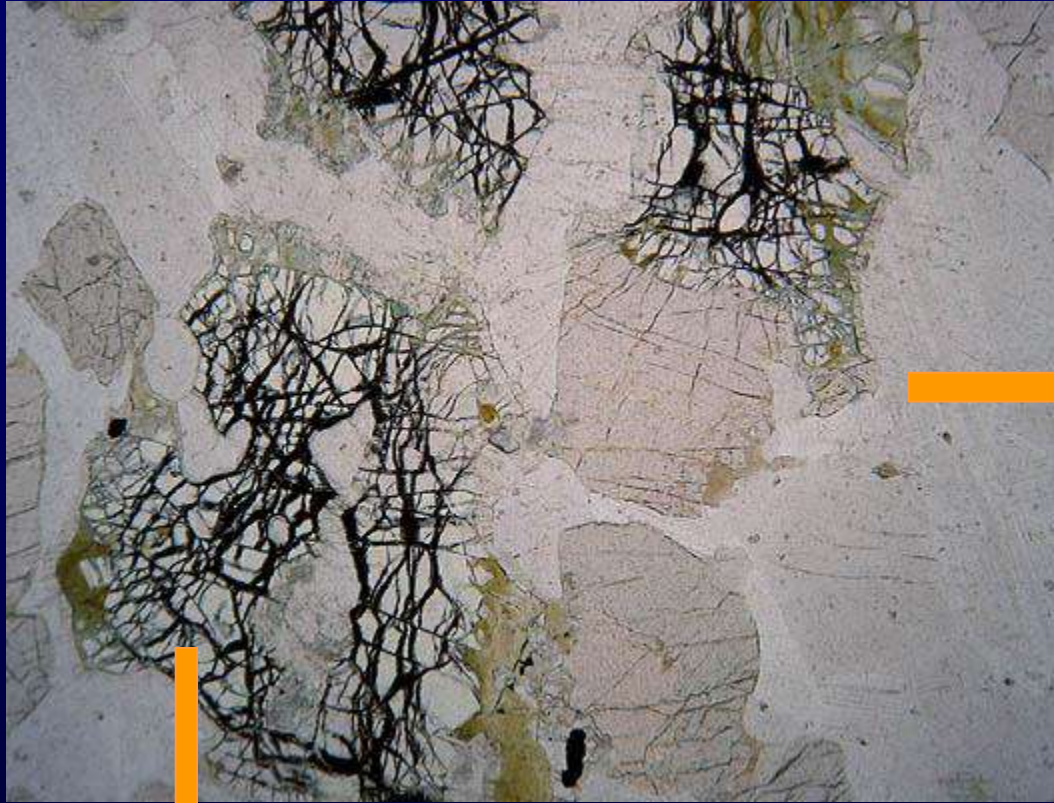
- diyafram kısılarak, ışık azaltılır
- mineralin sınırlarının belirgin, yüzeyinin pürüzlü olup olmadığı, dilinim, kırık-çatlak gibi morfolojik özelliklerin belirgin görülüp görülmediği dikkate alınarak “Çok düşükten Çok Yüksek” kadar bir tanımlama yapılır.

Kırma İndisi	Rölyef Tanımı	Örnek Mineral
< 1.50	Çok düşük	Tridimit, Zeolit, Volkanik cam
1.51-1.60	Düşük	Feldispat, Kuvars, Kanada Balzamu
1.61-1.70	Orta	Hornblend, Turmalin, Apatit
1.71-1.80	Yüksek	Piroksen, Olivin, Zoisit, Disten
> 1.81	Çok yüksek	Monazit, Zirkon, Granat, Sfen (titanit)



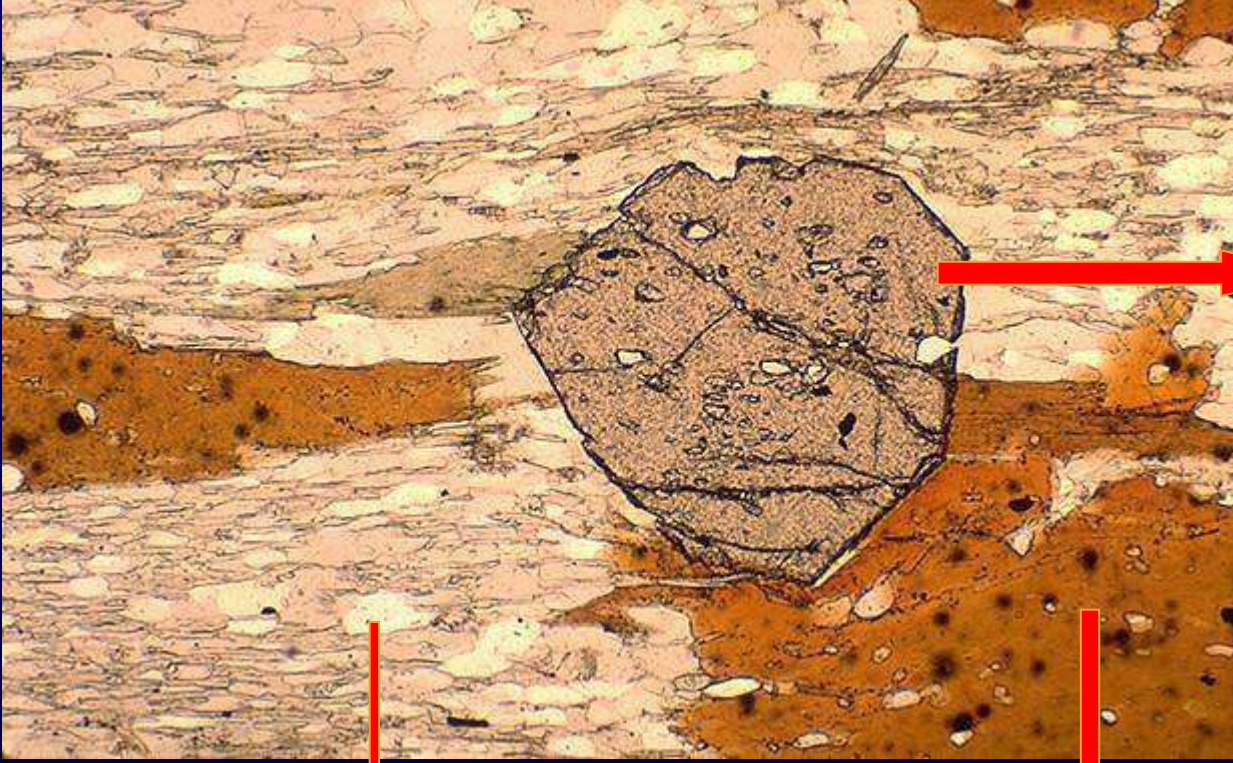
Minerallerin rölyefleri kıyaslandığında;

A (çok yüksek) > B (yüksek) > C (orta) > D (düşük)



Düşük rölyef
(plajiyoklas)

Yüksek rölyef
(olivin)



Çok yüksek rölyef
(Granat)

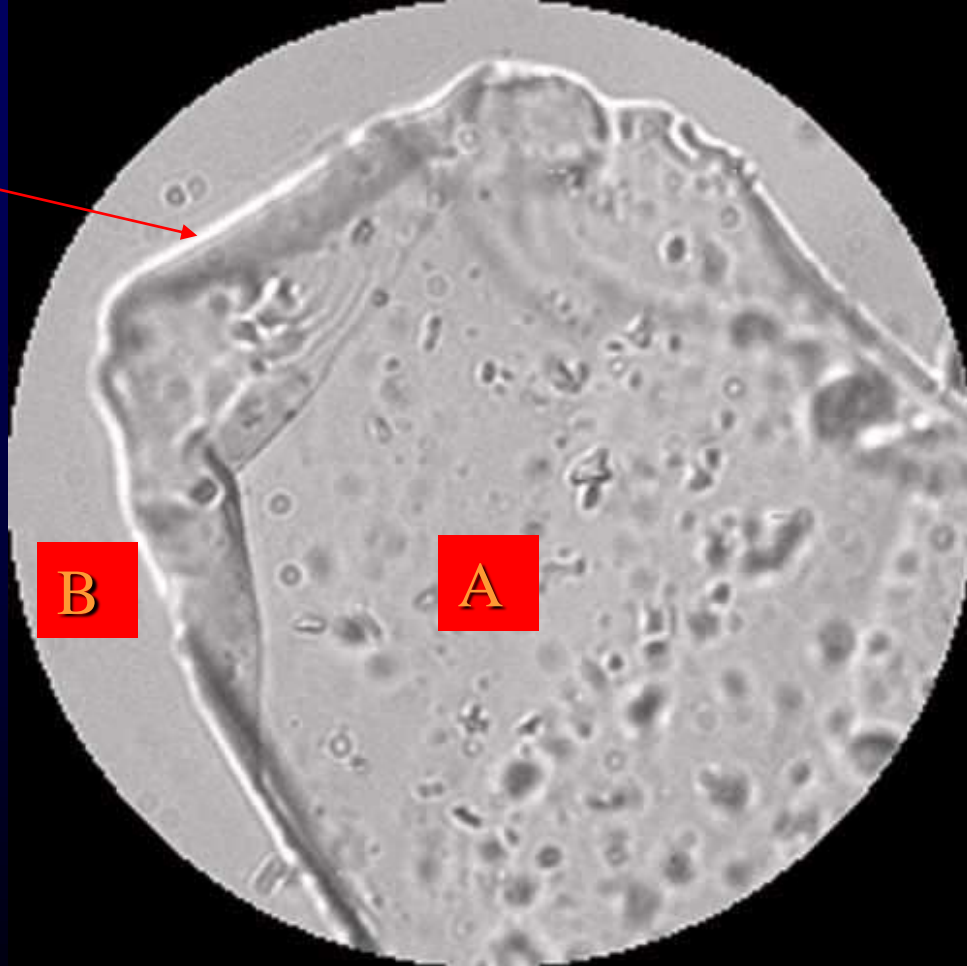
Düşük rölyef
(Kuvars)

Orta rölyef
(biyotit)

BEKE ÇİZGİSİ

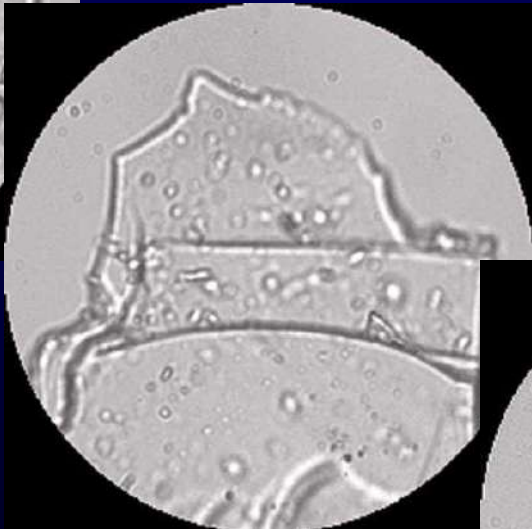
- Işık kırma indisleri birbirinden farklı iki değişik ortamın sınırında (mineral-sıvı, mineral-mineral) parlak bir ışık çizgisi görülür. Buna beke çizgisi denir.

Beke çizgisi



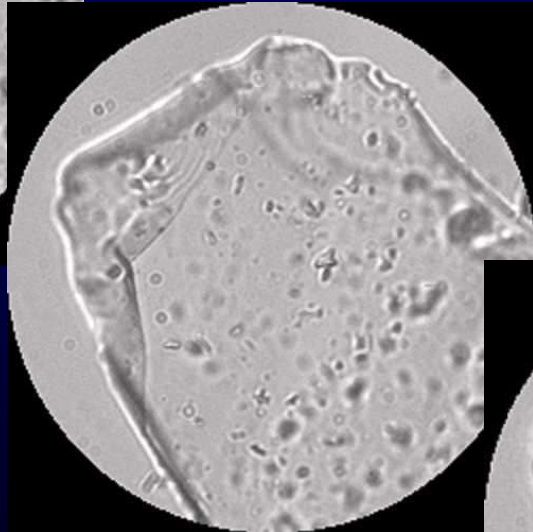
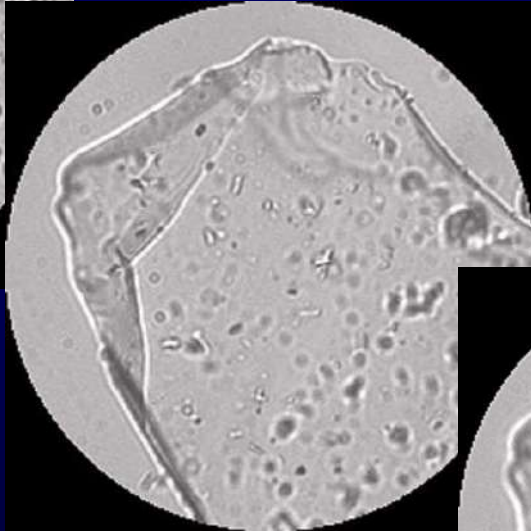
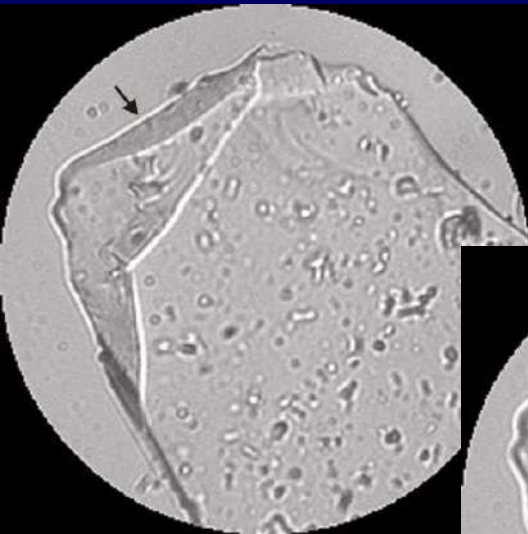
- Kırma indisleri arasındaki fark ne kadar büyükse çizgi o kadar belirgindir, eşit ise beke çizgisi oluşmaz.
- Kırma indisinin nispi tayininde Becke Çizgisi metoduyla sırasıyla şu şekilde yararlanılır;
 - a) Kırma indisi tayin edilmek istenen mineralin, Kanada balzamu, epoksi yapıştırıcıyla ($n \sim 1.540$) veya kırma indisi bilinen bir mineral kuvarla ($n_o = 1.544$, $n_e = 1.553$) yaptığı sınır tespit edilir.
 - b) Mikroskop tek nikola alınır, Orta büyütme bir objektif seçilir ve diyafram biraz kısılır. Bu durumdayken Becke çizgisi tam sınırdadır.
 - c) İnce kesit ile objektif arasındaki mesafe, mikroskop tablasının ayar kolu kullanılarak yavaşça aşağı veya yukarı hareket ettirmek suretiyle değiştirilir.
 - d) İnce kesit ile objektif arasındaki mesafe **azaltıldığında** (mikroskop tablasının **yukarı** doğru hareket ettirilmesi) Becke çizgisi kırma indisi **küçük** olan ortama, mesafe **artırıldığında** (mikroskop tablasının **aşağı** doğru hareket ettirilmesi) Becke çizgisi kırma indisi **büyük** olan ortama doğru hareket eder.

BECKE ÇİZGİSİ



Πορικτού > Πυγρού

BECKE ÇİZGİSİ



Becke

becke2

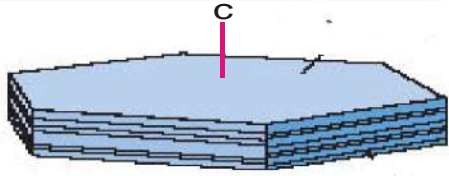
Πορικτού < Πυγρού

Dilinim, Bölünme, Kırık (Çatlak) Özellikleri

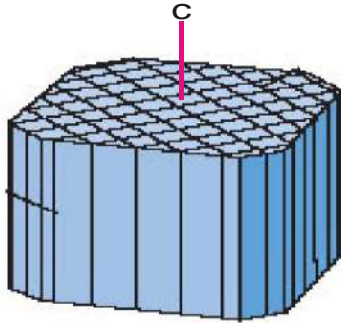
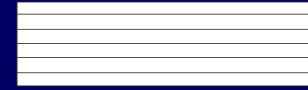
- Dilinim, minerallerin tanınmasında hem makroskopik hem de mikroskopik bir özelliktir. Minerallerde, tek, iki veya üç yönde dilinim olabilir, bazı mineraller (örneğin kuvars) ise dilinim göstermez.
- Mika, epidot, klorit, talk, brusit, kloritoyid, sillimanit, prehnit ve topaz mineralleri tek yönde dilinim gösterirler.
- İki yönde dilinim gösteren bazı minerallerin dilinimleri arasındaki açı da çok tipiktir. Dilinimler arasındaki açı, amfibollerde 56° ve 124° , piroksen, ortoklas, skapolit ve andaluzit de 90° iken, plajiyoklas ve mikroklin de ise 90° den biraz küçüktür.
- Dilinim düzlemlerine tam dik olmayan, dilinim yüzeylerine eğik geçen kesitlerde ise, dilinimler arasındaki açı gerçek değerinden daha küçük gözlenir. *Dilinimlerden birine paralel olan kesitlerde iki dilinimden sadece biri ortaya çıkacaktır.*
- Üç yönde dilinim kalsit, anhidrit, barit, sölestin, disten vb. minerallerinin yönlü kesitlerinde iyi gözlenir.
- Dört yönde dilinim flüorit mineralinde gözlenir. Ancak ince kesitte, iki veya üç dilinim görülebilir.

c'ye dik

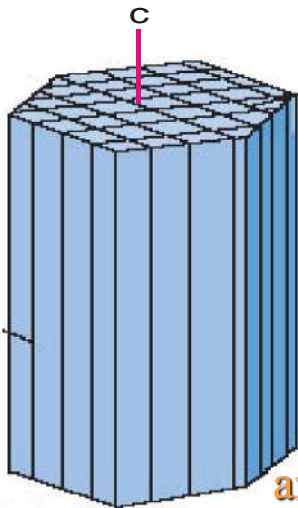
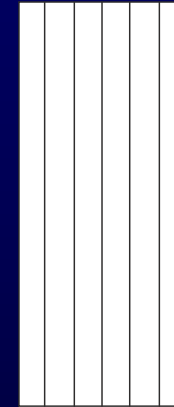
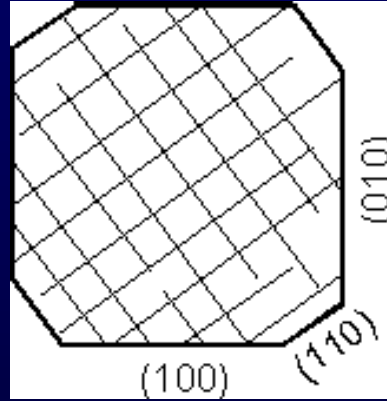
c'ye paralel



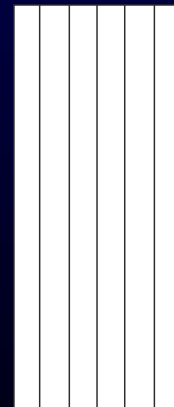
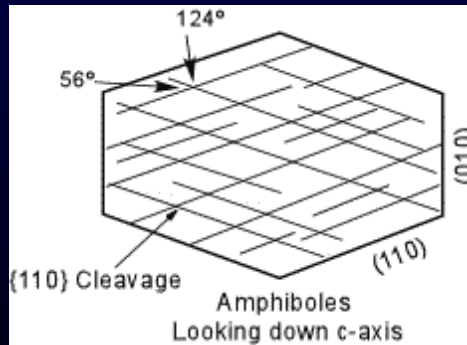
mika



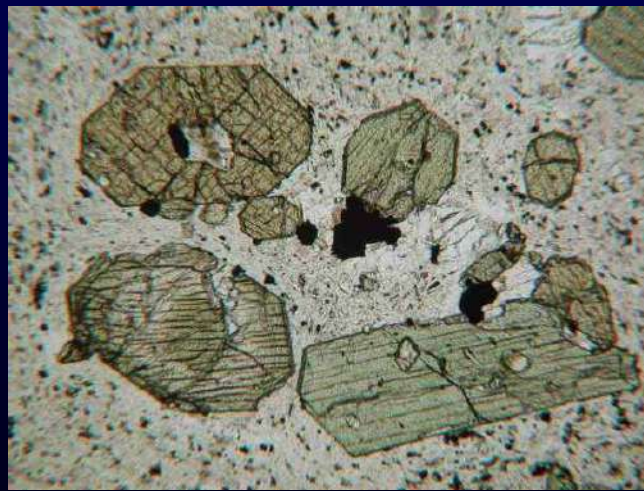
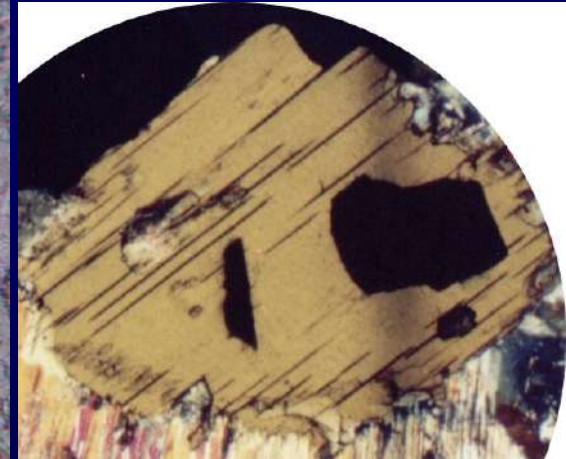
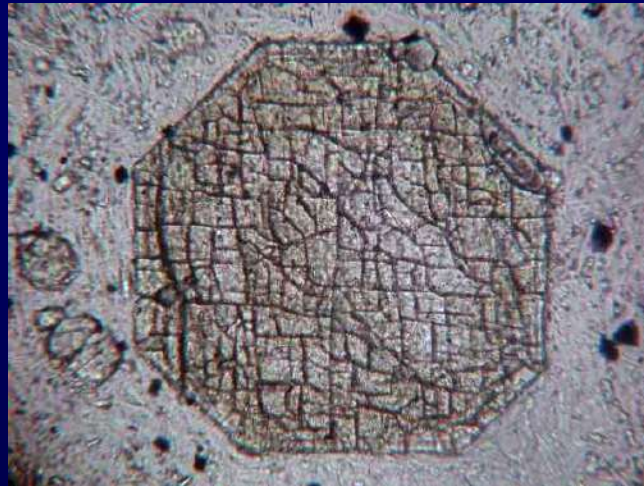
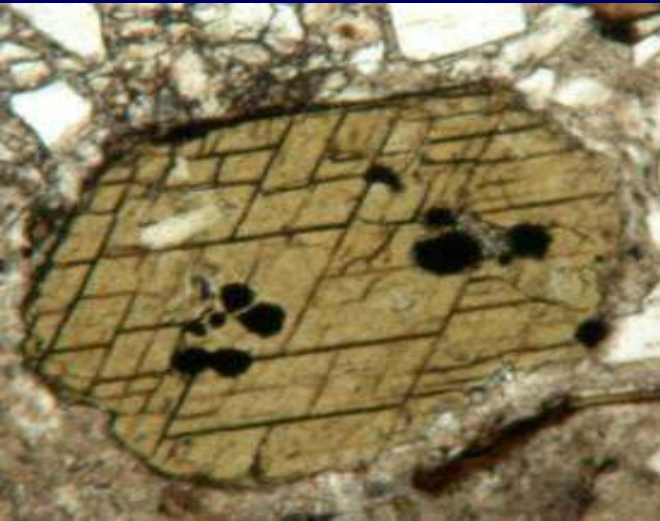
piroksen



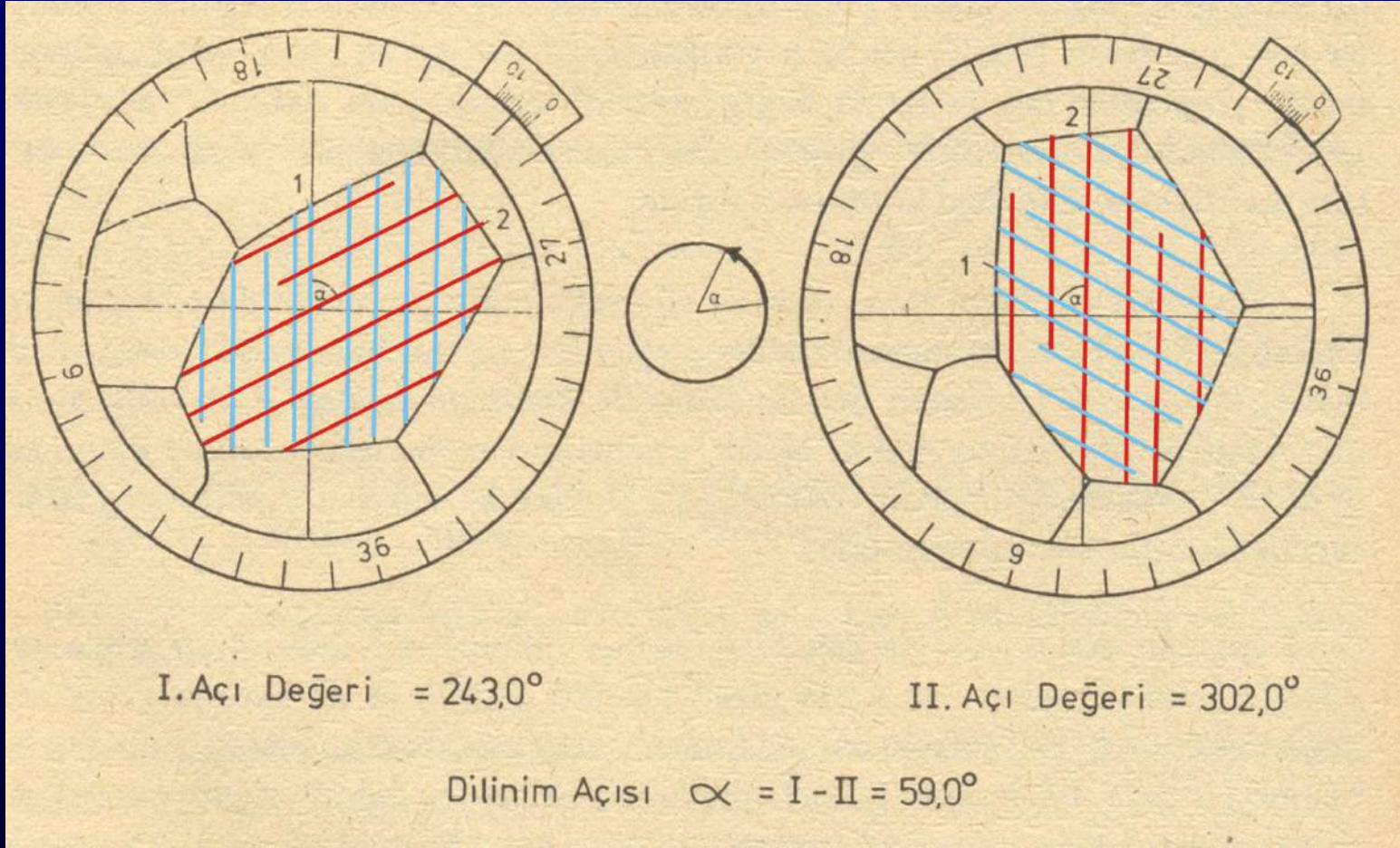
amfibol



Kesit yönü-dilinim ilişkisi



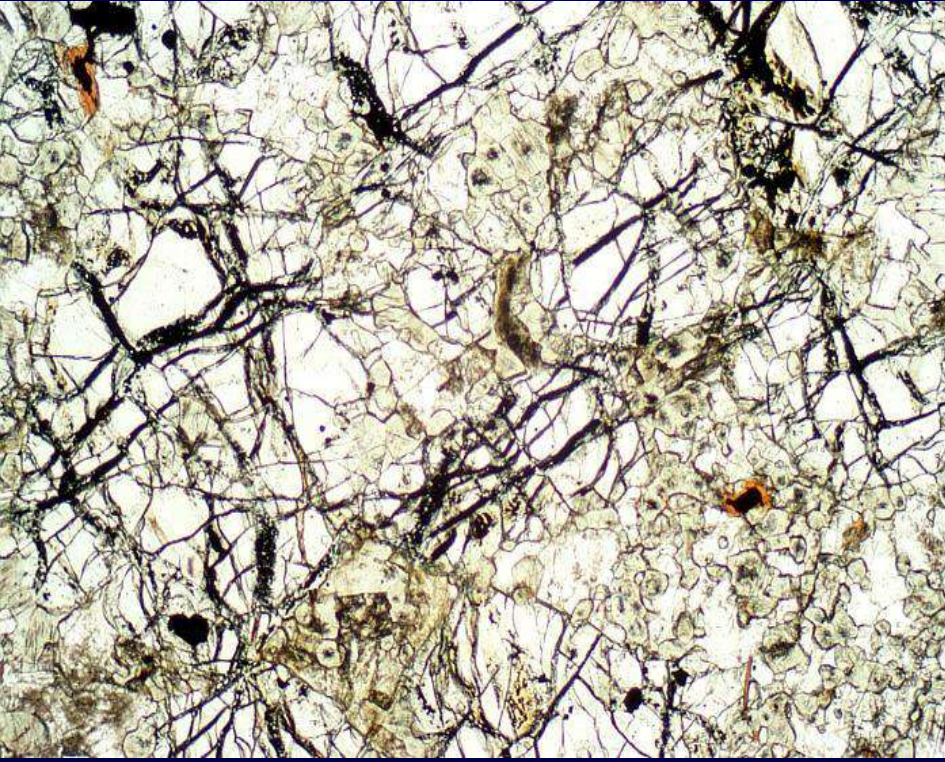
Mikroskopta Dilinim Açısının Ölçülmesi



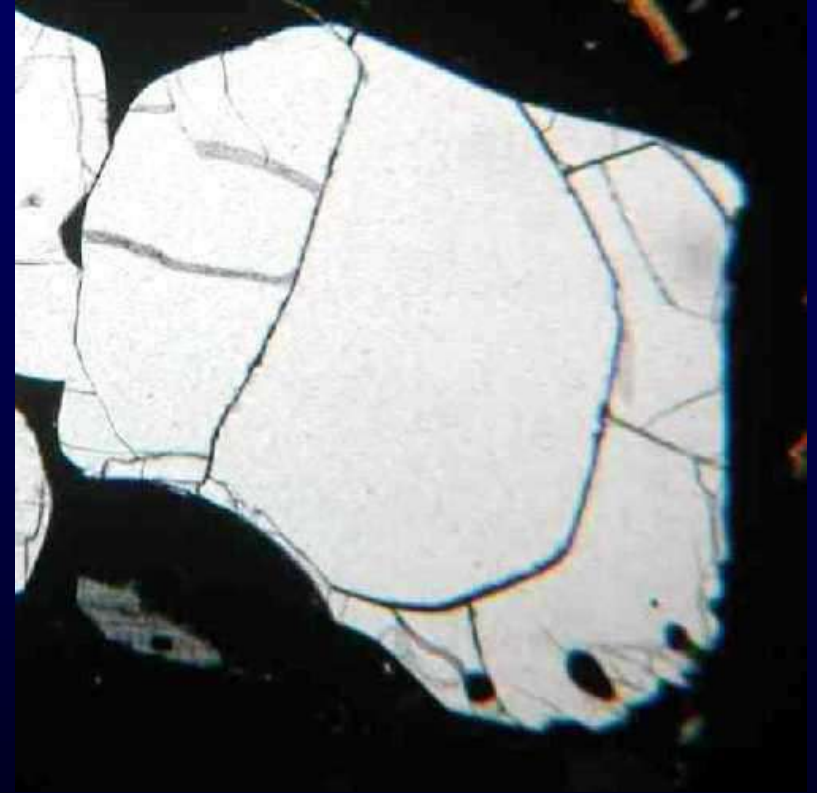
- 1. dilinim izi okulerdeki düşey çizgiye paralel getirilir ve tabladan birinci açı değeri okunur
- 2. dilinim izi tabla döndürülerek düşey çizgiye paralel getirilir ve ikinci açı tabladan okunur. *iki açı değeri arasındaki fark dilinim açısını verir*

- **Bölünme**, bazı minerallerin gösterdikleri özelliktir. Bazı minerallerde dilinimden ayırt etmek zordur. Bazılarında örneğin bronzit ve diyallaj gibi piroksenlerde ve bazı amfibollerde bölünme çok sık, belirgin düzgün ve devamlı çizgiler şeklinde ayırt edilir.
- **Kırıklar (çatlaklar)**, bazı minerallerin tanınmasında yardımcı olabilecek özelliktir. Örneğin bazen kuvars mineralinde midye kabuğu şeklinde, olivin mineralinde yay şeklinde, sillimanit ve sanidin minerallerinde enine çatlaklar çok karakteristiktir.

NOT: Dilinim bir mineralde **sistemantik** (kristalografik yönlerle ilişkili) olarak gelişirken, **çatlaklar rastgele** gelişir.



Olivindeki kırıklar (çatlak)

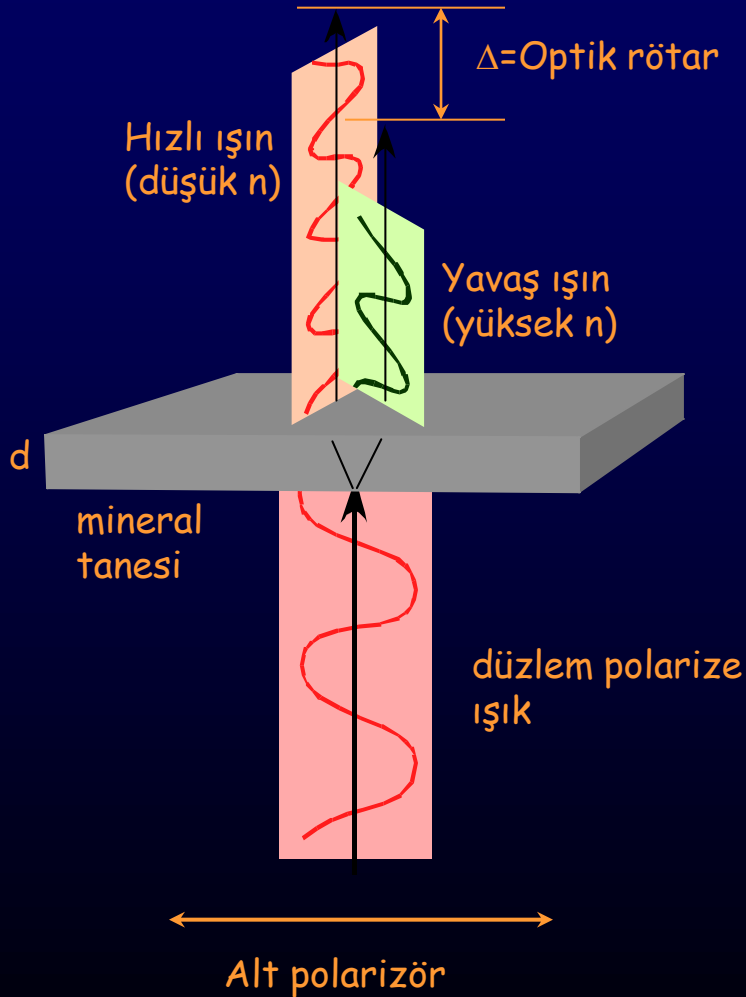


Kuvarsdaki kırıklar (çatlak)

ÇİFT KIRMA VE POLARİZASYON (GİRİŞİM) RENKLERİ

Anizotrop min. gelen ışık minerali hızları farklı olan iki ışık olarak terk eder.

Optik rötar (Δ)= kesit kalınlığı (d) X çift kırma değeri (δ)



- Anizotrop minerallerin çapraz (çift) nikoller altında göstermiş oldukları renge Polarizasyon (Girişim veya Birefrejans) rengi denir.
- bir mineralin çift kırma değeri max ve min ışık kırma indisleri arasındaki farktır ($\delta = n_{\max} - n_{\min}$).

ÇOE nz-nx

TOE (+) ne-no

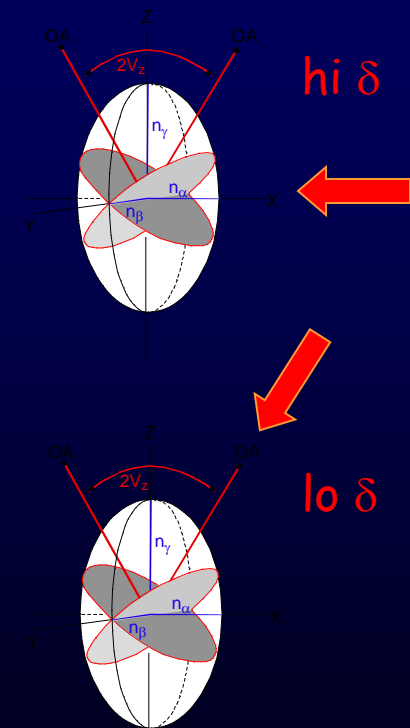
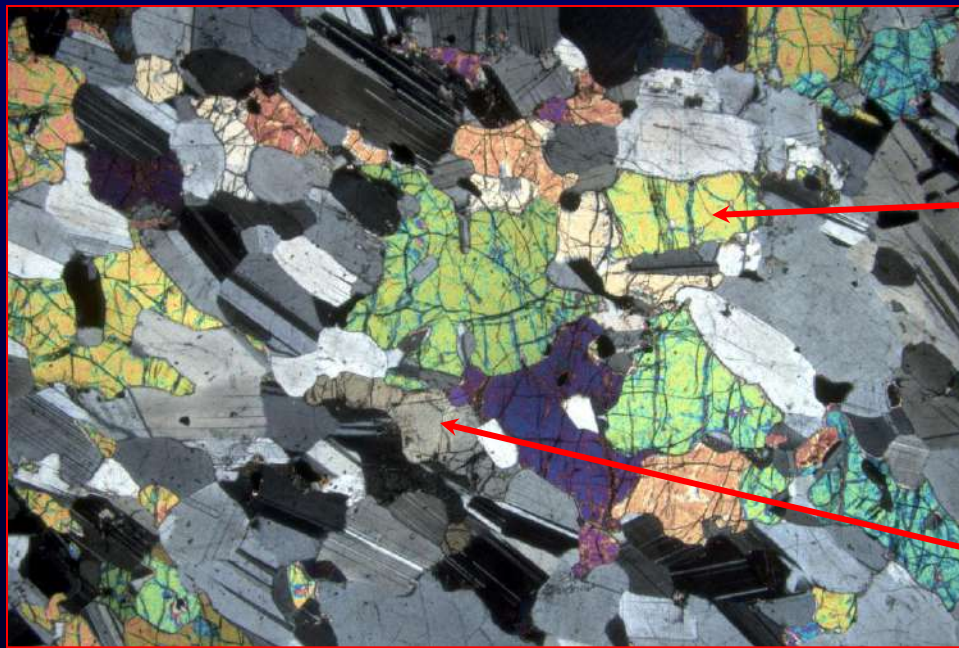
TOE (-) no-ne

Çift kırma değerinin saptanması;

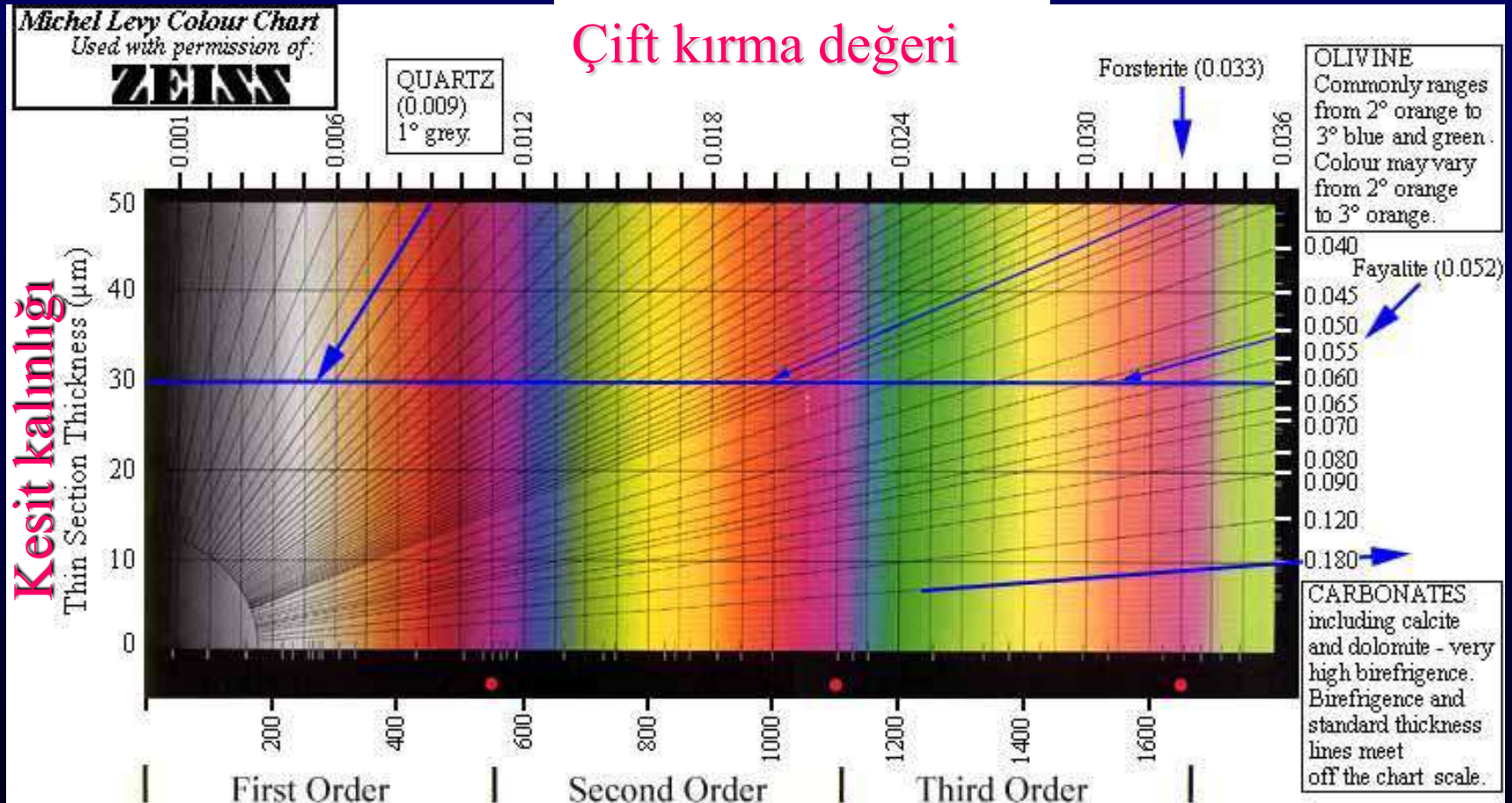
• BİR MİNERALİN ÇİFT KIRMA DEĞERİ, İNCE KESİTTE KESİTİN MİNERALDEN GEÇTİĞİ YÖNE BAĞLIDIR.

- Optik eksenlerden birine dik olan kesitlerde çift kırma değeri sıfırdır: mineral izotrop davranır (çift nikolde sürekli karanlık, siyah)
- Optik eksenlere paralel kesilmiş kesitlerde maksimumdur.
- Diğer kesitlerinde ise bu iki değer arasında değişir.

BU NEDENLEDİR Kİ AYNI MİNERALİN FARKLI TANELERİ AYNI KESİTTE SİYAHTAN ÇOK CANLI RENKLERE KADAR DEĞİŞEN ÇİFT KIRMA RENKLERİ GÖSTEREBİLİR.



Michel-Levy Renk Cetveli; Polarizasyon renkleri, kesit kalınlığı, çift kırma değeri ve faz farkı (optik gecikme, rötar) arasındaki ilişkiyi gösterir.



Faz farkı (optik rötar)

- Mikroskopta gözlenen polarizasyon renginin hangi sıraya ait olduğu tam olarak belirlenirse, renk çizelgesi yardımıyla;

- Mineralin çift kırıcılığı

- İnce kesit kalınlığı

- Optik gecikme (rötar) değeri bulunabilir.

Örnek 1: çift kırma değeri $(Z-X)= 0.010$ bir mineral, ince kesit kalınlığı 0.06 mm olduğunda mor, 0.05 mm kalınlığında kırmızımsı, 0.04 mm kalınlığında açık sarı, 0.02 mm kalınlığında açık gri polarizasyon renklerini verir.

Örnek 2: ince kesit kalınlığı 0.03 mm olan bir mineral, 1. sıranın turuncu polarizasyon renginde çift kırması 0.015, 2. sıranın yeşil polarizasyon renginde çift kırması 0.025 ve 3. sıranın yeşil polarizasyon renginde çift kırması 0.045 dir.

İKİZLENME

- Bir mineralin farklı bireylerinin ortak bir yüzey kullanarak beraber büyümesidir.
- Mikroskop altında, ikiz bireyleri farklı yanma-sönme konumuna sahip olduklarından kolayca tanınırlar.

Mikroskopta gözlenen bazı ikizlenme türleri;

1- polisentetik (albit) ikiz

2- karlspad ikizi

3- baveno ikiz

4- albit-karlspad ikizi

5- albit periklin ikizi

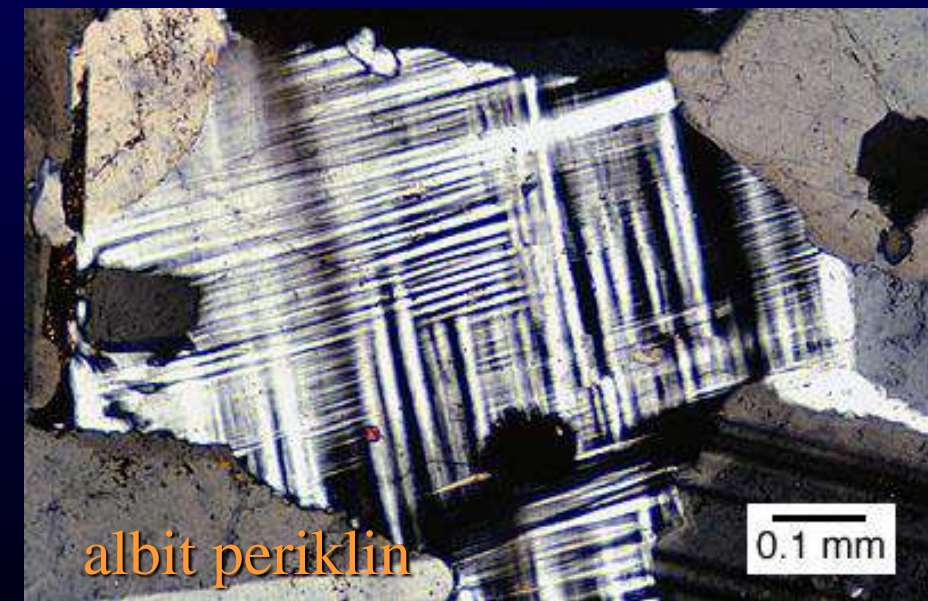


polisentetik (albit) ikiz

0.25 mm

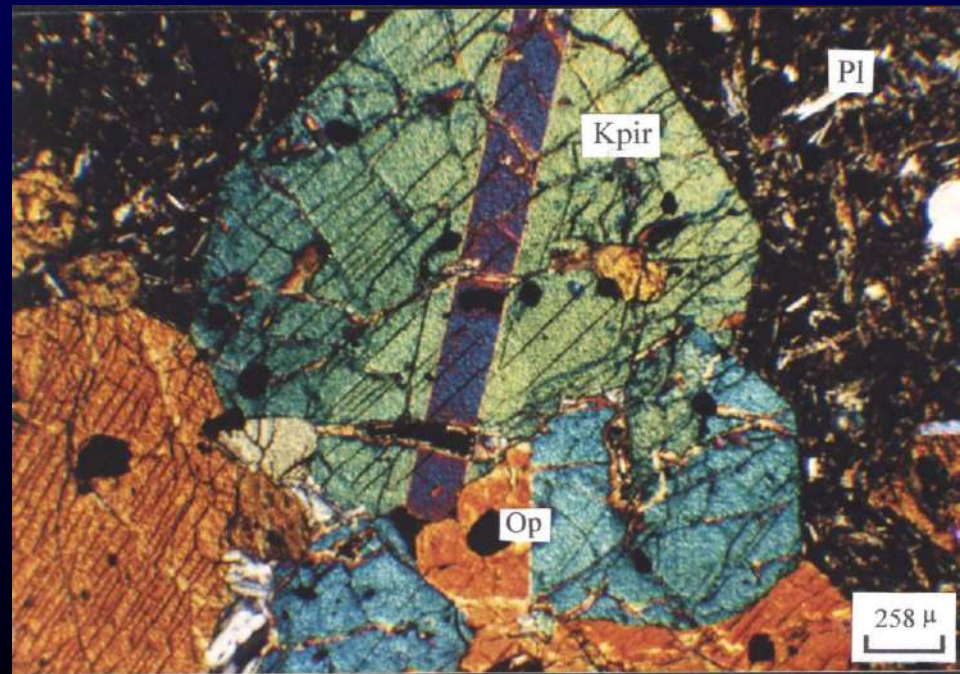


karlspad ikizi



albit periklin

0.1 mm



Pl

Kpir

Op

258 μ

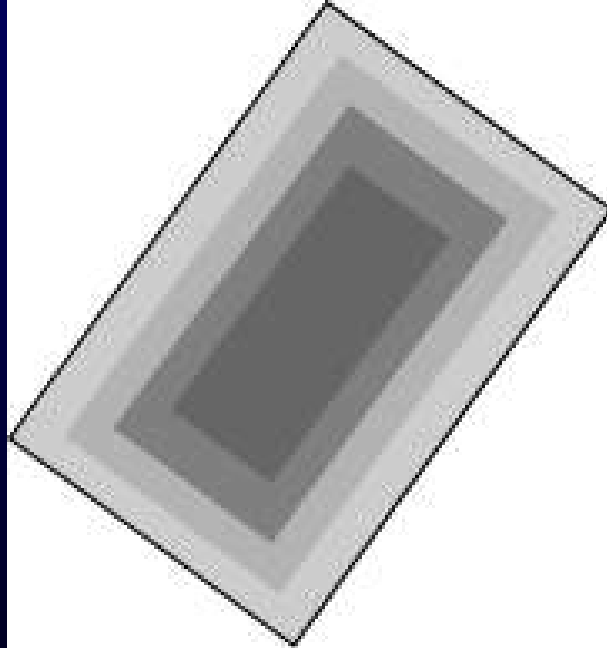
Zonlanma

Karışım kristallerde (plajiyoklas, olivin, piroksen vs) gözlenen bileşimsel bir özelliktir. Her zon kendine has sönme konumu ve çift kırma rengi ile karakteristiktir.

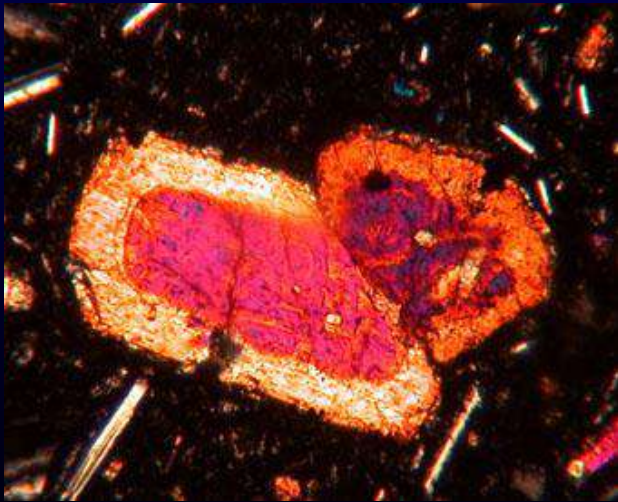
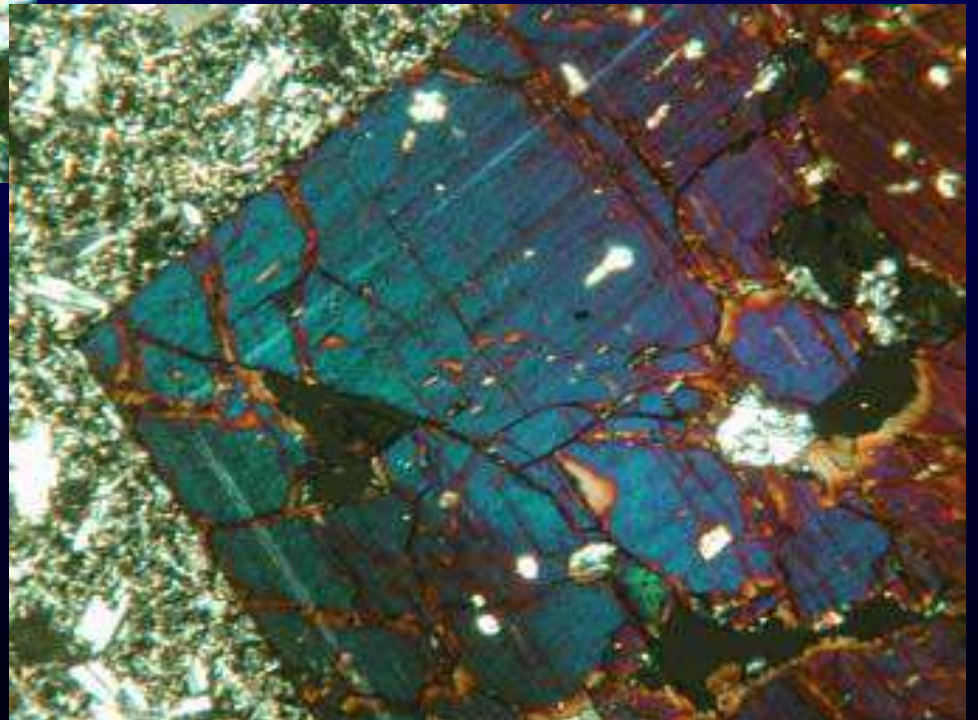
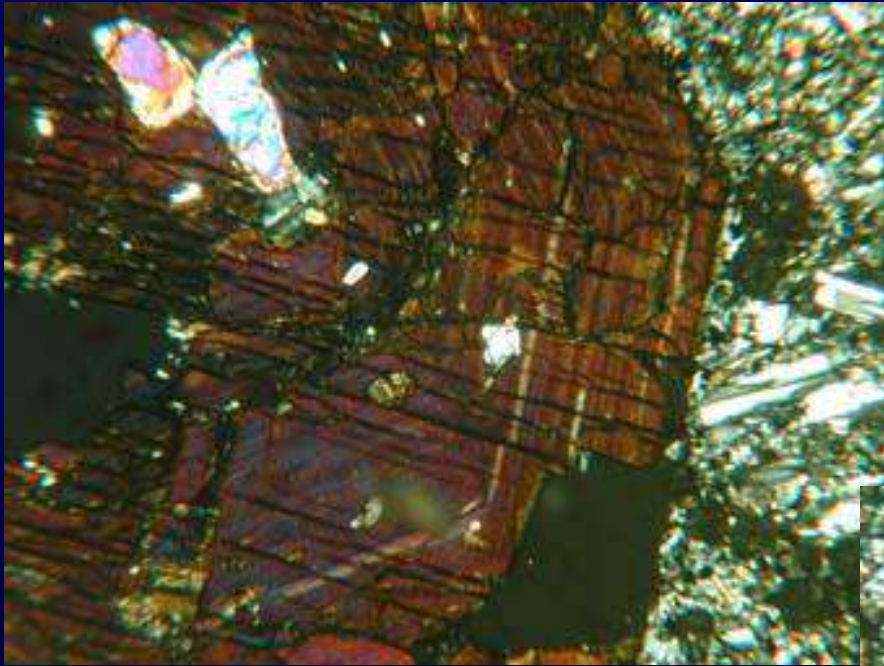
1- Normal

2- Ters

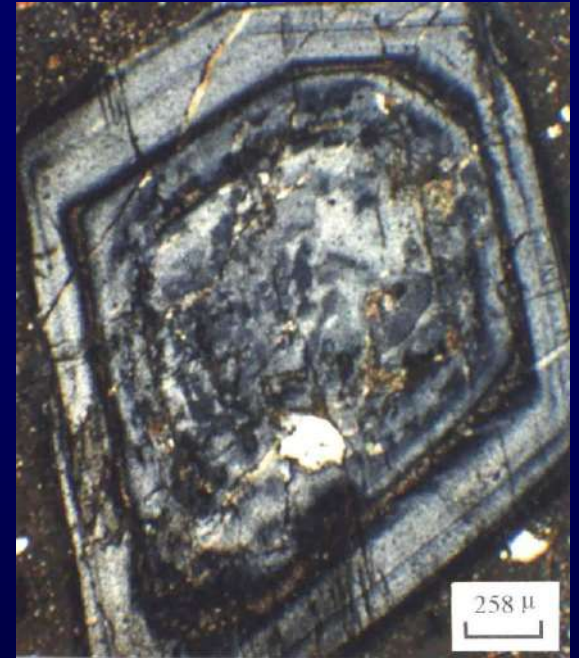
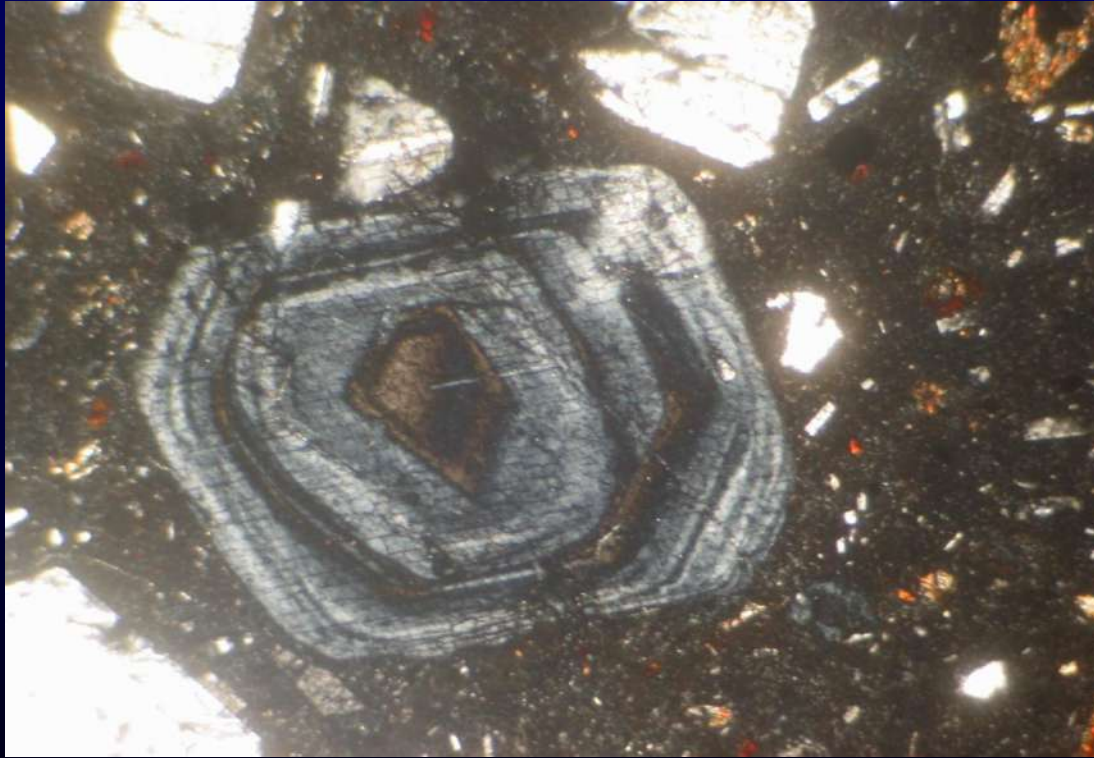
3- Halkalı zonlanma



Pioksen-zonlanma

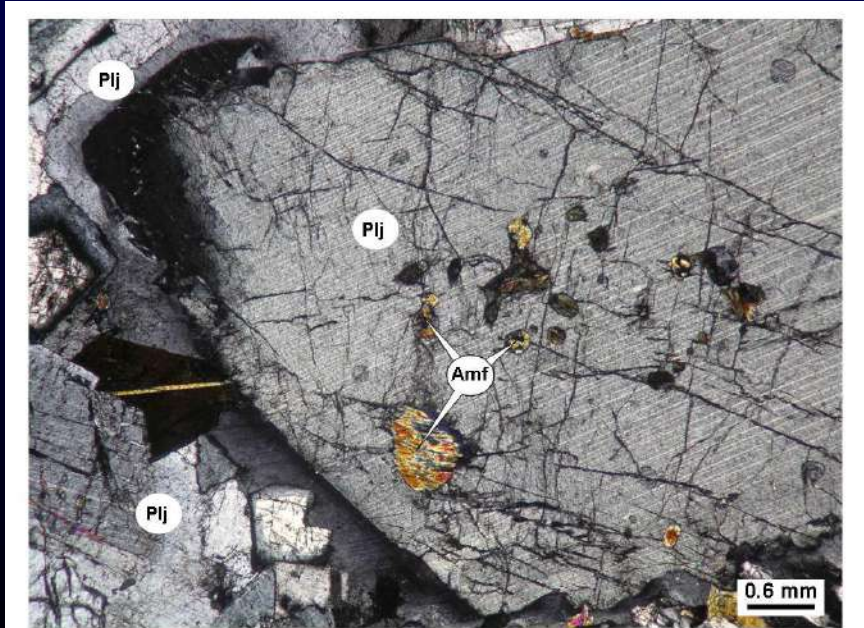
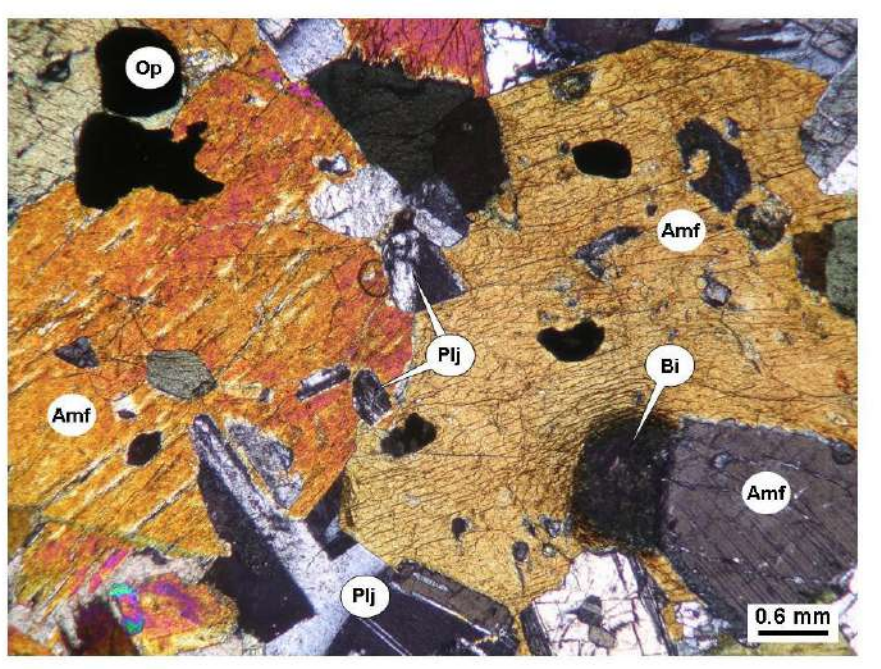


Plajiyoklas- zonlanma



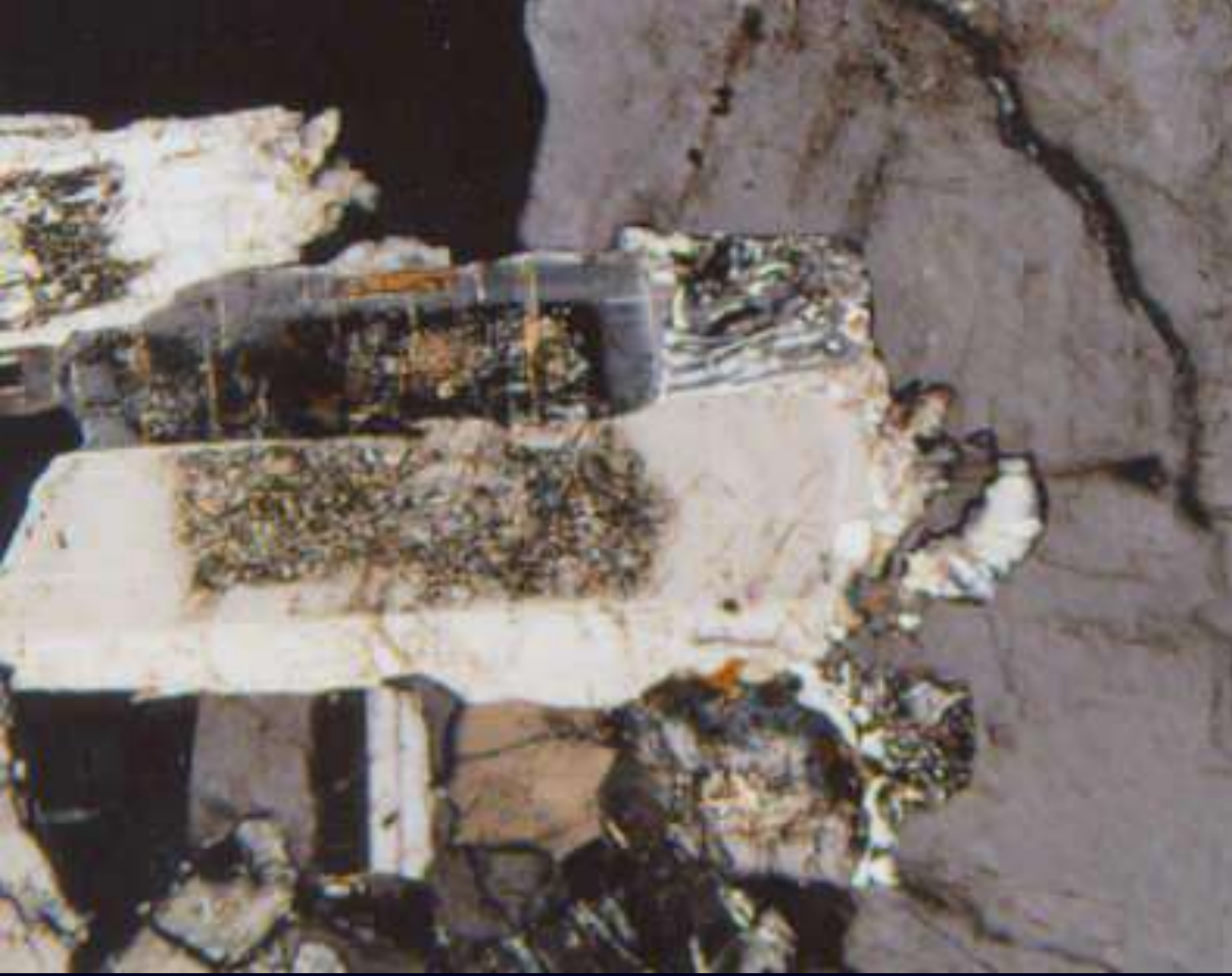
Kapanım (İnklüzyon)

- Kapanımlar, bir mineral içinde katı, sıvı ve gaz olarak bulunurlar. Son kristalleşen mineraller, kendinden önce oluşan kristalleri kapanım halinde içine alırlar. Kuvars genellikle son kristalleşen mineral olduğu için çok kapanım içerir. Apatit ilk kristalleşen mineral olduğundan kuvars içinde kapanım halinde sıkça bulunur. Kuvars içinde rutil iğneleri kapanım halinde bulunur. Biyotit içerisinde zirkon kapanımları sıkça gözlenir. Kapanım halindeki mineral radyoaktif element içeriyorsa kapanımın çevresinde “pleokroik haleler” görülür.

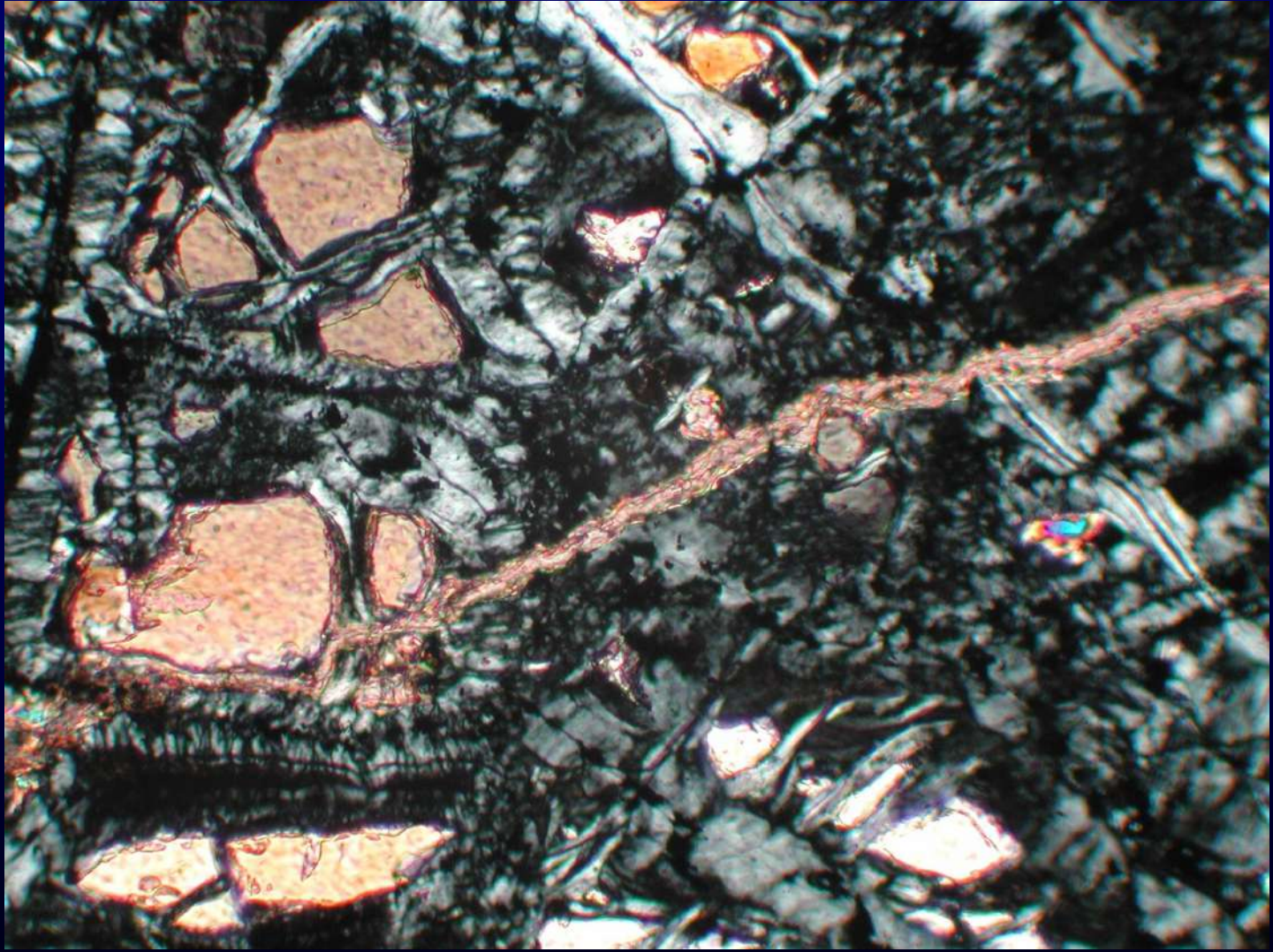


Alterasyon (Bozunma)

- Mineraller, oluşumlarından sonra değişik etkenler altında (hidrotermal, pnömatolitik veya yüzey koşullarında) alterasyona (bozunma) uğrayabilirler. Bazı mineraller alterasyona karşı çok duyarlı, bazıları ise son derece dayanaklıdır.
- Kuvars minerali bozunmaz ve bu özelliği ile feldispat ve kordiyeritten ayırt edilir. Bazı alterasyon ürünü (ikincil) mineraller başlangıç (birincil) minerali tanımakta yardımcı olurlar. Örneğin, feldispatların kaolinleşmesi, serisitleşmesi ve sosuritleşmesi, biyotitlerin kloritleşmesi, kordiyeritin serisitleşmesi, piroksenlerin uralitleşmesi, olivinin serpantinleşmesi, ortopiroksenlerin bastitleşmesi vb. alterasyonlar tanıtıcı özelliklerdir.



Serizitleşmiş/kaolinleşmiş plajiyoklas



Serpantinleşmiş olivin

SÖNME VE SÖNME AÇISI TAYİNİ

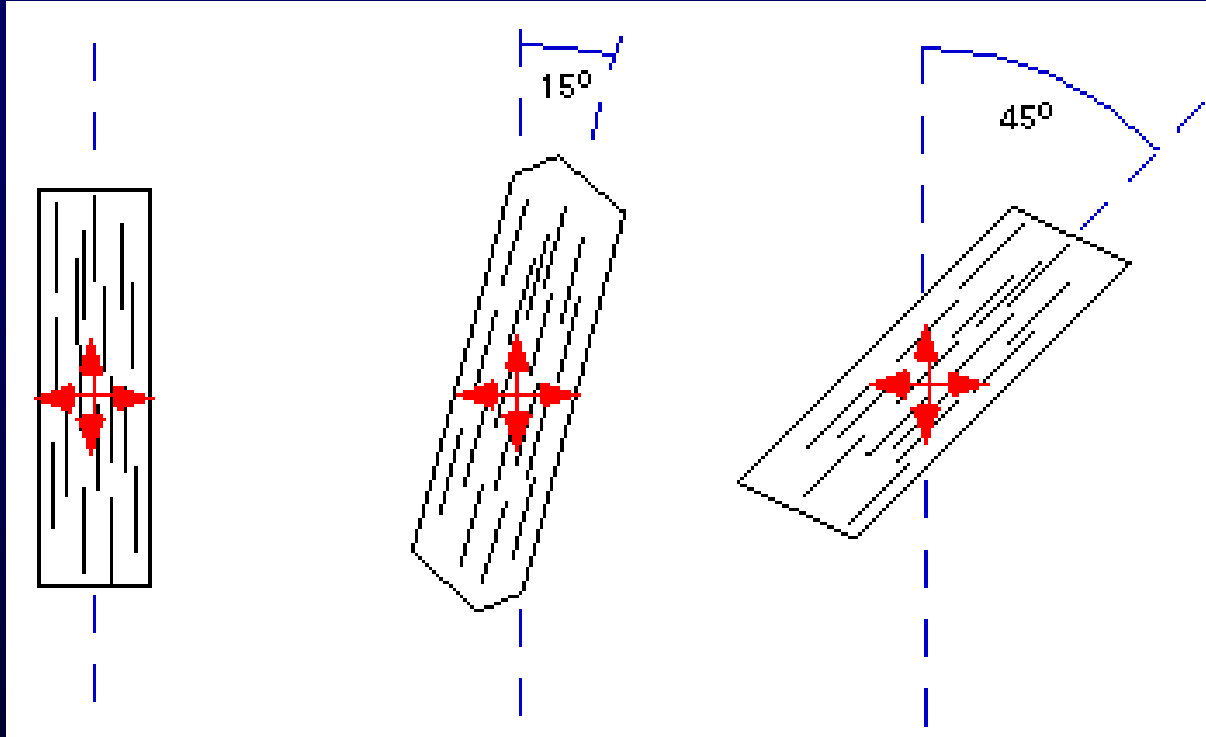
- Mineraller ince kesitte bariz kristalografik unsurlar (morfolojik referans yönü) gösterdiklerinde sönme durumlarını yani Z' ve X' indislerinin konumlarını bu unsurlardan birine göre belirlemek kolaydır. Bu morfolojik referans yönleri şunlardır;
 - düzgün kristal kenarı
 - dilinim izi
 - ikizlenme
- Sönme açısı tayini, mineral kesitindeki belli kristalografik verilerle temel indis yönleri arasındaki açıyı ölçmek demektir. Sönme açısı genel olarak minelin **uzanıma** veya **dilinime** göre ölçülür.
- Simetri kanunlarına göre kristallerin belirli uzanım yönleri temel indis yönlerinden birine paraleldir. Yine simetriden dolayı, levhamsı kristallerdeki kısalma yönü bir simetri eksenine dik ve temel indislerden ikisini içeren simetri düzlemine paraleldir. Bir mineral prizmatik iki dilinim gösteriyorsa (amfibol, piroksenlerde) bu iki dilinim bir simetri düzlemine göre simetriktir. Ayrıca iki eşdeğerli dilinim düzleminin arakesiti temel indislerden biriyle çakışır (triklinik sistemdeki mineraller hariç).

Sönme türleri

1- paralel (düz) sönme: sönme durumunun morfolojik bir referans yönüne paralel olması

2- simetrik sönme: sönme durumu, aynı özellikteki iki morfolojik referans yönü arasındaki açının açılırtayını oluşturması halinde ortaya çıkar

3- eğik sönme: sönme durumuyla morfolojik bir referans yönü arasında açı olması



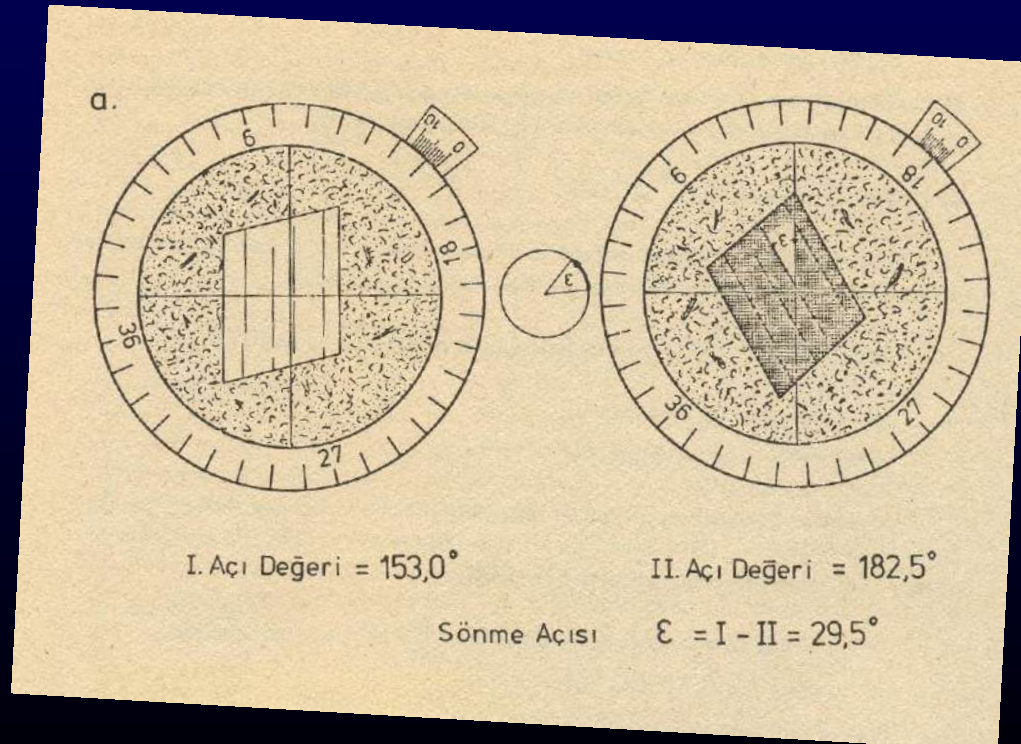
Paralel Sönme

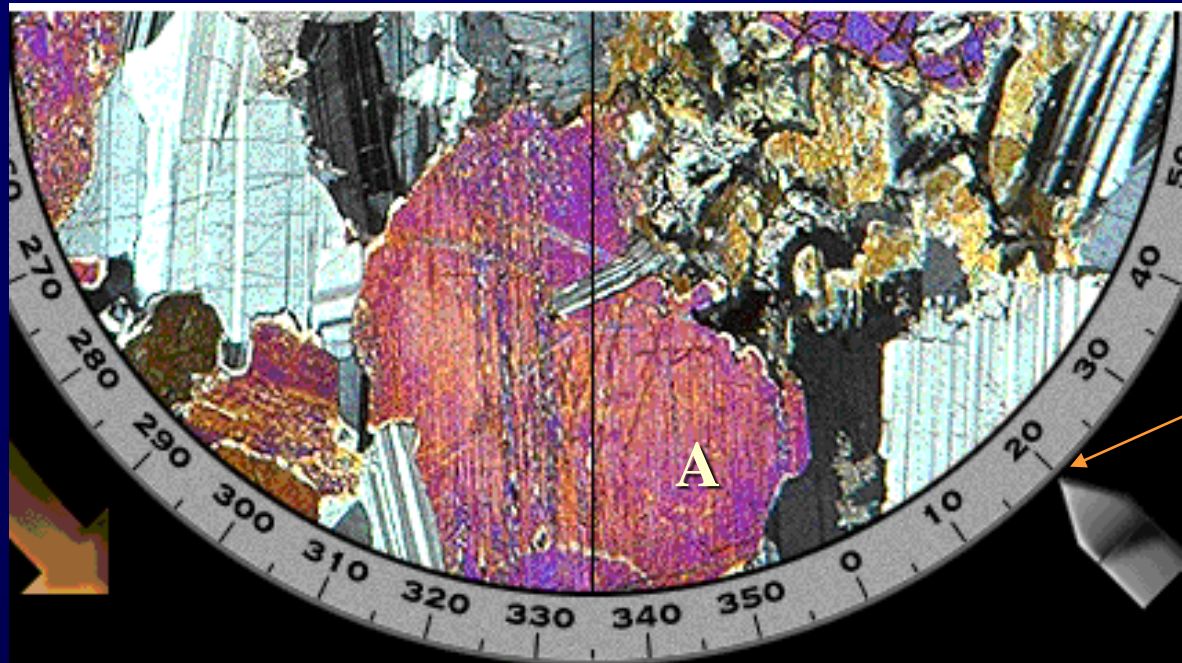
Eğik sönme ve farklı
sönme açıları

Simetrik sönme

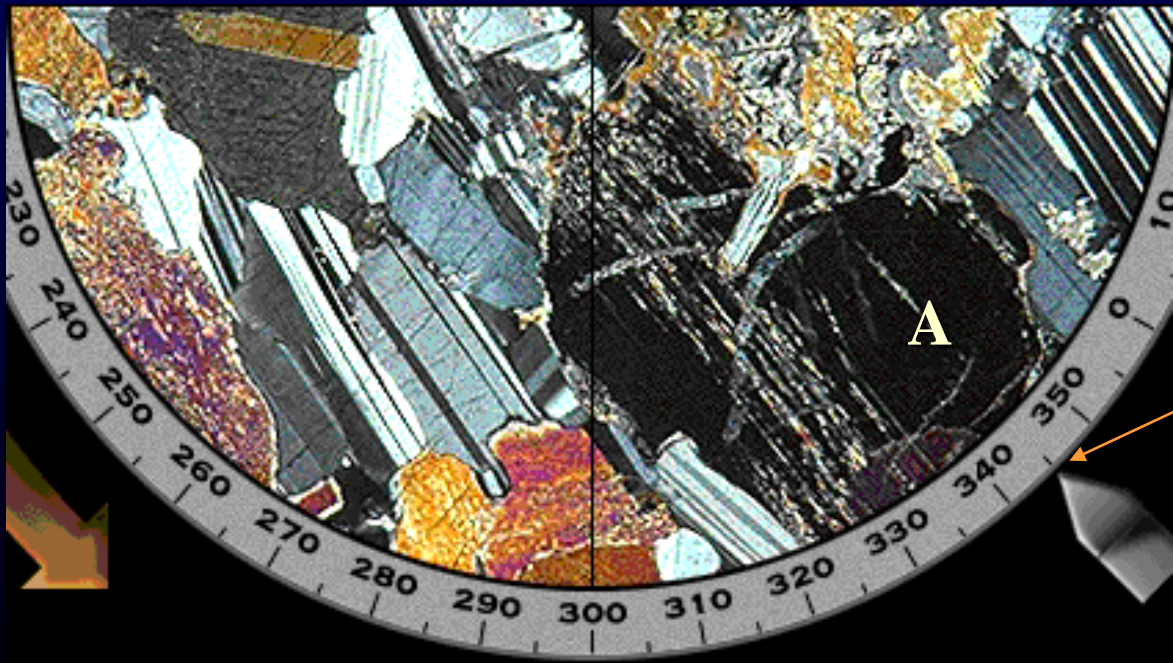
Sönme açısının ölçülmesi;

- morfolojik referans yönü mikroskop tablası çevrilerek, okulerdeki düşey çizgiye paralel getirilir ve tabladan birinci açı değeri okunur,
- daha sonra mikroskop tablası mineral tam sönme (karanlık) durumuna geçinceye kadar çevrilir ve tabladan ikinci açı değeri okunur,
- birinci açı ile ikinci açı arasındaki fark sönme açısını verir.





1. AÇI: 20

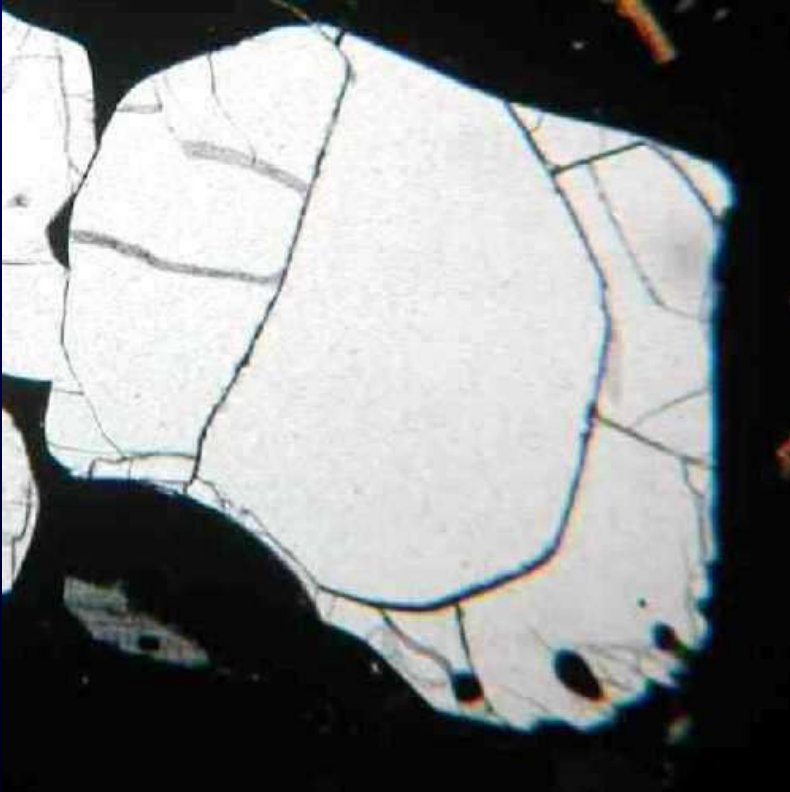


2. AÇI: 345

SÖNME AÇISI:
 $20+(360-345)=35$

Sönme açısı ölçümü için







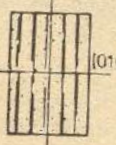

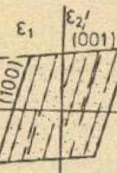
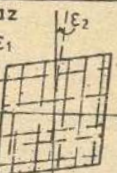
Uygun değil (morfolojik referans yönü yok)



Uygun (uzanımı belli, yarı/özşekilli)



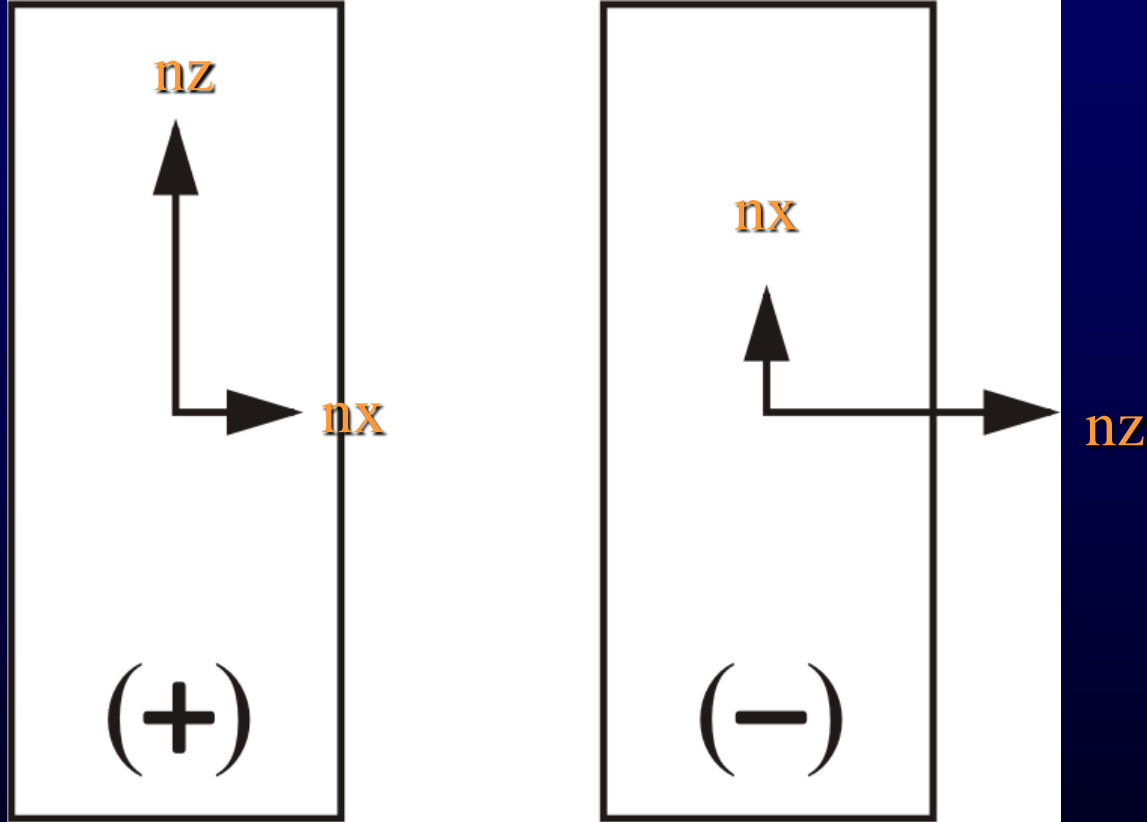
SÖNME ve KRİSTAL SİMETRİSİ ARASINDAKİ İLİŞKİ

S Ö N M E			
	paralel $\epsilon = 0$	simetrik $\epsilon_1 = \epsilon_2$	eğik $\epsilon_1 \neq \epsilon_2$
hegzagonal trigonal tetragonal	 apatit	 zirkon	 kalsit
	c, DB veya KG, a_1, a_2, a_3 KG düzleminde		c \perp DB, KG
ortorombik	ortopiroksen  [010]	 ϵ_1, ϵ_2 (110) (110)	 ϵ_1, ϵ_2
	$\{100\}, \{010\}, \{001\}$ veya $\{0k1\}, \{h01\}, \{hk0\}$ // kesitler		diğer kesitler
monoklinik	amfibol  [010]	 ϵ_1, ϵ_2 (110) (110)	 ϵ_1, ϵ_2 (001)
	b // veya \perp {010} kesitler		diğer kesitler
triklinik		plajiyoklaz  ϵ_1, ϵ_2	
			tüm kesitler

UZANIM İŞARETİ

- Uzanım işaretinin esası mineralin uzun eksenı yönünde hangi ışık kırma indisinin (büyük- n_z veya küçük- n_x) yer aldığıdır.

$$n_z > n_x$$



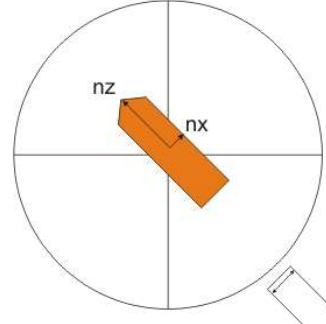
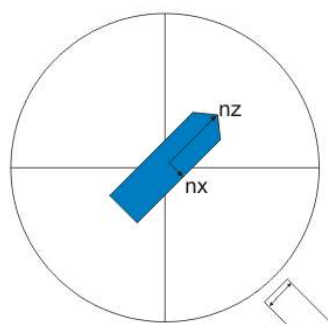
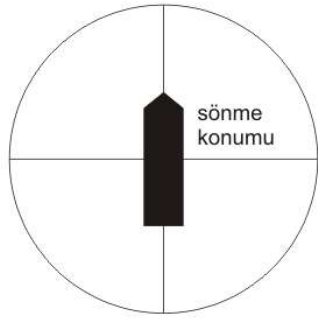
Mineralin uzun eksenı yönünde büyük kırma indisi (n_z) mevcut ise uzanım işareti (+)

- uzanım işareti düz veya düşük açılı eğik sönen minerallerde ölçülür.
- uzanım işaretinin ölçülebilmesi için mineralin çift kırmasının bilinmesi gereklidir. İki farklı durum için değerlendirilir;

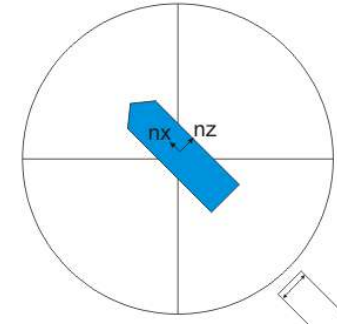
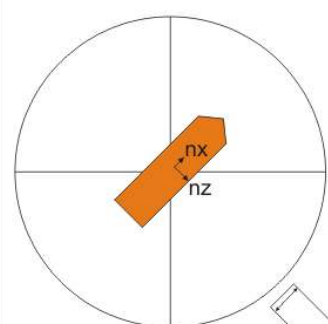
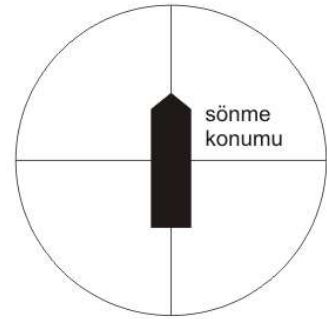
1-) 1.dizi gri-beyaz çift kırma renkleri: Jips (λ) lameli uygundur

2-) daha yüksek çift kırma renkleri: Mika ($\lambda/4$) lameli uygundur

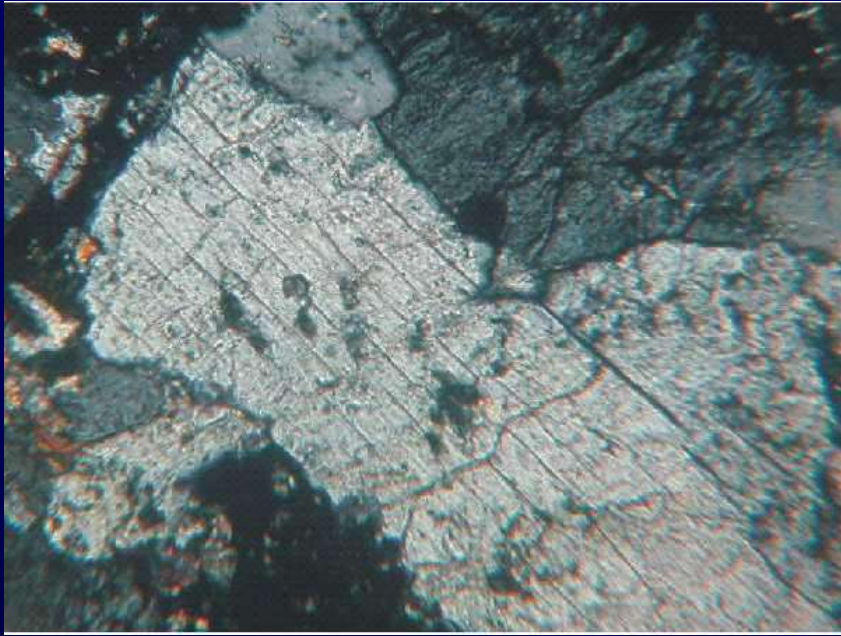
1.dizi gri-beyaz çift kırma renkleri gösteren minerallerde uzanım işareti:



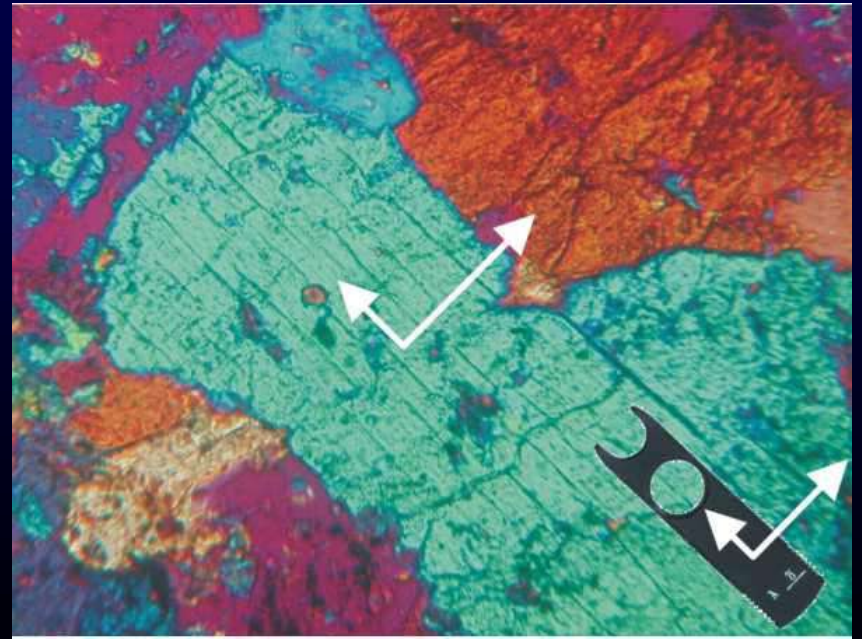
UZANIM (+)

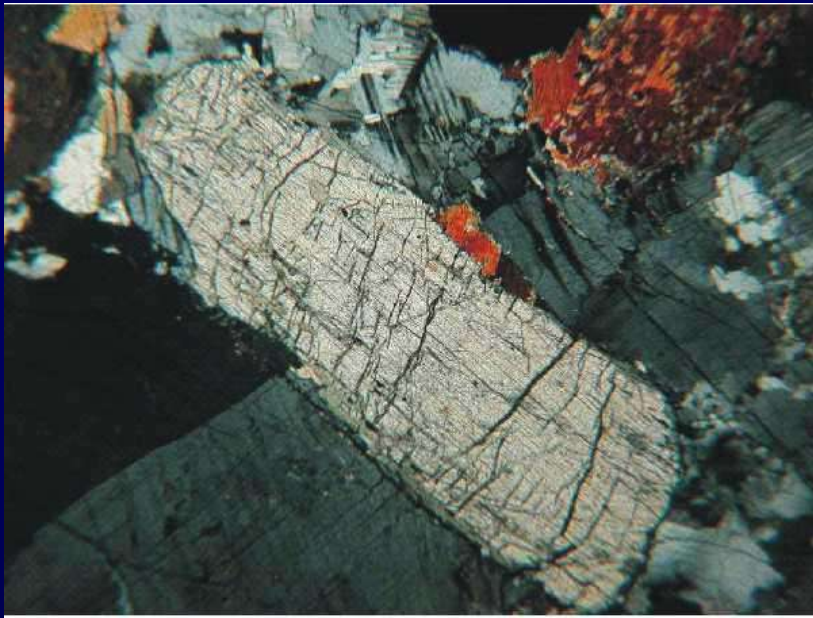


UZANIM (-)

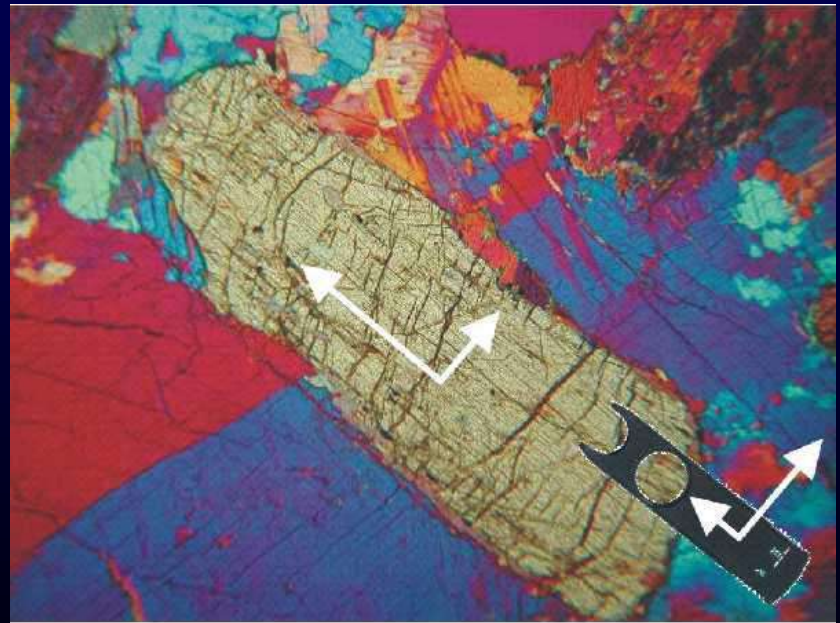


(-)

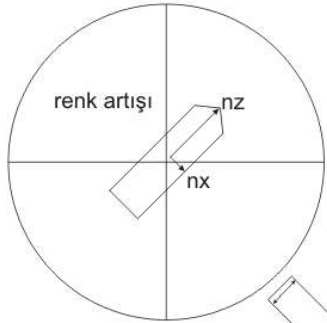
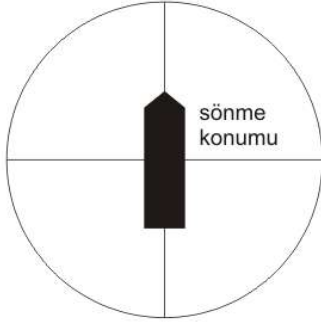




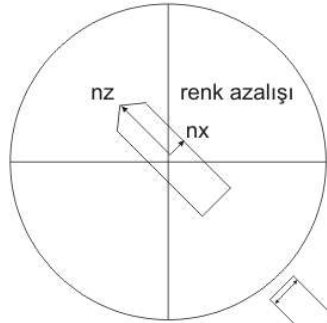
(+)



Daha yüksek çift kırma renkleri

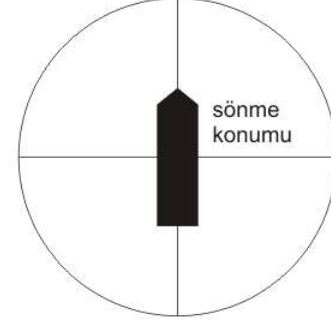


yardımcı
lamel

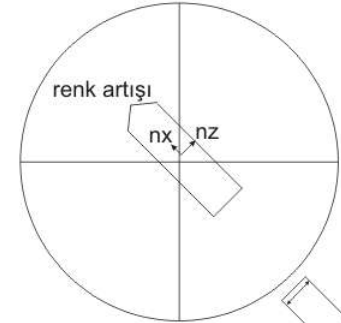


yardımcı
lamel

UZANIM (+)



yardımcı
lamel



yardımcı
lamel

UZANIM (-)

KONOSKOPIK İNCELEMELER

- Polarizan mikroskopta **POLARİZÖR** ve **ANALİZÖR** devrede (ve birbirine dik konumda) ve **BERTRAND MERCEĞİ** devrede iken yapılan incelemelerdir. Ayrıca, kuvvetli kesişen çapraz ışık elde etmek üzere hareketli kondansör devreye sokulur, mümkün olan en büyük büyütme objektif seçilir. Konoskopik incelemelerde;
 - *Mineral kesitinin konoskopik görüntüsü (optik girişim şekli)*
 - *Mineralin optik işareti (pozitif veya negatif)**tayin edilir.*
- Genel olarak mineral kesitlerine ait bütün kesitler konoskopik olarak incelenebilir. Ancak sağlıklı ve doğru bir inceleme için;
 - Tek Optik Eksenli minerallerde optik eksene dik,*
 - Çift Optik Eksenli minerallerde optik eksenler arasındaki dar açı*
 - ortaya dik kesitler**seçilmelidir.*

Tek Optik Eksenli Minerallerin Konoskopik Özellikleri

- TOE'li kristallerin çapraz ışıpta meydana getirdikleri girişim şekli iki öğeden oluşur:

1) İzokromatik Eğriler:

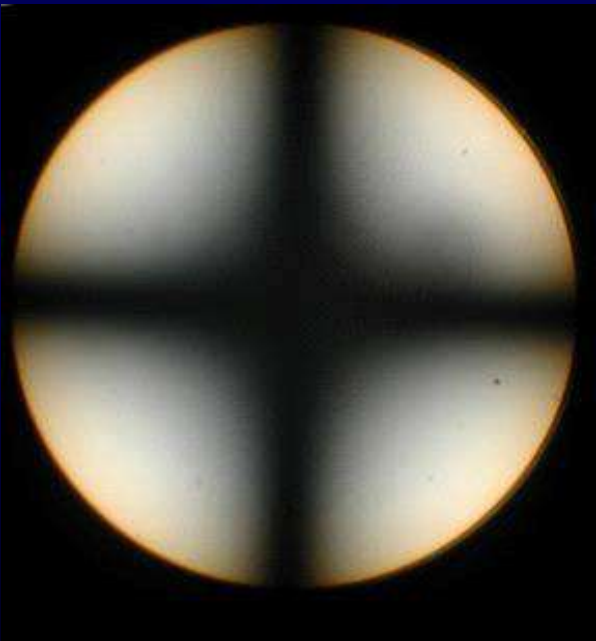
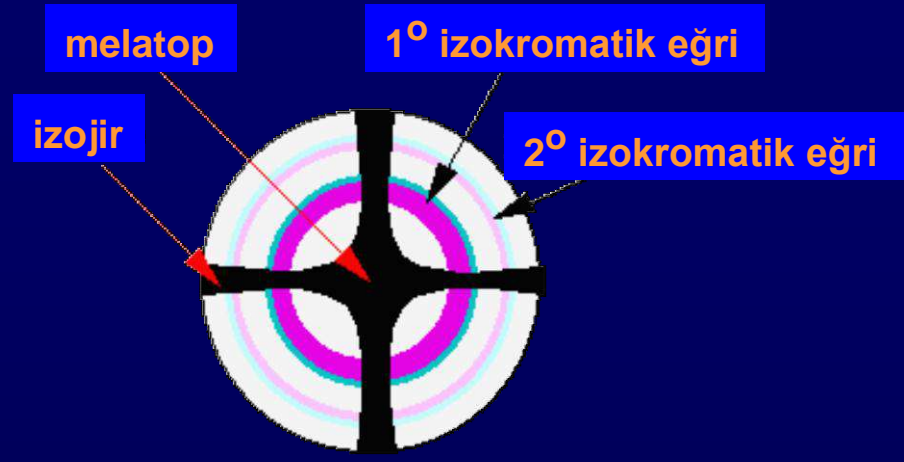
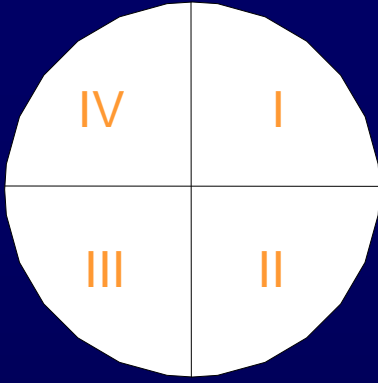
Renkli eş rötar (gecikme) eğrileri olup, mikroskop tablasının çevrilmesiyle renk ve şekillerini değiştirmezler. Çift kırıcılığı yüksek olan minerallerde (biyotit, kalsit vb.) görülür.

2) İzojirler:

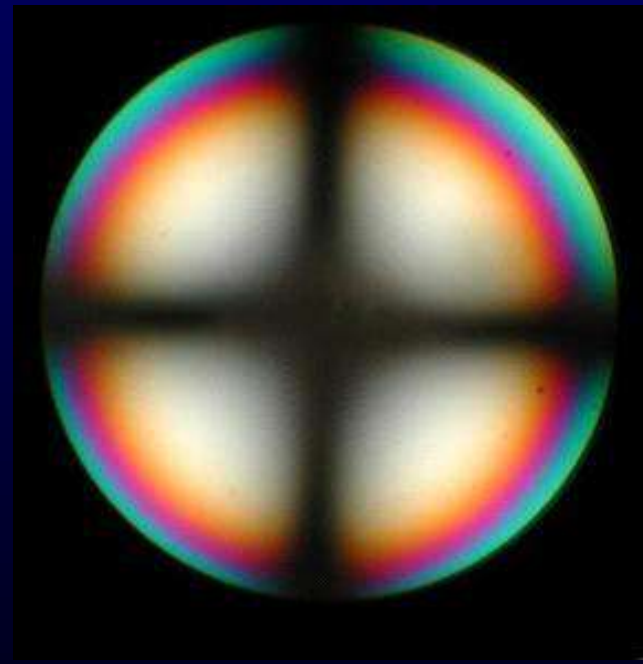
İki siyah kalın çizgi olup, optik eksene dik kesitler dışında diğer kesitlerde tablanın döndürülmesi ile yer ve şekil değiştirirler. Optik eksene dik kesitlerde ise iki izojir çizgisi siyah bir haç oluşturur ve tablanın çevrilmesi ile bu haç sabit kalır. İzojirlerin kesiştiği noktaya “melatop” denir.

- İzojir ve izokromatik eğriler mineralin optik eksene göre kesilme durumuna bağlı olarak, *optik eksene dik*, *optik eksene paralel* ve *optik eksene eğik* olarak üç şekilde incelenebilir.

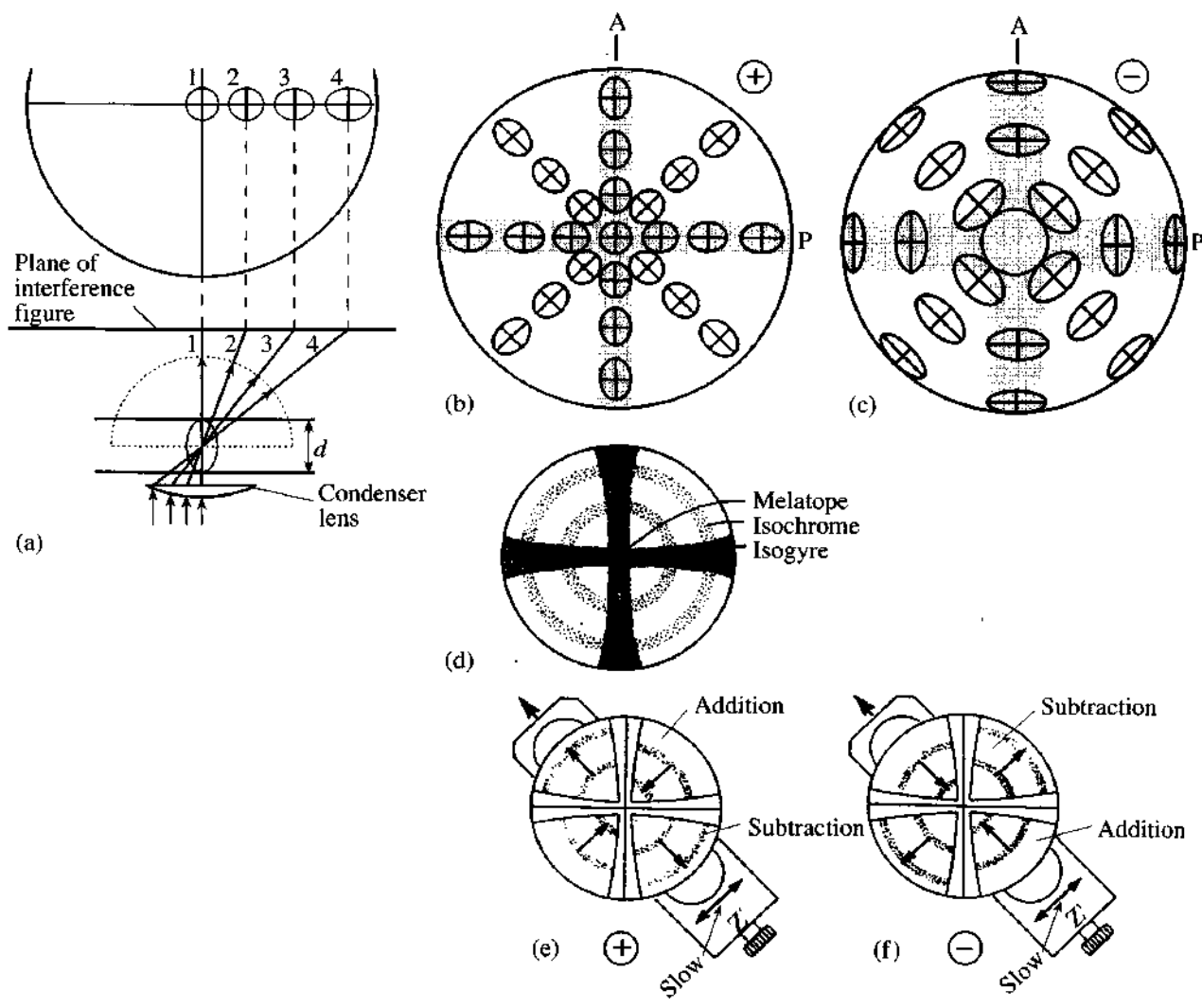
Kadran noları



TOE'li düşük çift kırıcılığa sahip kuvars kristalinde konoskopik görüntü



TOE'li yüksek çift kırıcılığa sahip kalsit kristalinde konoskopik görüntü

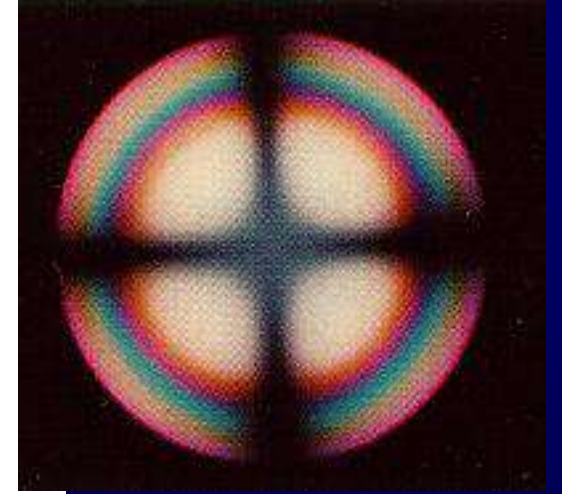
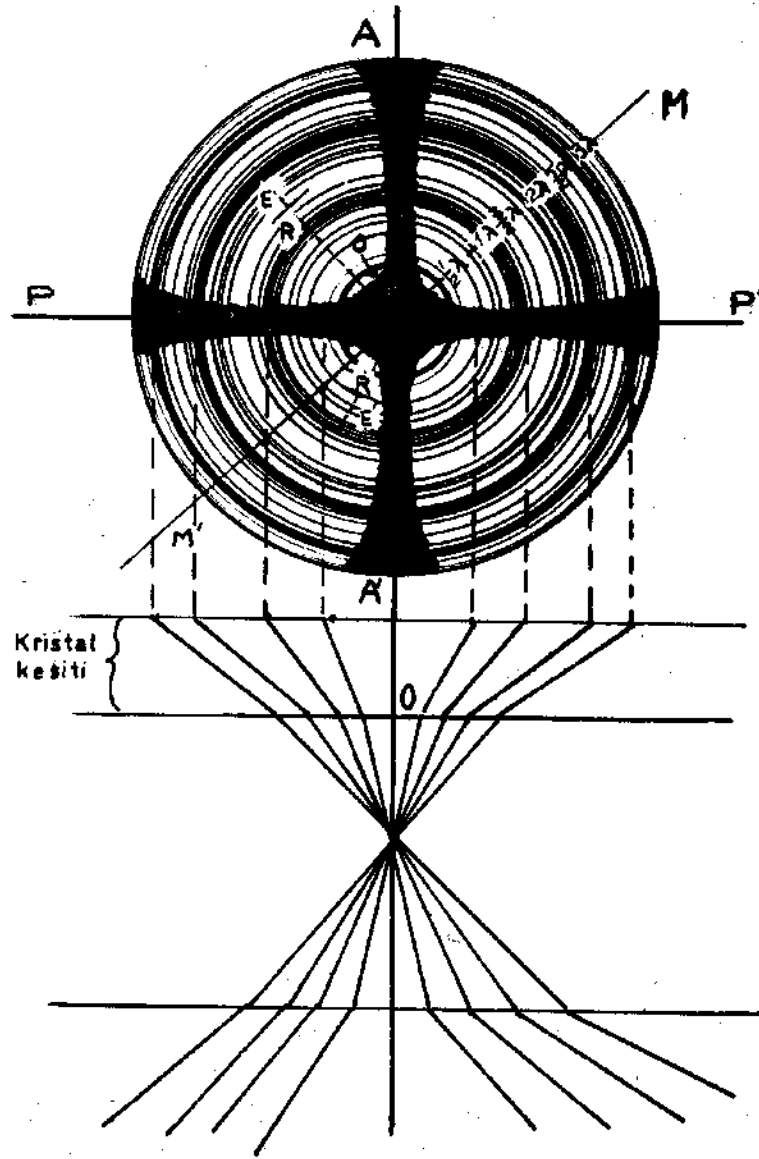
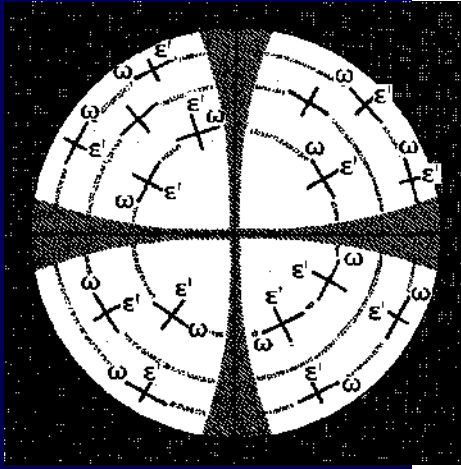


TOE'li kristallerin konoskopik girişim şekilleri: (a) Kondansör merceği çapraz ışıktaki indikatrisin farklı yönlerde görülmesini sağlar (üstte). Dört farklı açı için indikatrisin elips arakesitleri gösterilmiştir. (b, c) Mikroskop tablası düzleminde, optik pozitif kristal (b) ve negatif kristal (c) için indikatrisin elips arakesitlerinin geometrisi iz düşürülmüştür. (d) Optik eksene dik bir kesitin girişim şeklinde melatop, izojir ve izokromatik eğriler. (e, f) 550 nm hassas renk lameli (λ) devreye sokulduğunda, izojirler kırmızıya döner ve izokromatik eğriler hareket eder. (e) Optik pozitif kristalde, KB-GD yönünde olan izokromatik eğriler yüksek dizi renklerine, KD-GB yönünde olanlar ise düşük dizi renklerine hareket eder. (f) Optik negatif kristallerde bunun tersi oluşur. Girişim renklerinin eklenmesi (addition) ve çıkması (subtraction) gösterilmiştir.

1) TOE Minerallerde Optik Eksene Dik Kesitlerin Konoskopik Özellikleri

TOE minerallerde optik eksene dik kesitler ÇN altında karanlık olmalarıyla tanınırlar. Bu tür kesitlerin konoskopik görüntüsünde; izojirler merkezleşmiş bir siyah haç oluşturur. İzojirlerin kesişme noktası optik eksenin görüntü düzlemini deldiği noktadır. Optik eksene paralel olarak gelen ışık çift kırılmaya uğramadan ilerler ve analizör tarafından durdurulur. Böylece izojirlerin merkezi siyah kalır. Çapraz ışık demetindeki ışınlar merkezden uzaklaştıkça optik eksene göre daha eğik olmakta ve aldığı yol artmaktadır. Bu durumda eğik ışınların her birinin çift kırıcı cisimde oluşturduğu polarize iki bileşen arasındaki gecikme farkı da merkezden uzaklaştıkça artmakta ve renklenme (izokromatik eğriler) meydana gelmektedir. Girişim şekli üzerinde meydana gelen bu renkli halkalarda Newton renk çizelgesinin tamamını veya bir kısmını görebiliriz. İzojirlerin merkezinden (veya optik eksen izdüşümünden) itibaren birinci renkli halkaya (veya herhangi bir halkaya) olan uzaklık şu faktörlere bağlıdır:

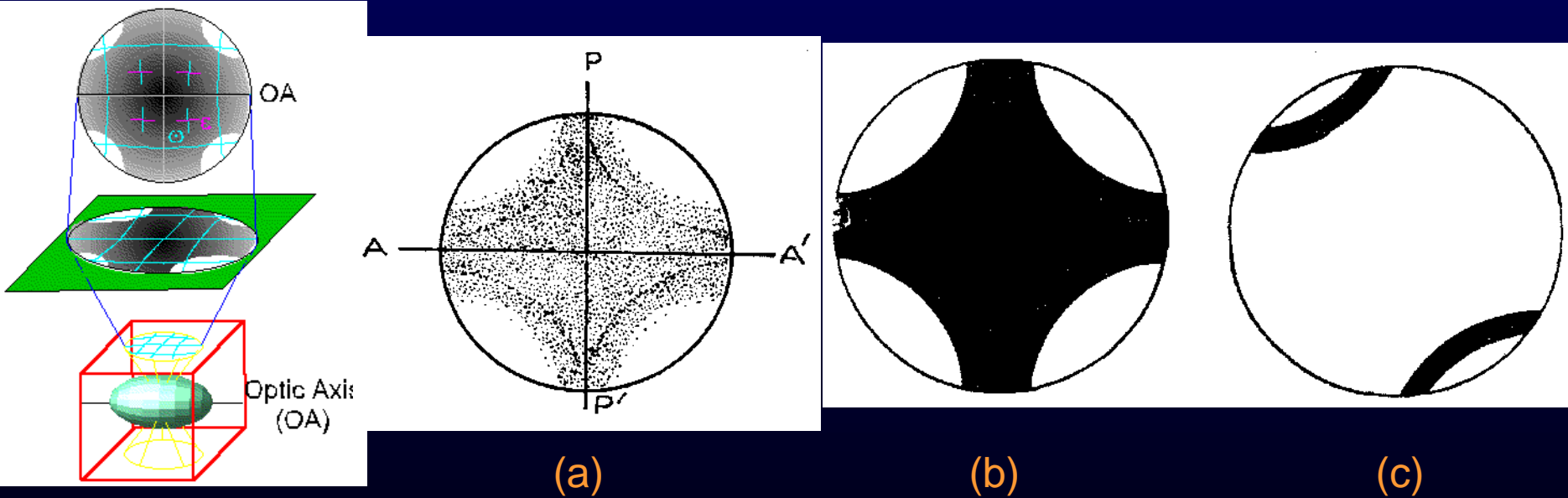
- a) Mineralin çift kırıcılığı
- b) İnce kesit kalınlığı
- c) Objektifin açısal açıklığının büyüklüğü
- d) Kondansör açısal açıklığının büyüklüğü



Tek Optik Eksenli Minerallerde optik eksene dik kesitlerde izojir ve izokromatik eğrilerin oluşumu

2) TOE Minerallerde Optik Eksene Paralel Kesitlerin Konoskopik Özellikleri

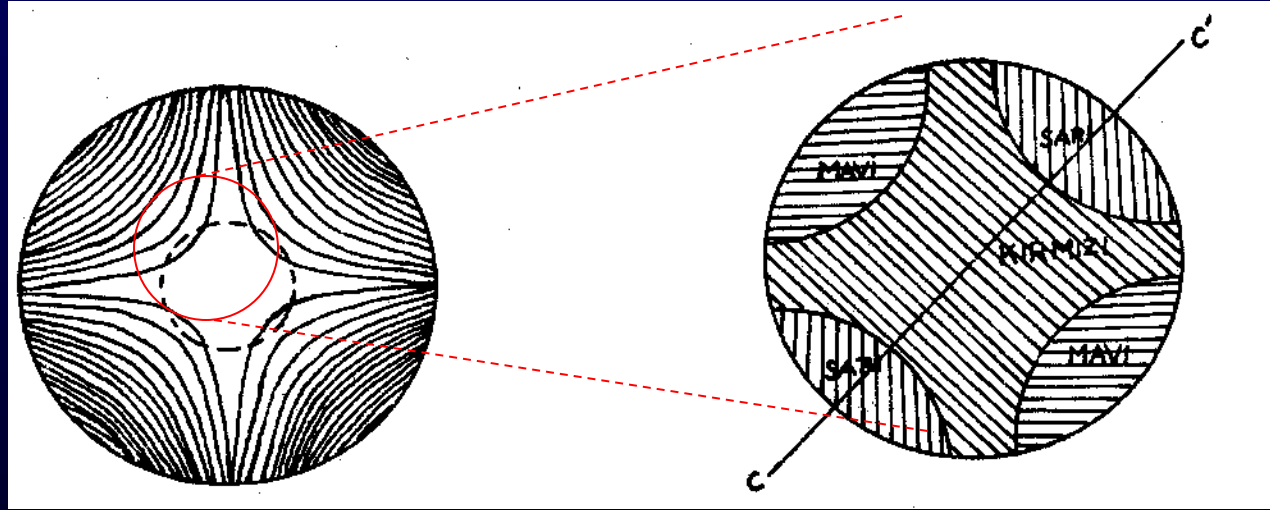
Bu tür kesitlerde, izojirler sadece kristal sönme durumunda ise veya sönme durumuna yaklaşırken görüntü alanında gözlenir. İzojirler görüntü alanının büyük bir kısmını kaplayan geniş bir haç oluşturur ve tablanın çevrilmesi ile iki kola (hiperbole) ayrılarak görüntü alanını zıt kadrantlarda terk ederler.



Optik eksene paralel kesilmiş bir kuvars kristalinde izojirlerin görünümü. (a, b) mineral tam sönme konumunda. (c) mineral tam sönme konumundan $2-3^\circ$ kadar çevrilmiş durumda

2) TOE Minerallerde Optik Eksene Paralel Kesitlerin Konoskopik Özellikleri

İzokromatik eğriler halkalar şeklinde olmayıp hiperbole yaklaşırlar ve dört kadranda gözlenirler. Bu durum ince kesit kalın veya çift kırıcılığı yüksek olan minerallerde gözlenir (şekil a). Eğer ince kesit ince veya çift kırıcılığı düşük mineral ise girişim şeklindeki dört kadranda ve merkezde farklı renkler olacaktır (şekil b).

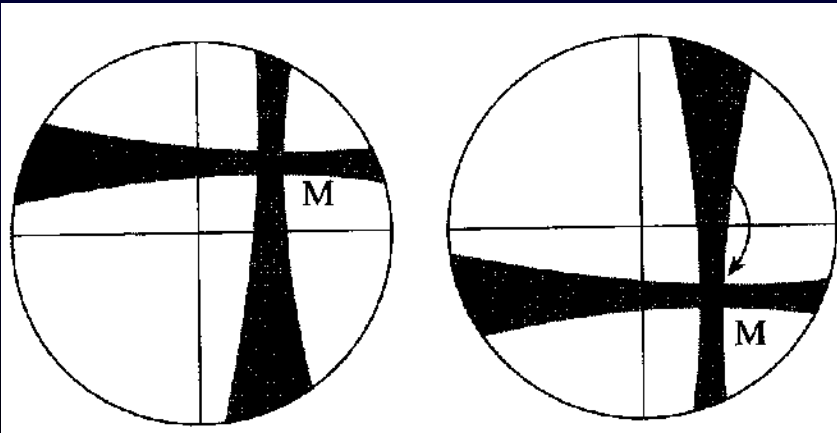


a) Optik eksene paralel kesilen kalsit kristalinin monokromatik ışıkta gösterdiği girişim şekli

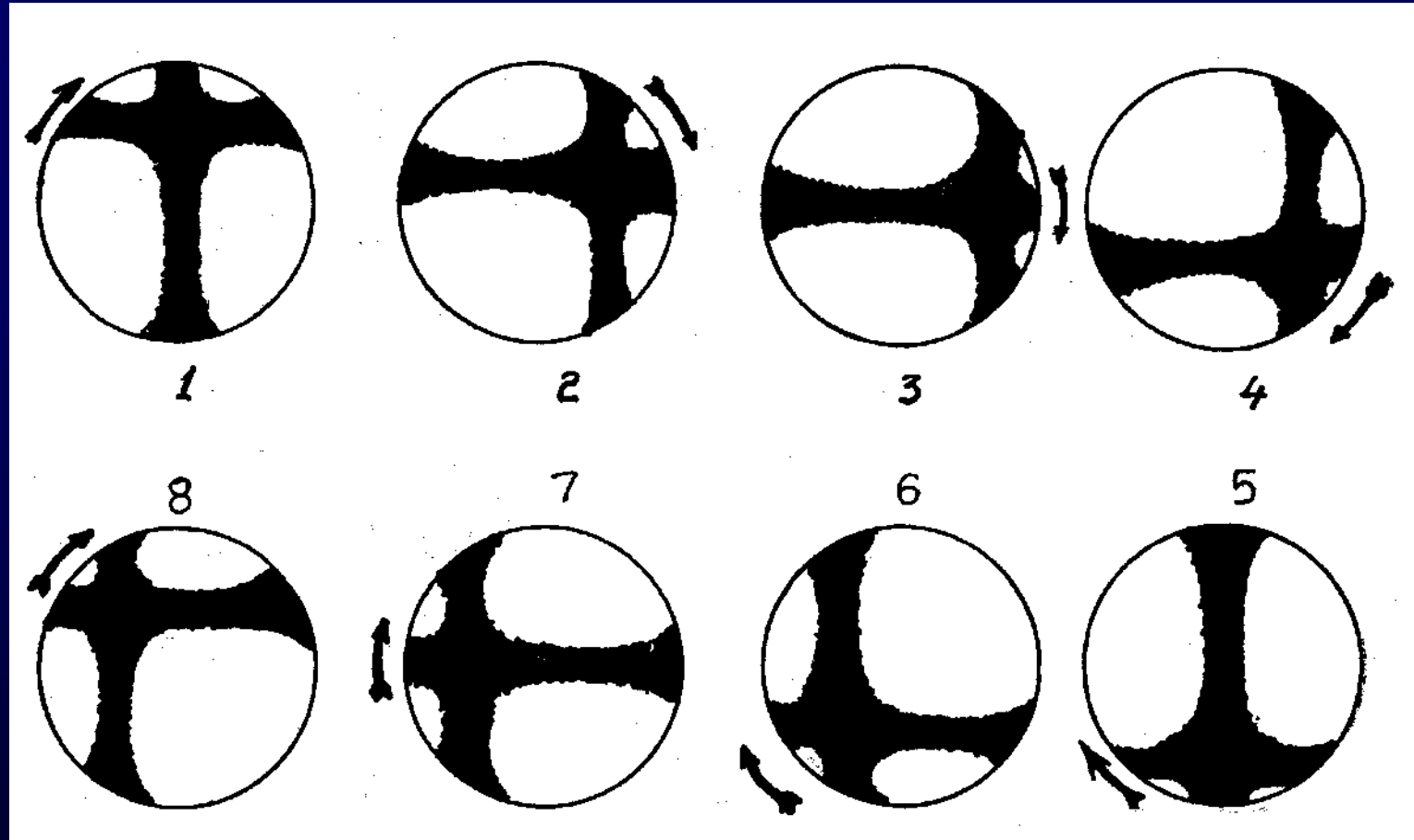
b) Optik eksene paralel kesilen kuvars kristalinin beyaz ışıkta gösterdiği girişim şekli. cc' = optik eksen izi

3) TOE Minerallerde Optik Eksene Eğik Kesitlerin Konoskopik Özellikleri

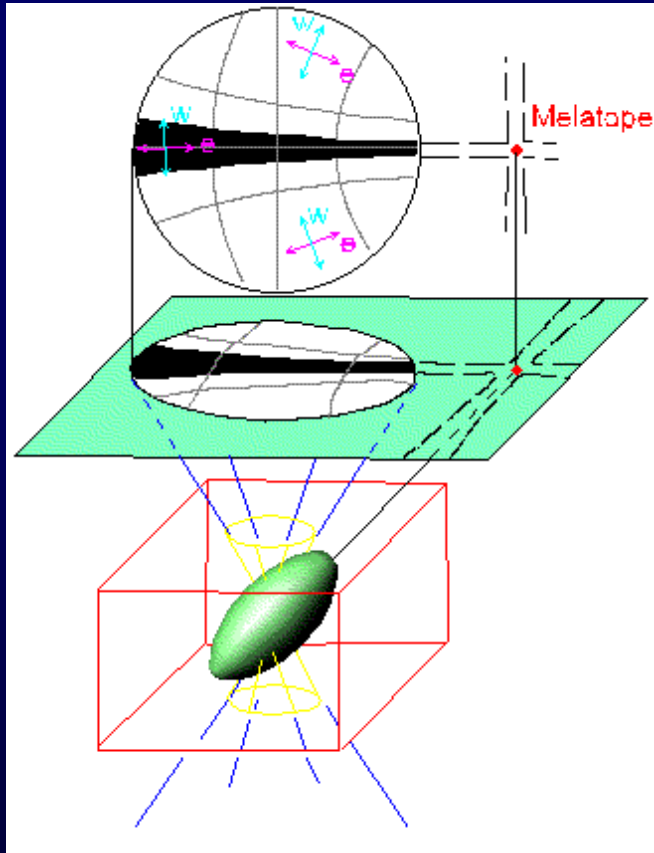
- İzojirlerin kesişme noktası görüntü alanının merkezinde gözlenmez. Mineral kesiti, optik eksene dik olmaya ne kadar yakın ise izojirlerin kesişme noktası da görüntü alanının merkezine o kadar yaklaşır. Mikroskop tablası çevrildiğinde, haçın merkezi, görüntü alanının merkezi etrafında bir daire çizer. Mineral kesiti optik eksene paralel duruma ne kadar yakın geçmişse haçın merkezi de o kadar görüntü merkezinden uzaklaşır ve hatta dışarı çıkar.
- İzojirler görüntü alanının merkezinden geçtiklerinde düz bir doğru halinde olup, retikül çizgilerine paraleldirler. Mikroskop tablası çevrildiğinde izojirler retikül çizgilerine paralel olarak yer değiştirirlerken izojirlerin alt kısmı üst kısmına göre biraz hızlı hareket eder ve böylece izojir biraz bükümlü bir şekil alır. İzojirin dışbükey tarafı daima, merkezden geçerken paralel olduğu retikül çizgisine doğrudur.



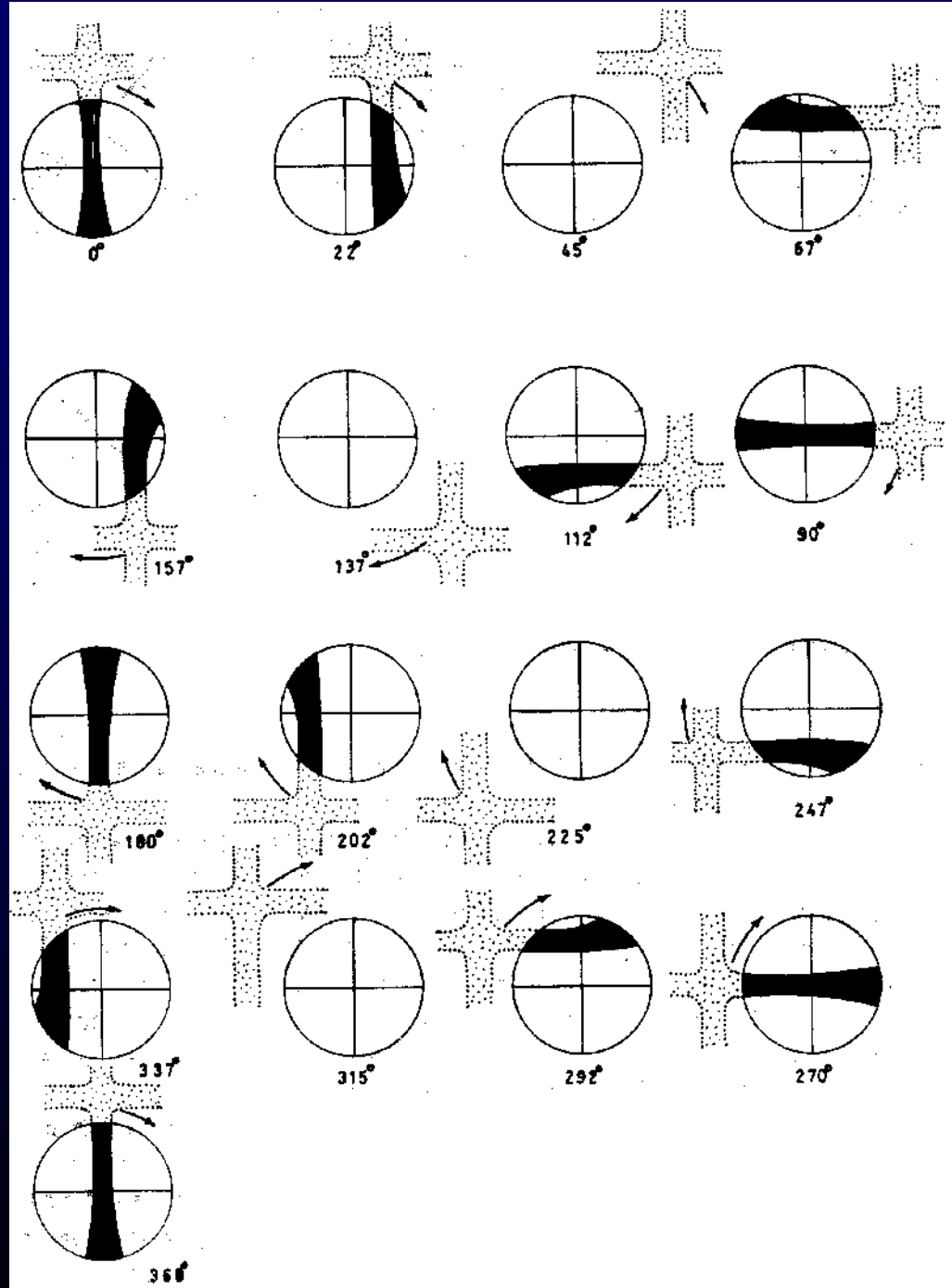
TOE'li minerallerde optik eksene tam dik olmayan kesitlerde girişim şekli.



TOE'li minerallerde optik eksene tam dik olmayan kesitlerde mikroskop tablasının 360° çevrilmesi ile izojirlerin yer değiştirmesi

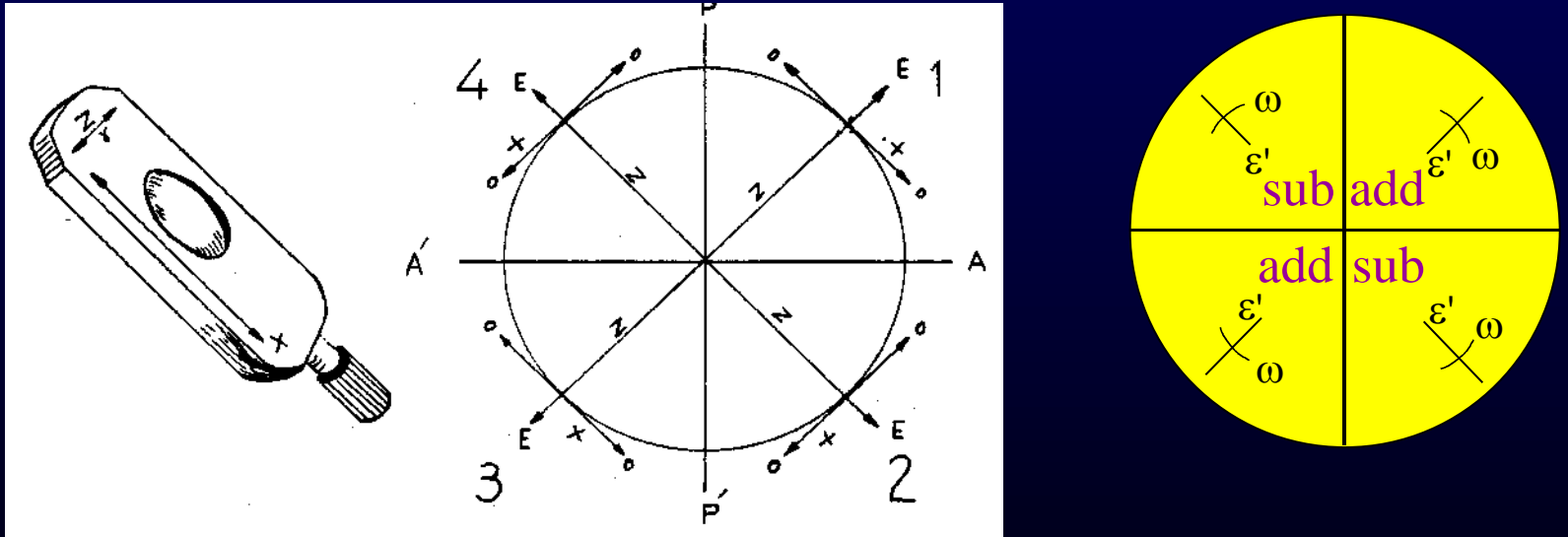


TOE'li minerallerde optik eksene eğik kesitlerde mikroskop tablasının 360 çevrilmesi ile izojirlerin yer değiştirmesi



TOE Minerallerde Optik Eksene Dik Kesitlerde Optik İşaret Tayini

TOE minerallerin bazalt kesitinin çapraz ışıkta verdiği girişim şeklinin herhangi bir noktasında daima ordiner (o) ve ekstraordiner (e) bileşenleri beraber bulunurlar. Ekstraordiner bileşen asal kesit düzleminde, ordiner bileşen ise buna dik bir düzlemde titreşim yapar. Bazalt kesitte optik eksenini içeren her düzlem asal kesit düzlemi olacağından girişim şeklinin bütün yarıçapları ekstraordiner bileşenin titreşim düzlemini temsil eder. Bu yarıçaplara dik olan teğetler ise ordiner bileşenin titreşim düzlemleridir.



TOE'li optik pozitif bir kristalin bazal kesitinde ordiner ve ekstraordiner bileşenlerin titreşimleri ve optik işaret tayinin esası

TOE Minerallerde Optik Eksene Dik Kesitlerde

Optik İşaret Tayini

- Mikrokoba yardımcı lamel sokulduğu zaman Z yönü 1 ve 3 nolu kadranlardaki ekstraordiner bileşenin titreşim düzlemine, X yönü de aynı kadranlardaki ordiner bileşenin titreşim düzlemlerine paralel olacaktır.

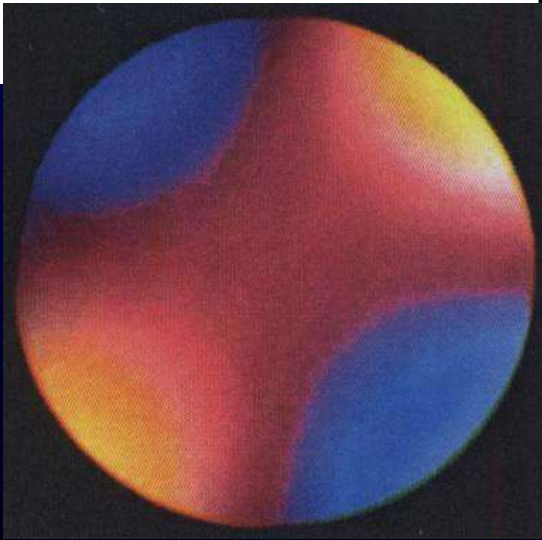
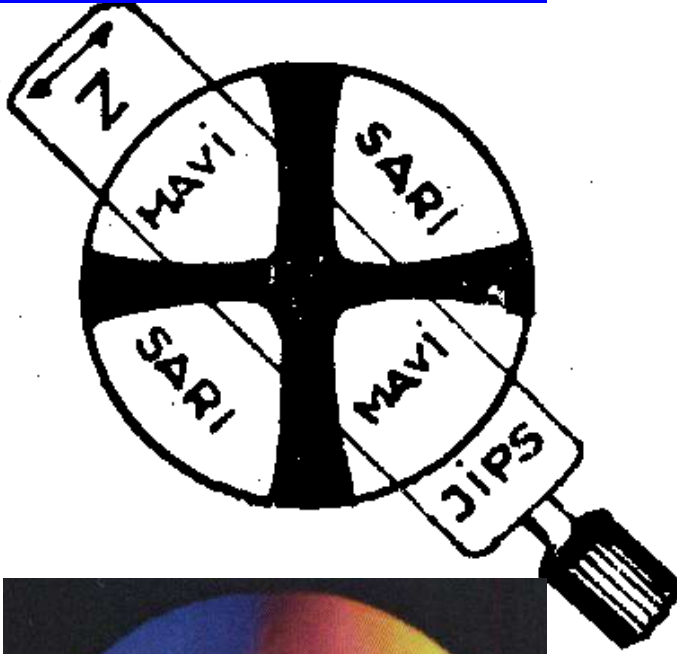
- Mineralin optik işareti pozitif olma durumunda; ordiner bileşenin indisi X, ekstraordiner bileşenin indisi de Z olduğundan 1 ve 3 nolu kadranlarda yardımcı lamelin Z indisi ile ekstraordiner bileşenin Z indisi, yardımcı lamelin X indisi ile ordiner bileşenin X indisi çakışmış olacaktır. Bu durumda 1 ve 3 nolu alanlarda gecikme artması (eklenmesi), 2 ve 4 nolu kadranlarda ise gecikme azalması (çıkması) olacaktır.

- **λ hassas renk yardımcı lameli kullanılırsa;** pozitif mineral için 1 ve 3 nolu kadranlarda mavi, 2 ve 4 nolu kadranlarda kırmızı (veya sarı) renk oluşacaktır. Negatif mineral için 1 ve 3 nolu kadranlarda kırmızı (veya sarı) , 2 ve 4 nolu kadranlar mavi renge dönüşecektir. Siyah izojirler ise hassas renk mora (yardımcı lamelin rengi) dönüşecektir.

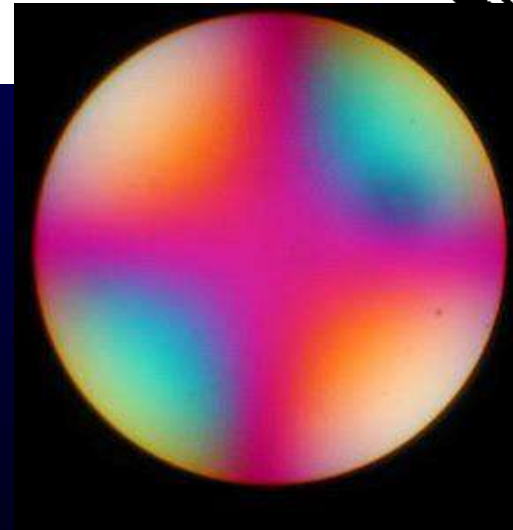
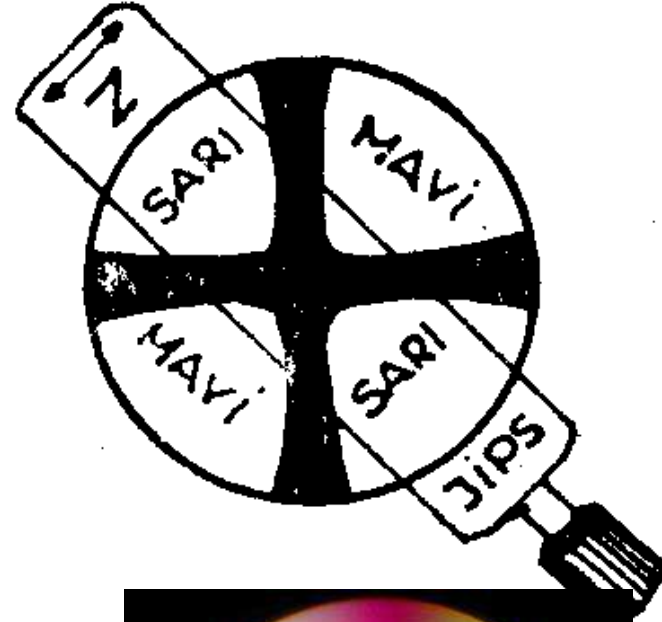
- **$\lambda/4$ yardımcı lameli kullanılırsa;** pozitif mineral için 2 ve 4 nolu kadranlarda böbreğimsi siyah leke oluşacaktır. Negatif mineral için 1 ve 3 nolu kadranlarda böbreğimsi siyah leke oluşacaktır. Siyah izojirler ise beyazımsı griye (yardımcı lamelin rengi) dönüşecektir. İzokromatik eğrilerin olduğu minerallerde $\lambda/4$ lameli kullanıldığında; siyah lekenin olduğu kadranlarda izokromatik halkalar dışa doğru yer değiştirir. Diğer kadranlarda ise izokromatik halkalar merkeze doğru yer değiştirir.

- **Kuvars kaması kullanıldığında;** izokromatik eğrilerin gözleendiği girişim şekillerinde kullanıldığında, zıt iki kadrandaki izokromatik halkalar merkeze yaklaşırken diğer zıt iki kadrandaki halkalar merkezden dışa doğru uzaklaşır. Uzaklaşma görülen kadranlar kuvars kamasının Z istikametine dik ise mineral optik (+), paralel ise mineral optik (-) dir.

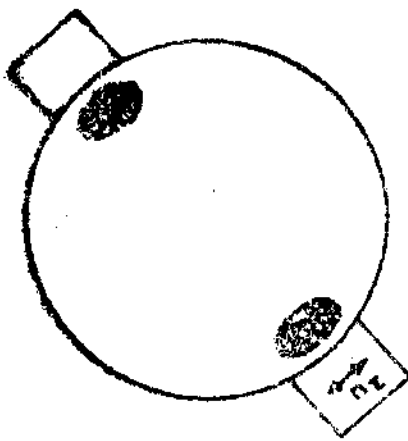
Optik negatif (-) durumu



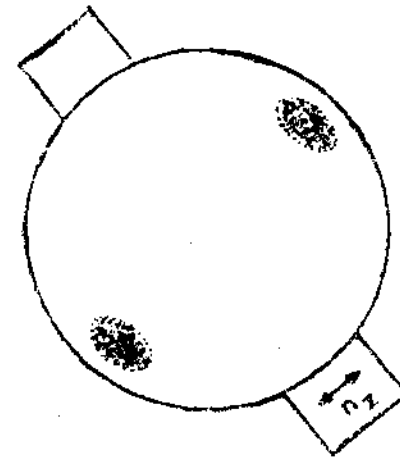
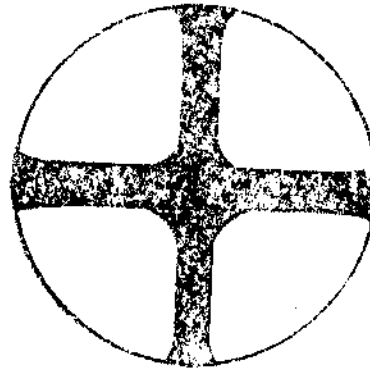
Optik pozitif (+) durumu



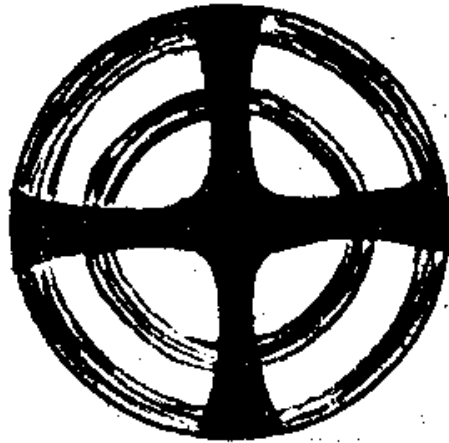
TOE'li minerallerde optik eksene dik kesitte (bazal kesit) λ hassas renk lamelinin etkisi



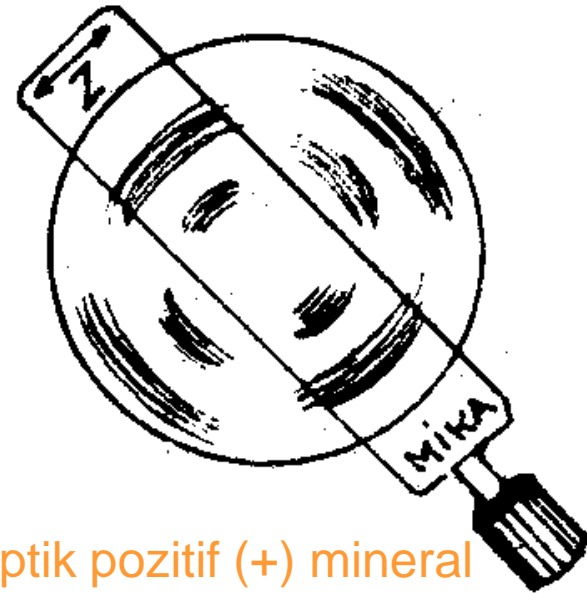
Optik pozitif (+) mineral



Optik negatif (-) mineral

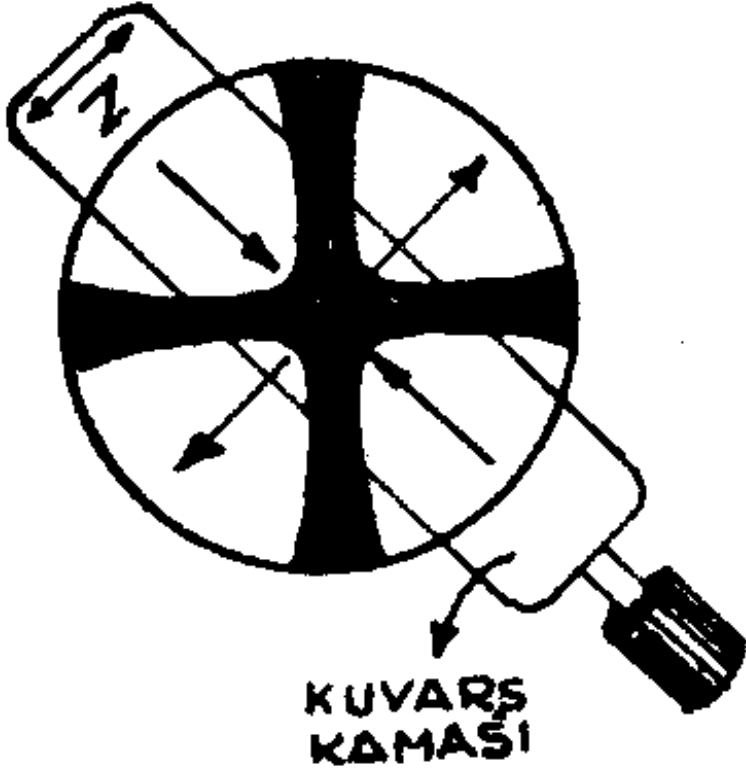


Optik pozitif (+) mineral

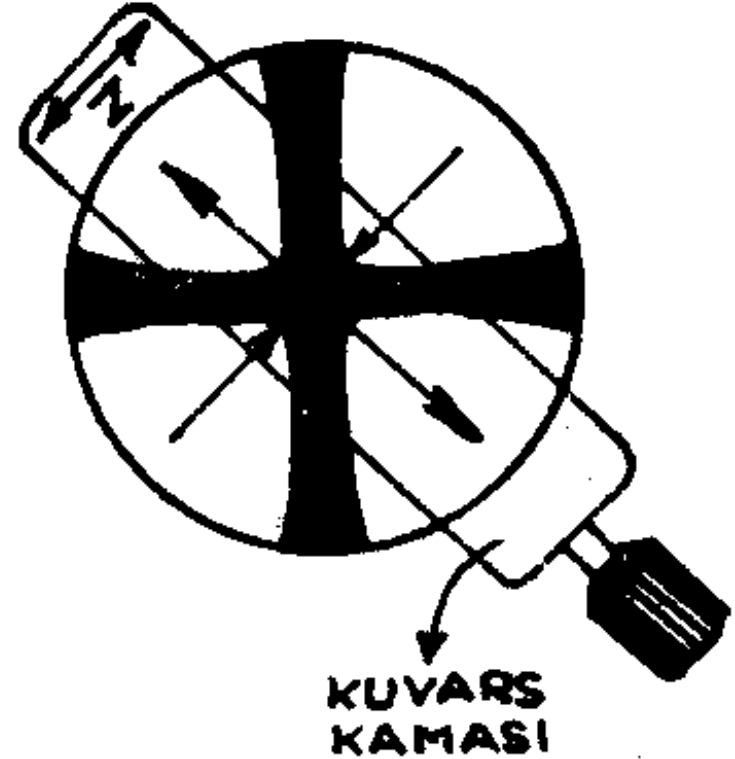


TOE'li çift kırıcılığı düşük (üstte) ve yüksek olan (altta) minerallerde optik eksene dik kesitte konoskopik girişim şekilleri ve $\lambda/4$ yardımcı lamelinin etkisi

Optik pozitif (-) mineral



Optik negatif (+) mineral



TOE'li çift kırıcılığı yüksek olan minerallerde optik eksene dik kesitte (izokromatik eğrilerin oluştuğu) **kuvars kamasının** etkisi

TOE Minerallerde Optik Eksene Paralel Kesitlerde Optik İşaret Tayini

- Bu tür kesitlerin konoskopik girişim şeklini ÇOE'li minerallerinkinden ayırmak zor (hatta bazen imkansız) olduğundan optik işaret tayini zordur. Daha önce belirtildiği üzere elde edilecek konoskopik görüntü, geniş bir siyah haç olup tabla çevrilince iki hiperbol koluna ayrılmaktadır. Kolların görüntü alanını terk ettiği ve yeniden girdiği zıt kadranlar aynı kadranlar ise, optik eksen bu iki zıt kadranların açısı ortayıdır.
- Optik eksenin konumu bu şekilde belirlendikten sonra paralel ışığa geçilir ve yardımcı lameller kullanılarak optik eksen istikametinin Z veya X'e mi karşılık geldiğine bakılarak kristalin optik işareti belirlenir.

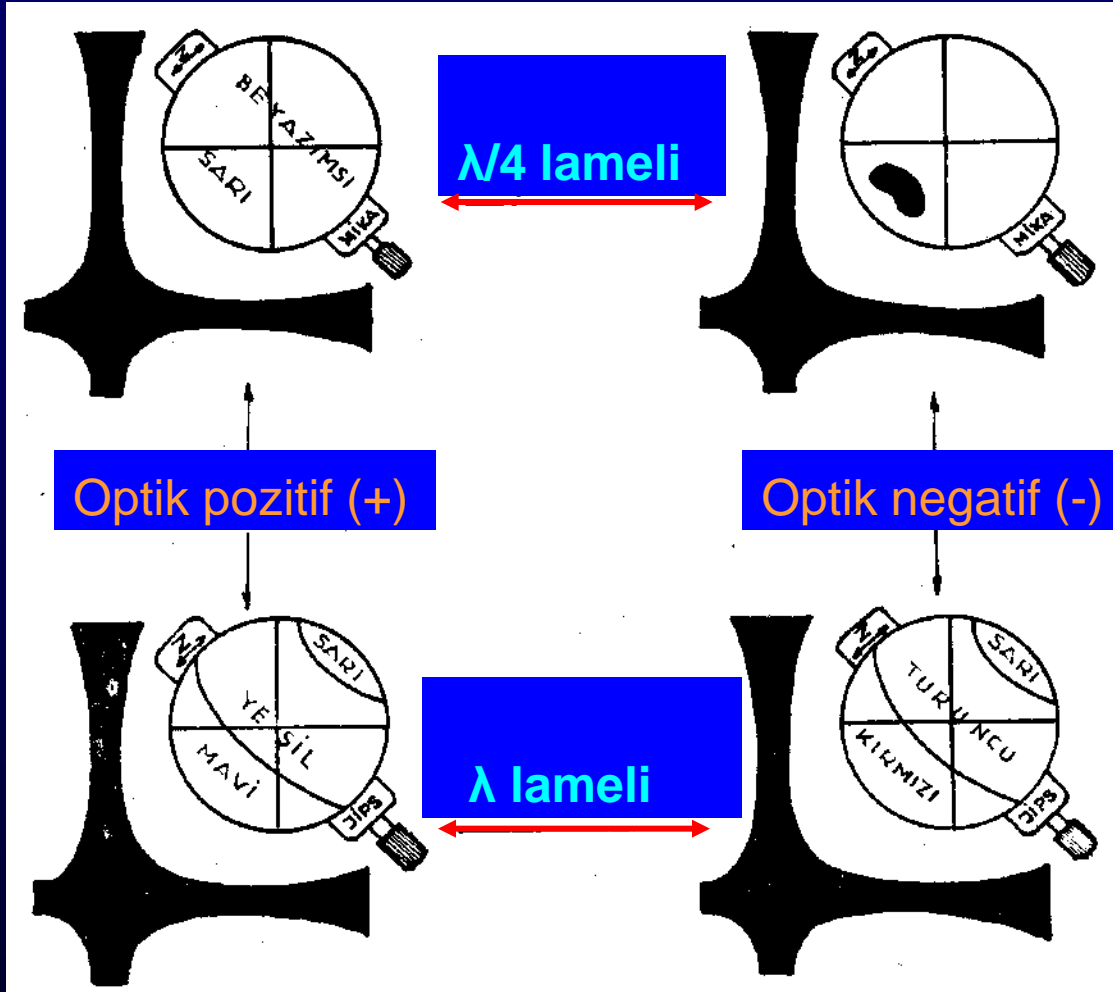
TOE Minerallerde Optik Eksene Eğik Kesitlerde

Optik İşaret Tayini

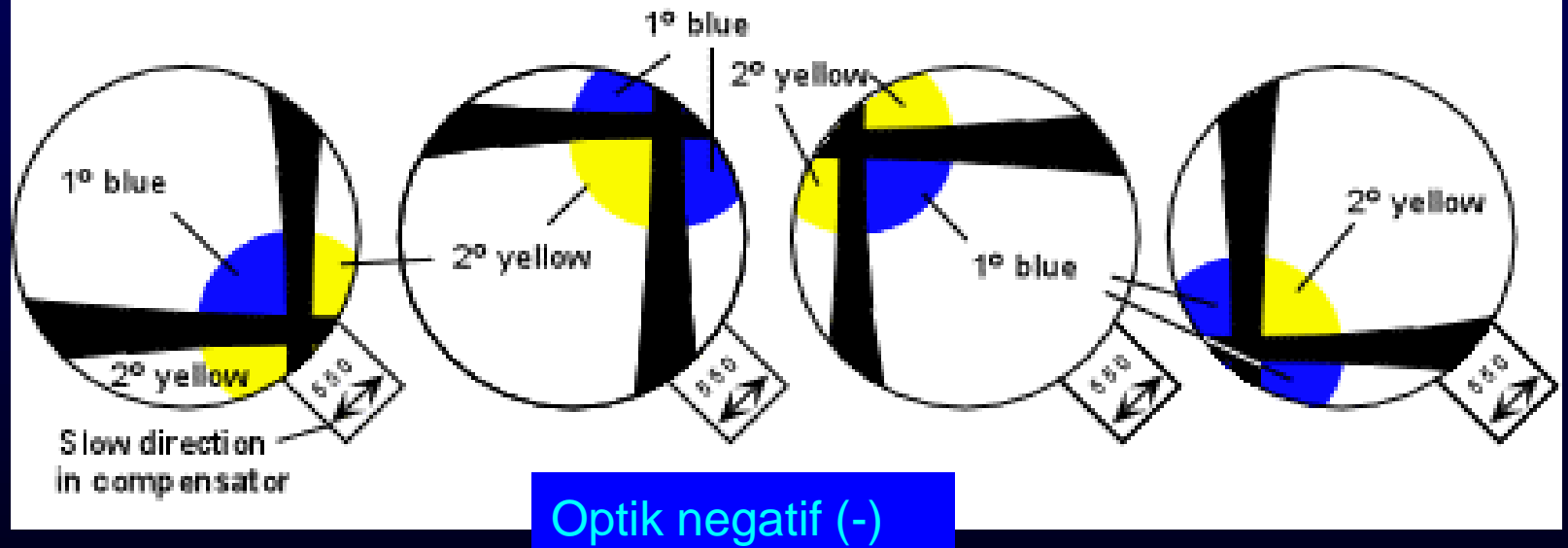
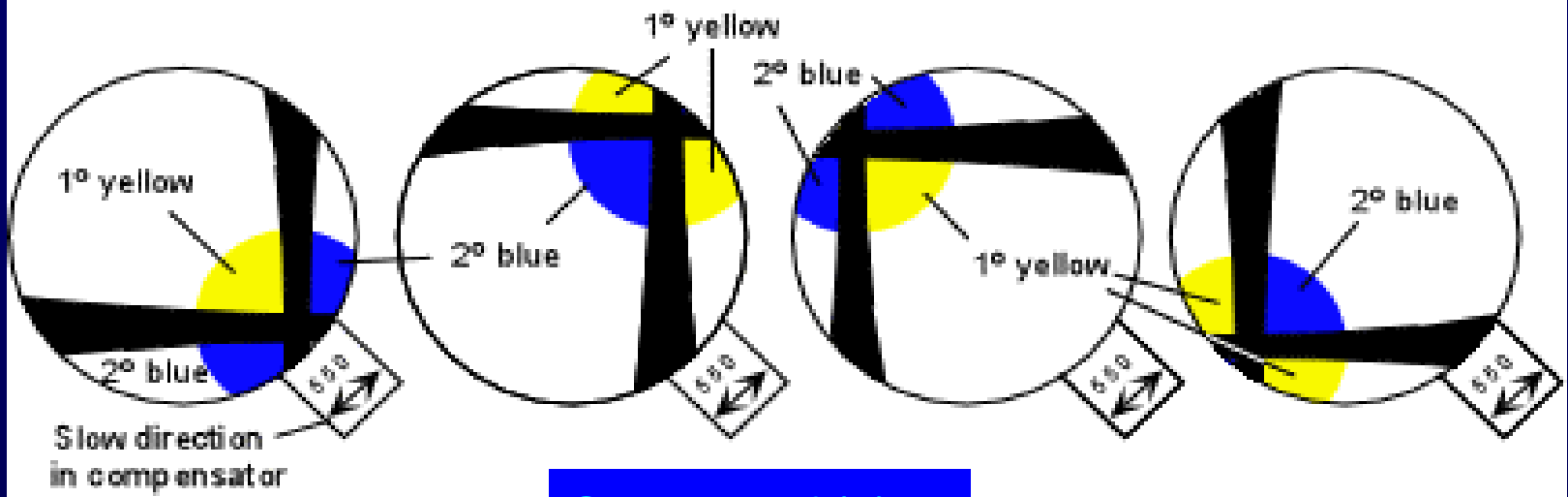
Eğer ince kesit düzlemi, bazal kesit (veya optik eksene dik kesit) ile 20-25° den daha az bir açı yapıyorsa, konoskoik görüntü de oluşan haçın merkezi görüntü alanının içinde olacaktır ve optik işaret tayini optik eksene dik kesitlerde olduğu gibi yapılır. Eğer kesit düzlemi bazal kesitle 25° den daha büyük bir açı yapıyorsa o zaman konoskopik görüntüde haçın merkezi görüntü alanının dışındadır. Bu durumda izojirlerin görüntü alanına giriş-çıkış yönünden ve sırasından hangi kadranın görüntü alanında olduğu ortaya konulur. İzojirlerin hafif dışbükey durum almalarına rağmen bütünüyle retikül çizgilerine paralel olarak görüntü alanından geçmeleri kesitin TOE'li minerale ait olduğu anlaşılır. Bir izojir tam görüntü alanının merkezinden geçerken, kesit paralel ışıkta sönme durumundadır. Tabla sönme durumundan 45° çevrilerek kadranlardan birinin tam olarak görüntü alanını işgal etmesi sağlanır. Örneğin; KD kadranı (1 nolu kadran) görüntü alanının tamamen kaplasın, bu durumda uygun yardımcı lameller devreye sokularak mineralin optik işareti tayin edilir.

λ hassas renk yardımcı lameli kullanılırsa; pozitif mineral için 1 ve 3 nolu kadranlarda mavi, 2 ve 4 nolu kadranlarda kırmızı (veya sarı) renk oluşacaktır. Negatif mineral için 1 ve 3 nolu kadranlarda kırmızı (veya sarı) , 2 ve 4 nolu kadranlar mavi renge dönüşecektir.

$\lambda/4$ yardımcı lameli kullanılırsa; pozitif mineral için 2 ve 4 nolu kadranlarda böbreğimsi siyah leke oluşacağından 1 nolu kadran beyazımsı gri renkte olacaktır. Negatif mineral için 1 ve 3 nolu kadranlarda böbreğimsi siyah leke oluşacaktır.



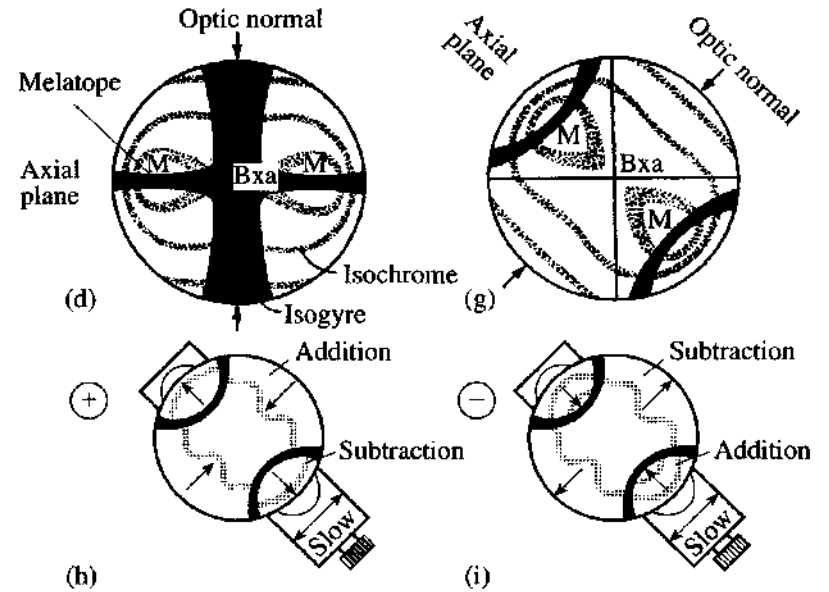
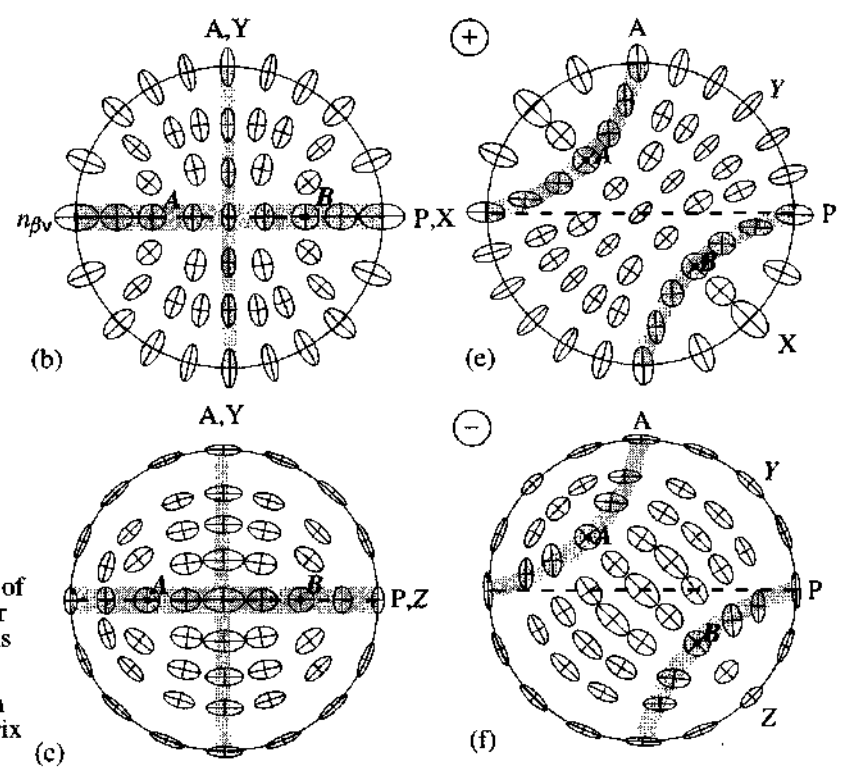
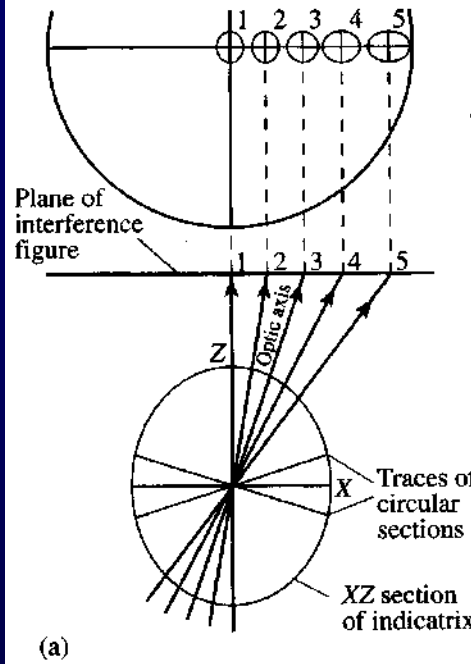
TOE'li minerallerde optik eksene eğik kesitlerde KD kadranı (1 nolu kadran) görüntü alanında iken λ ve $\lambda/4$ yardımcı lamelleri kullanarak optik işaret tayini



TOE'li minerallerde optik eksene eğik kesitlerde izojirlerin farklı konumlarına göre
 λ yardımcı lamelinin etkisi

Çift Optik Eksenli Minerallerin Konoskopik Özellikleri

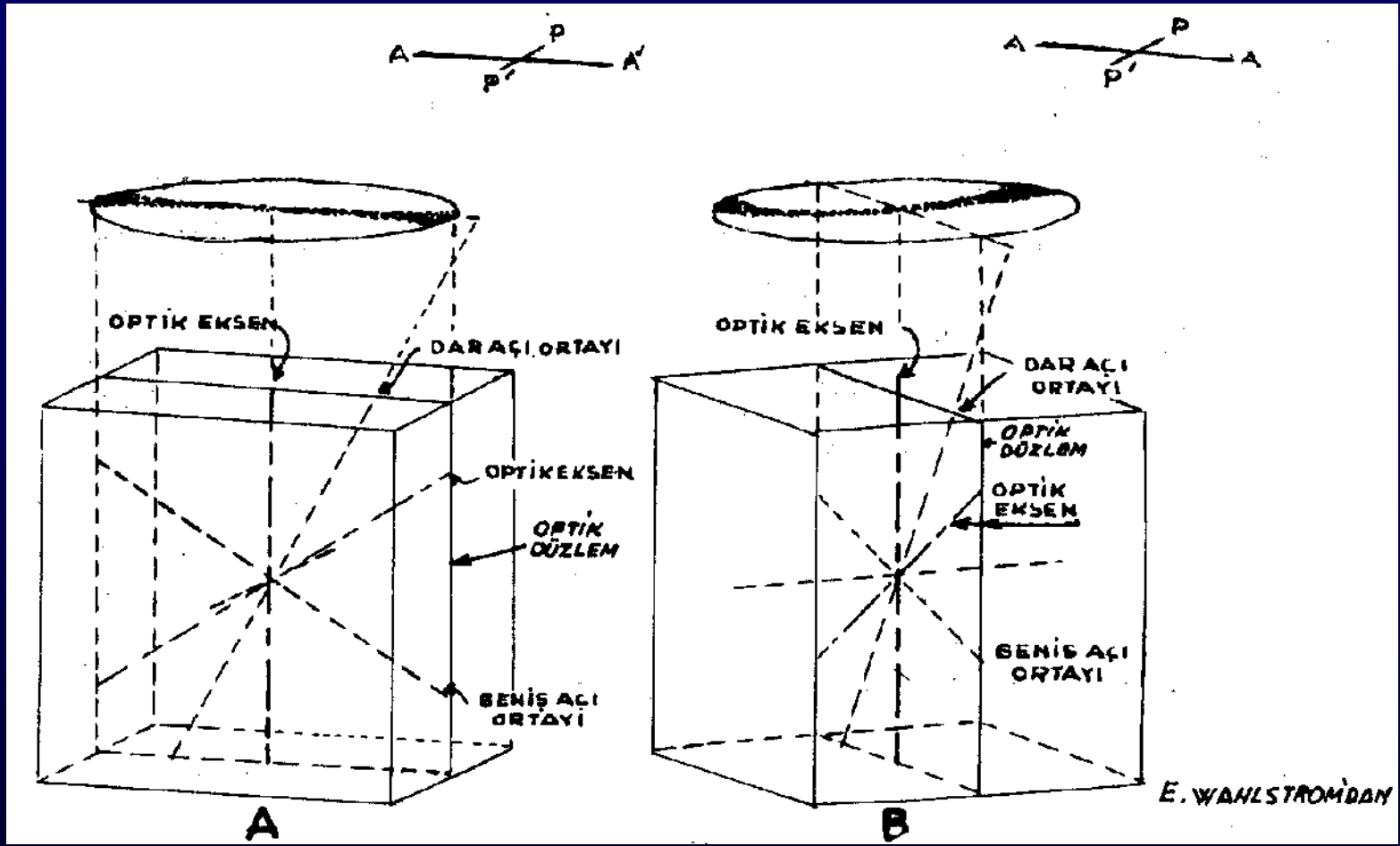
- ÇOE'li kristallerin çapraz ışıktaki verdirdikleri girişim şekillerini TOE'li kristallerden ayıran özellik, izojirlerin düzgün çizgi şeklinde olmayıp iki hiperbol kolu şeklinde olmasıdır. Bununla beraber mikroskop tablasının çevrilmesi sırasında bazı durumlarda iki hiperbol kolu birleşerek bir haç meydana getirir, fakat tablanın çok az çevrilmesi ile haç durumu bozularak iki hiperbola dönüşür. Bu nedenle TOE'li kristallerin optik eksene paralel kesitleri ÇOE'li minerallerle karıştırılabilir.
- ÇOE'li minerallerde konoskopik görüntü kesitin geçiş yönüne bağlı olarak değişir. Bunlar arasında en çok kullanılanlar;
 - a) *Optik eksenlerden birisine dik kesitler*
 - b) *Optik eksenler arasındaki açı ortaylardan birisine dik kesitler*



ÇOE'li kristallerin konoskopik girişim şekilleri: a) Çapraz ışıkta indikatriksin projeksiyonu. (b, c) Mikroskop tablası düzleminde, optik pozitif kristal (b) ve negatif kristal (c) için indikatriksin elips arakesitlerinin geometrisi iz düşürülmüştür. (d) Dar açı ortaya dik kesitin (Bxa) girişim şeklinde izojir, melatoplar (M) ve izokromatik eğriler. (e, f) Saat yönünde 45° çevrilmiş konum. (g) Mikroskop tablasının çevrilmesiyle girişim şeklinin değişimi. (h, i) kamanın kullanılması ile izokromatik eğrilerin pozitif (h) ve negatif (i) kristallerde hareketi.

1) ÇOE Minerallerde Optik Eksenlerden Birisine Dik Kesitlerin Konoskopik Özellikleri

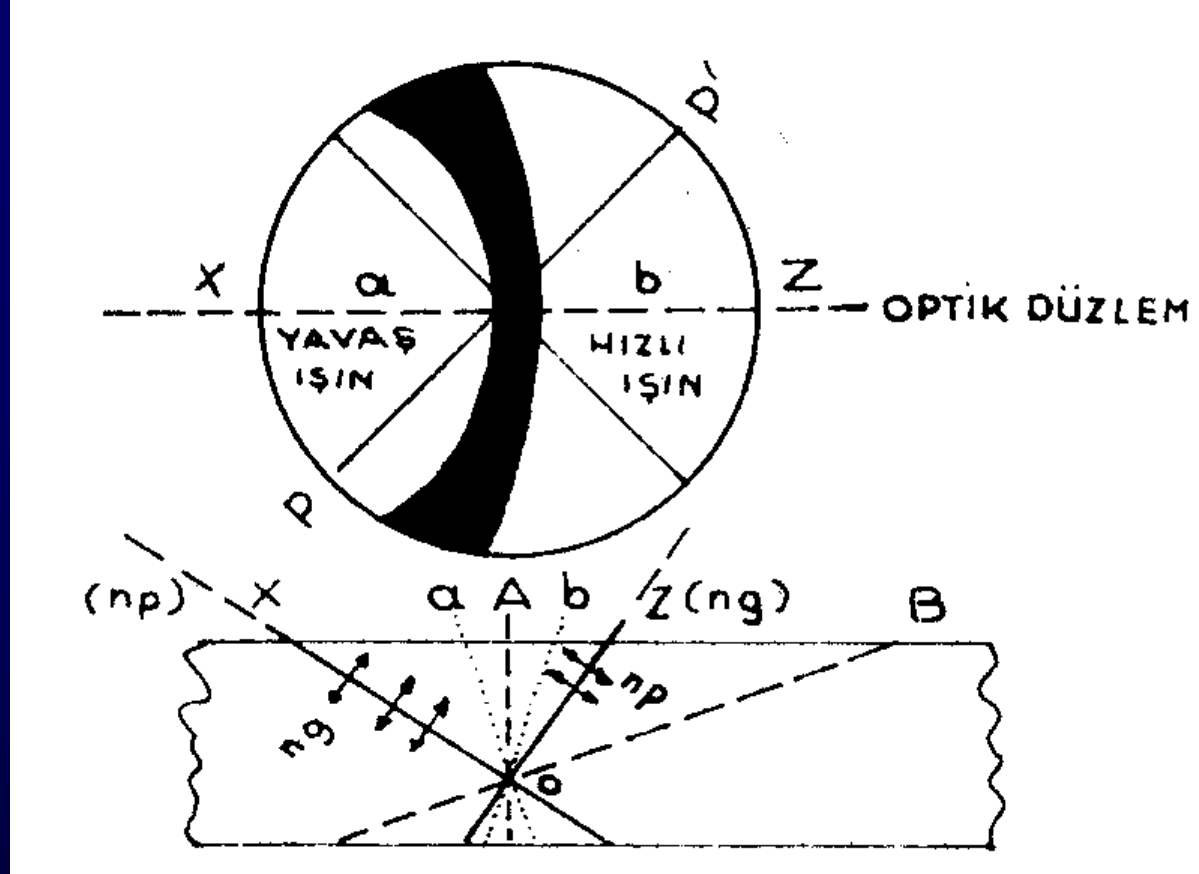
- Konoskopik girişim şekli tek bir izojirden oluşmaktadır ve bu izojir daima görüntü alanının merkezinden geçer. Optik düzlem nikollerin birinin titreşim istikametine paralel olursa izojir retikül çizgisine paralel düz bir çizgi şeklini alır. Mikroskop tablası çevrildiğinde izojir de ters yönde dönerek bir hiperbol şeklini alır. Optik eksenler düzlemi (girişim şeklinin simetri düzlemi) nikollerin titreşim yönü ile 45° yaptığı durumda izojir maksimum bükülme gösterir. Bu durumda hiperbolun tepe noktası, optik eksenin çıkı yeri olan görüntü alanının merkezindedir ve dar açı ortayı izojirin dışbükey (konveks) kısmında bulunur.
- Mineralin çift kırıcılığı yüksek veya ince kesit çok kalın ise izokromatik eğriler daireye yakın (optik açı geniş ise), oval veya elips biçiminde girişim şeklinde ortaya çıkarlar.



ÇOE'li minerallerde optik eksene dik kesitte optik düzlemle izojir arasındaki ilişki.
A) Optik düzlem nikollerin birinin titreşim istikametine paralel. B) Optik düzlem nikole göre 45° konumunda.

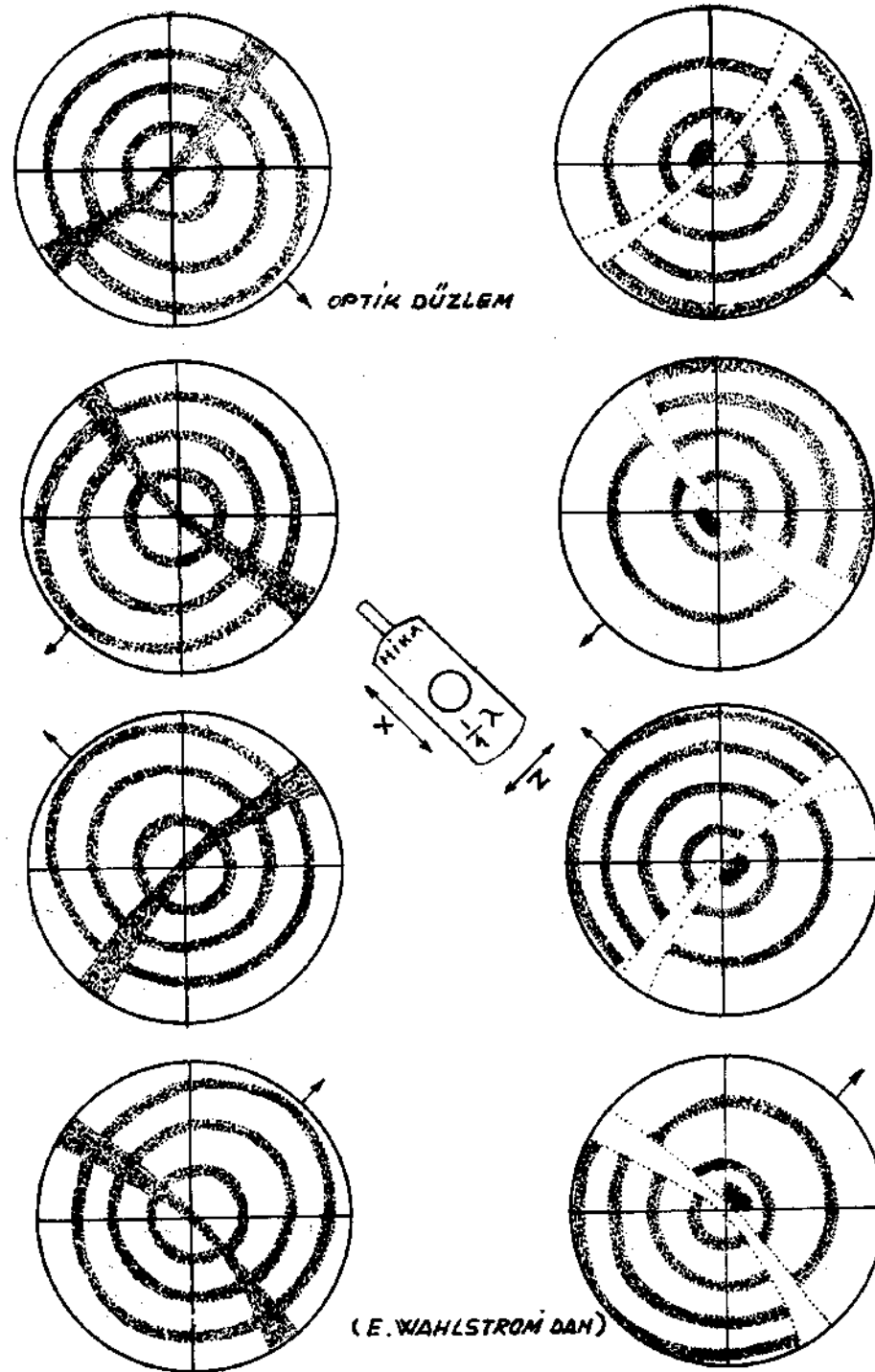
ÇOE Minerallerde Optik Eksenlerden Birisine Dik Kesitlerde Optik İşaret Tayini

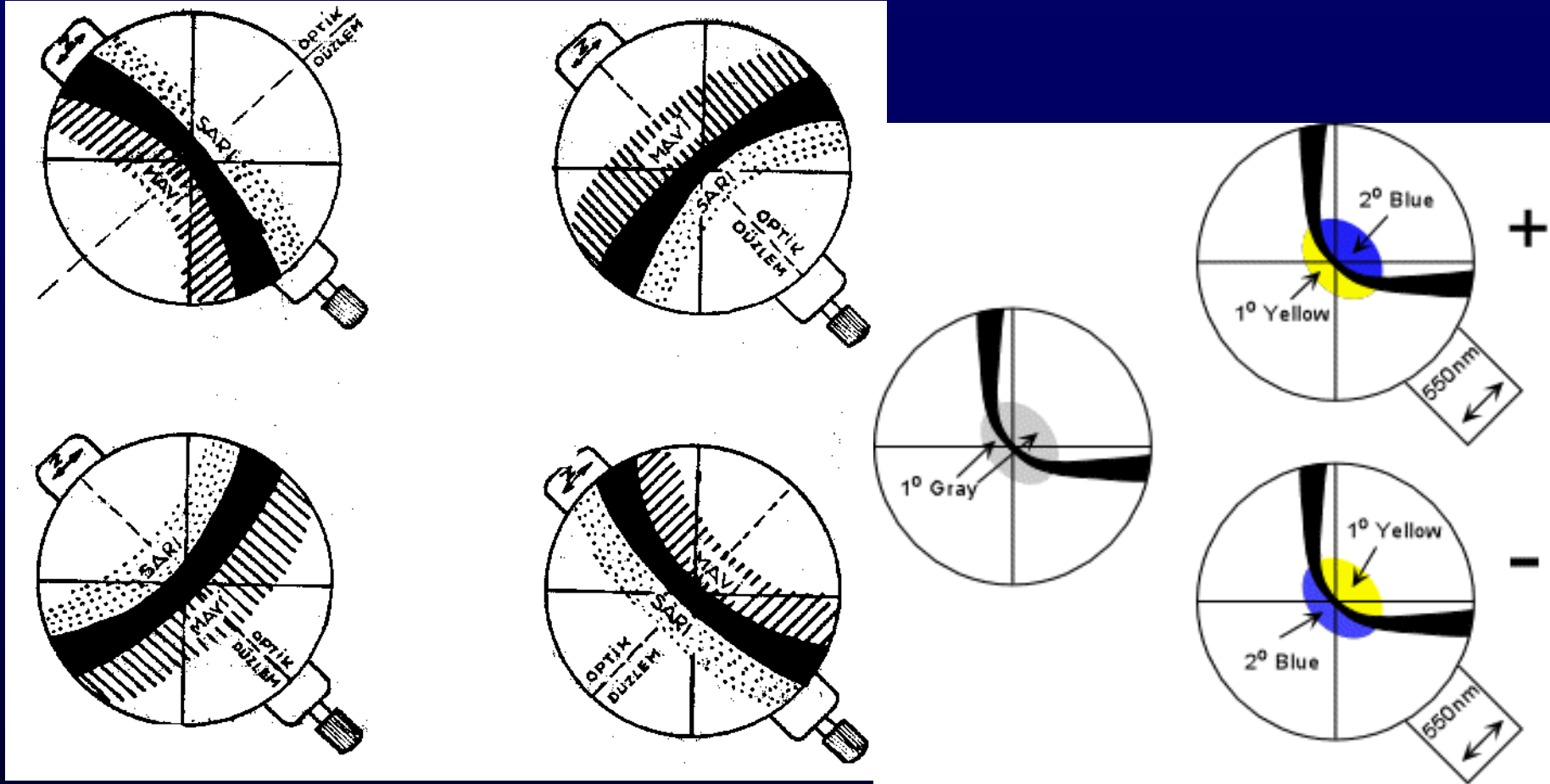
- Optik işaret tayini şu esasa dayanmaktadır: Optik düzlemde herhangi bir istikamette geçen geçen ışın, iki bileşene ayrılır. Bu ışınlardan biri optik düzleme dik olarak (yani Y eksenine paralel), diğeri optik düzlem içinde titreşir. Optik pozitif bir mineralde dar açı ortayı Z, geniş açı ortayı X eksenine karşılık gelmektedir. Kristal kesiti X boyunca geçen ışın iki bileşenden oluşur. Bileşenlerden biri optik düzleme dik olarak Y yönünde, diğeri bileşen ise optik düzlem içinde Z ye paralel olarak titreşir. Bu ışın her ne kadar geniş ortayı yani X yönünde ilerliyorsa da Z ye paralel titreştiğinden yavaş bileşendir. Bunun tersine dar açı ortayı yönünde ilerleyen bileşen ise hızlı ışındır.
- Optik pozitif mineralde izojirin dışbükey kısmında hızlı, iç bükey kısmında ise yavaş ışın bulunmaktadır. Yardımcı lamel kullanarak bunu doğrulanabilir. Örneğin optik düzlem çizgisi yardımcı lamelin Z si ile çakışacak şekilde tabla çevrildiği durumda lamel devreye sokulduğunda iç bükey kısmındaki yavaş ışığın gecikme değeri artar ve girişim rengi yükselir. Dış bükey kısmında ise hızlı ışığın gecikme değeri azalır ve girişim rengi düşer. Optik düzlemin izi, tepe noktasında hiperbole çizilen teğete dik olan çizgidir.
- $\lambda/4$ yardımcı lameli kullanıldığında; izojirin konumuna (veya optik düzlem izinin yardımcı lamelin X, Z'si ile olan konumu) göre pozitif veya negatif minerallerde iç bükey veya dış bükey tarafında siyah (böbreğimsi) leke oluşur.
- λ hassas renk yardımcı lameli kullanıldığında; izojirin konumuna (veya optik düzlem izinin yardımcı lamelin X, Z'si ile olan konumu) göre pozitif veya negatif minerallerde iç bükey veya dış bükey tarafında mavi ve sarı renkler oluşur.



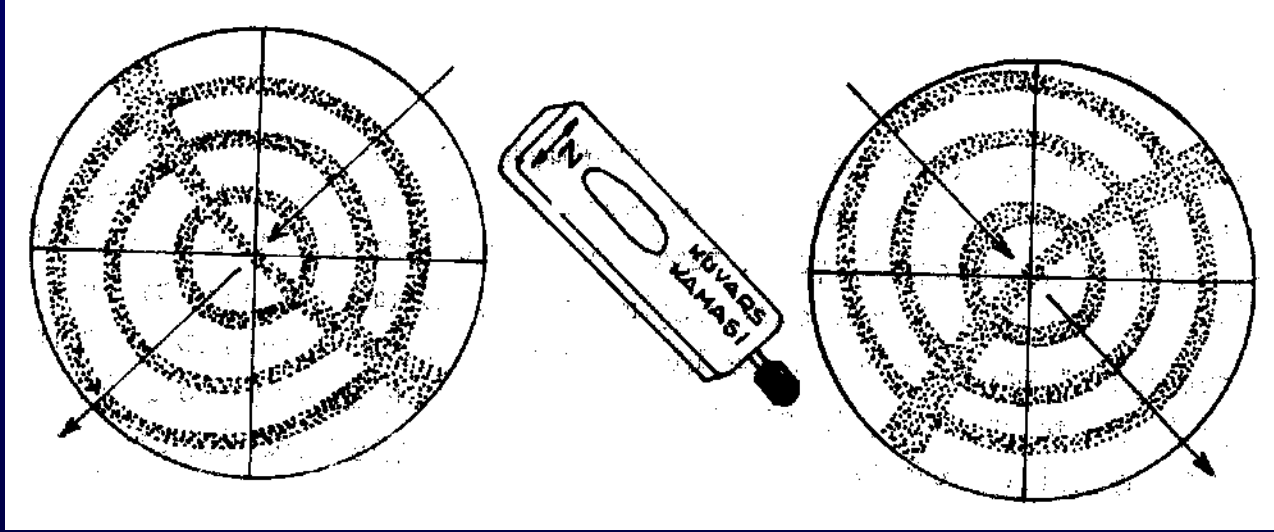
ÇOE'li minerallerde optik eksenlerden birine dik kesitte konoskopik girişim şeklinin oluşumu. OA ve OB optik eksenler, OZ dar açı ortay, OX geniş açı ortay.

ÇOE'li optik eksene dik kristalde konoskopik girişim şekilleri ve $\lambda/4$ yardımcı lamelinin etkisi.





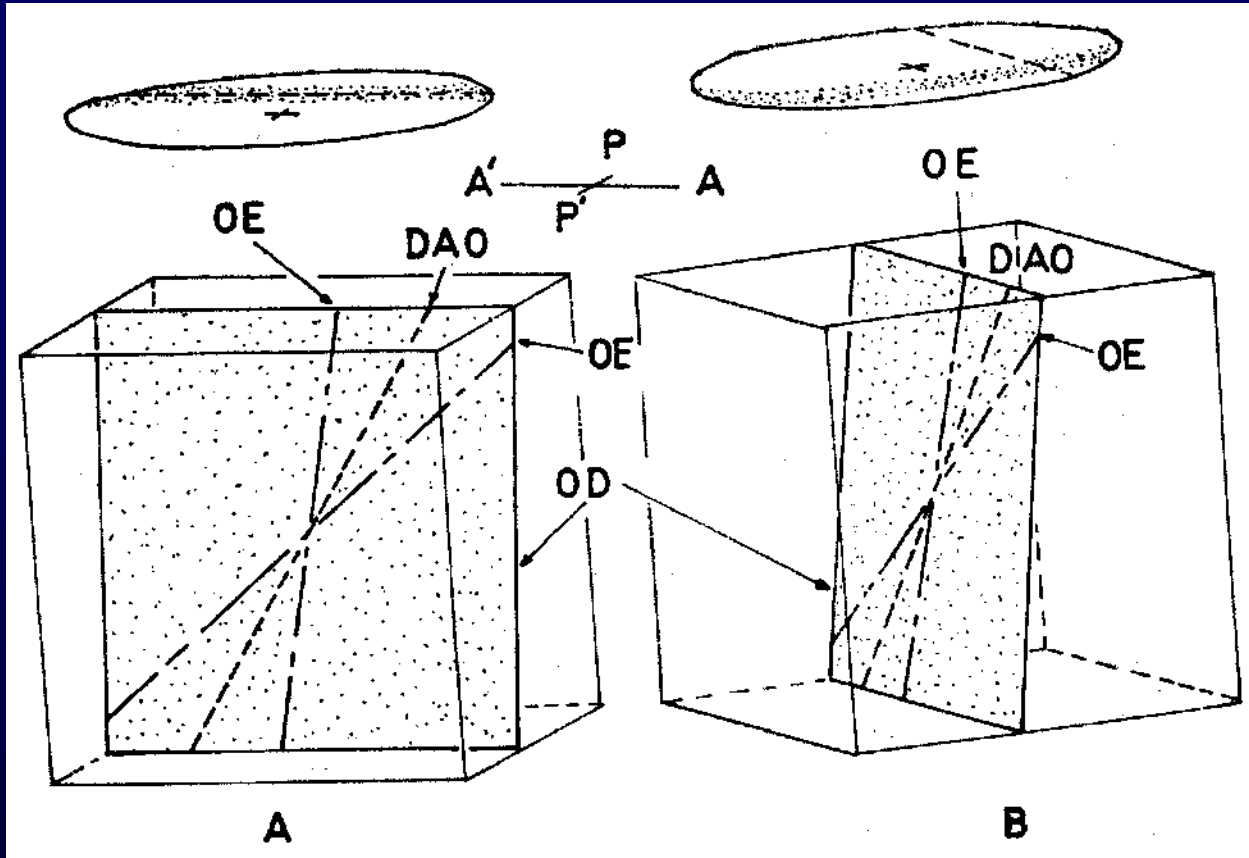
ÇOE'li minerallerde optik eksene dik kesitte optik pozitif kristalde λ hassas renk lamelinin etkisi.



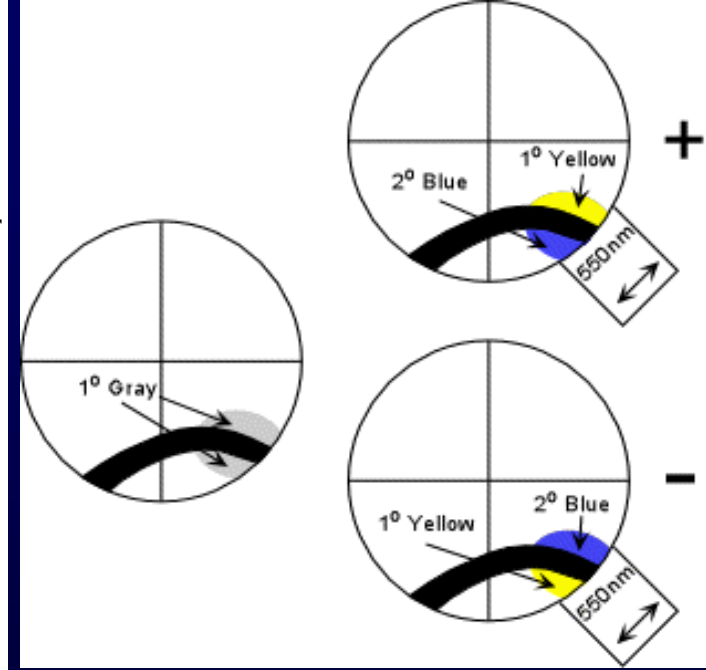
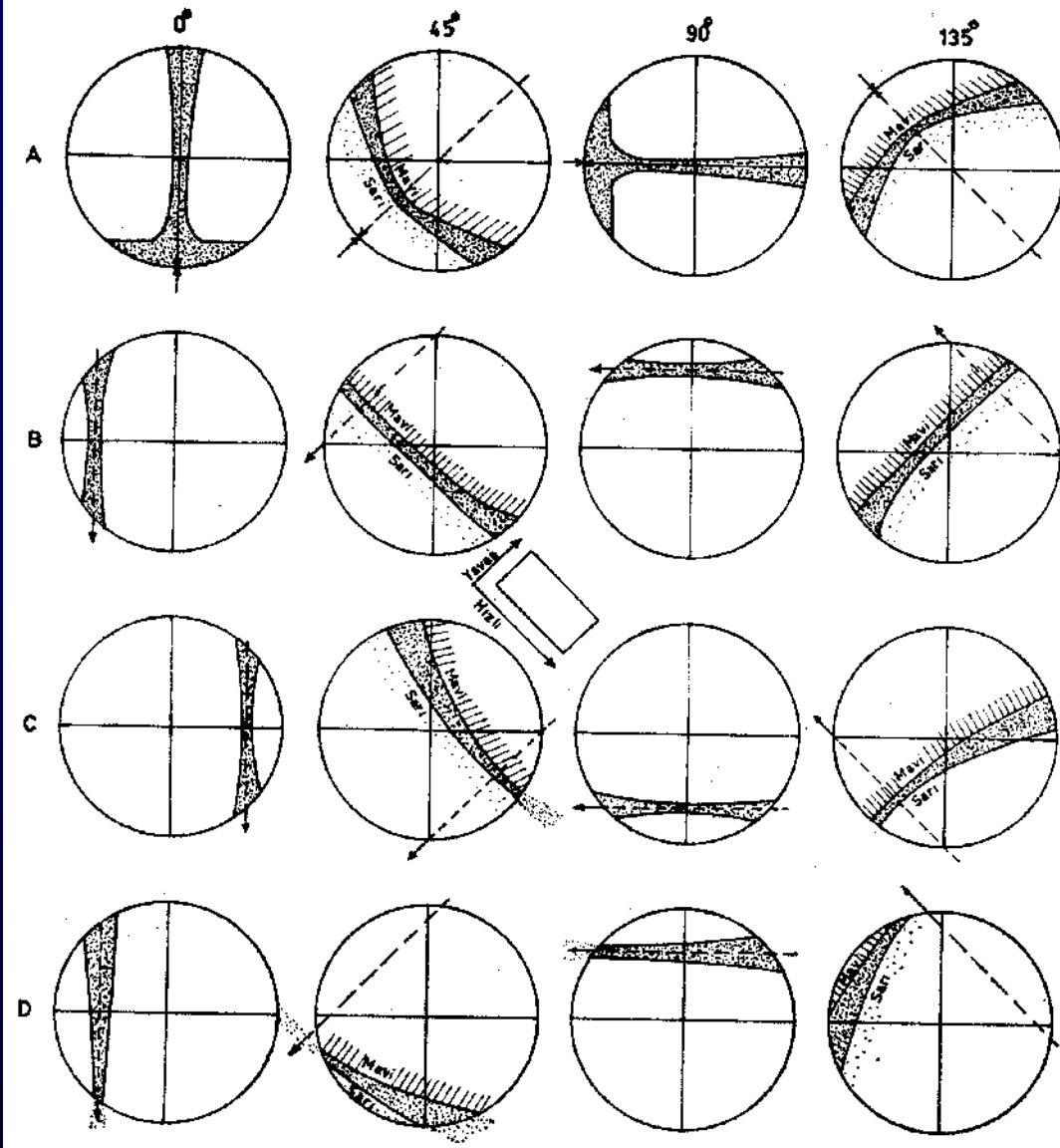
ÇOE'li minerallerde optik eksene dik kesitte kuvars kamasının kullanılması durumunda optik pozitif kristal için izokromatik eğrilerin hareket yönleri.

2) ÇOE Minerallerde Optik Eksenlerden Birisine Dik Olmayan (Eğik) Kesitlerin Konoskopik Özellikleri ve Optik İşaret Tayini

- Optik eksenlerden birine tam dik olmayan yani optik eksenlerden biriyle 75° - 85° lik açı yapan kesitlerin konoskopik girişim şekli, daha önce açıklanan optik eksenlerden birine dik kesitlerin özelliklerine benzer şekilde tek bir izojirden oluşmaktadır.
- Ancak optik eksenin çıkış noktası olan girişim şeklinin merkezi görüntü alanının merkezinde değildir ve mikroskop tablasının çevrilmesi ile bu nokta görüntü merkezinin etrafında döner.



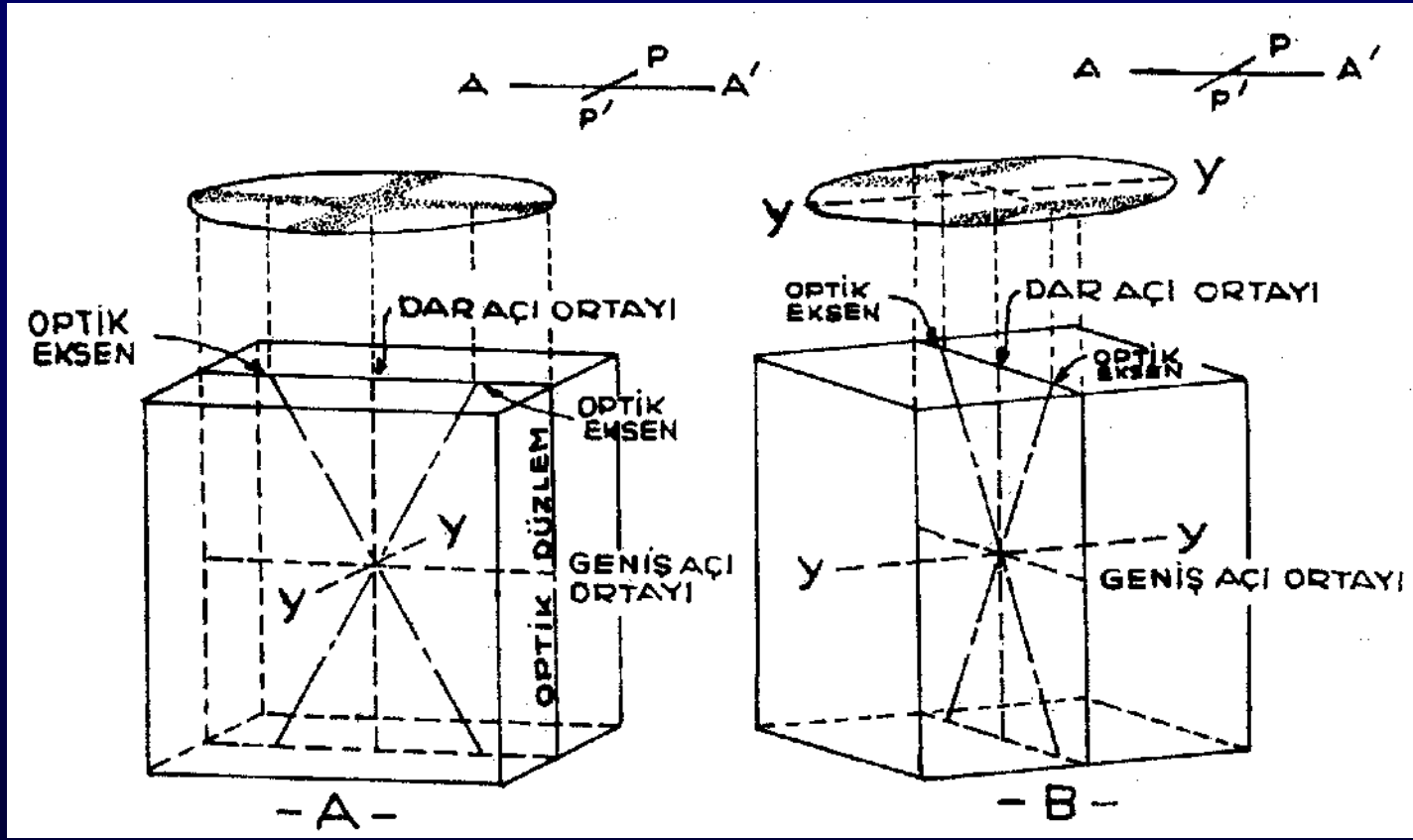
ÇOE'li minerallerde optik eksene tam dik olmayan kesitlerde konoskopik girişim şekli ve indikatriks arasındaki ilişki. A) Optik düzlem (OD) analizörün titreşim istikameti (AA') ne paralel. B) 45° çevrilmiş konum.



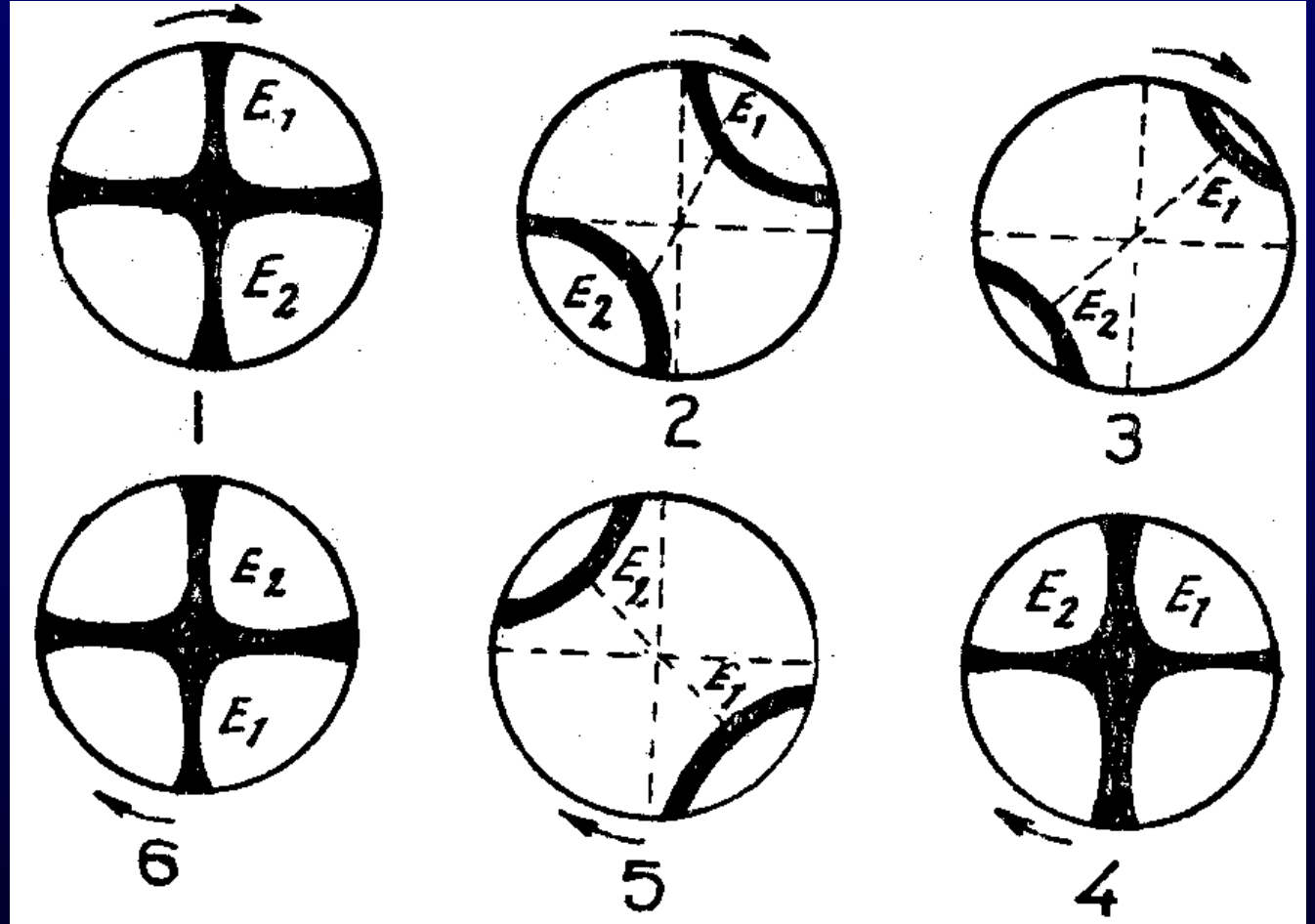
ÇOE'li minerallerde optik eksene tam dik olmayan kesitlerde mikroskop tablasının saat yönünde çevrilmesiyle girişim şekilleri, ve 45° ve 135° konumlarında optik pozitif mineral için λ hassas renk lamelinin etkisi.

3) ÇOE Minerallerde Optik Eksenler Dar Açılı Ortaya Dik Kesitlerin Konoskopik Özellikleri

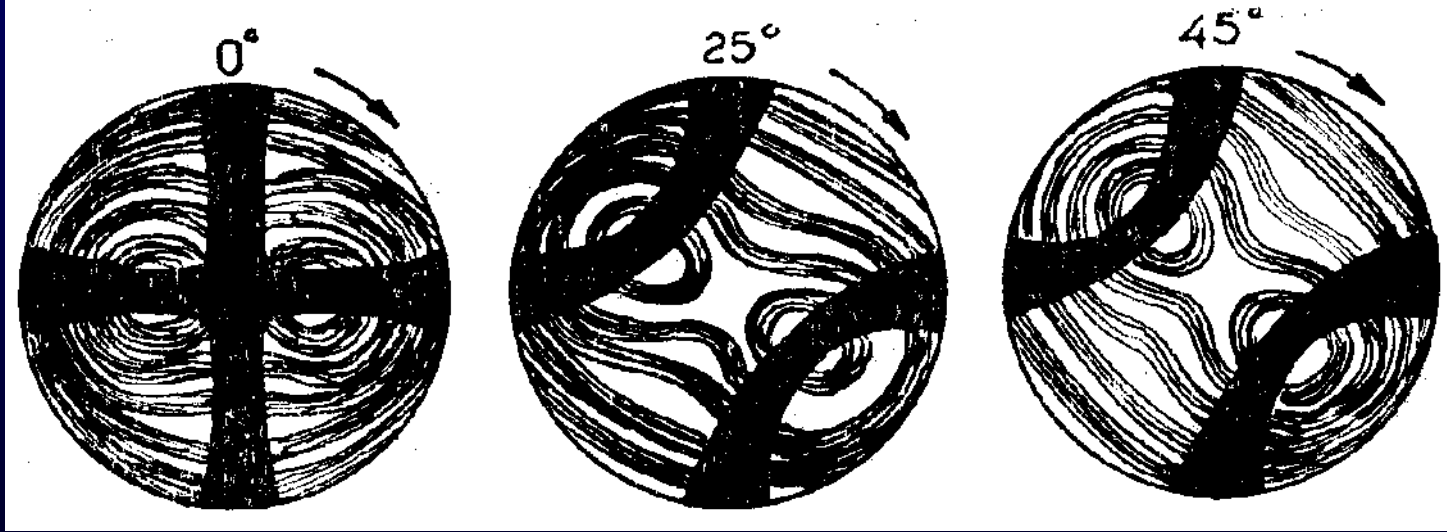
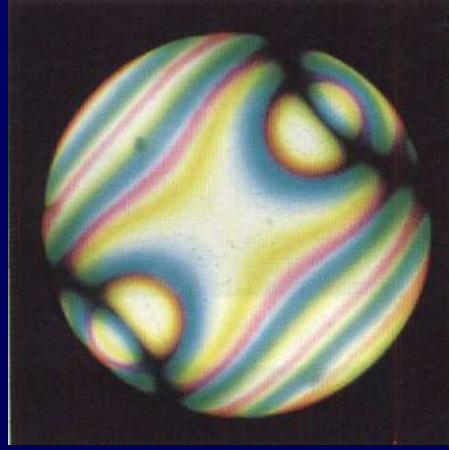
- Optik eksenler arası açılı $2V$ çok büyük değilse girişim şekli görüntü alanı içerisinde kalan iki izojirden oluşur. Optik düzlem nikollerin titreşim istikameti ile çakıştığı zaman izojirler bir haç oluşturur. Diğer konumlarda ise izojirler daima iki hiperbol eğrisi şeklindedir. Optik düzlem retikül çizgilerinin açılı ortayı ile çakıştığı zaman hiperboller birbirinden maksimum uzaklıkta olur ve bu durumda hiperbollerin tepe noktaları optik eksenlerin görüntü alanını deldiği noktalardadır. Mikroskop tablası çevrilirse izojirler tekrar haç oluşturur. Haçın kollarından biri oldukça geniş ve düz olduğu halde görüntü alanını deldiği yerlerde bir daralma gösterir.
- Çift kırıcılığı yüksek minerallerde izokromatik eğriler görülür. İzokromatik eğriler, optik eksen izine en yakın durumda dairesel, uzaklaştıkça oval ve 8 şeklini alırlar.
- Optik düzlem izi nikollere göre 45° konumunda iken hiperbollerin tepe noktaları (optik eksenlerin görüntü alanını deldiği yerler) birbirinden maksimum uzaklıktadır. Bu uzaklık mineralin çift kırıcılığı ve kesit kalınlığına bağlı değildir. Bu belli bir objektif ve kondansör çiftinde, $2V$ açısının büyüklüğüne bağlıdır.



ÇOE'li dar açı ortayına dik kesitlerde girişim şekli ile indikatriks elipsoidinin temel unsurları arasındaki ilişki.



ÇOE'li minerallerde dar açı ortayına dik kesitlerde mikroskop tablasının 180° çevrilmesiyle girişim şeklinin yer değiştirmesi.

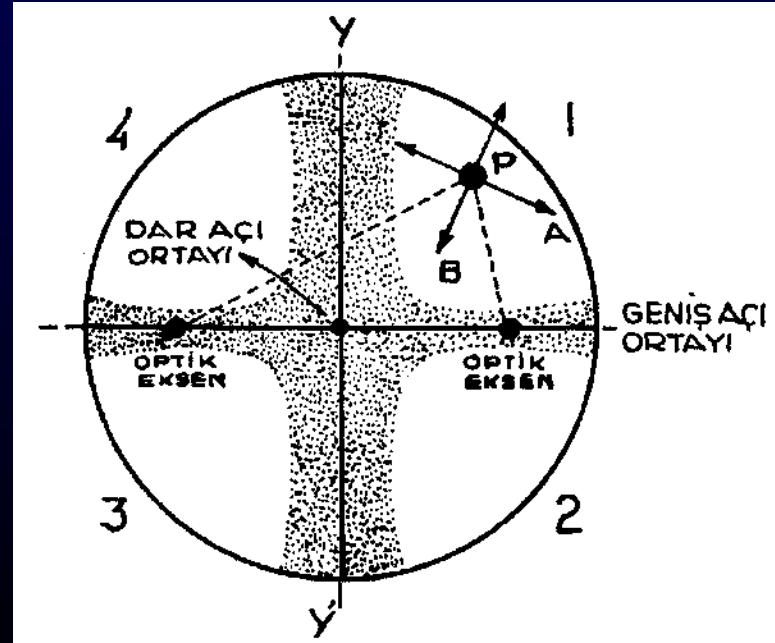


ÇOE'li minerallerde dar açı ortayına dik kesitte izojir ve izokromatik eğrilerin görünümü.

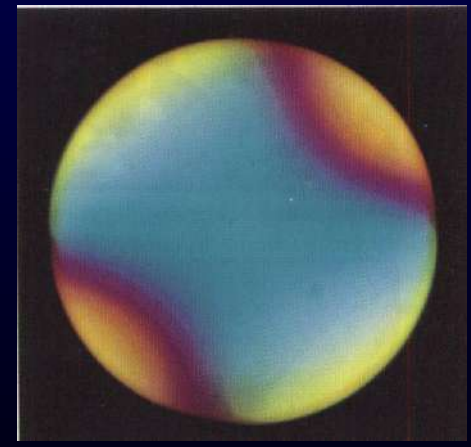
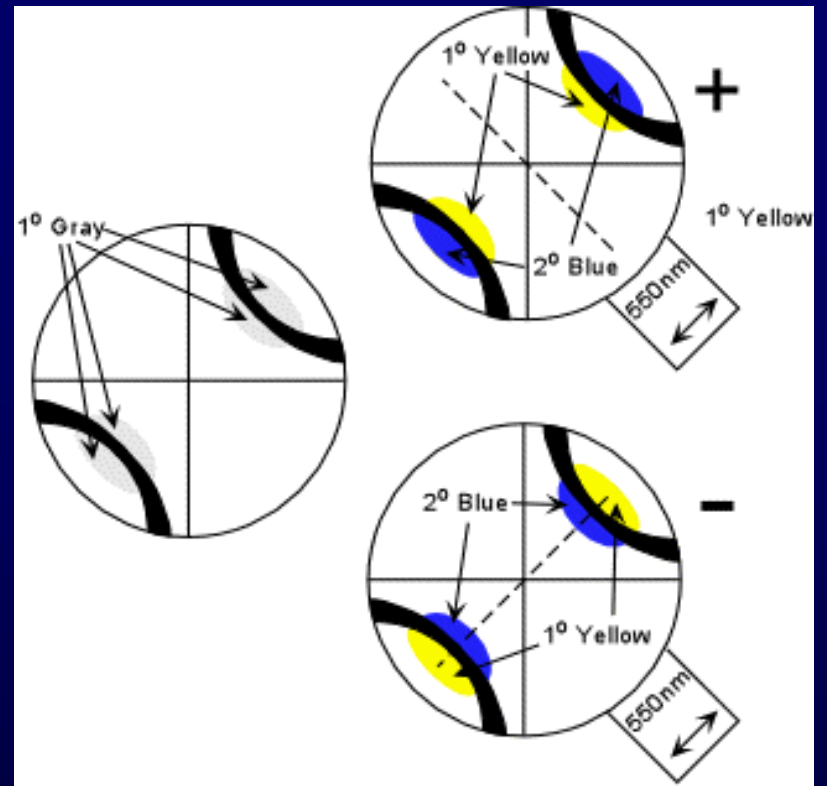
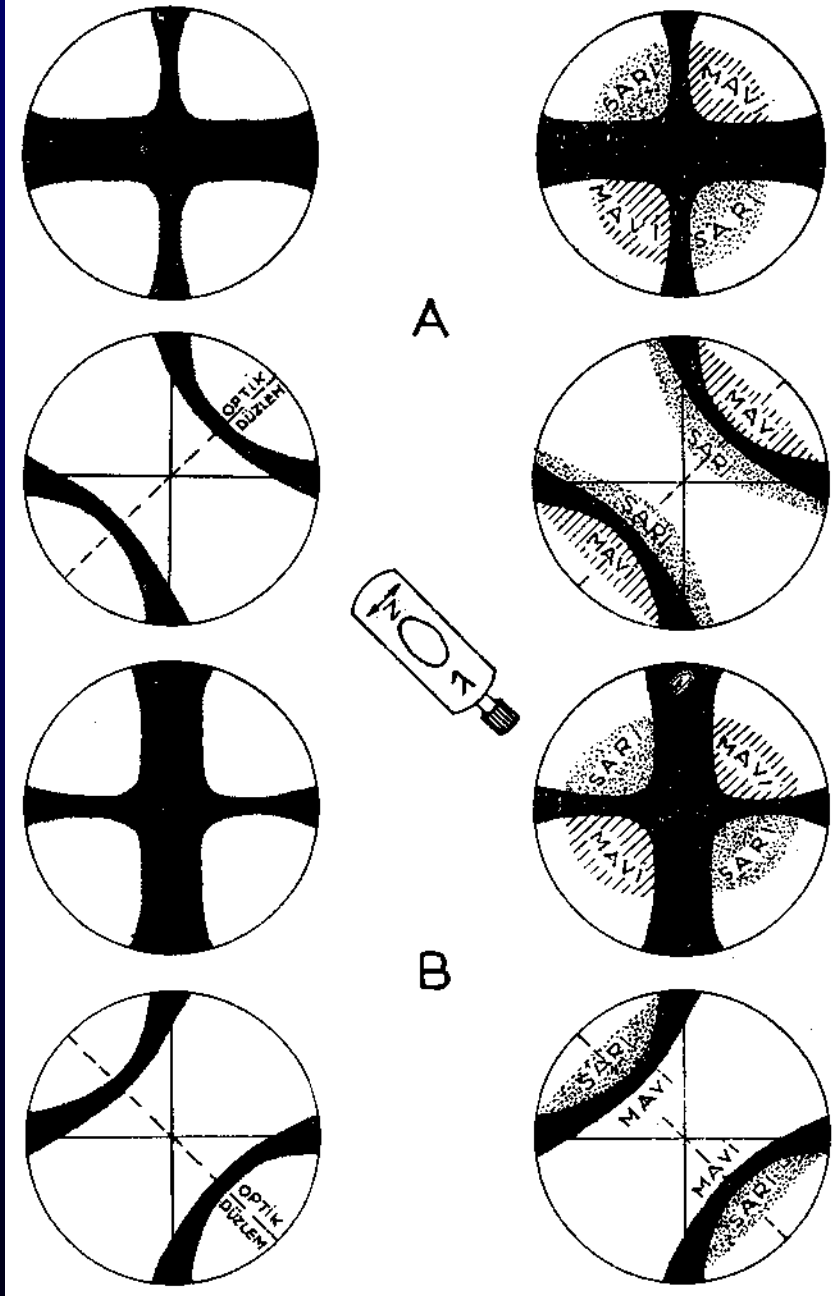
ÇOE Minerallerde Optik Eksenler Dar Açılı Ortayına Dik Kesitlerde Optik İşaret Tayini

Optik işaret tayini, izojirler haç durumunda veya 45° durumunda yapılır.

A) İzojirler haç durumunda; P noktasından çıkan iki dalganın titreşim düzlemlerinin izlerini Bio-Fresnel kanuna göre şöyle elde ederiz. P noktası iel optik eksenlerin çıkış noktalarını düz çizgilerle birleştirir ve bunların P noktasındaki açı ortayları A ve B aranan titreşim düzlemlerinin izleridir. A titreşim düzlemi geniş açılı ortay, B titreşim düzlemi ise Y indisi yönündedir. Bu duruma göre mikroskoba Z yönü 1 ve 3 nolu kadranların açılı ortayına paralel şekilde lamel yerleştirildiğinde bu kadranlarda gecikme artması olursa A titreşim düzlemindeki dalgalar B dekilere göre daha hızlıdır. Çünkü yardımcı lamelin X yönüyle hızlı dalgaların, z yönü ile yavaş dalgaların çakışması durumunda bu gecikme artması oluşur. Optik pozitif mineral için 1 ve 3 nolu kadranlarda gecikme artması, 2 ve 4 nolu kadranlarda ise gecikme azalması olacaktır.

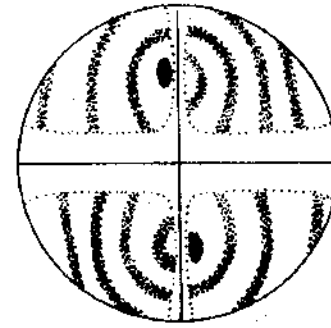


ÇOE'li dar açılı ortayına dik bir kesitin girişim şeklinde, herhangi bir P noktasındaki iki çift dalgaya ait titreşim düzlemi izlerinin Biot-fresnel kanununa göre gösterimi.

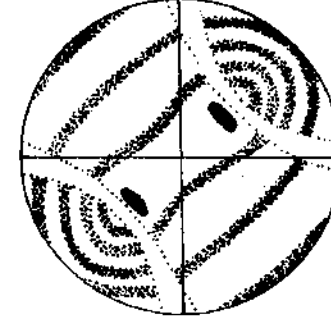
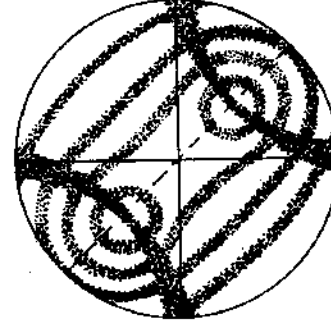


ÇOE'li optik pozitif bir mineralin dar açılı ortayına dik kesitinde girişim şekilleri ve λ hassas renk lamelinin etkisi.

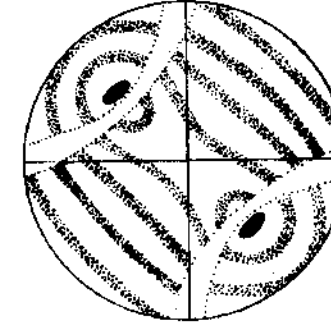
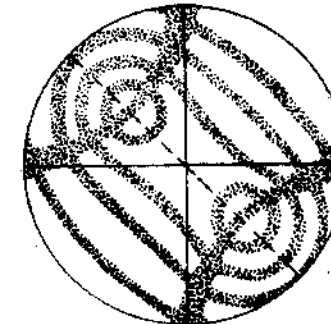
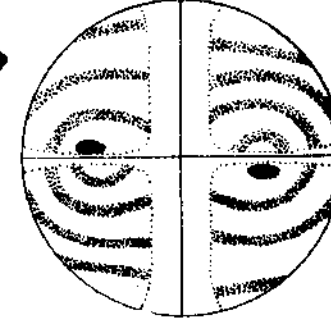
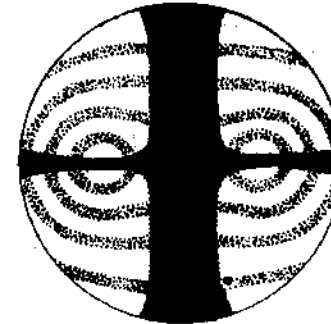
ÇOE'li optik pozitif bir mineralin dar açı ortayına dik kesitte $\lambda/4$ yardımcı lamelinin etkisi

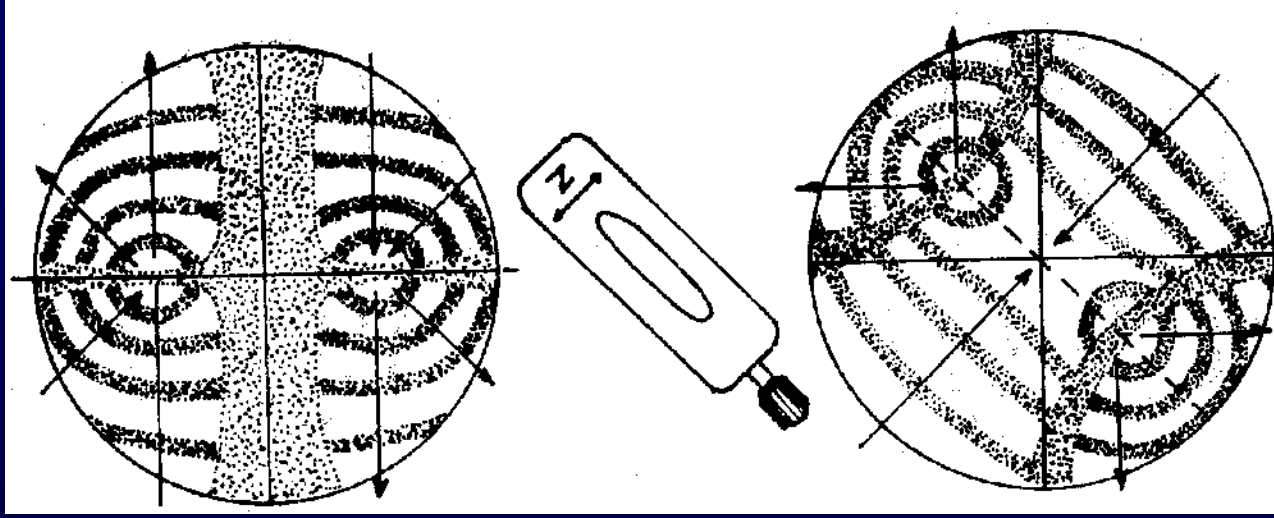


A



B

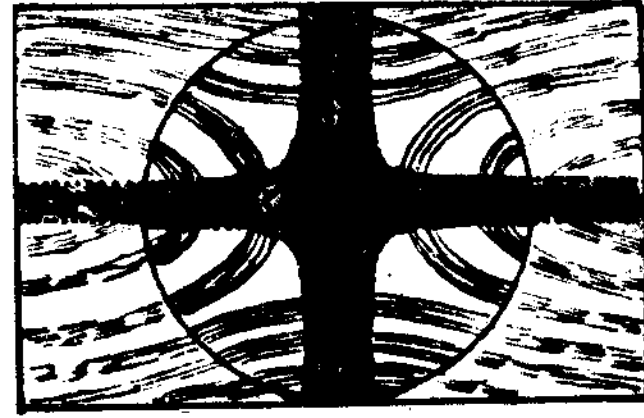
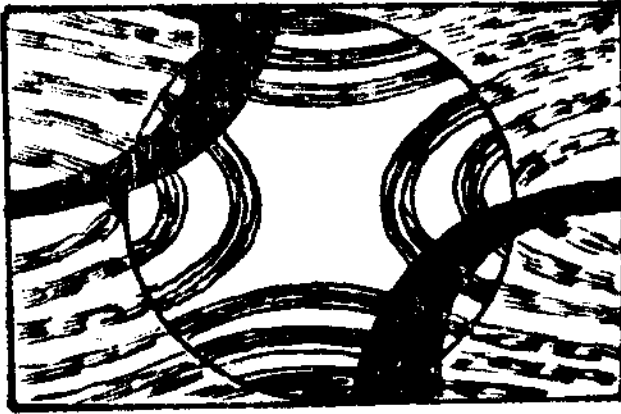




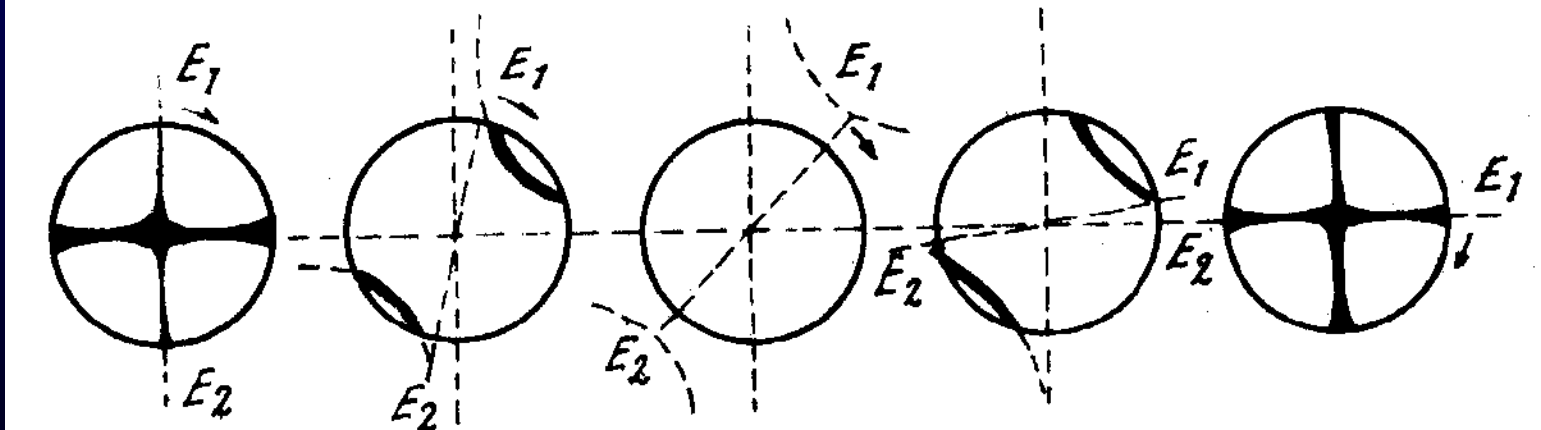
ÇOE'li optik pozitif bir mineralin dar açı ortayına dik bir girişim şeklinde kuvars kaması kullanıldığında izokromatik eğrilerin hareket şekli.

4) ÇOE Minerallerde Optik Eksenler Geniş Açılı Ortayına Dik Kesitlerin Konoskopik Özellikleri ve Optik İşaret Tayini

- Optik eksenler geniş açılı ortayına dik kesitlerin konoskopik girişim şeklinde iki izojir gözlenir ve optik düzlem nikollerin birinin titreşim istikameti ile çıkışığında haç oluşturur. Mikroskop tablasının çok hafif çevrilmesiyle haç iki hiperbol koluna ayrılır. Tabla çevrilmeye devam edilirse izojirler görüntü alanının dışına çıkar.
- Geniş açılı ortayına dik kesitleri dar açılı ortayına dik kesitlerden ayıran en önemli özellik, geniş açılı ortayına dik kesitlerde haç durumundan itibaren izojirlerin ayrılarak görüntü alanını terk etmeleri daha çabuk gerçekleşir.
- Bu kesitlerde optik işaret tayini daha fazla deneyim ve dikkat gerektirir. Dar açılı ortayına dik kesitler için belirtilen hususlar ters olarak bu tür kesitlere uygulanır. Örneğin dar açılı ortayına dik kesitlerde pozitif mineral için verilen λ ve $\lambda/4$ lamellerinin etkileri, geniş açılı ortayına dik kesitlerde negatif mineraller için geçerli olacaktır.



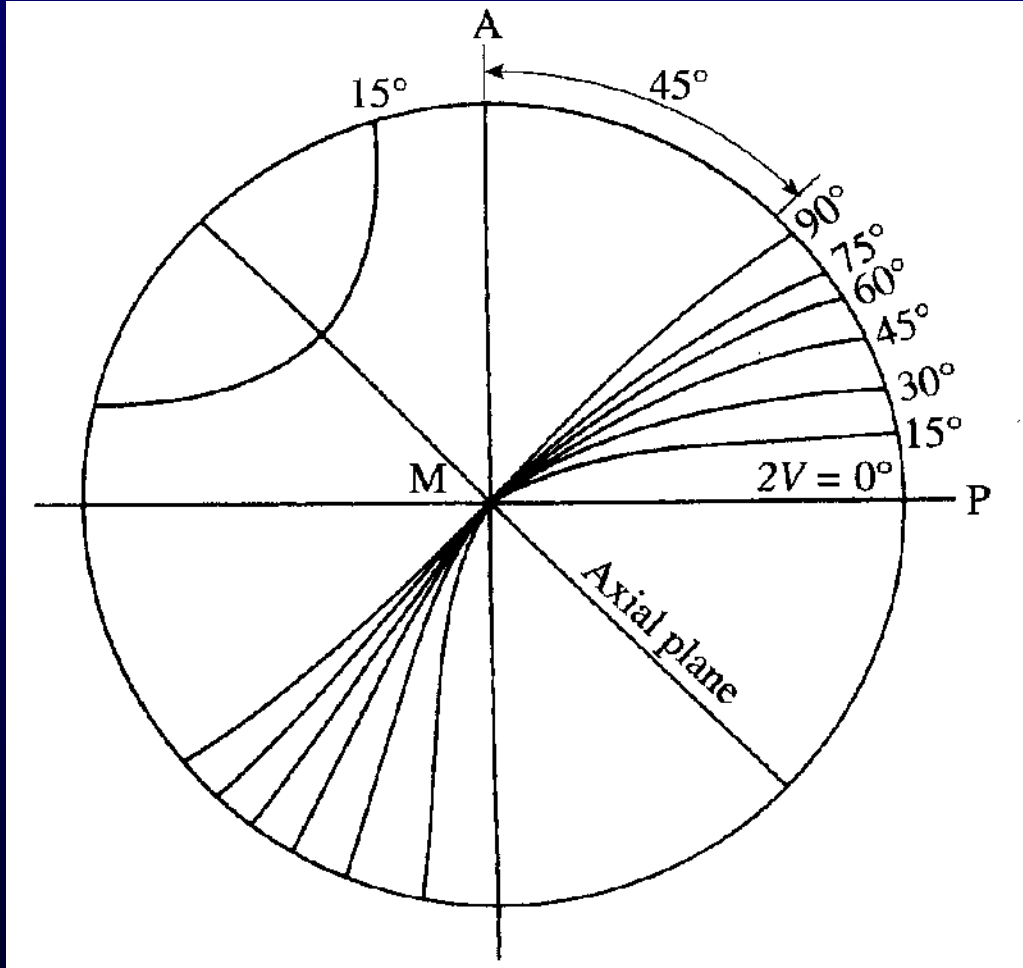
ÇOE'li minerallerde geniş açı ortaya dik kesitlerde izojir ve izokromatik eğrilerin görünümü.



ÇOE'li minerallerde geniş açı ortaya dik kesitlerde mikroskop tablasının 90° çevrilmesiyle girişim şekillerin yer değiştirmesi.

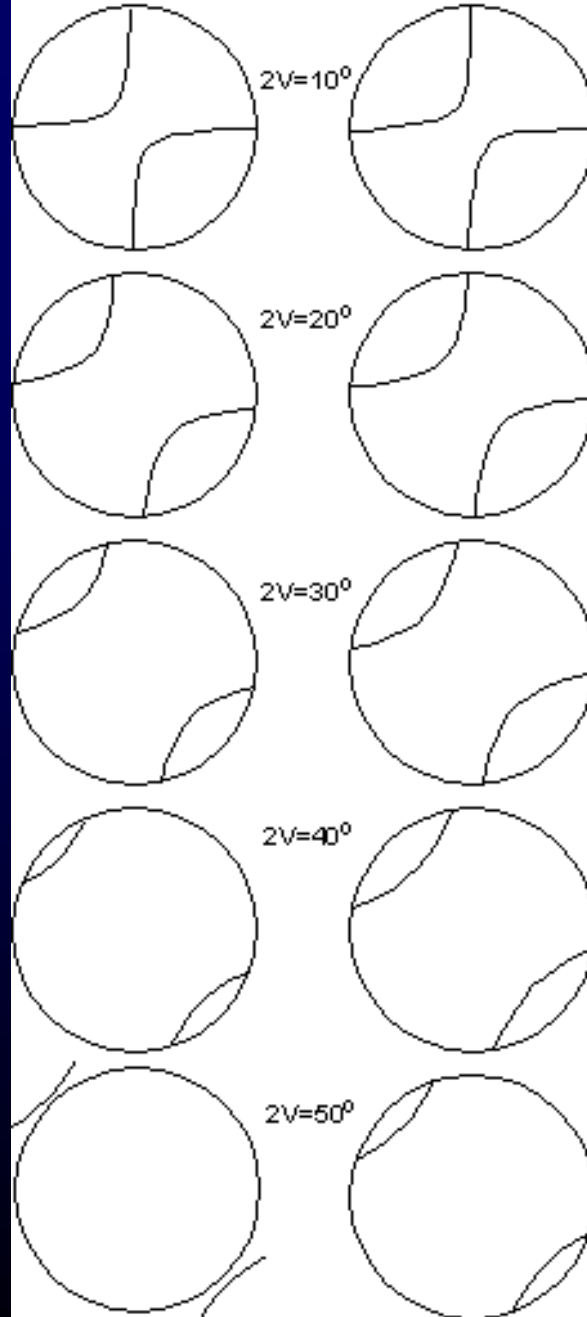
Gerçek (hakiki) ve Zahiri Optik Açılar

- ÇOE'li minerallerde optik eksenler arasındaki açıya optik açı veya $2V$ açısı denir. $2V$ açısının kesin belirlenmesi ancak kristalin üç yöndeki kırma indisinin (Z, Y, X) bilinmesi ile mümkün olabilir.
- $2V$ açısının yaklaşık tayini, optik eksenler dar açı ortayına dik veya optik eksenlerden birine dik kesitlerin konoskopik girişim şeklinden faydalanılarak yapılabilir.
- Optik eksenlerden birine dik kesitlerin konoskopik girişim şeklinde oluşan izojirlerin maksimum bükülme derecesi az miktarda, mineralin ortalama kırma indisıyla değişmekte birlikte esasında $2V$ açısının bir fonksiyonudur. Böylece $2V$ açısının büyüklüğü tayin etmek mümkün olmaktadır.
- Örneğin ortalama kırma indisi 1.60 olan minerallerde değişik $2V$ açıları ele alınırsa; $2V=0^\circ$ için siyah iki haç vardır. $2V=15^\circ$ için kesitin dik olduğu optik eksen merkezden geçerken değeri görüntü alanındaki zıt kadranda gözlenir. $2V$ açısı büyüdükçe izojir düzleşir ve $2V=90^\circ$ için düz bir çizgi halini alır.



Farklı optik eksen açıları ($2V$) için izojirlerin konumunu gösteren üst üste çakıştırılmış girişim şekilleri. Optik eksen açısı, izojirlerin eğiminden belirlenebilir.

N.A. = 0.65 $\beta = 1.60$ N.A. = 0.85



Optik eksenler dar açı ortayına dik kesitlerin konoskopik girişim şeklinde, objektifin sayısal açıklığının (N.A.) 0.65 ve 0.85, kırılma indisinin (β) 1.60 olması ve farklı $2V$ açılara göre izojirlerin konumu