



T.C.
Ankara Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü



JEM 220 OPTİK MİNERALOJİ DERSİ

Dr. Öğr. Üyesi Kıymet DENİZ

2020-2021 Bahar Dönemi

Bu ders notlarının hazırlanmasında Erkan (2007), Mefail Yenyol'un sunumlarından ve Mineraloji kitabından ve Kadioğlu ve Karakaş'ın ders notlarından yararlanılmıştır.

2020-2021 BAHAR DÖNEMİ PROGRAMI

Hafta	Tarih	Konu
1	22/02/2021	Genel Ders Tanıtımı, Dersin Amacı ve İnce Kesit Yapımı
2	01/03/2021	Genel Bilgiler, Işık, Yansıma, Kırılma, Kırılma İndisi, Polarize Işık, Mikroskop tanımı, Polarizan Mikroskop ve özellikleri, Mikroskop Kullanımı, Minerallerin Optik Özellikleri Opak, İzotropi, Anizotropi, Mineral, Kristal Şekli, Tane Biçimi
3	08/03/2021	Tek Nikolde belirlenen optik Özellikler, Dilinim, Renk, Pleokroizma, Optik engebe (Rölyef), Becke Çizgisi.
4	15/03/2021	Çift Nikolde belirlenen optik Özellikler, Sönme, Girişim rengi- Çift kırma, Uzanım, Yavaş ve hızlı ışınların titreşim yönlerinin belirlenmesi. Tek ve Çift Optik eksenli mineraller
5	22/03/2021	Tek optik eksenli minerallerin optik şekli ve işareti
6	29/03/2021	Çift optik eksenli minerallerin optik şekli ve işareti, Çift optik eksenli minerallerde 2V açısı ve genel tekrar.
7	05/04/2021	İzotrop minerallerin mikroskopta tayin edilmesi ve optik özellikleri, Granat Grubu, Florit, Sodalit Grubu (Nozeyan, Sodalit), Volkan Camı, Analsim, Lösit
8	12/04/2021	Vize Haftası
9	19/04/2021	İzotrop minerallerin mikroskopta tayin edilmesi ve optik özellikleri, Kuvars, Nefelin, Kankrinit grubu, Alkali Feldispat grubu (Mikroclin Ortoklaz, Sanidin), Plajiyoklaz grubu, Michel-Levy Tablosu, Pseudolösit
10	26/04/2021	Mafik minerallerin mikroskopta tayin edilmesi ve optik özellikleri, Amfibol grubu, Piroksen grubu, olivin grubu
11	03/05/2021	Mafik minerallerin mikroskopta tayin edilmesi ve optik özellikleri, Mika grubu (Biyotit, Muskovit), Epidot grubu, Klorit, Kloritoyid, Talk, Serpantin grubu
12	10/05/2021	Metamorfik minerallerin mikroskopta tayin edilmesi ve optik özellikleri, Lavsonit, Disten (Kyanit), Sillimanit, Stavrolit, Andaluzit, Kordiyerit, Skapolit
13	17/05/2021	Aksesuar minerallerin mikroskopta tayin edilmesi ve optik özellikleri, Apatit, Turmalin, Zirkon, Titanit (Sfen), Ortit, Ruby (Yakut), Beril, Topaz
14	24/05/2021	Karbonat, sülfat, zeolit grubu minerallerin mikroskopta tayin edilmesi ve optik özellikleri, Kalsit, Dolomit, Aragonit, Barit, Sölestin, Zeolit Grubu GENEL TEKRAR

MİNERALLERİN OPTİK ÖZELLİKLERİNİN MİKROSKOPTA SAPTANDIĞI KONUMLAR

1. Ortoskopik Konum: Polarizörden gelen ışık birbirine yaklaşık paralel bir ışık demeti şeklindedir. Bu ışık demeti polarizörün üst kısmında bulunan mercek sisteminden geçerek analizöre gelecektir. İncelenen mineralin izotrop olması halinde ışık analizörde yok edilecek ve mineral siyah görünecektir. Mineral anizotrop ise ışık analizörden geçecek ve mineral görülebilecektir. Mineralin amacına göre büyütülerek tek ve çift nikollerde incelendiği konumdur. Ortoskopik incelemelerde Bertrand merceği ve toplayıcı mercek devre dışı olmalıdır.

a) Tek (Paralel) Nikol

- Kristal Şekli
- Kristal Biçimi
- Renk
- Pleokroizma
- Röliyef ve Becke Çizgisi
- Dilinim ve Dilinim açısı
- Alterasyon
-

b) Çift (Çapraz) Nikol

- Kristal Şekli
- Kristal Biçimi
- Girişim Rengi
- İkizlenme
- Sönme ve sönme açısı
- Dilinim ve dilinim açısı
- Alterasyon
- Uzanım İşareti

2. **Konoskopik Konum:** Işığı yoğunlaştırıcı mercek devreye sokularak incekesit üzerinde birbiri ile keşişen bir ışık konisi gönderilir ve mineralin optik şekline ait değişik özellikler ayrıntılı olarak incelenir. Bertrand merceği ve toplayıcı mercek devrede olmalıdır.
- Optik eksen
 - Optik İşaret
 - $2V$ açısı

İZOTROP VE ANİZOTROP MİNERALLER

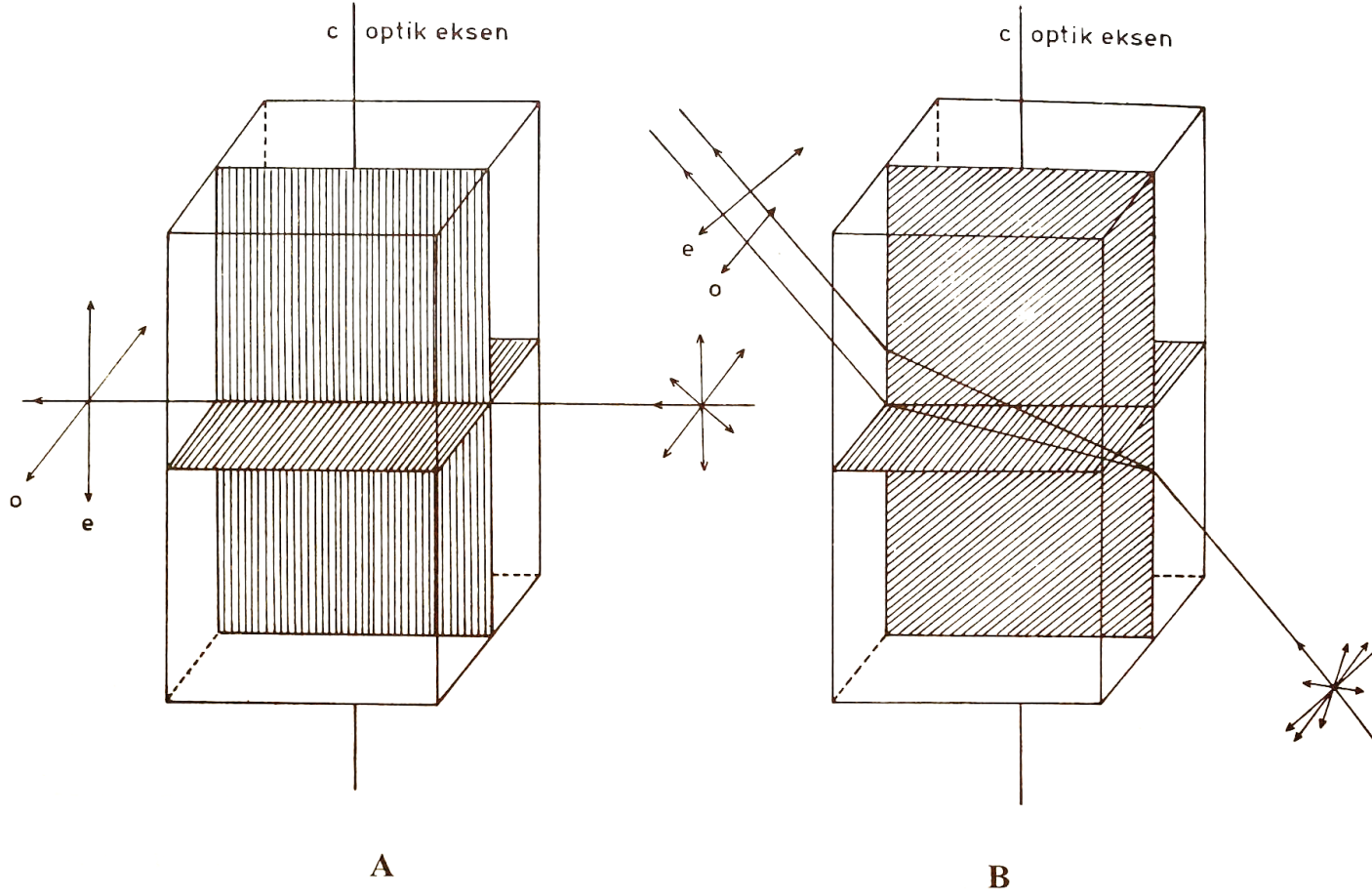
Mikroskop tablası çevrildiğinde tamamen karanlık konumda kalan mineraller **izotrop mineraller** olarak adlandırılmıştı. Kübik sistemde kristalleşen bütün mineraller ve amorf olan cam, kanadabalzamu, araldit gibi ince kesit yapımında kullanılan yapıştırıcılar bu özelliği göstermektedir.

Bahsi geçen minerallerin dışında kalan mineraller çift nikol arasında ışığı geçirirler ve **anizotrop mineraller** olarak adlandırılırlar. Anizotrop bir minerali geçen ışık demeti, birbirine dik konumda bulunan iki düzlem içinde titreşen iki ışık demetine ayrılır. Kalsit kristali ile kağıt üzerindeki bir noktaya bakıldığı zaman bunun iki nokta olarak görüldüğü ve kristal çevrildiğinde görüntülerden birinin sabit kaldığı (olağan veya ordiner ışık) diğerinin ise bunun çevresinde döndüğü olağanüstü veya ekstraordiner ışık) gözlenir.

Anizotrop mineraller **tek optik eksenli** veya **çift optik eksenli** mineraller olmak üzere iki grup altında toplanır.

Tek optik eksenli mineraller **hekzagonal ve tetragonal** sistemde, **çift optik eksenli** olan mineraller ise **ortorombik, monoklinik ve triklinik** sistemlerde kristalleşir.

TEK OPTİK EKSENLİ MİNERALLER



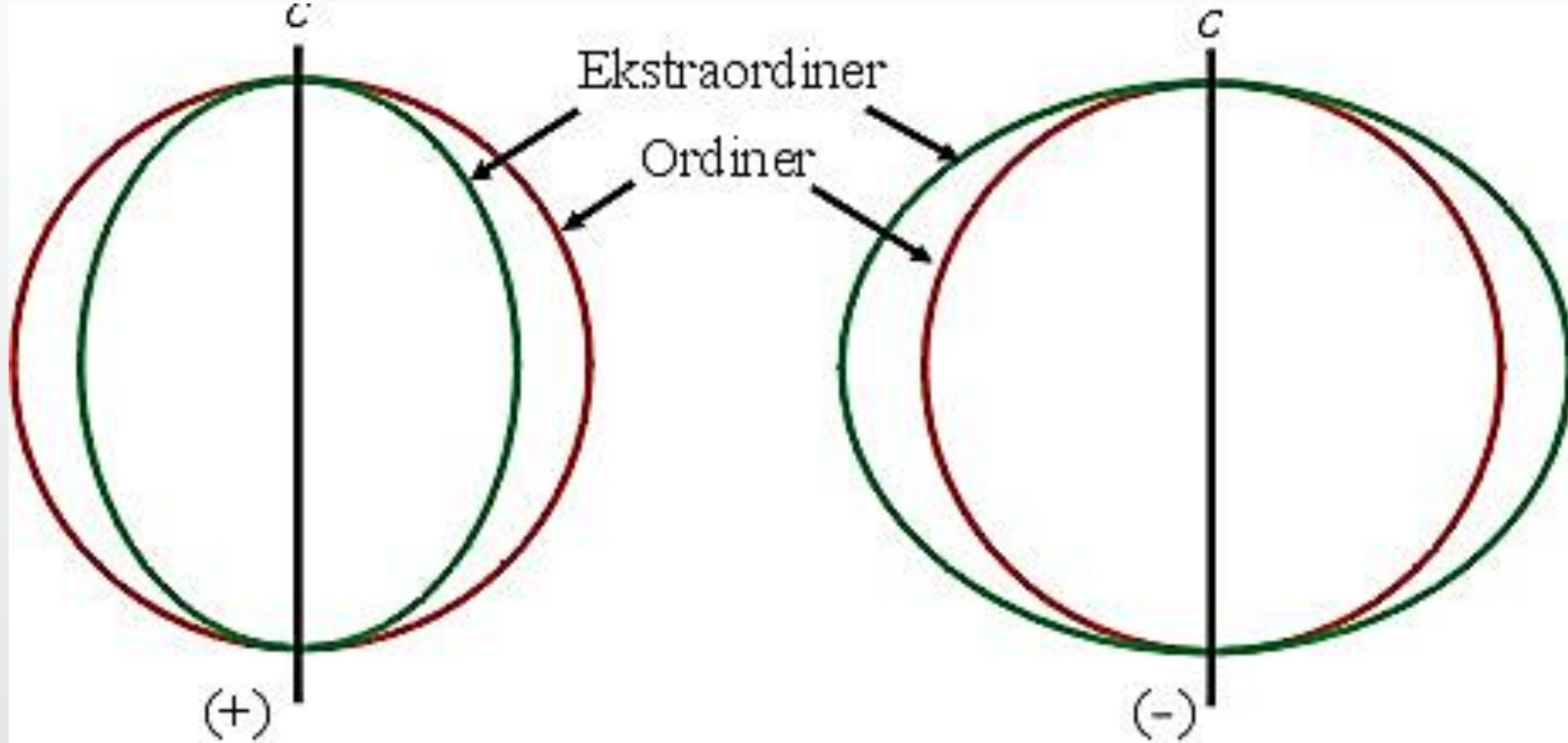
Anizotrop bir minerali geçen ışık demeti, birbirine dik konumda bulunan iki düzlem içinde titreşen iki ışık demetine ayrılır.

Kalsit kristali ile kağıt üzerindeki bir noktaya bakıldığı zaman bunun iki nokta olarak görüldüğü ve kristal çevrildiğinde görüntülerden birinin sabit kaldığı (olağan veya ordiner ışık) diğerinin ise bunun çevresinde döndüğü olağanüstü veya ekstraordiner ışık) gözlenir.

A- Prizma yüzeyine dik olarak düşen ışık çift kırılmaya uğramadan birbirine dik iki düzlem içinde titreşen iki polarize ışık halinde mineralden geçer
B-Prizma yüzeyine eğik olarak düşen ışık çift kırılmaya uğrayarak aynı şekilde iki polarize ışık halinde minerali terkeder
(o=olağan ışık, e= olağanüstü ışık)

TEK OPTİK EKSENLİ MİNERALLER

Tek eksenli kristallerde ışın hızlarının geometrik yüzeyleri

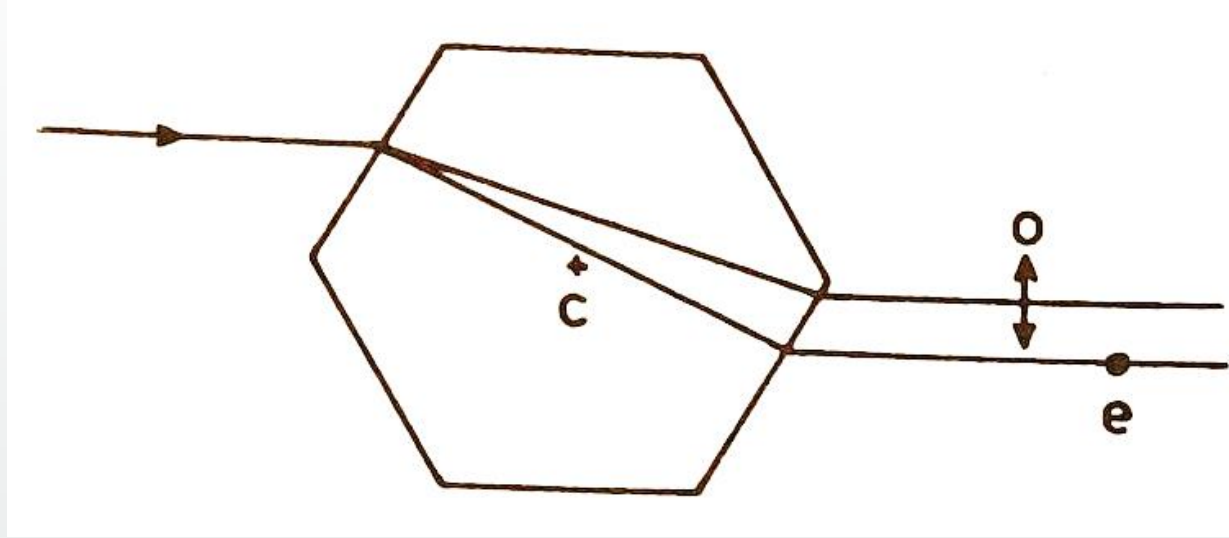


Optik tek eksenli kristaller, *pozitif* ve *negatif* olmak üzere ikiye ayrılırlar

+ kristaller $O > E$

- kristaller $O < E$

TEK OPTİK EKSENLİ MİNERALLERDE OPTİK İŞARET



Şekilde bazis yüzeyi görülen tek optik eksenli bir mineralin prizma yüzeyine eğik olarak düşen ışık çift kırılmaya uğrayarak birbirine dik iki düzlem içinde titreşen iki polarize ışık halinde minerali terk etmektedir.

$n_o < n_e$ ise mineralin optik işareti pozitif

$n_o > n_e$ ise mineralin optik işareti negatiftir

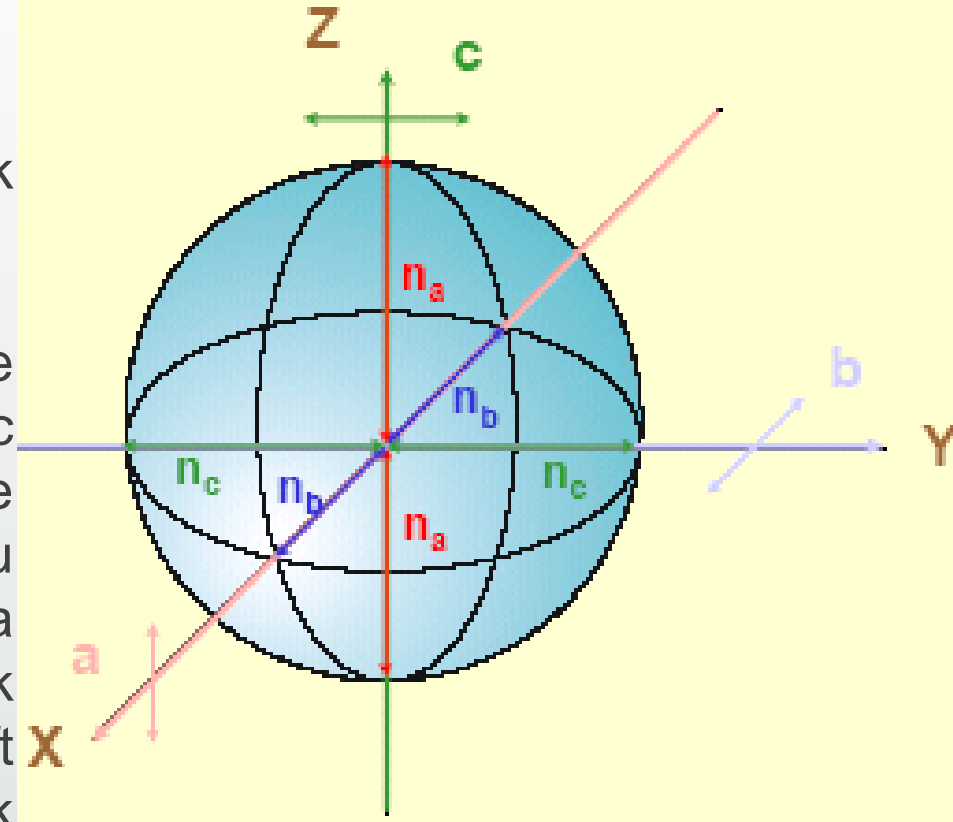
TEK OPTİK EKSENLİ MİNERALLER

Bu mineraller c kristal ekseni ile çakışan tek optik eksene sahiptir.

Optik eksen; ışığın mineralden çift kırılmaya uğramadan geçtiği yön olarak tanımlanmaktadır.

Işığın titreşim düzlemi optik eksene dik yöndedir ve bu yöndeki ışık kırma indisine olağan (ordiner) ışık kırma indisi (n_o) denir.

Tek optik eksenli minerallerin prizma yüzeyine veya optik eksenine paralel kesilmiş bir levhası üzerine dik olarak düşen ışık, biri c eksenine dik ve diğeri c eksenine paralel yönde titreşen iki bileşene ayrılır. c eksenine paralel titreşen bileşen olağanüstü ışıktır ve bu yöndeki ışık kırma indisine olağanüstü (ekstraordiner) ışık kırma indisi (n_e) denir. Bu durumda ışık prizma yüzeyine dik olarak düşmesi ile çift kırılmaya uğramaz. Ancak eğik olarak düşerse çift kırılmaya uğrar ve durumda olağan ve olağanüstü ışıklar değişik yollar izleyerek kristali geçer. Burada olağan ışık bazis yüzeyinde yani optik eksenine içine alan bir düzlem içinde ve ışığın geliş yönüne dik olarak titreşir. Bu ışığa ait ışık kırma indisi, olağan ve olağanüstü ışıkların ışık kırma indisleri arasında bir değere sahiptir.



İzotropik indikatriks

TEK OPTİK EKSENLİ MİNERALLER

Tek optik eksenli minerallerde iki ışığın farklı hızlarda olması nedeniyle tek eksenli kristallerde iki kırılma indisi (indikatriks) vardır:

Bunlar ϵ ve ω dir.

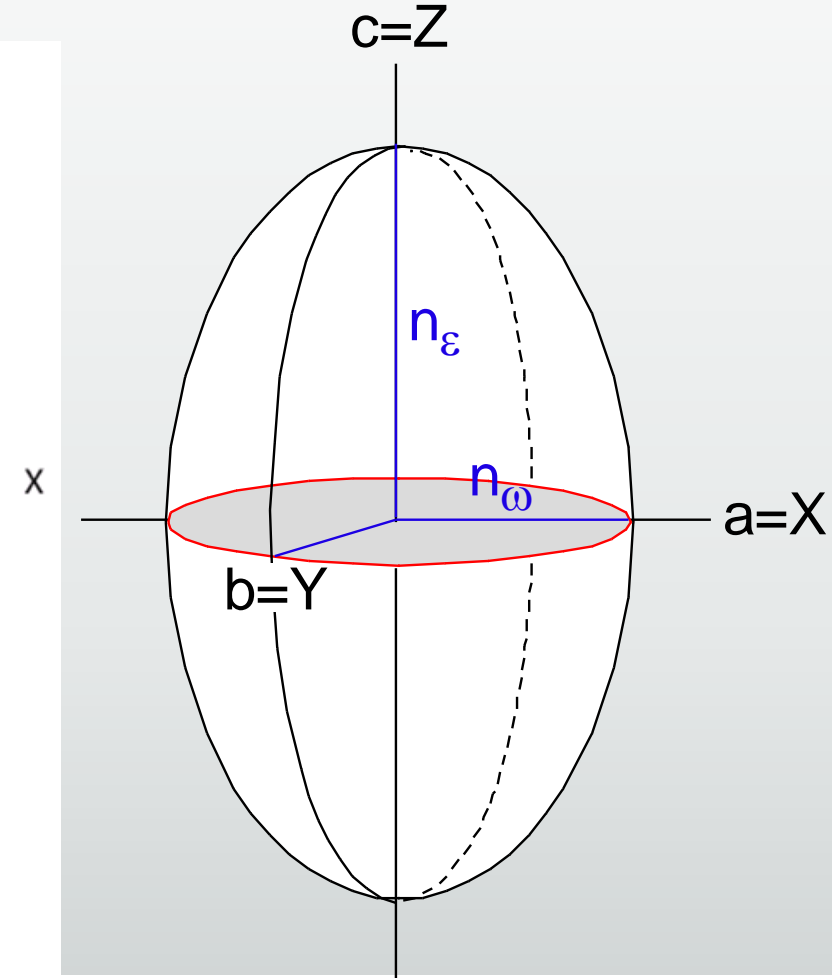
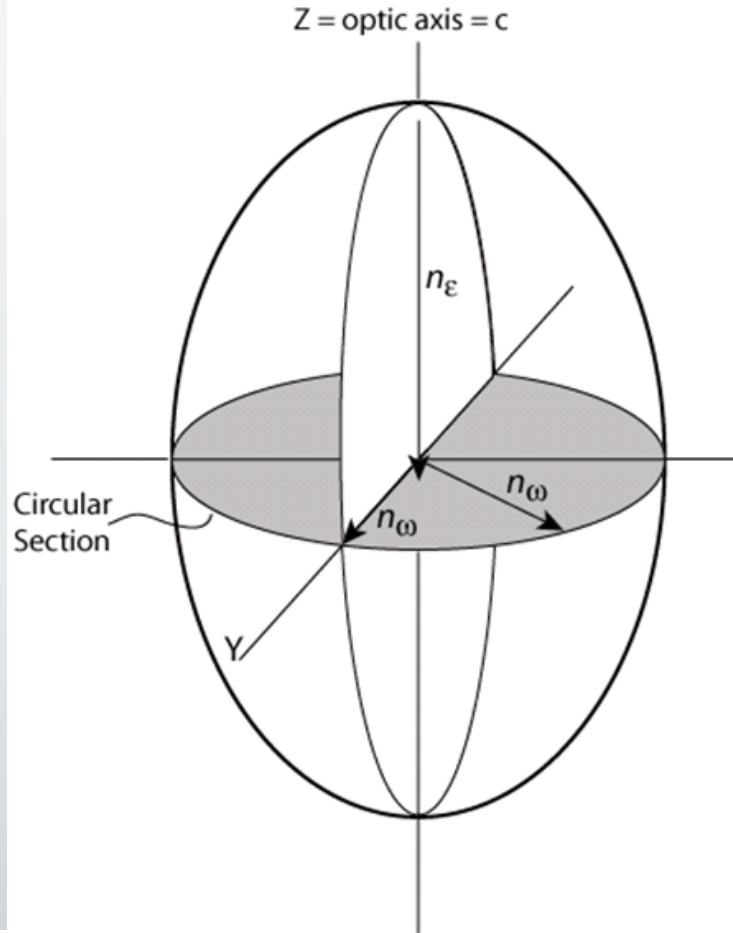
ϵ ve ω yönleri birbirine dik olup ϵ daima c kristalografik eksen yönü ile çakışmıştır.

Işık iki eksenli bir elipsoid oluşturur.

Bu eksenlerden bir tanesi ϵ diğeri de ω .

Elipsoidte ω daima sabit olup yeri bir küredir.

ϵ ise değişkendir.

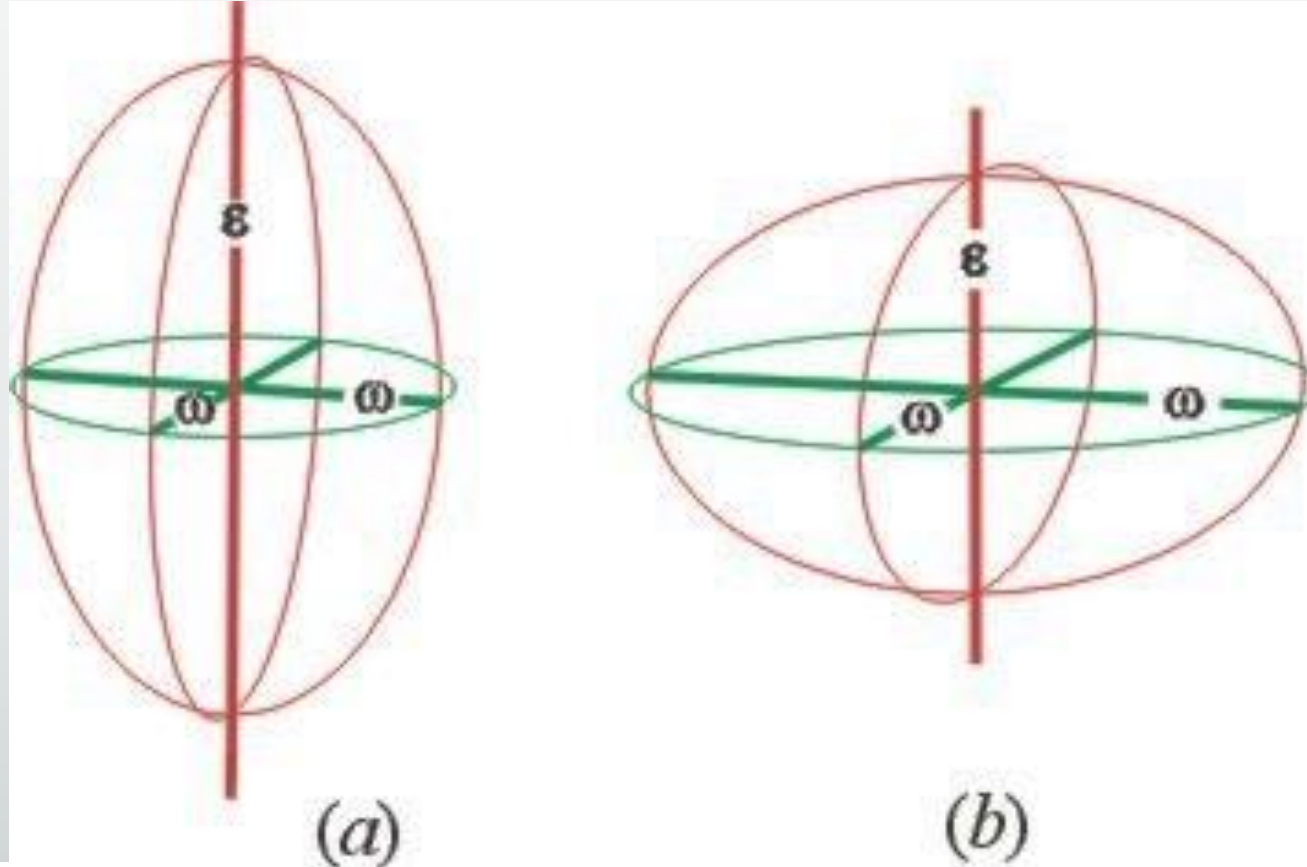


TEK OPTİK EKSENLİ MİNERALLERDE OPTİK İNDİKATRİKS

Tek eksenli indikatriks, kırılma indisi ile kristal içinde yayılan ışığın titreşim yönleri arasındaki ilişkiyi gözlemlemeye yarar.

İndikatriksi meydana getirmek için; kırılma indisleri ışınların titreşim yönleri üzerine işlenir.

- + kristallerde *uzamış bir dönelel elipsoit*,
- kristallerde *basık bir dönelel elipsoittir*.



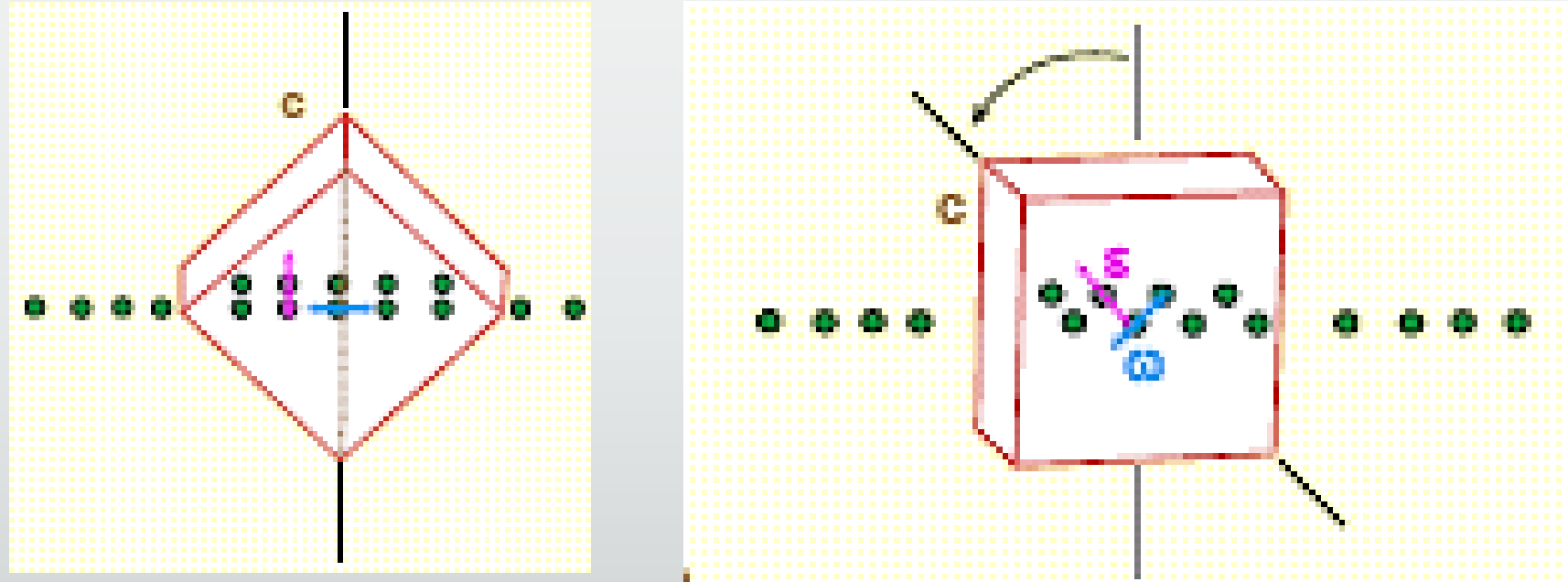
TEK OPTİK EKSENLİ MİNERALLER

Sabit görüntüye ait ışın **olağan (=ordiner)** ışın olarak anılır ve izotrop bir mineral bünyesindeymiş gibi davranır. Simgesi **OMEGA (ω)** dır.

Hareket eden görüntüye ait ışın olağandışı (**ekstraordiner**) olarak adlanır. Simgesi **EPSİLON (ϵ)** dır (Şekil 17).

Olağan ışının titreşim yönü c-eksenine diktir.

Olağandışı ışın olağan ışına dik yönde ve c-ekseni üzerindeki düzlemde titreşir.



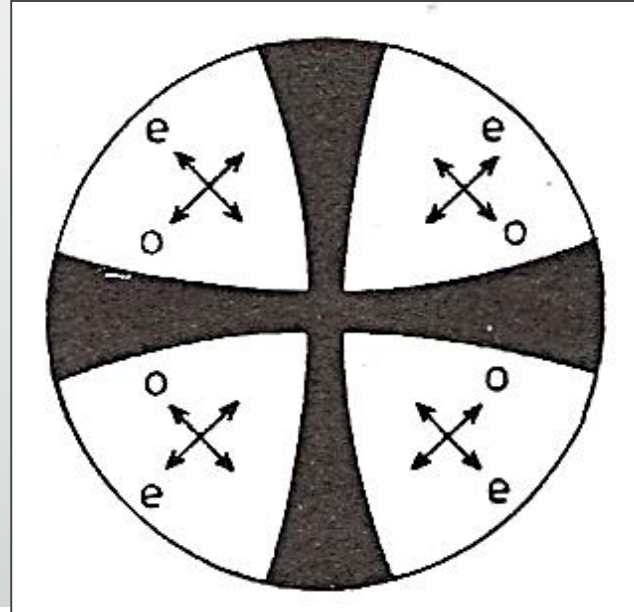
Kalsit romboederinde hızlı (ϵ) ve yavaş (ω) ışın

**Bir kristalde;
 ω , optik eksene (c ekseni)
dik bir kesitte;
 ϵ optik eksene (c ekseni)
paralel bir kesitte ölçülebilir.**

OPTİK ŞEKLİN İNCELENMESİ

Bir mineralin optik Şekli mineral kesitinin çift nikol arasında yüksek büyütmeli objektif, kuvvetli konverjen beyaz ışık ve Bertrand merceği ile incelenmesi sonucu elde edilir.

Tek optik eksenli minerallerin bütün kesitleri aynı optik Şekli verirler. Fakat tanımlamada en yararlı olan Şekil optik eksene dik veya yaklaşık dik olan kesitlerden elde edilir. Bu tip kesitler çift nikol arasında mikroskop tablası çevrilirken her durumda snme veya hemen hemen snme durumunda kalmaları ile kolayca ayırt edilebilirler. Bu tip kesitlerde görülen optik Şekil siyah bir ha Őeklinindedir.

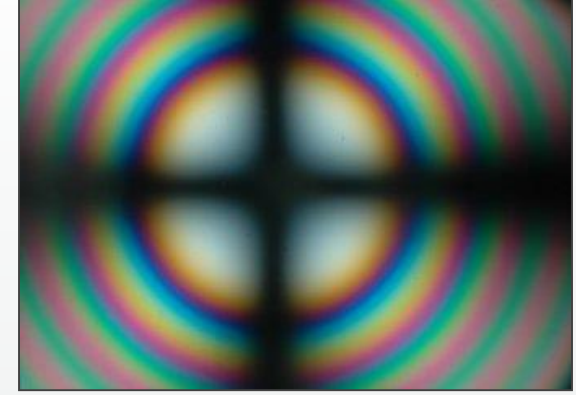


KONOSKOPIK İNCELEME → TEK OPTİK EKSENLİ MİNERALLER

Seçilen mineral tablanın merkezine getirilir

Mikroskop en yüksek büyütmeye alınır.

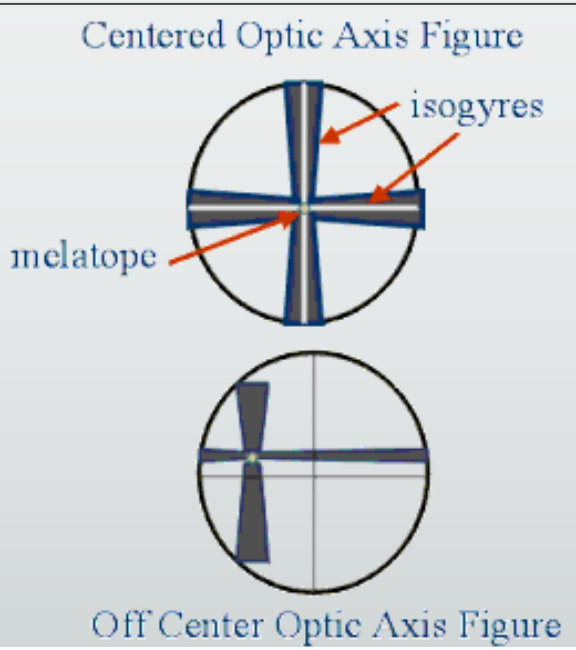
Analizör devreye sokulur



Kondansör merceği devreye sokulur

Bertrand merceği devreye sokulur.

Tabla döndürülerek melatopun ve izojirlerin konumu belirlenir.

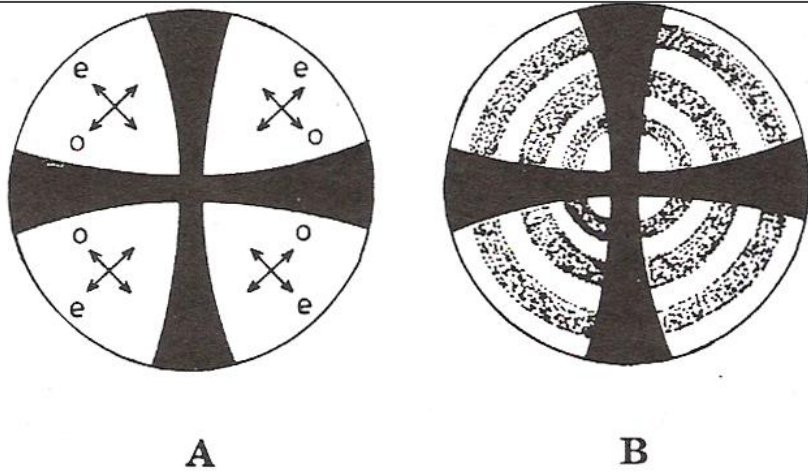


TEK OPTİK EKSENLİ MİNERALLER → OPTİK EKSENE DİK KESİTLER

Girişim rengi yüksek olan minerallerde siyah renkli haçın yanı sıra bir veya daha fazla veya çok sayıda renkli halkalar (izokromatlar) gözlenir.

Görülen siyah haç kondansörden çıkan, titreşim yönleri nikolün titreşim yönüne paralel olan ve dolayısı ile yok edilen diverjan ışınların yerlerine karşı gelir.

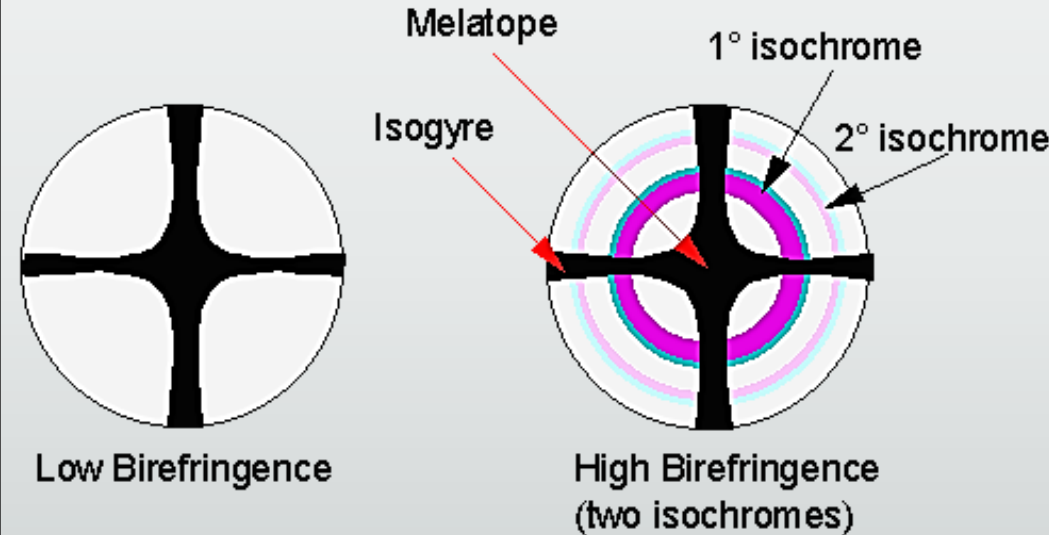
Haçın kolları arasında kalan yerlerde ise kondansörden gelen ışık, biri radyal ve optik eksen ile aynı düzlemde, diğeri ise buna dik yönde titreşen iki ışığa ayrılır. Bunlar mineral levhası eğik bir şekilde geçerken eğim açısına ve mineralin çift kırma değerine bağlı olarak aralarında bir faz farkı gelişir. Bu birbirlerine dik yöndeki titreşimlerin analizörde girişimi ile girişim renkleri oluşur ve bu renkler halkalar şeklinde bir dizilim gösterirler. Aynı faz farkına sahip olan ışınlar aynı halka üzerinde bulunurlar.



Tek optik eksenli minerallerin optik eksene dik olan kesitlerinde görülen optik şekil;

- A** *Optik işareti pozitif ve çift kırması zayıf olan mineraller,*
B *Çift kırması kuvvetli olan mineraller,*

UNIAXIAL INTERFERENCE FIGURE



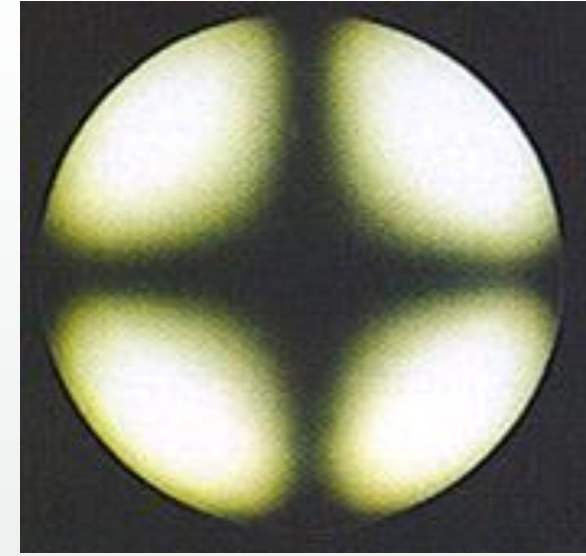
TEK OPTİK EKSENİN MİNİNERALLER → OPTİK EKSENE DİK KESİTLER

Kesit optik eksene dik veya dike çok yakındır.

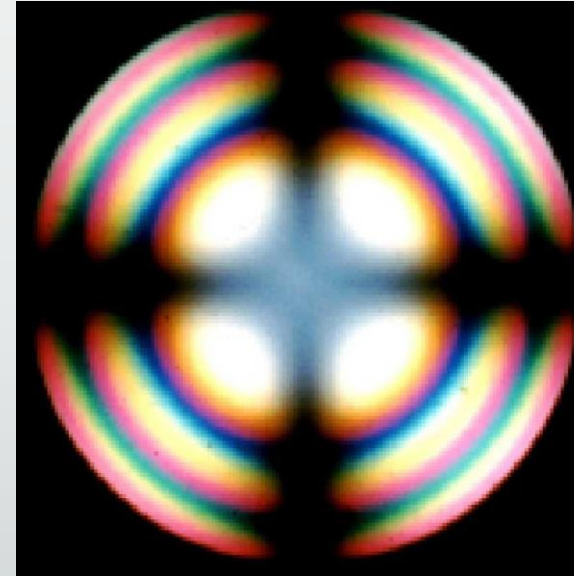
Bu durumda konoskopik görüntü merkezi bir haçtır.

Mikroskop tablası döndürüldüğünde haçın merkezi, mikroskop merkezi ile daima çakışıktır.

Optik eksen oluşan haçın tam merkezinden çıkmaktadır.

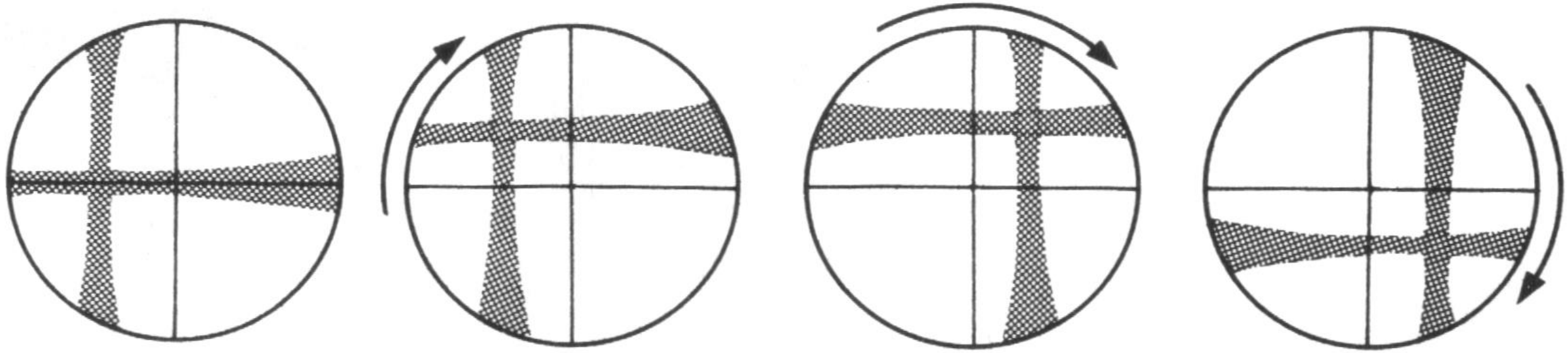


Çift kırma zayıf



Çift kırma kuvvetli

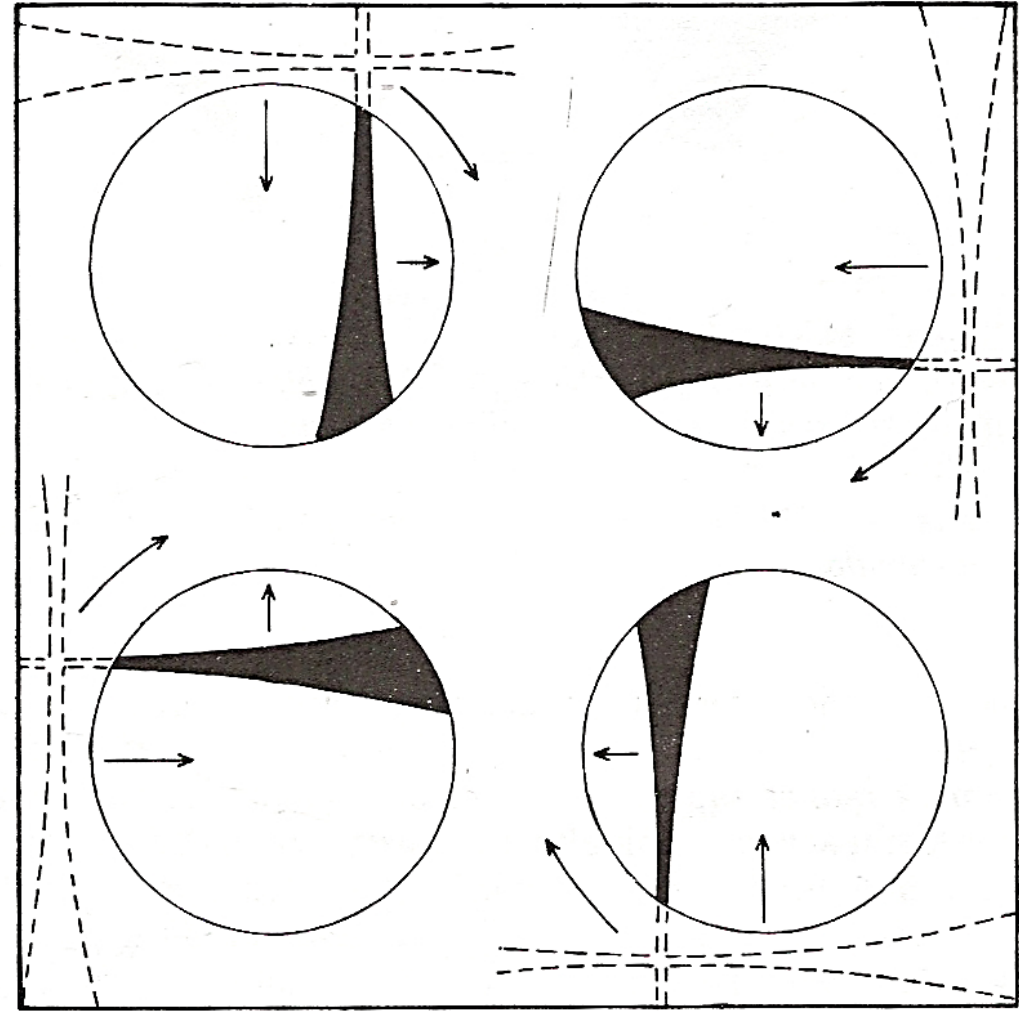
TEK OPTİK EKSENLİ MİNERALLER → OPTİK EKSENE DİKE YAKIN KESİTLER



TEK OPTİK EKSENLİ MİNERALLER → OPTİK EKSENE EĞİK OLAN KESİTLER

Eğer mineralin optik eksenini mikroskop eksenini ile tam olarak çakışmıyor ise haçın merkezi mikroskop görüş sahasının dışında yer alır. Mikroskop tablasının çevrilmesi ile haç da görüş sahası etrafında dönecek ve haçın kolları okülerdeki dik çizgilere daima paralel bir şekilde görüş alanına girecek veya görüş alanından çıkacaklardır.

Haçın merkezinin konumu kolların hareket yönünü gözlemek süreti ile kolayca ortaya çıkarılır.



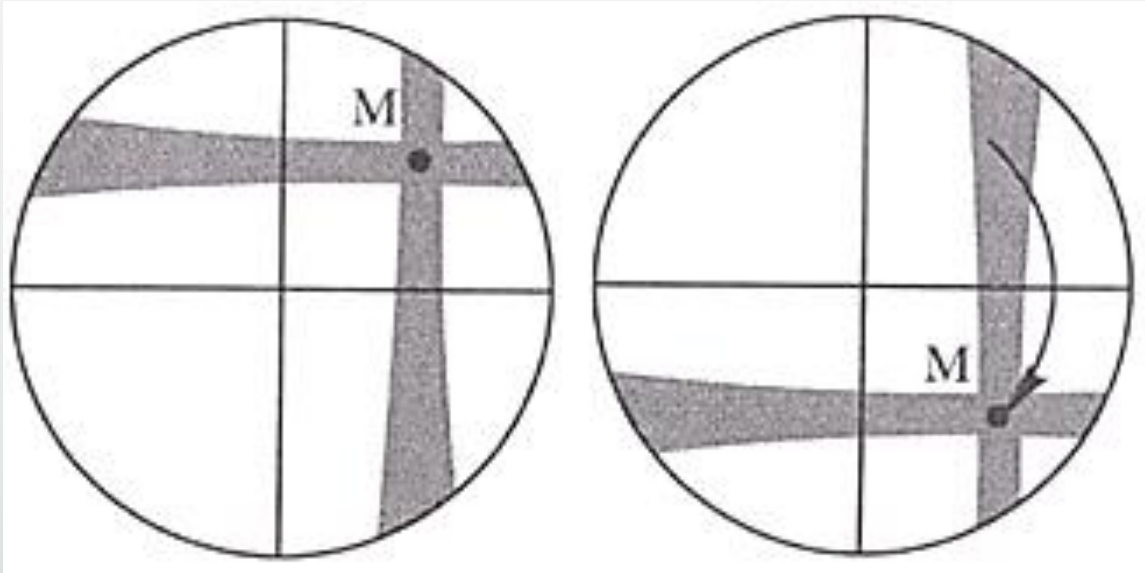
Tek optik eksenli minerallerin optik eksene eğik olan kesitlerinde görülen optik şekil; Görüş alanında tek bir haç kolu bulunur. Mikroskop tablası çevrildiğinde haçın merkezi çevrilme yönünde döner ve haçın kolları da okülerdeki dik çizgilere paralel bir şekilde hareket ederek görüş alanına girer veya görüş alanından çıkarlar.

TEK OPTİK EKSENLİ MİNERALLER → OPTİK EKSENE EĞİK OLAN KESİTLER

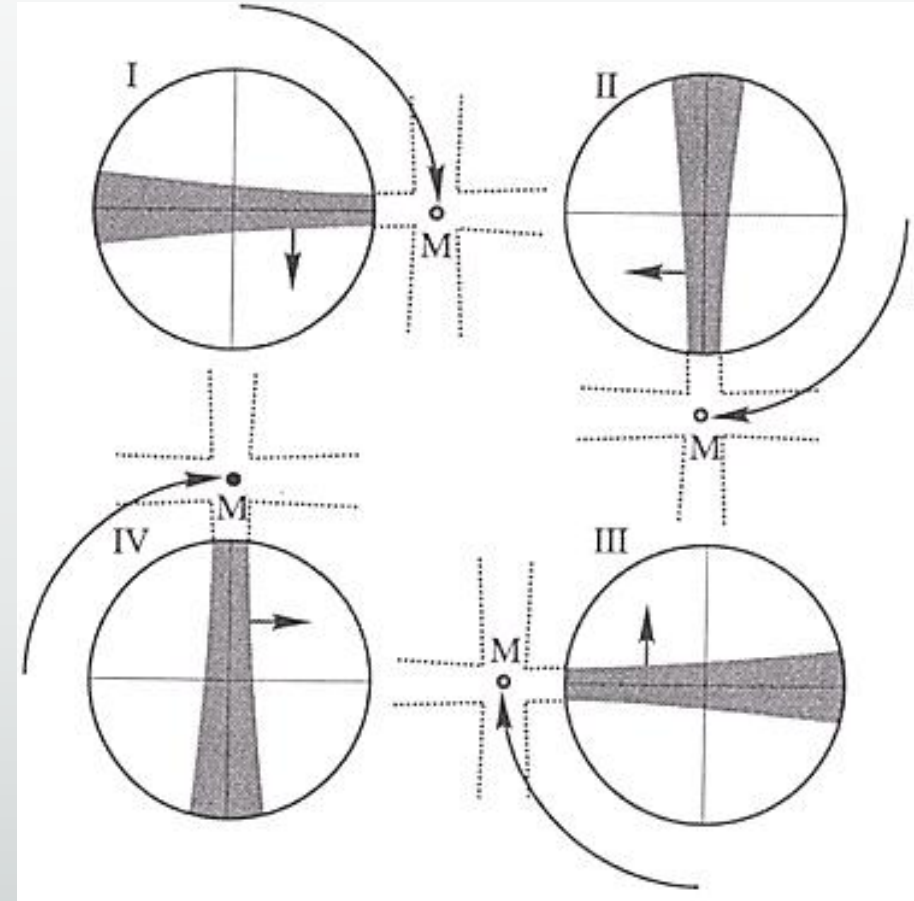
Kesit düzlemi optik eksen ile belirli bir açı yapmaktadır.

Bu durumda konoskopik görüntüde merkez mikroskop merkezi ile çakışmayan bir haç oluşturur.

Bu açını artmasına bağlı olarak haçın merkezden kaçma miktarı artar.



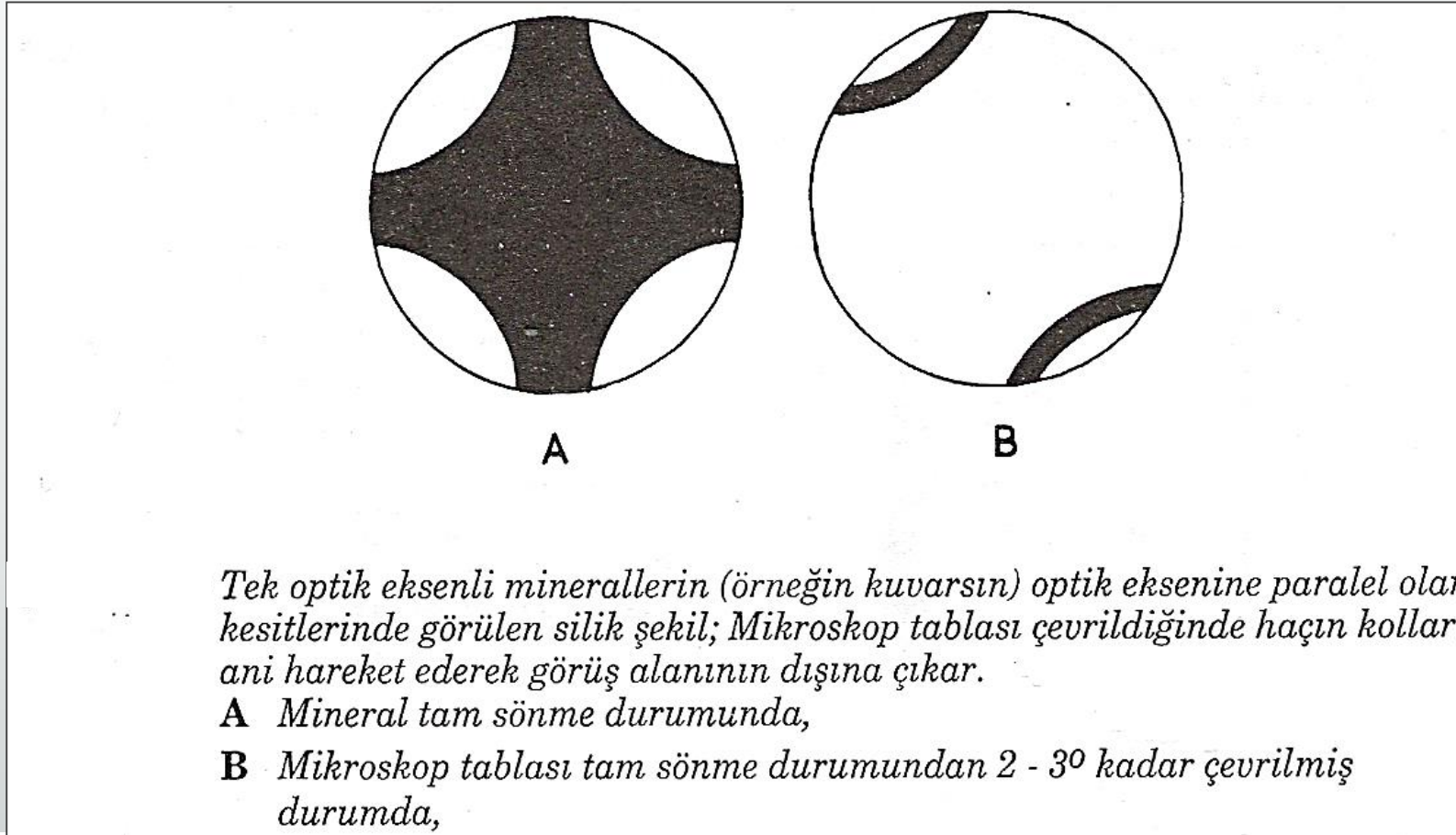
Merkezileşmemiş optik eksen şekli, melatop görüş alanı içerisinde



Merkezileşmemiş optik eksen şekli, melatop görüş alanı dışında

TEK OPTİK EKSENLİ MİNERALLER → OPTİK EKSENE PARALEL OLAN KESİTLER

Çok küçük bir çift kırma değerine sahip minerallerin normal kalınlıktaki ince kesitlerinde optik şekil belirgin bir haç görülemeyecek kadar geniş ve yaygın olabilir ve mikroskop görüş alanında yalnız haçın karanlık olan merkezi gözlenebilir.



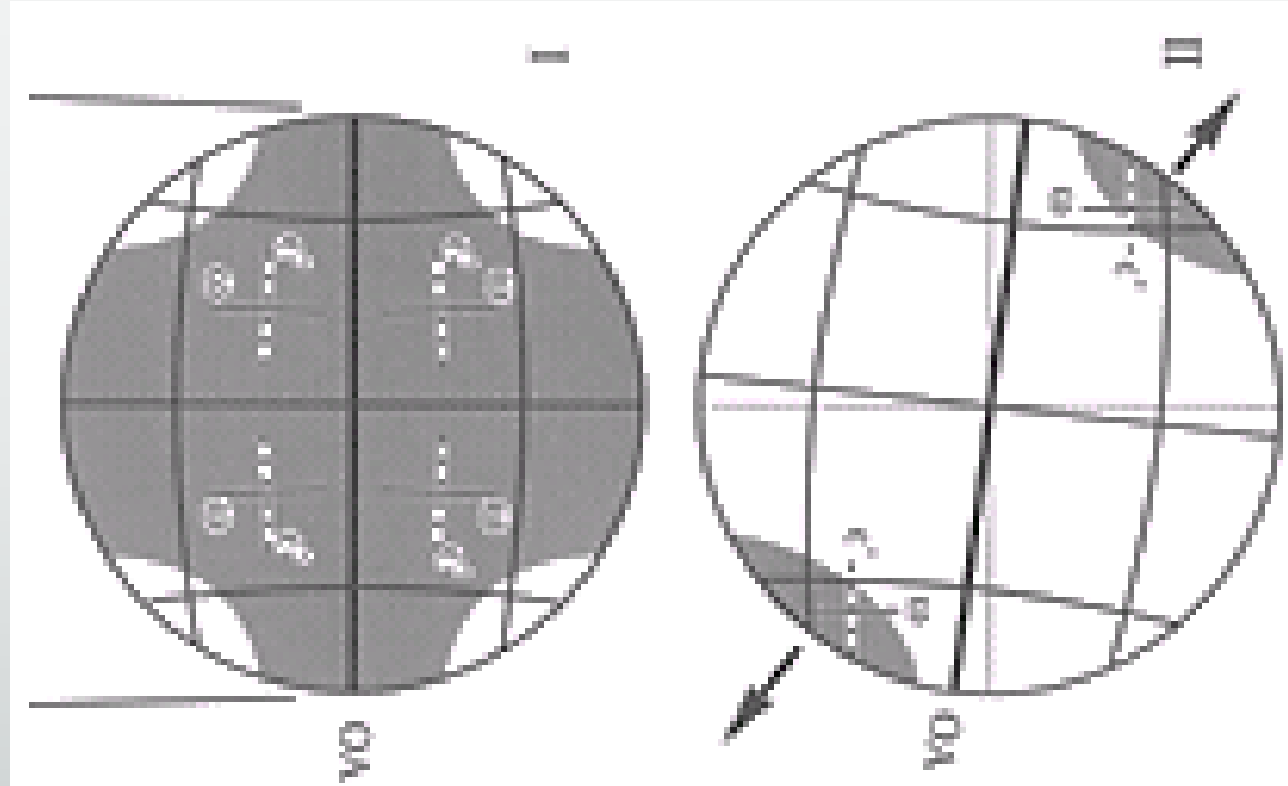
TEK OPTİK EKSENLİ MİNERALLER → OPTİK EKSENE PARALEL OLAN KESİTLER

Flaş figür

Kesit düzlemi optik düzleme paralel geçmiştir.

Optik eksen , c ekseni, ε ve ω mikroskop tablasını düzlemi ile çakışıktır.

Konoskopik pozisyonda büyük karanlık bir haç gözlenir.

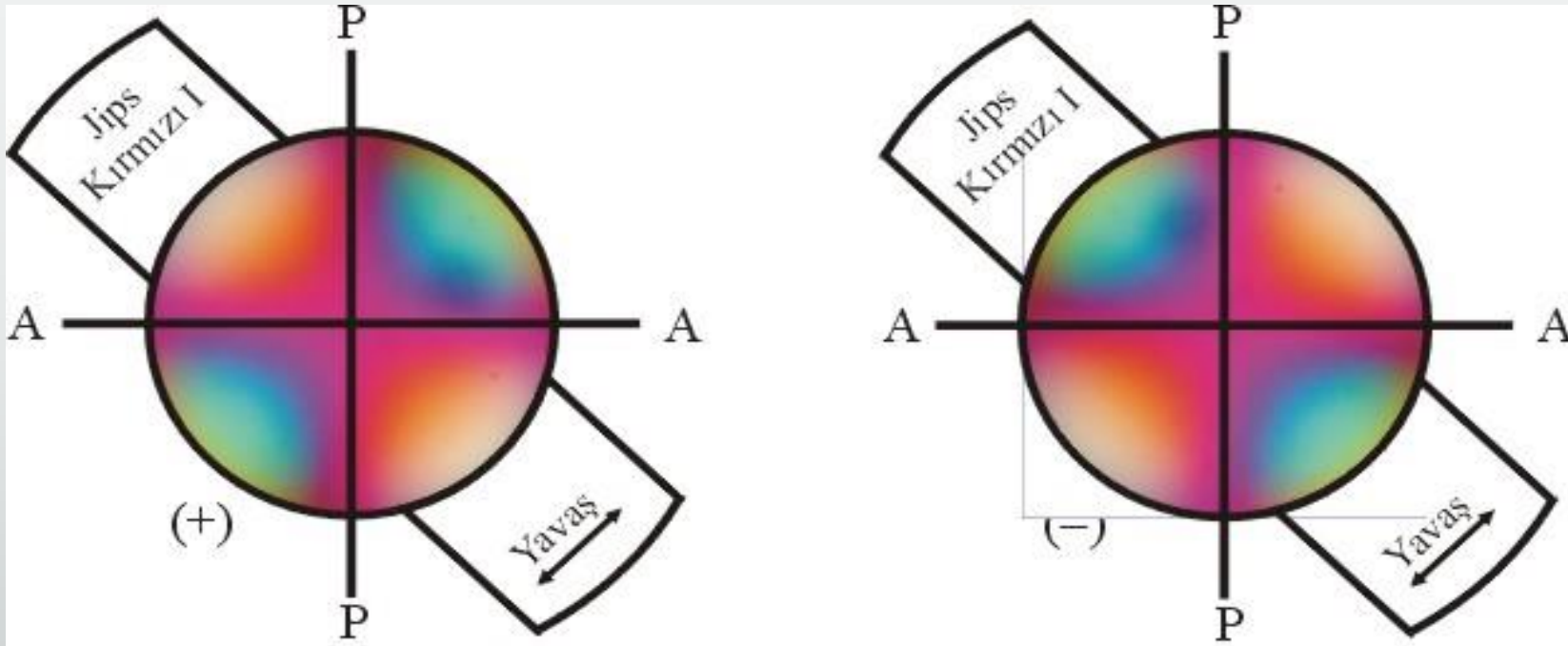


OPTİK İŞARET TAYİNİ

Tek eksenli optik eksen figüründen kristalin $+$ / $-$ olduğunu anlamak için yardımcı levhalar kullanılır.

Bu levhalar, titreşim yönü polarizatörlerin titreşim yönleri ile 45° açı yapacak tarzda analizörün altındaki bir yuvaya sokulurlar.

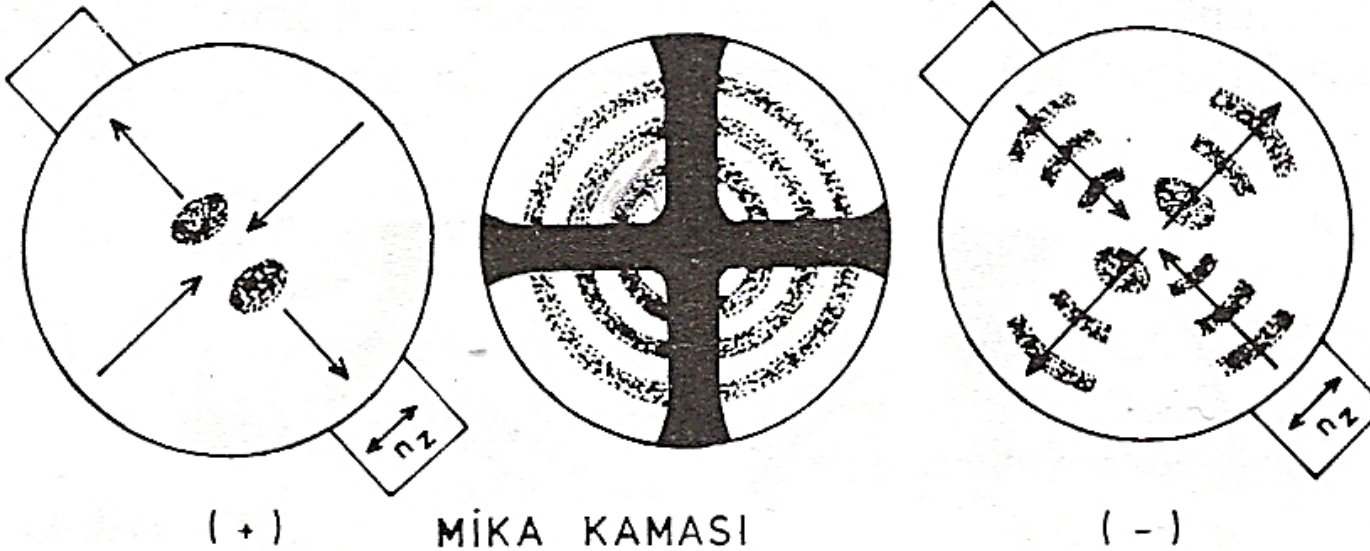
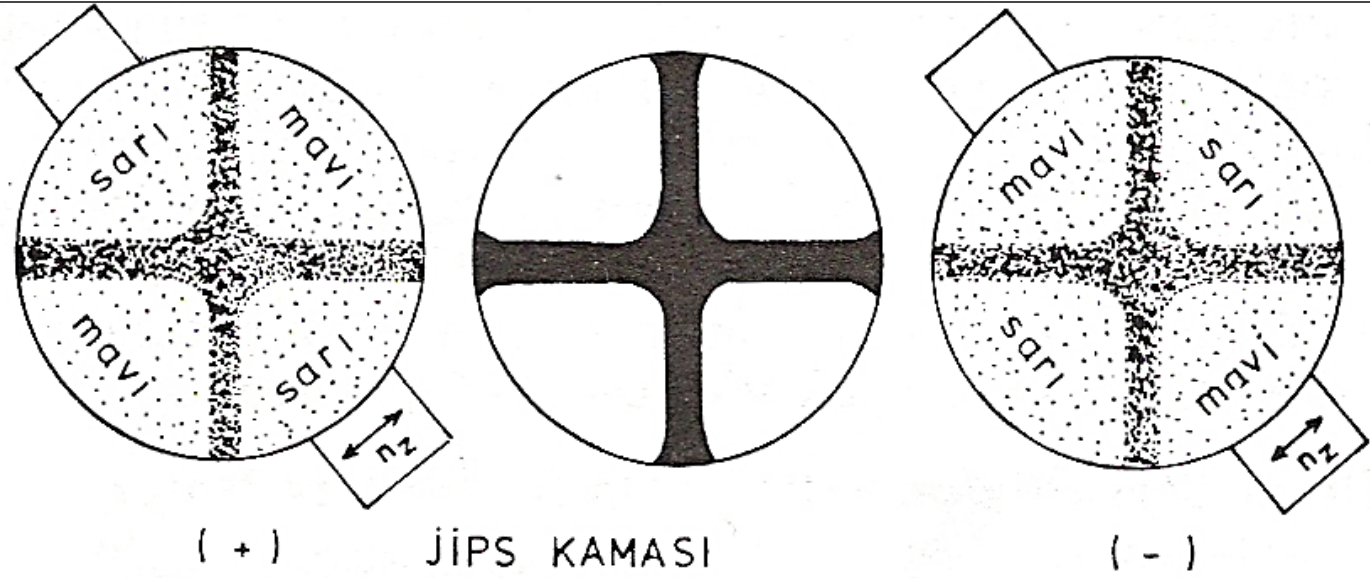
Bu levhaları kullanma amacı levhaların faz farklarını kristalin **E** / **O** eklemek / çıkartmaktır.



TEK OPTİK EKSENLİ MİNERALLER → OPTİK İŞARET TAYİNİ

Eğer optik şekil hiçbir renkli halka göstermiyorsa **jips kaması**, bir renkli halkaya sahipse **mika kaması**, birçok renkli halka görülüyorsa **kuvars kaması** kullanılarak optik işaret tespit edilir.

Jips kaması kullanıldığında; radyal titreşim yönünün olağanüstü ışık teğetsel titreşim yönünün ise olağan ışık yönünde olması nedeniyle meydana gelir. Eğer mineral pozitif işaretli ise olağan ışık yönünde ışık kırma indisi (n_x) küçük olacak ve optik şekildeki jips kamasının n_x yönü ile çakışan bölgelerde toplanma sonucu buralarda girişim renkleri mavi, buna karşı optik şeklin diğer bölgelerinde çıkarılma sonucu sarı renk görülecektir.



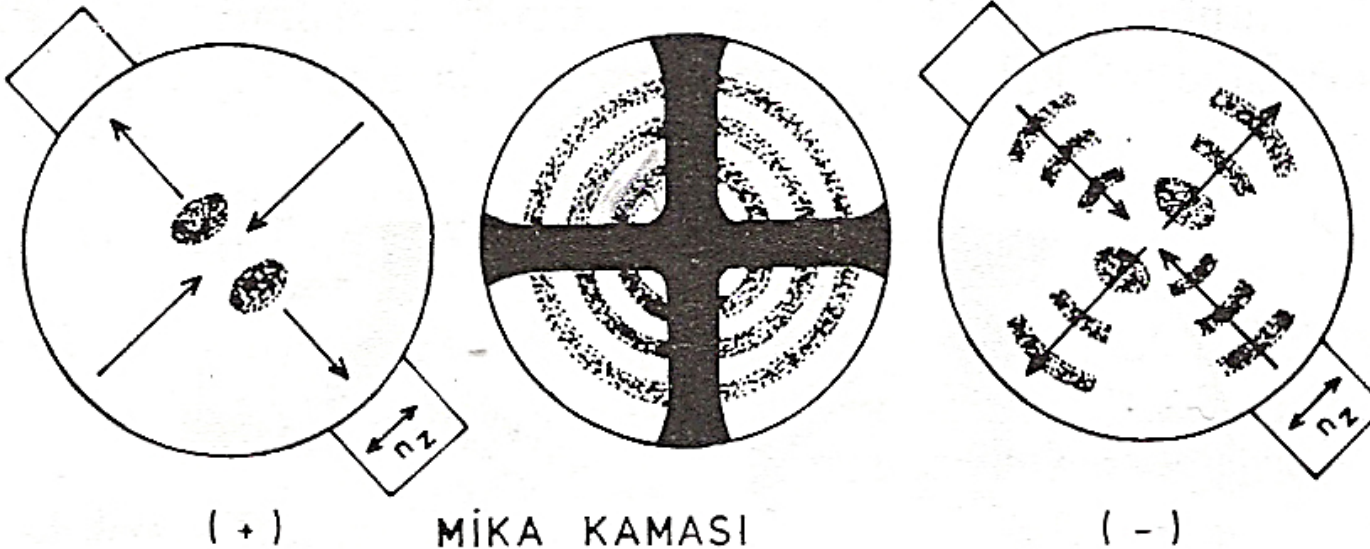
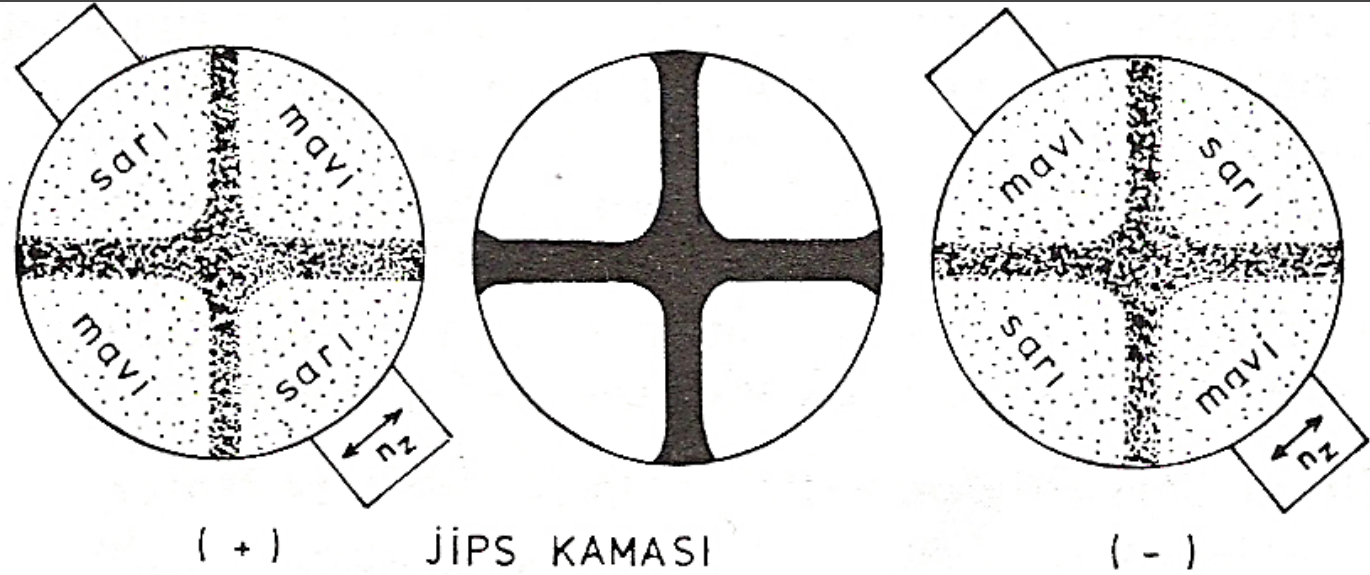
Tek optik eksenli minerallerde optik işaretin saptanması.

TEK OPTİK EKSENLİ MİNERALLER → OPTİK İŞARET TAYİNİ

Pozitif işaretli minerallerde sarı renkli bölgelerin yardımcı kamanın n_z yönüne dik olduğunu, negatif işaretli minerallerde ise paralel olmaktadır.

Mika kaması kullanıldığında, renkli halkaların haçın iki bölgesinde dışa doğru, diğer iki bölgesinde içe doğru yer değiştirdikleri görülür.

Haçın merkezi, bölgelerde halkaların çıktığı iki nokta halinde görülür. Bu bölgeleri birleştiren doğru mika kamasının n_z yönüne dik durumda ise mineralin optik işareti pozitif aksi halde ise negatiftir.



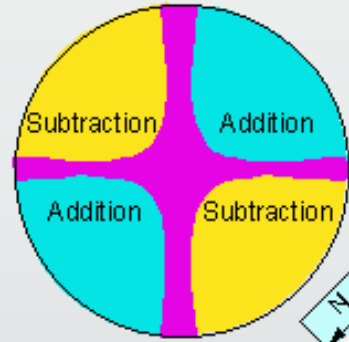
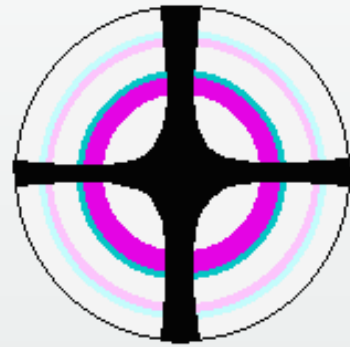
Tek optik eksenli minerallerde optik işaretin saptanması.

TEK OPTİK EKSENLİ MİNERALLER → OPTİK İŞARET TAYİNİ

DETERMINATION OF OPTIC SIGN USING Rot 1 PLATE
UNIAXIAL OPTIC AXIS FIGURE

LOW BIREFRINGENCE

HIGH BIREFRINGENCE



Rot 1 Plate

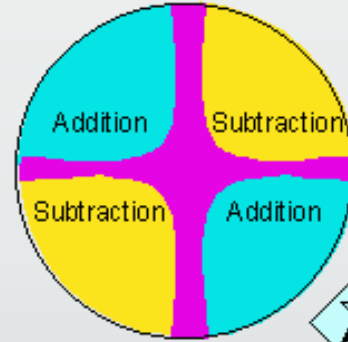
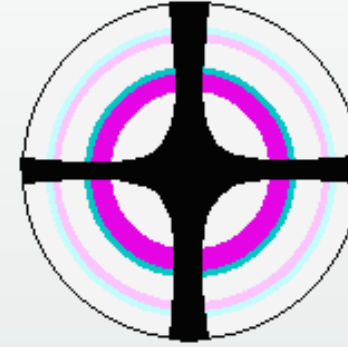
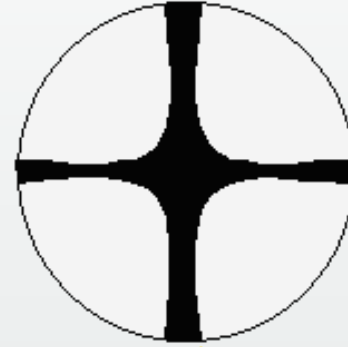
Rot 1 Plate

Positive (+)
Optic Sign

Positive (+)
Optic Sign

LOW BIREFRINGENCE

HIGH BIREFRINGENCE



Negative (-)
Optic Sign

Negative (-)
Optic Sign

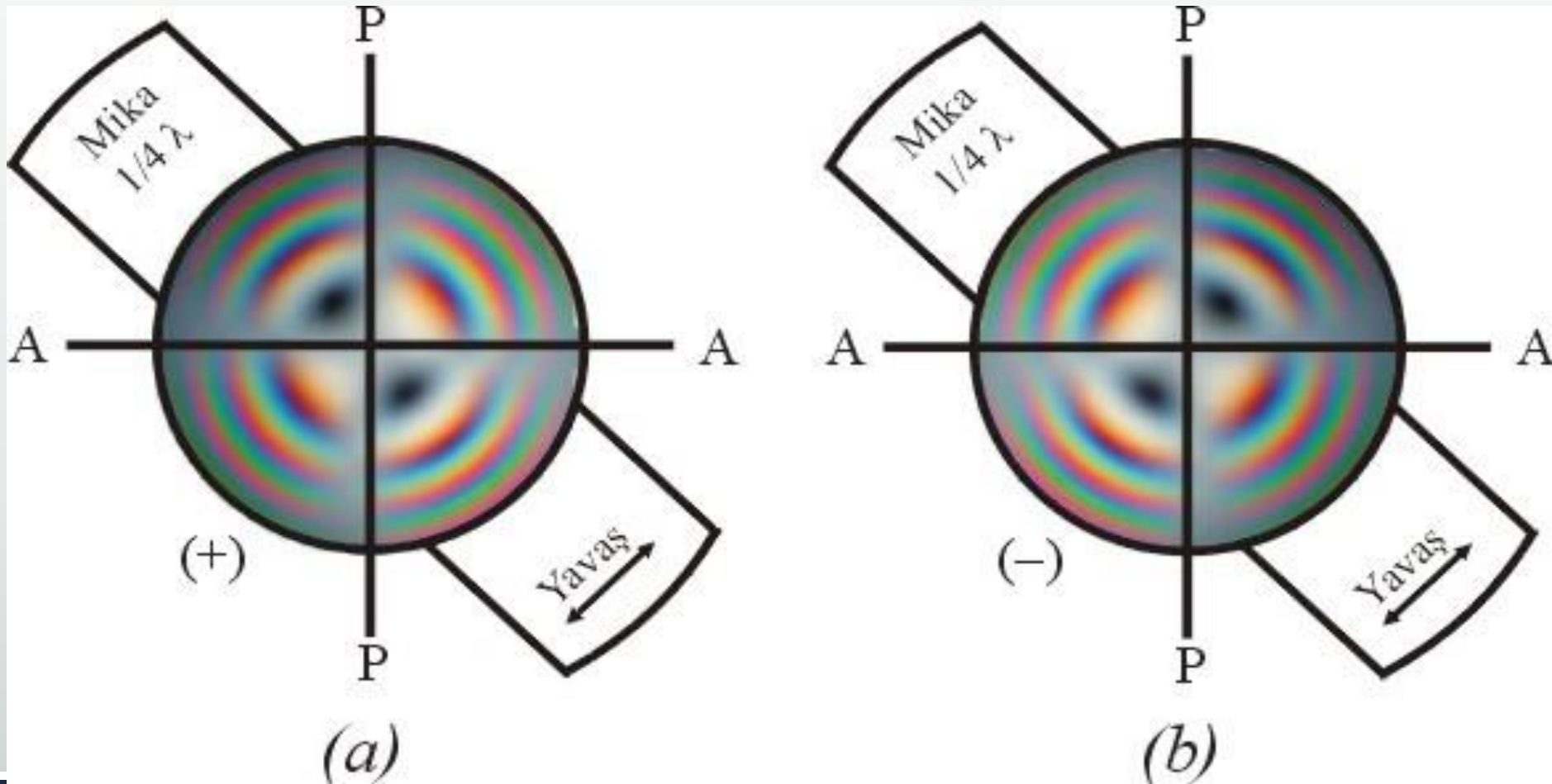
TEK OPTİK EKSENLİ MİNERALLER → MİKA KAMASI İLE OPTİK İŞARET TAYİNİ

Mika levhasının yavaş titreşim yönü;

O ışını yavaş olan bir eksenli “optik eksen şekli” ile üzerlenirse (*negatif kristal*) :

KB ve GD çeyreklerde ; girişim renkleri kuvvetlenir ve merkeze kayar.

KD ve GB çeyreklerde ; girişim renkleri eksilir ve merkezden uzaklaşırlar.



TEK OPTİK EKSENLİ MİNERALLER → JİPS KAMASI İLE OPTİK İŞARET TAYİNİ

Genellikle, optik eksen şeklinin renksiz olduğu/düşük dizi interferens renklerinin görüldüğü durumlarda kullanılır.

Jips levhasına ait 1.dizinin kırmızı rengi girişim şekli ile üzerlenir.

Eklenme meydana gelen çeyreklerde

kırmızı + grinin = mavi

diğer çeyreklerde

kırmızıdan - grinin = sarı

Optik eksen şeklinde yüksek dizi girişim renkleri görülürse optik işareti tayin etmek için kuvars kaması kullanılır.

