

JEM 414 / JEM 440 MİNERAL TANIMA YÖNTEMLERİ DERSİ

2. HAFTA

Arş. Gör. Dr. Kıymet DENİZ

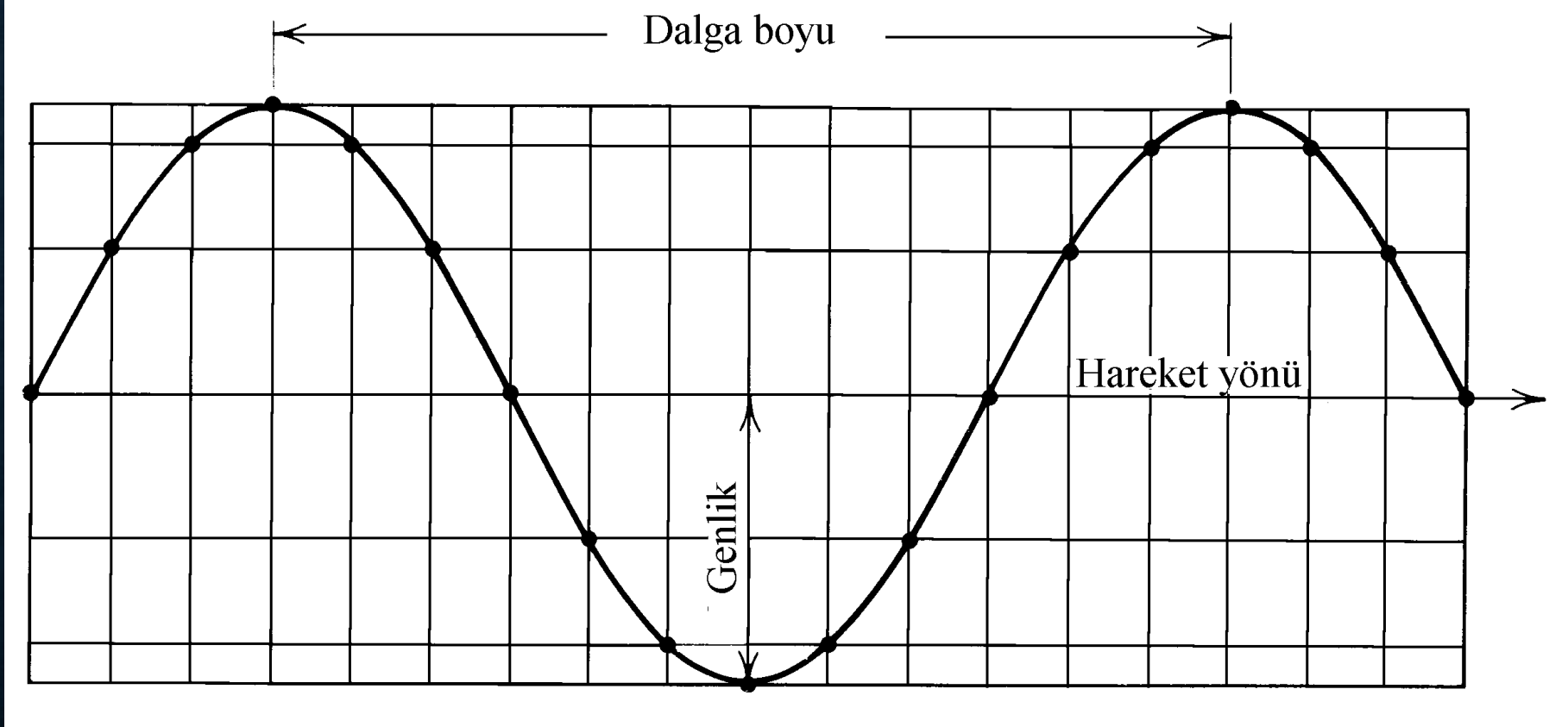
Bu ders notlarının hazırlanmasında özellikle Prof. Dr. Mefail Yenirol'un Mineraloji kitabından ve ders sunumlarından yararlanılmıştır.

MİNERALLERİN OPTİK ÖZELLİKLERİ

IŞIK

- Işığın tüm özelliklerini açıklamak için, biri *dalga teorisi* diğeri *partikül teorisi* olmak üzere iki teoriye başvurmak gerekmektedir
- Kristallerin optik davranışlarını açıklamak için burada dalga teorisi ele alınacaktır

Işık, yayılma yönüne dik açılarla mümkün olan her yönde titreşerek düz bir çizgi boyunca hareket eder



- Görünen ışık, elektromagnetik spektrumun çok küçük bir kesimini kapsar

Dalga boyu (λ) =

7000 Å biraz üzeri ile \sim 4000 Å arasında

- **Beyaz ışık** bu limitler arasında bulunan tüm dalga boylarından meydana gelir.
- Tek dalga boylu ışığa ise *monokromatik ışık* denir.

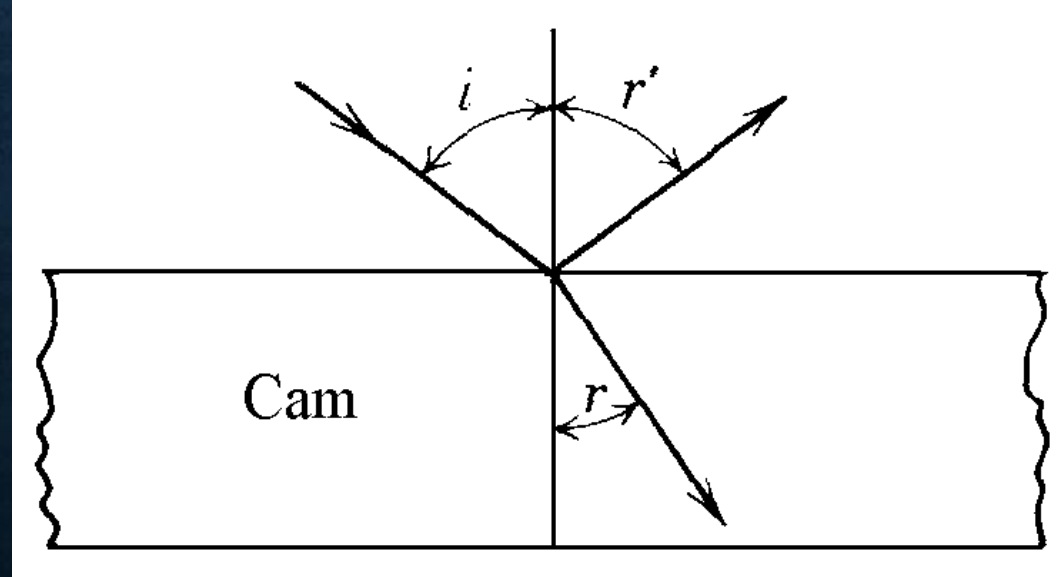
YANSIMA VE KIRILMA

- Işık ışını, havadan cam gibi daha yoğun bir ortama geçerken bir kısmı yüzeyden yansıyarak havaya geri döner

$$i = r'$$

Gelen ve yansıyan ışınlar aynı düzlemde bulunurlar

- Cama giren ışın, daha düşük bir hızla yol alır,
kırılır ve doğrultudan hafifçe sapar **(r)**
- Sapma miktarı gelen ışının açısına ve bu farklı iki ortamdaki göreceli hızına bağlıdır



KIRILMA İNDİSİ

$$n = V / v \quad (= \text{havadaki hız} / \text{yoğun ortamdaki hız})$$

$$V = 1 \text{ alınır} \quad n = 1 / v$$

Snellius yasası:

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

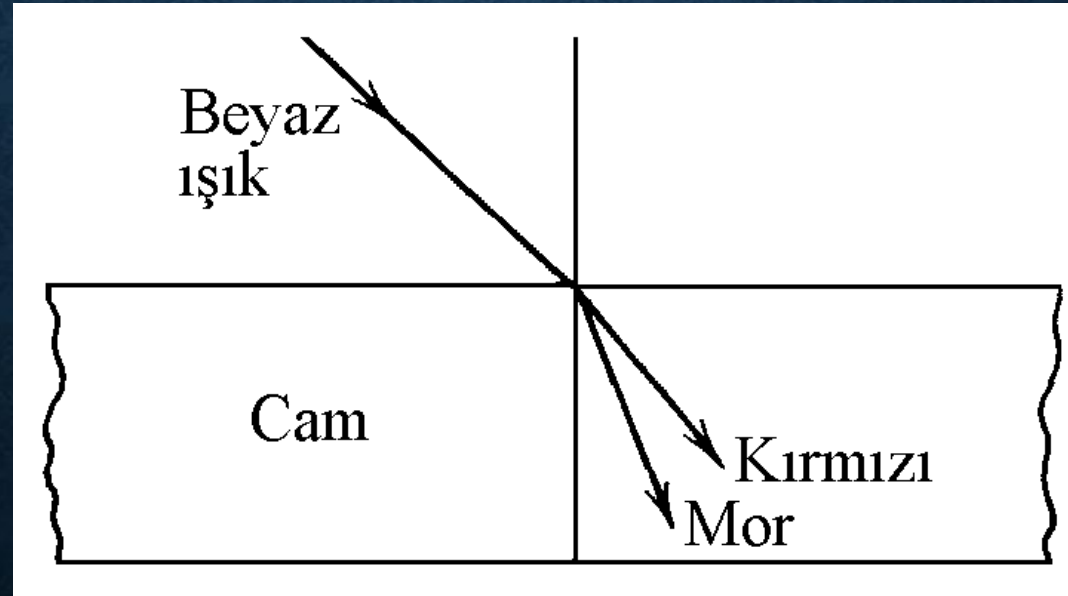
$$\text{Hız} = \text{frekans} \times \text{dalga boyu}$$

daha uzun λ daha büyük V

kırmızı ışık $V >$ mor ışık V

kırmızı ışık $n <$ mor ışık n

- Kristallerde ışığın farklı dalga boyları, farklı kırılma indisleri gösterirler (*dispersiyon*)



İZOTROP VE ANİZOTROP KRİSTALLER

- Saydam maddeler optik bakımdan;
 - İzotrop** : Gazlar, sıvılar ve cam, küb sistemindeki kristaller
Işık her yönde aynı hızla hareket eder
İzotrop maddenin tek n vardır
 - Anizotrop** : Küb sistemi dışında kalan kristaller
 V ve n kristal yönlerine göre değişir
- Anizotrop bir kristalden geçen ışık
birbirine dik düzlemlerde titreşen iki polarize ışın 'a ayrılır

POLARİZE IŞIK

- Her yönde titreşim gösteren ışık,
tek bir düzlemde titreşim yapmaya zorlanırsa, *düzlemsel polarizlenmiş* olur.
- Işığın polarizlenmesi;
 - çift kırılma,
 - absorpsiyon
 - yansıma

IŞIĞIN ÇİFT KIRILMA İLE POLARİZLENMESİ

- Işık, anizotrop bir kristalden geçerken iki polarizlenmiş ışına ayrılır.

Birini elemek için, *Nikol prizması* kullanılır.

Kalsit 'in uzun bir romboederini

belirli bir açıyla ikiye bölünür

Kanada Balzamu ile tekrar yapıştırılır

Prizmanın alt ve üst yüzeyleri, yapışma yüzeyi ile 90° yapacak tarzda aşındırılır

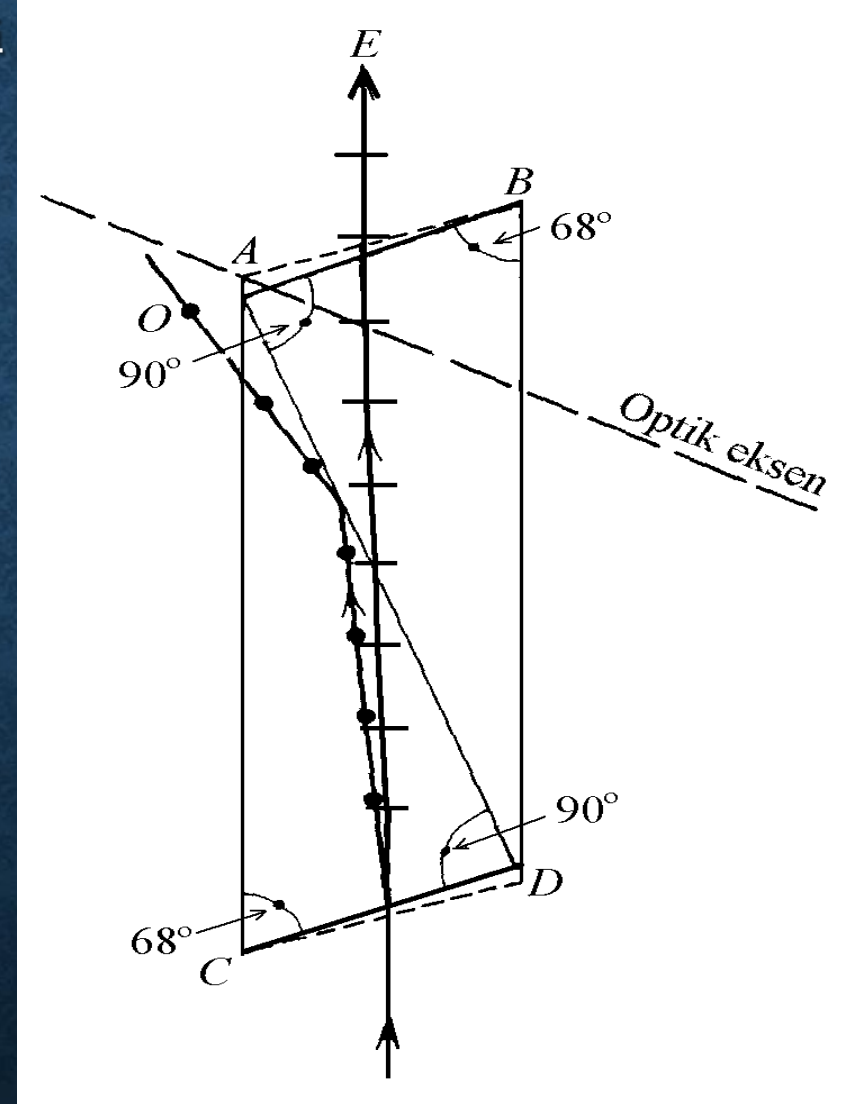
Işık prizmaya girince:

O (*ordiner / olağan*) ve

E (*ekstraordiner / olağandışı*) ışınlarına ayrılır.

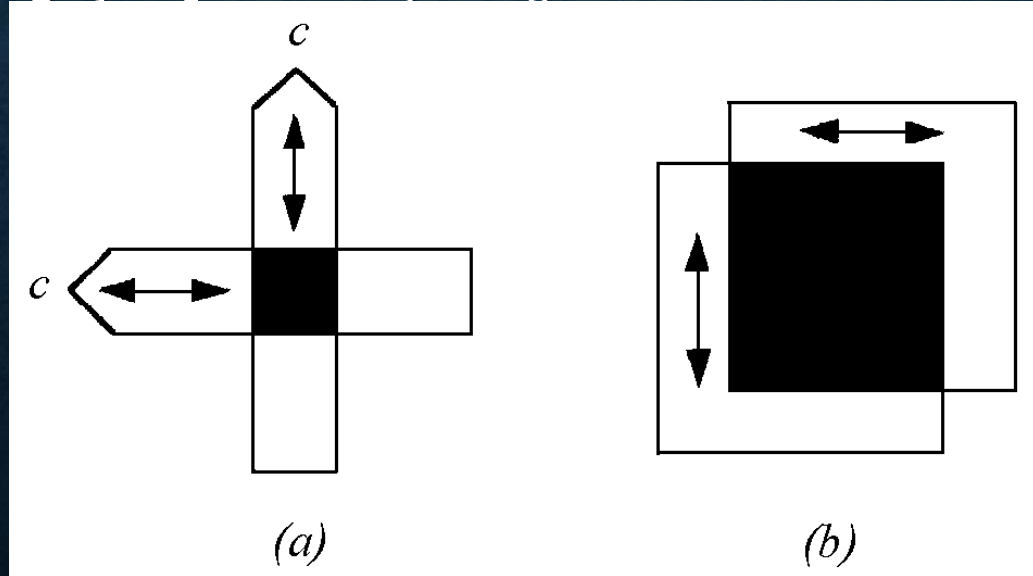
O ışını Kanada Balzamından yansır.

E ışını sapmadan yol alır ve polarizlenmiş olarak kristalden çıkar



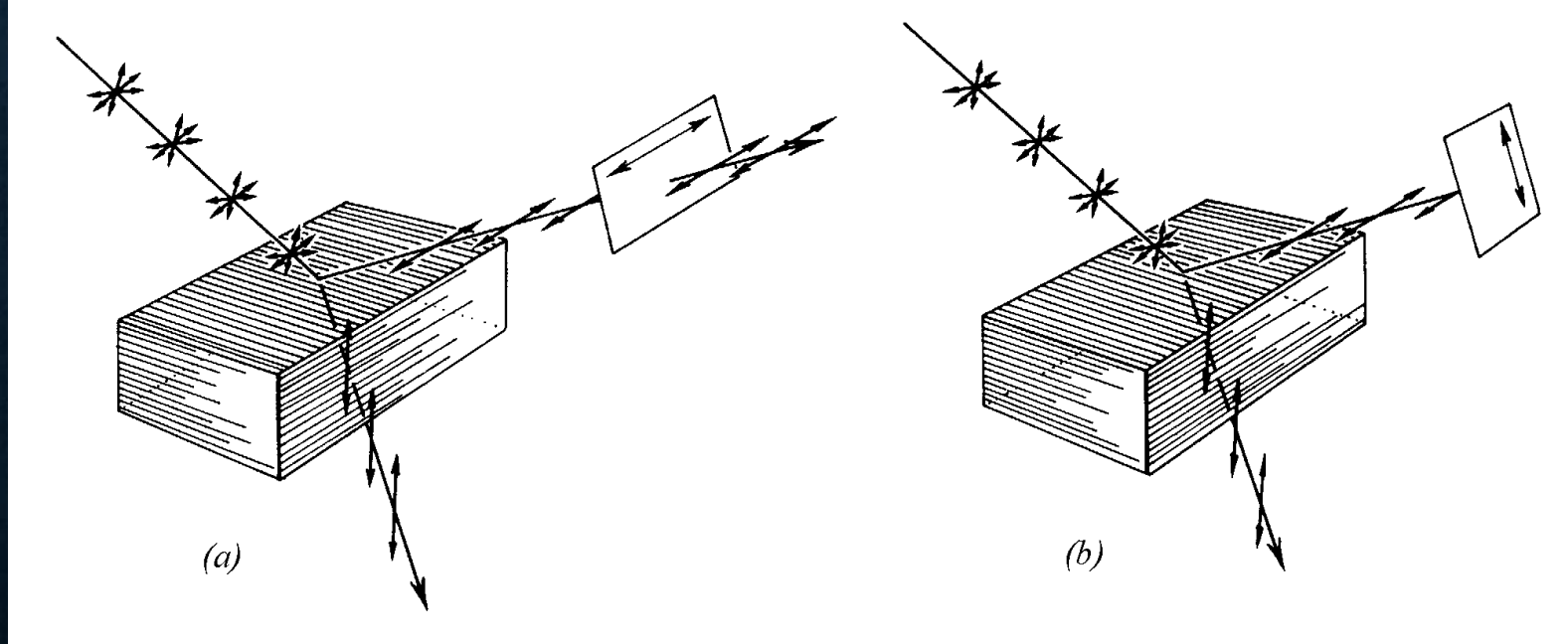
ABSORBSİYON İLE POLARİZLENME

- Işık anizotrop kristallerin içinde ikiye ayrılır ve polarize ışınlar kristal tarafından farklı derecelerde emilirler.
- Işınlardan birinin \sim tamamı, diğerinin çok azı emilirse, çıkan ışın düzlemsel polarizlenmiş olur. Turmalin
- (0001) yüzeyine paralel kristale giren ışık, $c //$ yönde titreşir ve kristalden düzlemsel polarizlenmiş olarak çıkar
- c eksenine dik olarak titreşen diğer ışın \sim tümüyle absorbe edilir
- İki kristal 90° açı ile yerleştirilirse, birinden geçen polarize ışın diğeri tarafından absorbe edilir.



IŞIĞIN YANSIMA İLE POLARİZLENMESİ

- Düz ve metalik olmayan bir yüzeyden yansıyan ışık, titreşim yönleri yansıma düzlemine paralel olacak tarzda kısmen polarizlenir
- Bir polarizasyon filtresinden bakılarak yansıyan ışığın polarizlendiği kolayca anlaşılır



POLARİZAN MİKROSKOP

1. Aydınlatma lambası

2. Polarizör

3. Kondansör

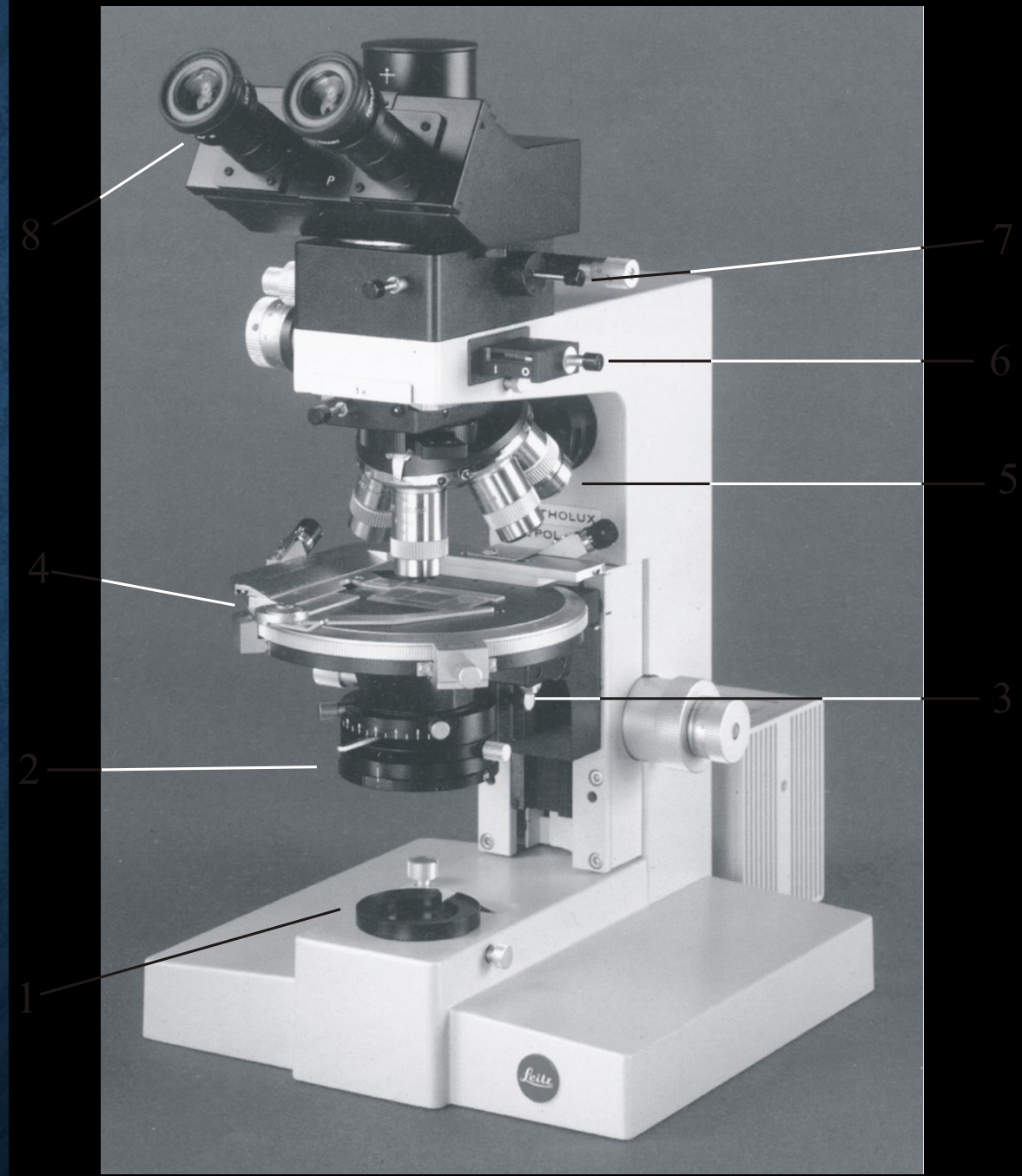
4. Döner tabla

5. Objektif

6. Analizör

7. Bertrand

8. Oküler



MİNERAL VE KAYAÇLARIN MİKROSKOPTA İNCELENMESİ

- Kayaç ve minerallerin incelenmesi, ince kesitlerden yapılır.

Belirli optik özellikler ve dokusal ilişkiler tayin edilir.

- Toz halindeki mineral taneler de incelenebilir. Mineral kırıntılarınının $n = \textit{kırılma indisi}$ *immersiyon metodu* ile tayin edilir.

İZOTROP KRİSTALLER VE BECKE ÇİZGİSİ

- Işık, izotrop madde içinde tüm yönlerde aynı hızlarla hareket eder.

tek bir kırılma indisi (n) vardır

- Mikroskop incelemeleri daima polarize ışıkta yapılır.
- Polarizörden gelen ve **K-G** yönünde titreşen ışık mineralden geçerek aynı doğrultuda **titreşime devam** eder
- **Analizör** devreye sokulursa, sadece **D-B** yönünde titreşime izin verdiği için **ışık geçmez**

Döner tabla çevrilip kristal döndürülürse karanlık durumu devam eder.

İzotrop kristaller, anizotrop kristallerden
bu özellikleriyle ayırt edilirler.

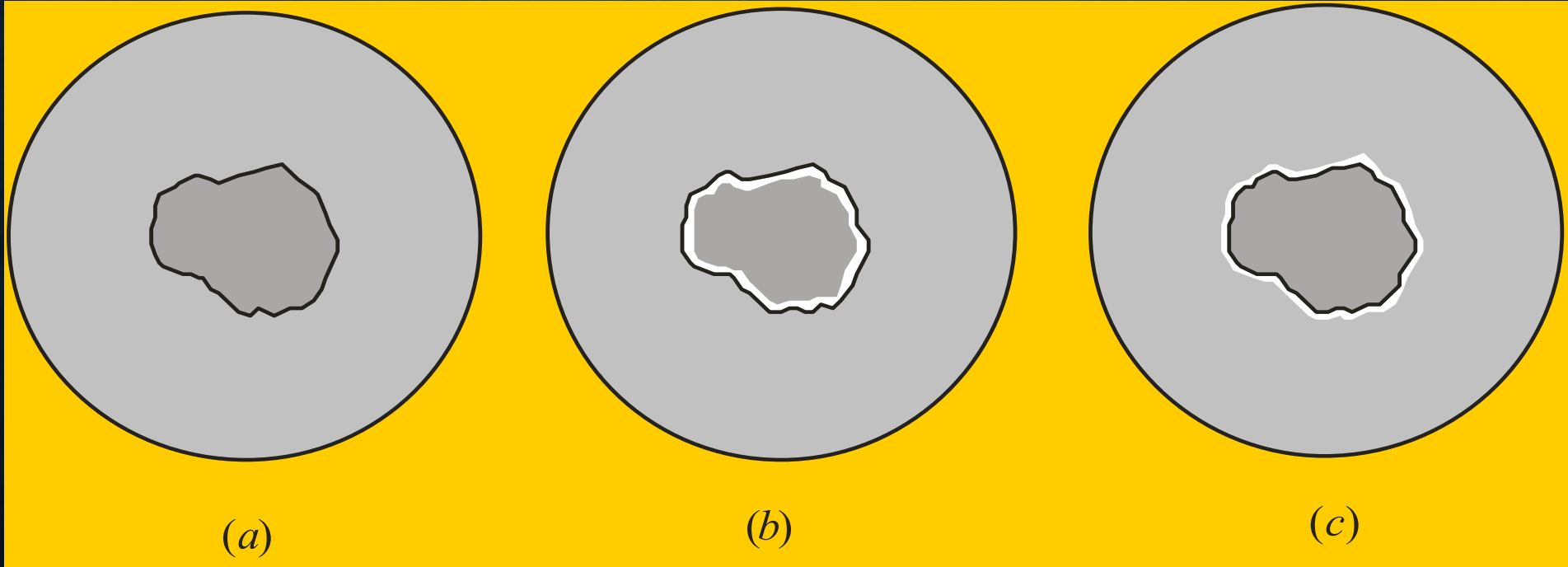
- İzotrop bir maddenin kırılma indisini tayin etmek için immersiyon sıvısı kullanılır.
- Mineral orta güçteki bir objektifin odağına getirilince çevreleyen sıvıdan farklı bir röliyef gösterir.
Sebebi, ışığın kırılma indisleri farklı olan bir ortamdan diğerine geçerken kırılmasıdır.
- Mineral veya sıvıdan hangisinin kırılma indisinin daha yüksek olduğu **Beke çizgisi** ile saptanır

Becke çizgisi

Döner tablayı alçaltarak mineral hafifçe odağın dışına çıkartılırsa,

mineralin kenarında **ince parlak bir çizgi** (Beke çizgisi) kırılma indisi daha yüksek olan ortama doğru hareket eder.

Kırılma indisi, izotrop minerallerde karakteristik bir optik özelliktir ve mineral tayini için önemlidir



OPTİK TEK EKSENLİ KRİSTALLER

- **İzotrop** bir maddede ışık tüm yönlerde aynı hızla yayılır ve yayılma yönüne dik olan tüm doğrultularda titreşir
- **Heksagonal, trigonal ve tetragonal** kristallerde ışık sadece bir tek yönde bu tarzda hareket eder.
Bu yön **c** eksenine paralel titreşim yönleri **bazal düzlemde** yer alır.
- **c** eksenine **optik eksen**; heksagonal, trigonal ve tetragonal kristallere de **optik tek eksenli kristaller** denir

- Işık, optik tek eksenli bir kristalde c eksenine paralel olmayan bir yönde geçerken:

farklı hızlarda hareket eden iki ışına ayrılır

- **ordiner ışın** bazal düzlemde titreşir.
- **ekstraordiner ışın** ordiner ışına dik ve c eksenini kapsayan düzlemde titreşir.

- *Ordiner ışın* 'lardan her biri,

eşit zamanlarda eşit mesafede yol alırlar.

Belirli bir zamanda ulaştığı noktaların konumu bir **küre** 'dir

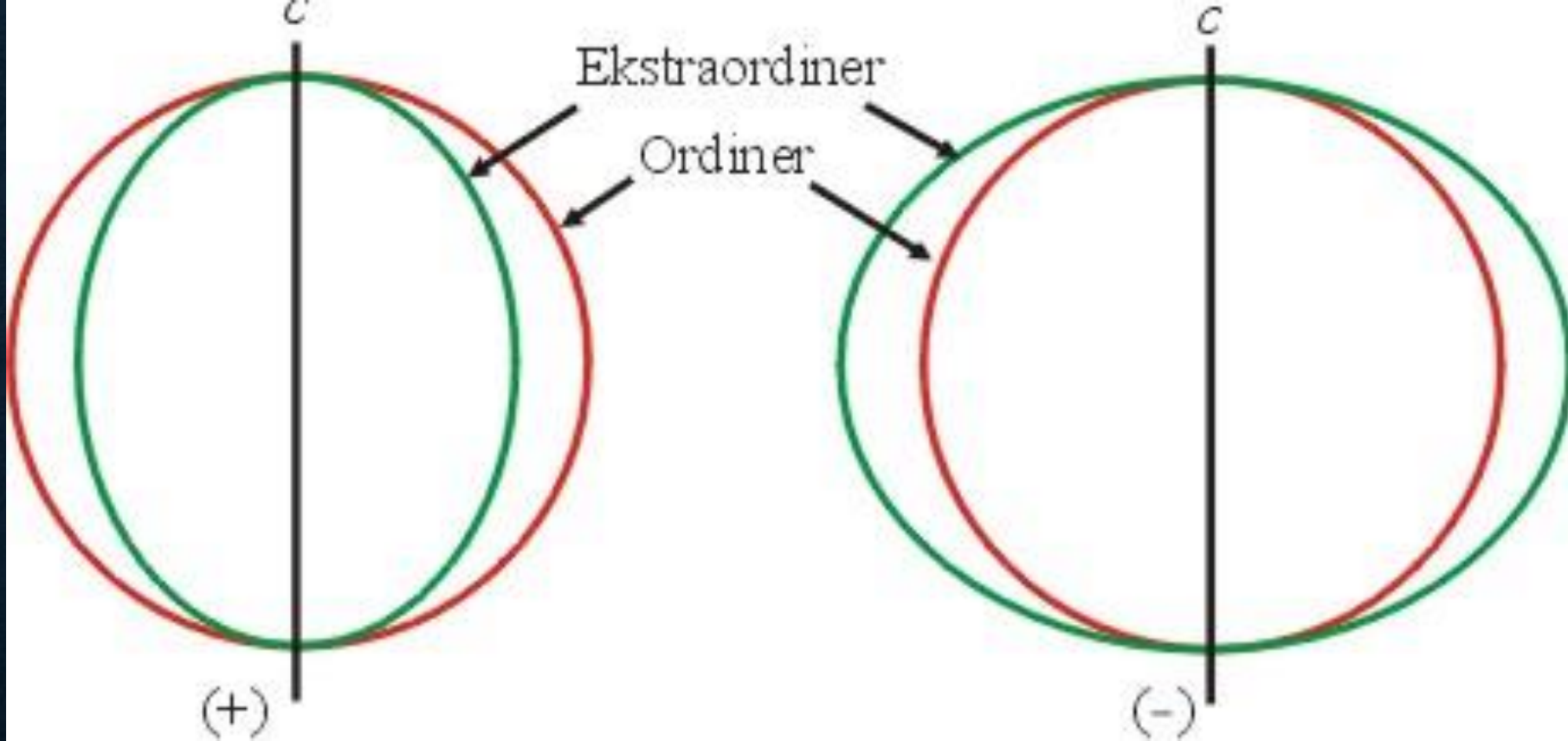
Alelade ışık gibi davranan bu ışına:

ordiner ışın (**O ışını**) denir.

- *Ekstraordiner ışınlar* (**E**), ışının gelme yönüne de bağlı olarak eşit zamanda ordiner ışından daha farklı mesafede yol alır.

Belirli bir zamanda ulaştığı noktaların konumu, dönme eksenini aynı zamanda optik eksen olan bir **dönel elipsoit** 'tir.

TEK EKSENLİ KRİSTALLERDE IŞIN HIZLARININ GEOMETRİK YÜZEYLERİ



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

+ kristaller $O > E$

- kristaller $O < E$

- İki ışının farklı hızlarda olması nedeniyle tek eksenli kristallerde iki kırılma indisi vardır:

- **O** ışının kırılma indisi ω (omega)

- **E** ışının kırılma indisi ε (epsilon)

+ kristallerde **O** > **E** $\omega < \varepsilon$

- kristallerde **O** < **E** ve $\omega > \varepsilon$

$\omega - \varepsilon = \text{çift kırma}$

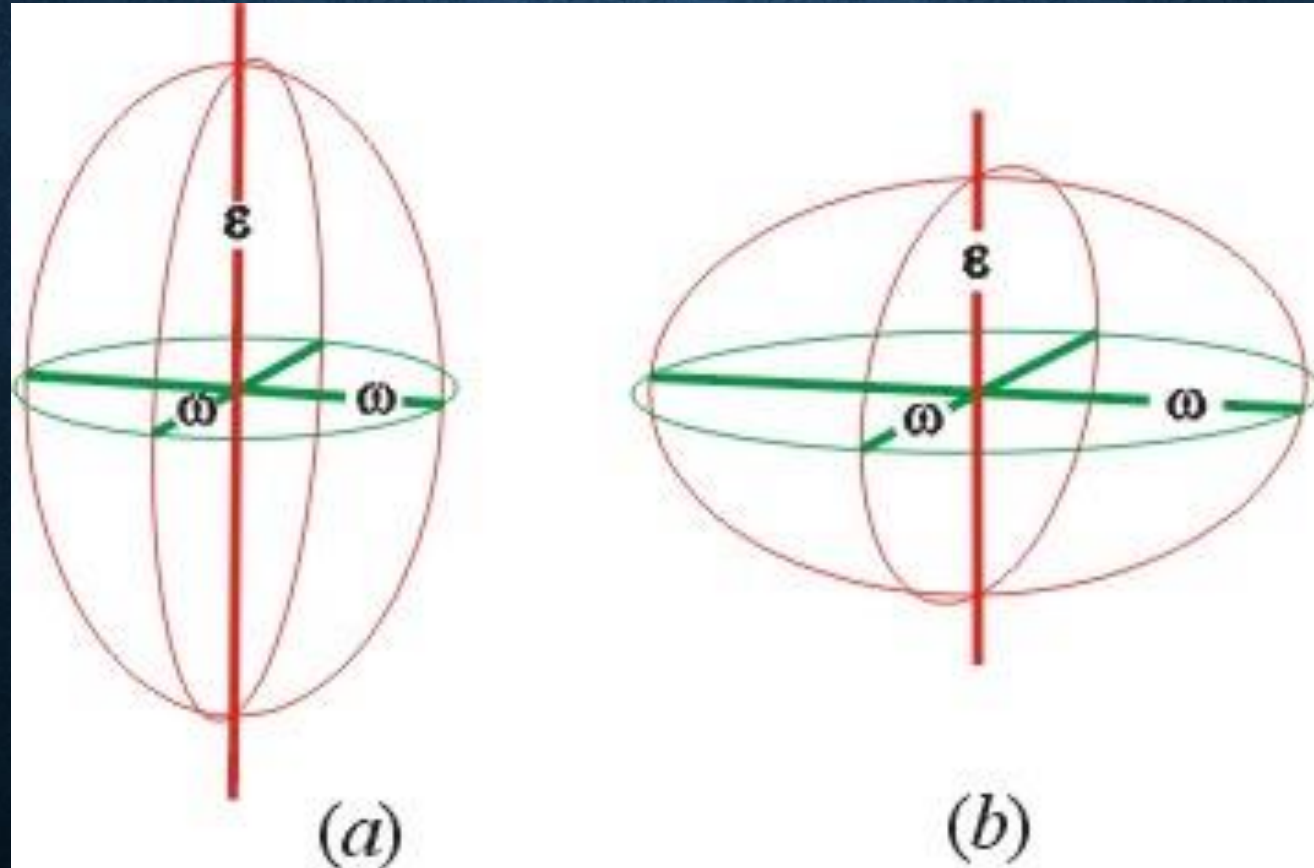
TEK EKSENLİ KRİSTALLERDE OPTİK İNDİKATRİKS

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 döne elipsoit*,
- kristallerde *basık bir döne elipsoittir*.



- ❑ Optik eksene paralel olarak hareket eden ışık çift kırılma göstermez. Dalgalar, **O** ışını gibi bazal düzlemdeki tüm yönlerde titreşirler

Tüm bu titreşimler için indikatriksin ekvatorial kesitinin yarıçapı kadar olan tek bir kırılma indisi vardır.

- ❑ Optik eksene dik yönde hareket eden ışık çift kırılır.
 - O** ışını daima bazal düzlemde titreşir.
 - kırılma indisi $\omega =$ indikatriksin yarıçapı

E titreşim yönü ; **O** ışınının titreşim yönüne dik ve optik eksene paraleldir. Kırılma indisi ϵ ; indikatriksin dönme eksenini ile orantılı

ϵ ; + kristallerde en büyük,
- kristallerde en küçük indistir.

□ Bu durumların dışında kalan herhangi bir doğrultuda kristal içinde hareket eden ışık iki ışına ayrılır:

(1) kırılma indisi ω olan bazal kesitte titreşen **O** ışını

(2) “ana düzlem” içinde titreşen **E** ışını

$$\omega > \acute{\epsilon} > \epsilon$$

Bir kristalde;

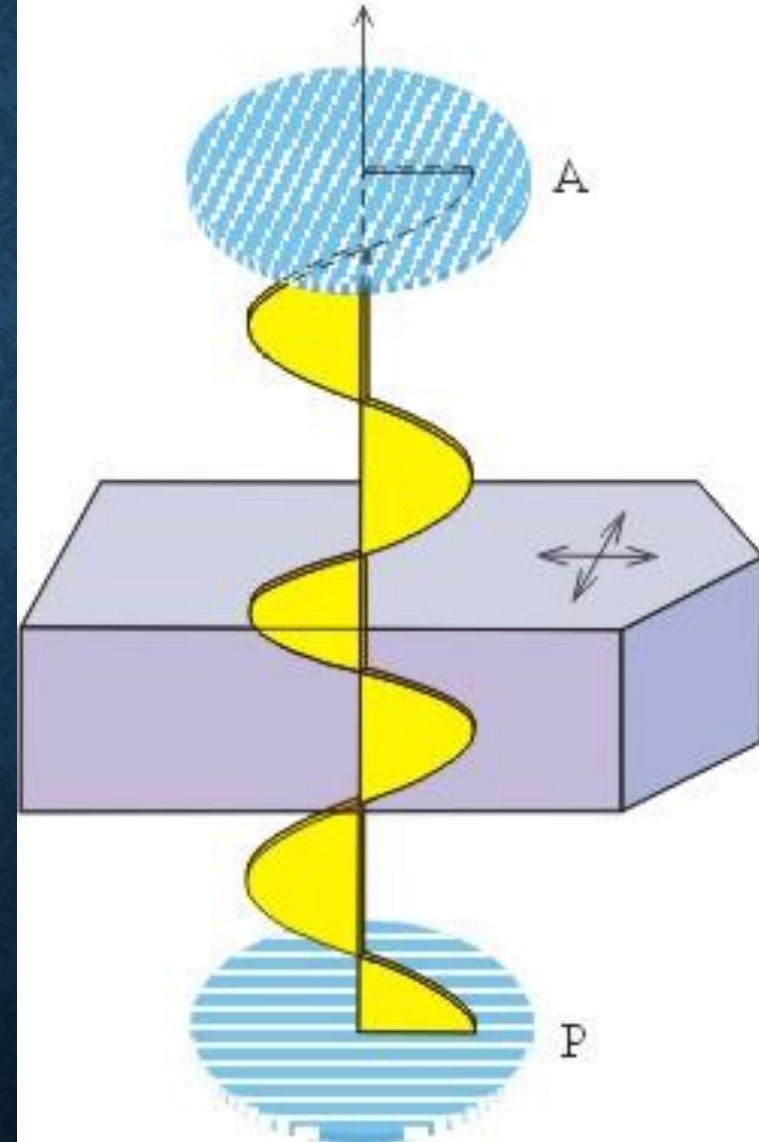
- ω , **optik eksene (c ekseni) dik bir kesitte;**
- ϵ **optik eksene (c ekseni) paralel bir kesitte ölçülebilir.**

ÇAPRAZ NİKOLLER ARASINDA TEK EKSENLİ KRİSTALLER

Sönme

Tek eksenli kristaller çapraz nikoller altında özel konumlarda karanlık durumda bulunurlar.

- Işık optik eksene // hareket ederse; polarizörden gelen ışık, kristalden geçer, sonra tümüyle analizör tarafından tutulur.
- Polarizörden gelen titreşim yönünü kristalin titreşim yönlerinden biriyle olarsa; kristalden **O** veya **E** ışını olarak geçen ışık daha sonra analizör tarafından tümüyle elenir.
- Kristal çevrilirse gittikçe aydınlanır 45° 'de maksimum parlaklığa ulaşır.
- Her 90° 'de bir sönme meydana gelir (4 kez).



Girişim

- Kristali bir sönme konumundan çevirirken polarize ışığın özelliği değişir

Perde düzlemine dik olarak polarizörden gelen ışık

$P-P$ yönünde titreşir.

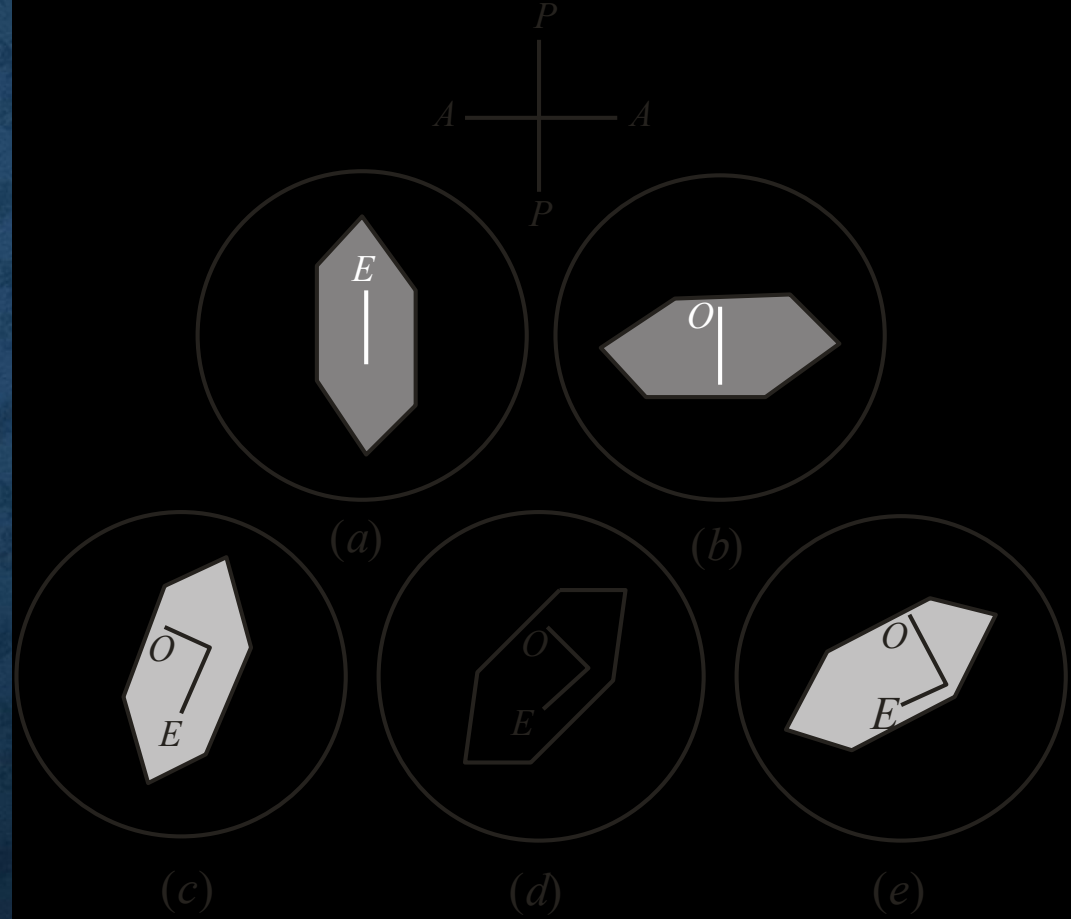
Analizörün ise

titreşim yönü $A-A'$ 'dir.

- (a) ve (b) konumlarında kristal sönme
- (c), (d) ve (e) konumlarına ışık iki bileşene ayrılır.

O ışını

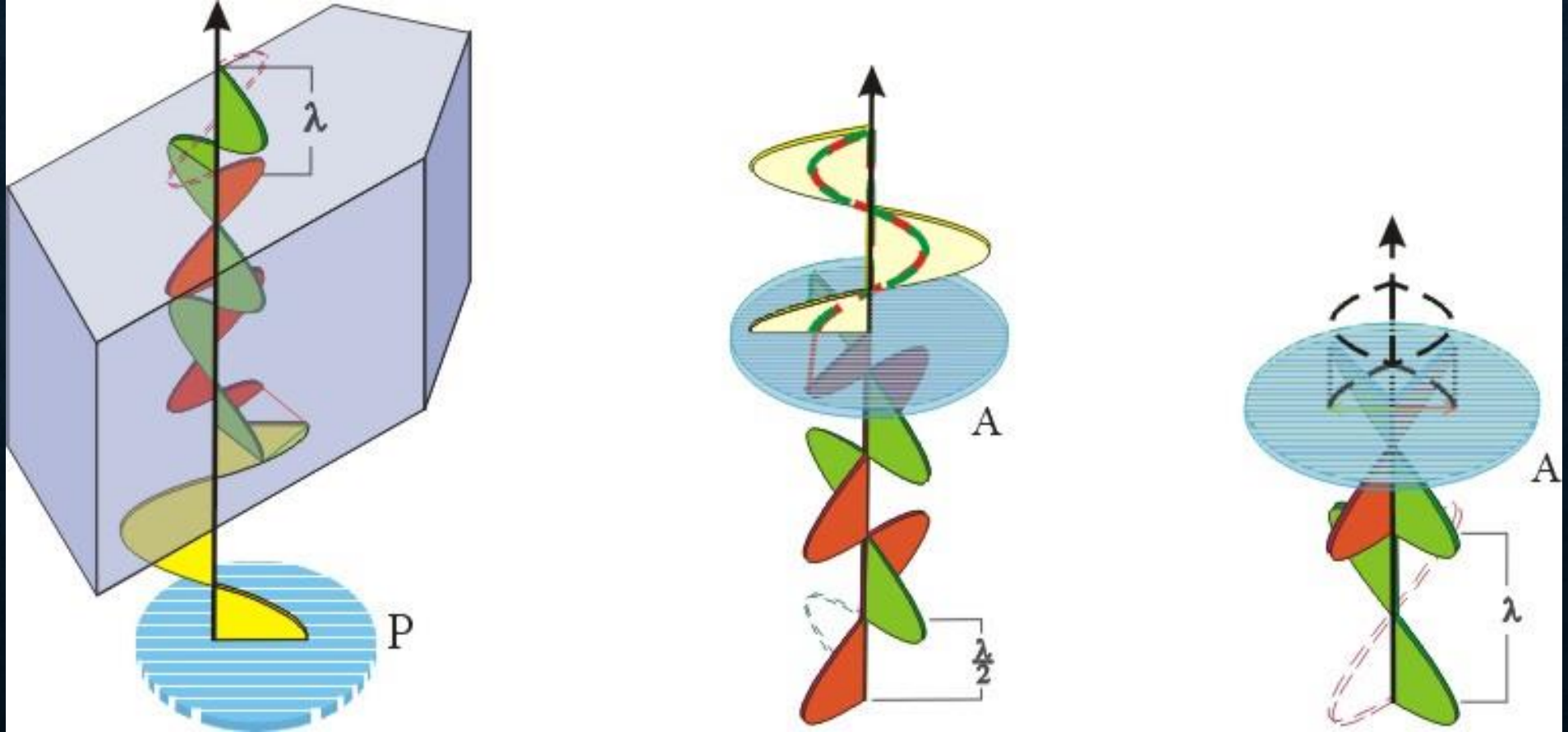
E ışını



- Polarizörden geçen ve tek düzlemde titreşen ışık kristale girdikten sonra **O** ve **E** ışınlarına ayrılır. **O** ve **E** kristalden geçerken farklı hızlarda yol alırlar. Kristalden çıkarken **faz farkı** meydana gelir

Yol farkı = hızlarının farkına ve kristalin kalınlığına bağlı

- Kristalden çıkan **O** ve **E** ışınları analizöre girince;
titreşimlerini analizörün titreşim yönüne uydururlar.
Analizörde aynı düzlemde titreşmeler ve girişim meydana gelir.



- Monokromatik ışıktaki ışınlar arasındaki yol farkı $\lambda/2$, $3\lambda/2$ veya $(2n - 1)\lambda/2$ kadar olursa
iki dalga birbirlerini güçlendirir ve maksimum aydınlık meydana gelir
- Işınlardan birinin dalga boyu diğerinin tam katları kadar olursa ($n\lambda$)
girişim yaparlar ve karanlık meydana gelir

- Her dalga boyu için girişimin karanlık meydana getirdiği kritik koşullar vardır.

Beyaz ışık kullanıldığı zaman belli bir dalga boyu için karanlık meydana gelir.

Bu dalga spektrumdan çıkar ve geride kalan ışıklardan meydana gelen bir renk görünür.

- Bu tarzda meydana gelen renklere *girişim (interferens) renkleri* denir. $1\lambda, 2\lambda, 3\lambda, \dots, n\lambda$ faz farkları ile meydana gelen değişik renklerde *girişim dizileri* vardır

1. dizi, 2. dizi, 3. dizi ve 4. dizi girişim (interferens) renkleri

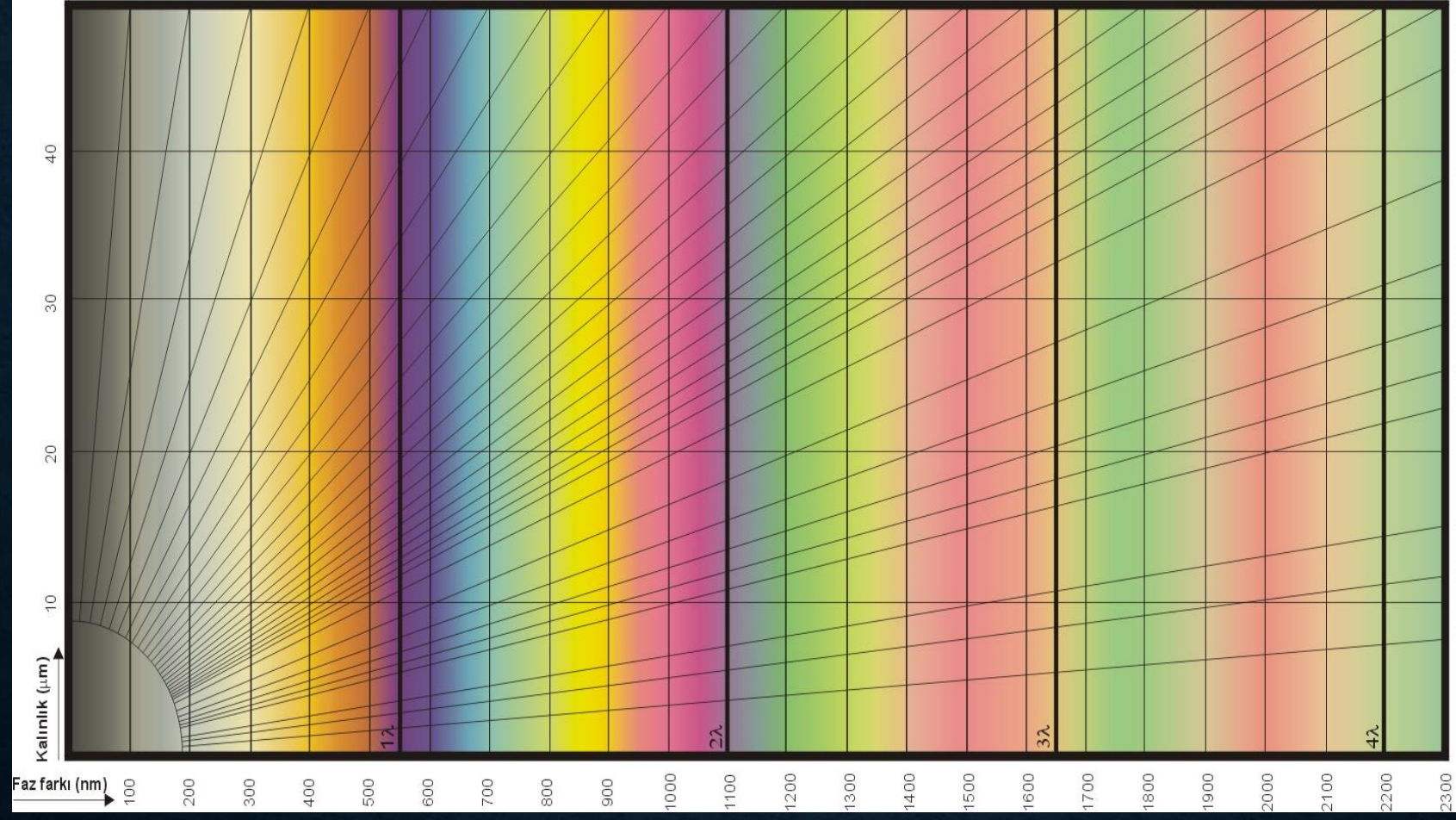
- İnterferens renkleri;

yönlenme

kalınlık

çift kırma' ya bağlıdır.

Birefrenjans
 Δn



Δn	Diaspor	0.048
	Talk	
0.050	Monazit	0.050
	Fayalit	
	Zirkon	0.059
0.060	Bazaltik Horn.	0.063
	Kizenit	0.064
0.070	Anatas	0.073
0.080		
0.090		
0.100	Badelyit	0.107
	Titanit	0.130
0.150	Brukit	0.150
	Aragonit	0.156
	Kalsit	0.172
0.200	Dolomit	0.180
	Magnezit	0.195
	Siderit	0.240
	Hematit	0.250
0.300	Rutil	0.287

Kriyolit	Analsim
	Losit
0.002	Manralit
	β -Kristobalit
	Penin
	β -Kriyobalit
	Epicoot
0.004	Vezüvyanit
	Klorit
	Verelin
	Şabazit
	Melilit
0.006	Beril
	Zoisit
	Akermanit
	K-Feldspat
0.008	Korund
	Topaz
	Enstatit
	Kalsit
	Aksinit
0.010	Krizofil
	Andalusit
	Kuars
	Albit
	Sülesin
	Jips
	Bronzit
0.012	Lamontit
	Rodonit
0.014	Vollastonit
	Hipersten
	Jadeit
0.016	Hornblend
	Mullit
	Kankrinit
0.018	Disten
	Montisellit
	Glokofan
	Lavsonit
0.020	Vermikülit
	Magnezit
	Bruisit
0.022	Akinolit
0.024	Çiit
	Anofilit
	Montmorilonit
0.026	Karnallit
0.028	Glo-konit
	Hedenberjit
0.030	
0.032	Dipsit
	Zinvaldit
	Kondrodit
	Forsterit
0.034	Hidromuskovit
	Paragonit
0.036	Olivin
	Lazulit
0.038	Pektolit
	Muskovit
	Epidot
0.040	Meyonit
	Biotit
0.042	Ejirinojit
0.044	Flogopit
	Anhidrit
0.046	Pirofillit

YARDIMCI LEVHALAR

- Jips levhası, mika levhası ve kuars kaması **bilinen miktarda girişim sağlamak** ve daha önce belirlenen renkleri elde etmek
- *Jips levhası*
beyaz ışıktan kırmızı girişim rengi (*1. dizinin kırmızı rengi*) elde etmeyi sağlayacak kadar kalınlıkta bir jips dilimi
- *Mika levhası*
ince bir mika yaprağından yapılmış kalınlığı $\lambda/4$ kadar **bir faz farkı** sağlar
- *Kuars kaması* uzun ve kama biçimli bir kuars dilimidir
 - Kamanın daha kalın kesimlerini optik yol üzerine getirdikçe faz farkı atar ve bir dizi interferens rengi meydana gelir

KESİŞEN POLARİZE IŞIKTA TEK EKSENLİ KRİSTALLER

- Uygun tarzda yönlendirilmiş kristal kesitlerinde *interferens şekiller* görülür.

Bunun için :

Kondansör ışık yoluna konur (*konoskopik* - kesişen ışık konumu)

Çapraz nikol,

Büyük objektif

Bertrand merceği

devreye sokulur

Mikroskop tüpünden bakılırsa, bir interferens şekli görülür.

□ **c** eksenine dik kesitlerde:

haç biçiminde **optik eksen interferens şekli**

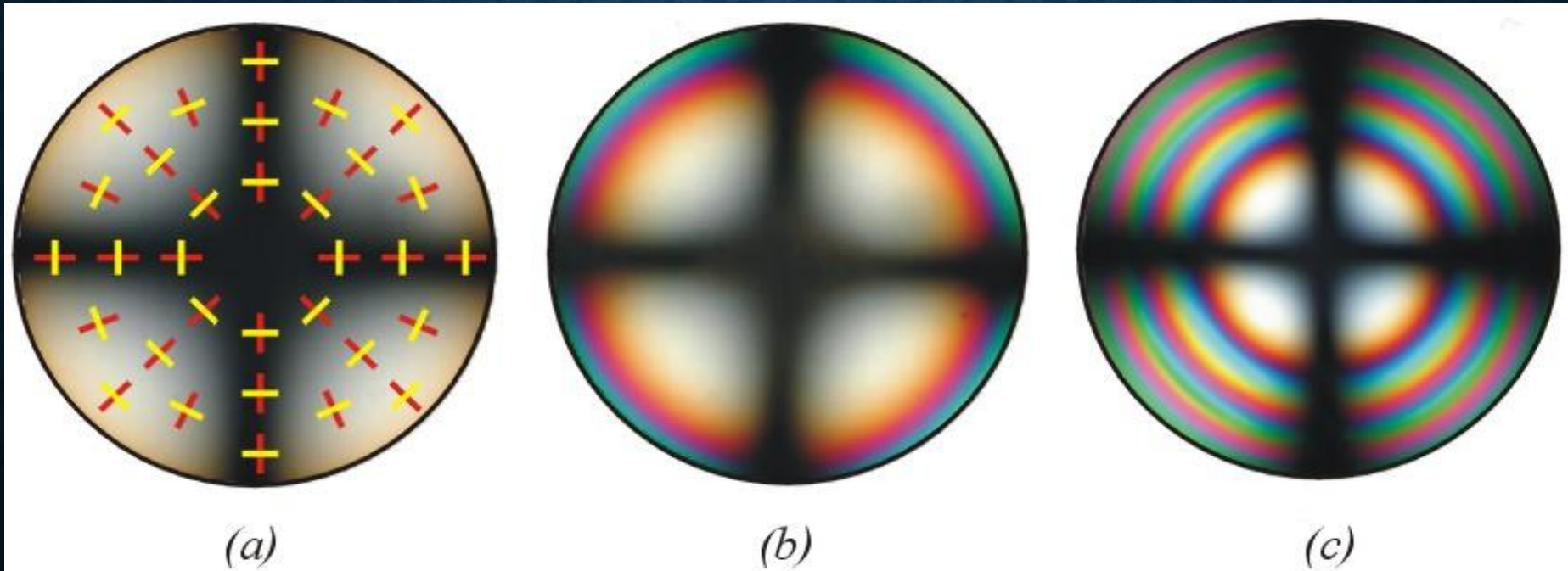
Işınsal kesik çizgiler
bunlara dik olanlar ise

E ışınlarının titreşim yönlerini
O ışınlarının titreşim yönlerini gösterir

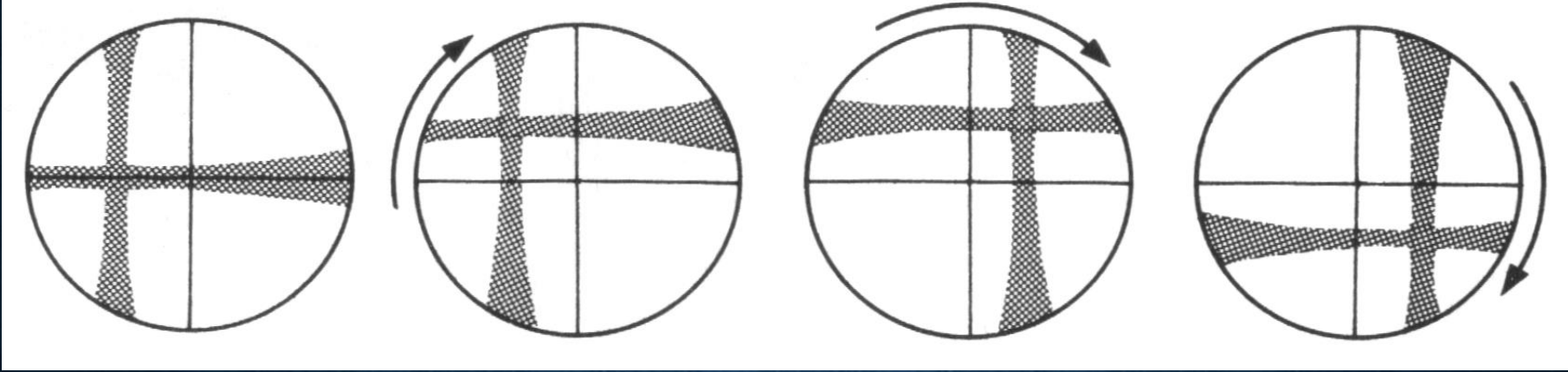
Bunların titreşim yönleri polarizör ve analizörün titreşim yönlerine // oldukları zaman: ışık hiç geçmez ve siyah bir haç meydana gelir.

c eksenine paralel olmayan yönlerde geçen ışınların c eksenine yaptıkları açı arttıkça faz farkları artar ve O ile E ışınlarına ayrılırlar.

Bu ışınların girişim yapmasıyla interferens renk halkaları oluşur.



- ❑ Kristalin optik eksenini mikroskopun eksenine bir açı yaparsa:



Optik eksen c eksenine ile çok büyük bir açı yaparsa haçin merkezi görüntü dışında kalır.

- ❑ Tek eksenli bir kristalin optik eksenini mikroskop eksenine dik olursa *flaş figür* şekli ortaya çıkar.

Bu şekil, kristalin sönme konumunda ve alanın büyük bir kısmını kaplayan bir haç biçiminde görünür. Mikroskop tablası döndürülürse haç iki kola ayrılır ve optik eksenin bulunduğu çeyreklere doğru hızla hareket ederek görüntüden çıkar.

Merkezleşmiş bir flaş figür E ışınının titreşim yönünü gösterir ve ϵ 'un gerçek değerinin ölçülmesini sağlar.

OPTİK İŞARETİN 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:

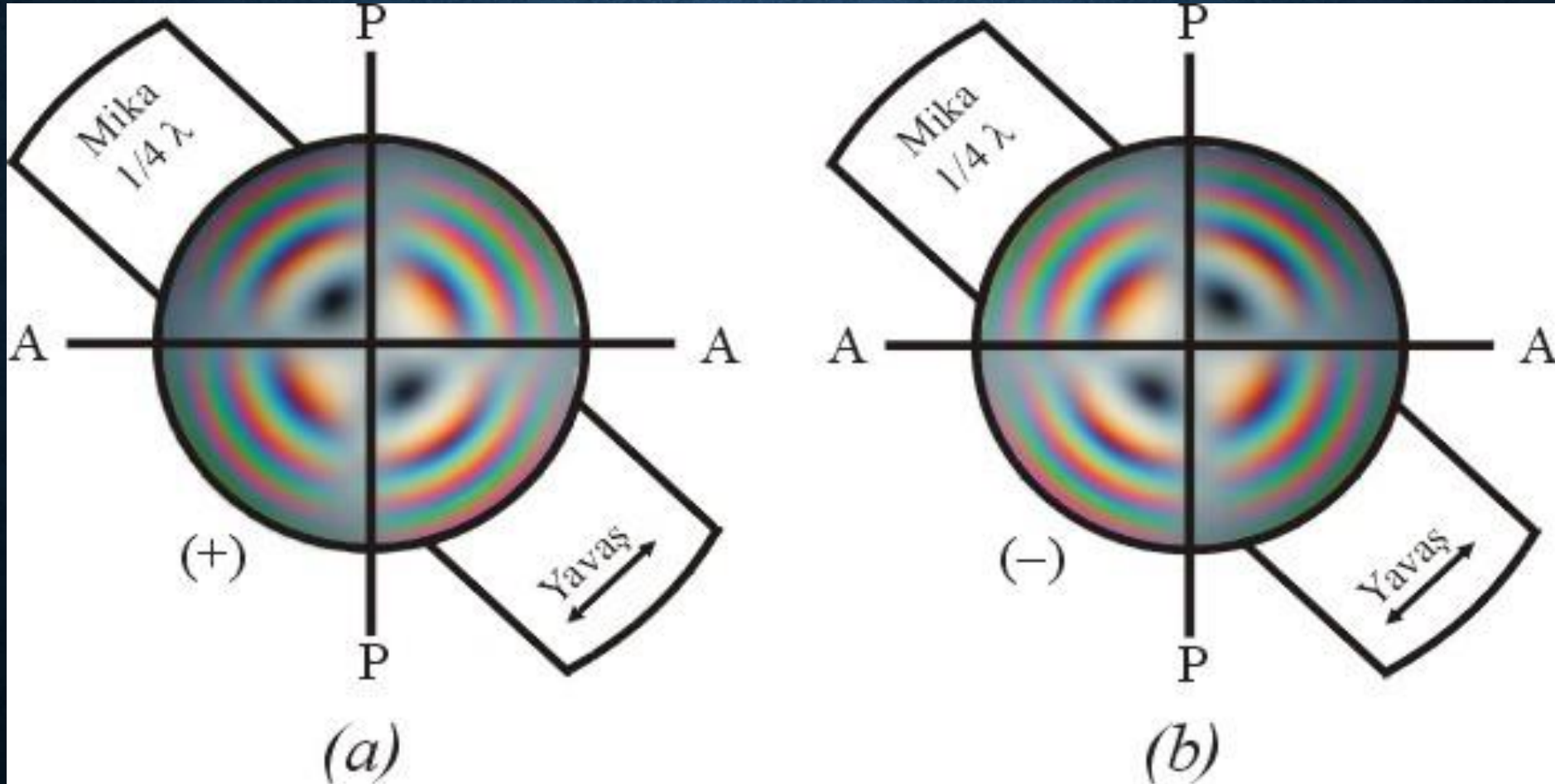
levhaların faz farklarını kristalin **E** / **O** eklemek / çıkartmaktır.

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.



• Jips levhası

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

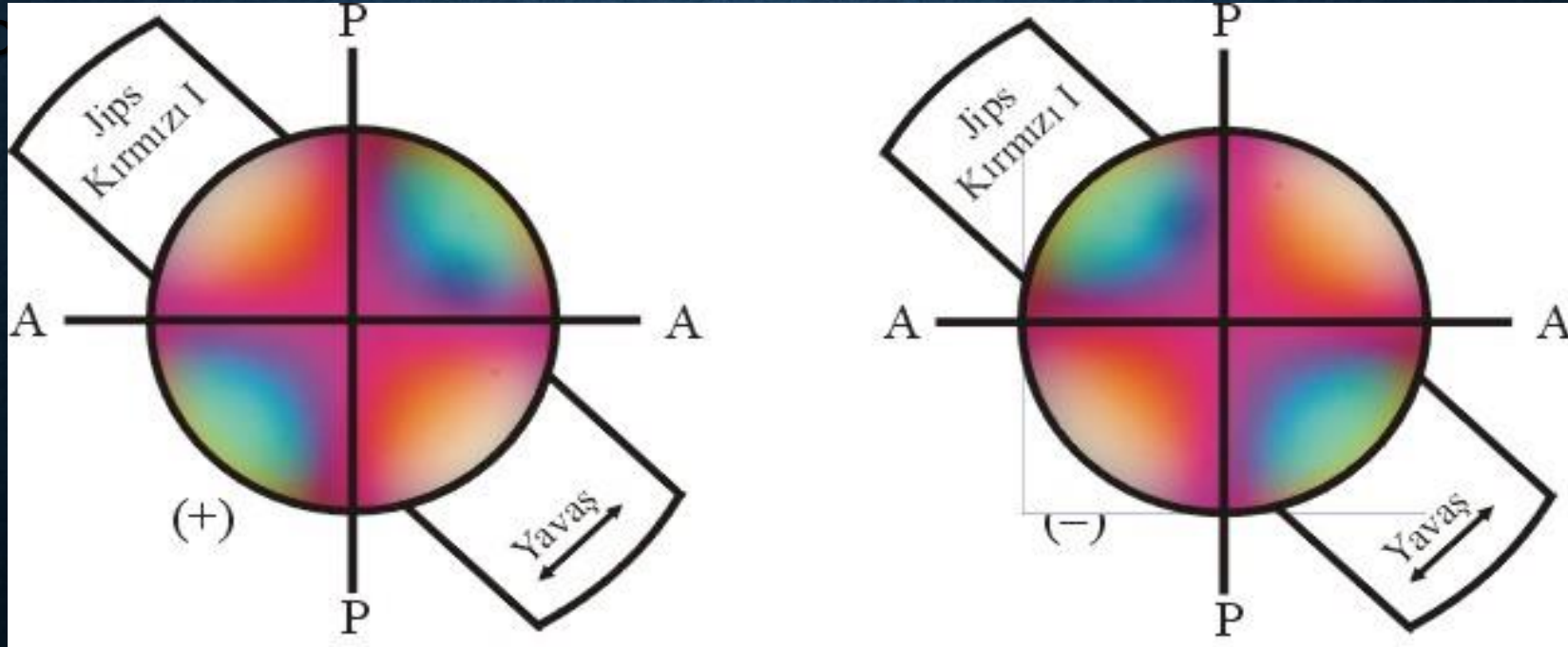
Jips levhasına ait 1.dizinin kırmızı rengi girişim şekli ile üzerlenir

Eklenme meydana gelen çeyreklerde

kırmızı + grinin = mavi

diğer çeyreklerde

kırmızıdan - grinin = sarı



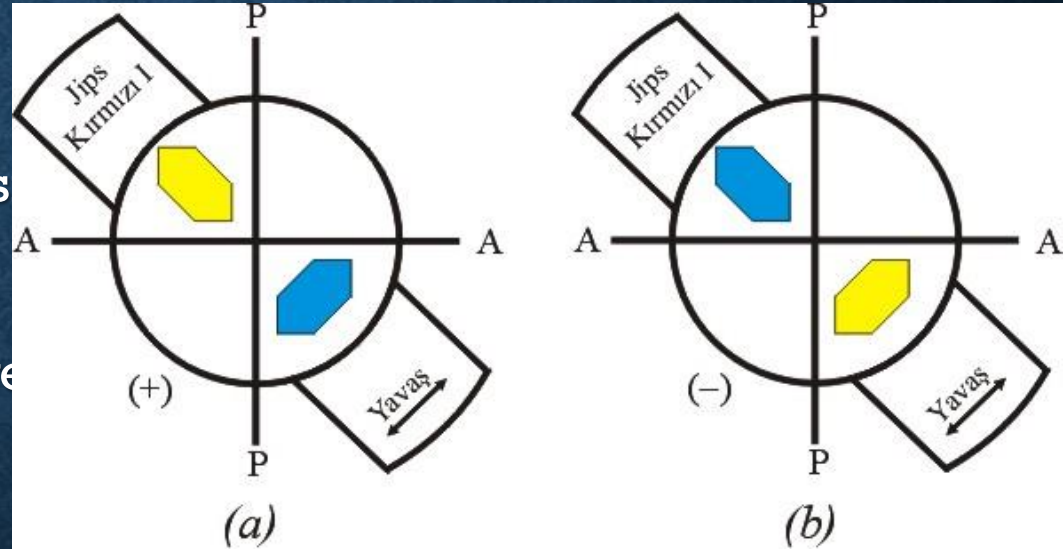
UZANIM İŞARETİ

- Heksagonal, trigonal ve tetragonal sistemlerdeki kristaller genellikle c eksenini boyunca uzama veya $c //$ prizmatik dilim gösterirler

Bu tarzda bir yönelme belirlendiği zaman, kristal 45° konumuna getirilir ve jips levhası sürülür

- İnterferens renkleri yükselirse ve bu yön aynı zamanda uzanım yönü olursa mineral *pozitif uzanımlıdır* ve optikçe +

- Jipsin yavaş ışığını mineralin uzanımına paralel olursa ve interferens renkleri düşerse mineral *negatif uzanımlıdır* ve optik bakımından -



OPTİK İKİ EKSENLİ KRİSTALLER

- Rombusal, monoklinal ve triklinal sistemlerdeki kristallerde ışığın çift kırılmaya uğramadan hareket ettiği iki yön vardır. Bu sistemlerdeki kristallere *optik iki eksenli* kristaller denir.
- Optik eksenler dışında kalan bir yönde geçen ışık, birbirine dik yönlerde titreşim gösteren iki ışına ayrılır.
- En hızlı ışın olan X ve en yavaş ışın olan Z ışınlarının titreşim yönleri birbirleri ile dik açı yaparlar.
- X ve Z 'nin bulunduğu düzleme dik olan bir diğer yön Y yönüdür. Bu nedenle iki eksenli kristallerde üç kırılma indisi vardır.
- En büyük ve en küçük kırılma indislerinin sayısal farkına *çift kırma (birefrenjans)* denir.

İKİ EKSENLİ İNDİKATRİKS

- X, Y, Z optik yönleri birbirine dik üç eksenli bir elipsoittir
Merkezinden geçen her kesit bir elipstir
- α, X yönünde; β, Y yönünde, γ ise Z yönünde yer alır
- XZ kesitteki elips üzerinde γ ve α arasında yer alan ve yarı çapı β ara indis değeri kadar olan iki S kesiti daireseldir

Bu dairesel kesitlere dik olan iki yöne *optik eksenler*

Bu eksenlerin yer aldığı XZ düzlemine *optik düzlem*

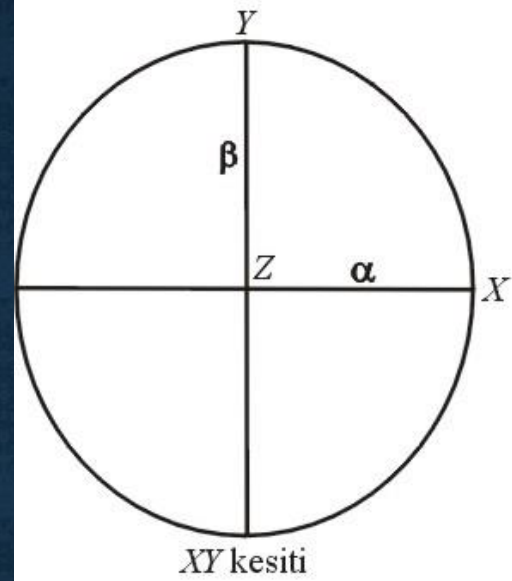
Bu düzleme dik olan Y yönüne ise *optik normal* adı verilir

Optik eksenler boyunca hareket eden ve dairesel kesitte titreşen ışık çift kırılmaya uğramaz, β kırılma indisini gösterir.

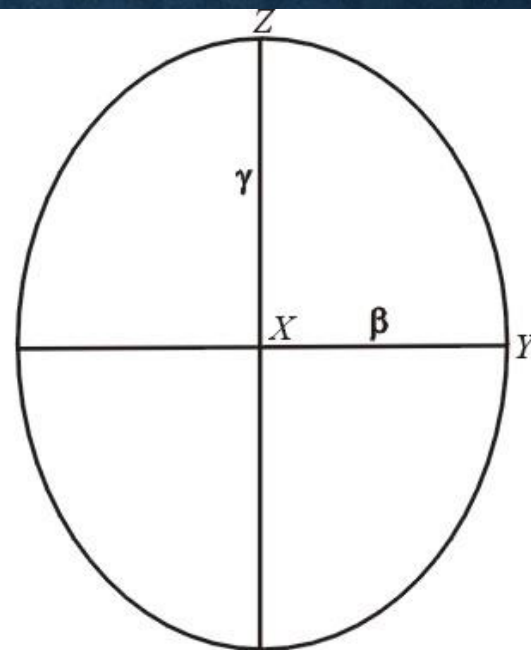
- İki optik eksen arasında yer alan açığa *optik açı* denir ve $2V$ ile ifade edilir
- Optik açı dar açı ve Z açıortay olursa;
 Z dar açıortay (*dar bisektriiks*)

Optik eksenler arasındaki geniş açığı ortalayan X geniş açıortay (*geniş bisektriiks*) denir

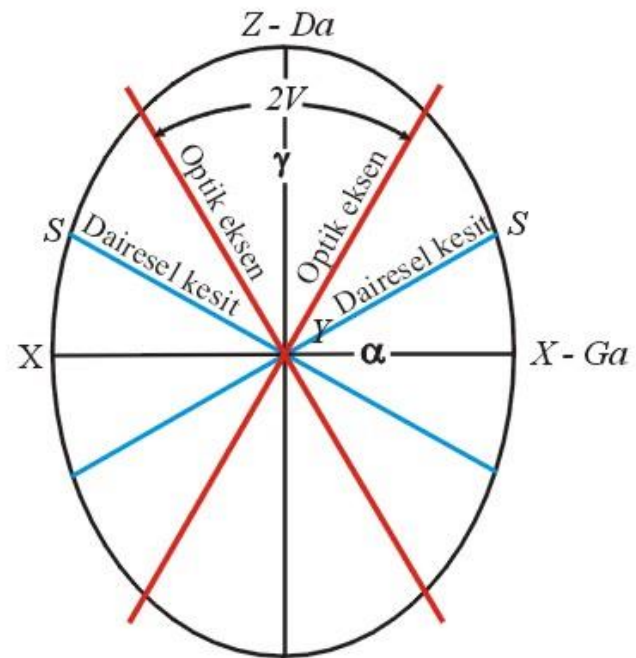
- Z dar açıortay olursa kristaller optik bakımdan $+$
- X dar açıortay olursa kristal optik bakımdan $-$



XY kesiti



YZ kesiti



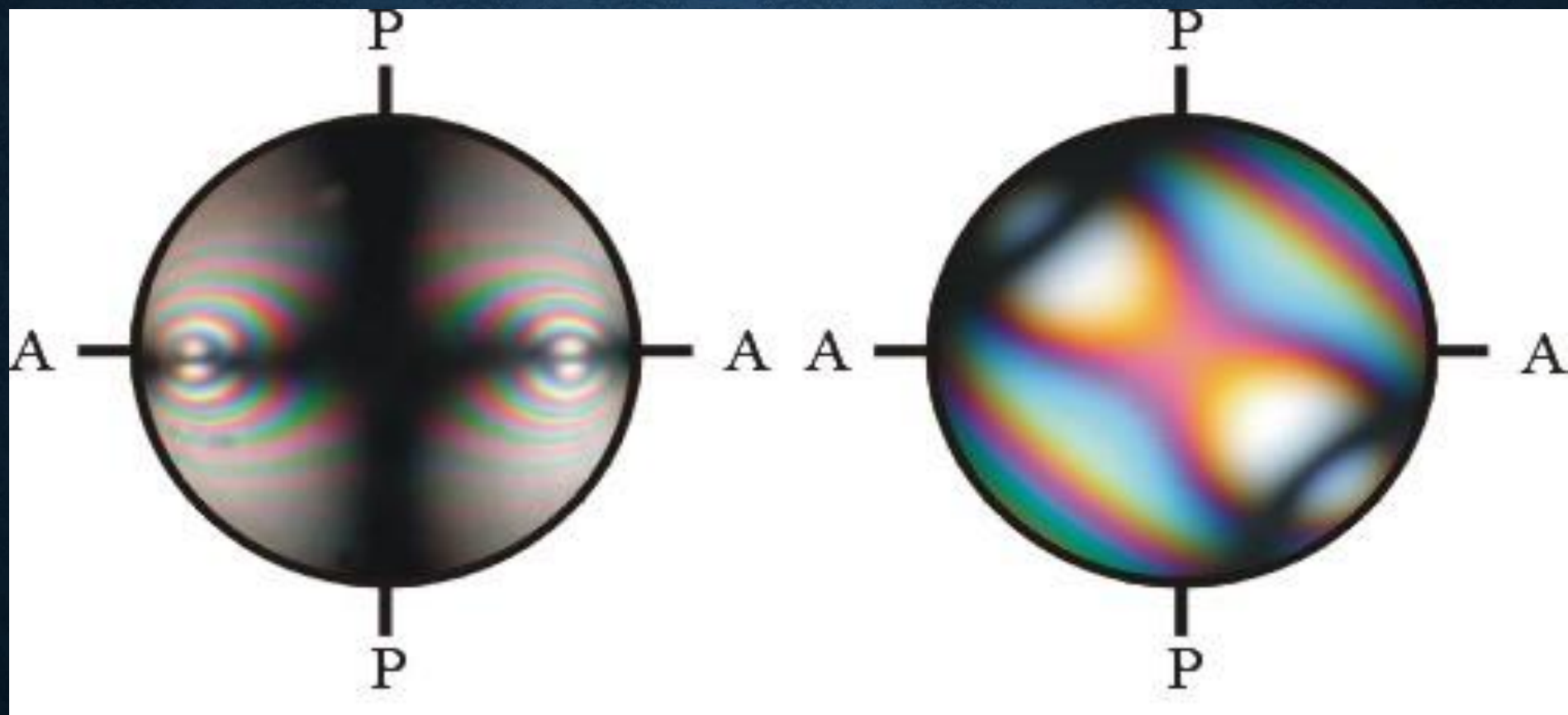
XZ kesiti

KESİŞEN POLARİZE IŞIKTA İKİ EKSENLİ KRİSTALLER

- İki eksenli interferens şekli, kesişen ışık, yüksek büyütme objektif ve Bertrand merceği kullanılarak incelenir.
- *Dar açı bisektriği şekli*, dar açıortaya dik kesitte gözlenir.
 $2V$ açısı çok küçük olduğu zaman 360° döndürme esnasında dört konumda tek eksenli optik eksen şeklini andırır

Tabla döndürülürse siyah haç *izojir* adı verilen iki hiperbole ayrılır. 45° 'de ise iki hiperbol maksimum derecede ve hafifçe birbirinden ayrılır. Bu durumda, bunları çevreleyen *izokromatik renk bantları* oval bir biçim kazanır.

- Optik açı büyüdükçe izojirler birbirlerinden gittikçe uzaklaşırlar ve izokromatik eğriler izojirlerin tepe noktaları etrafında simetrik olarak düzenlenirler.
- $2V$ değeri 60° 'den büyük olursa, 45° döndürmede izojirler alanı terk ederler. Optik açı büyüdükçe izojirlerin alanı terk etmesi daha hızlı olur.



- Kristal kesiti geniş açı açıortayına dik olursa, *geniş açıortay şekli* elde edilir.

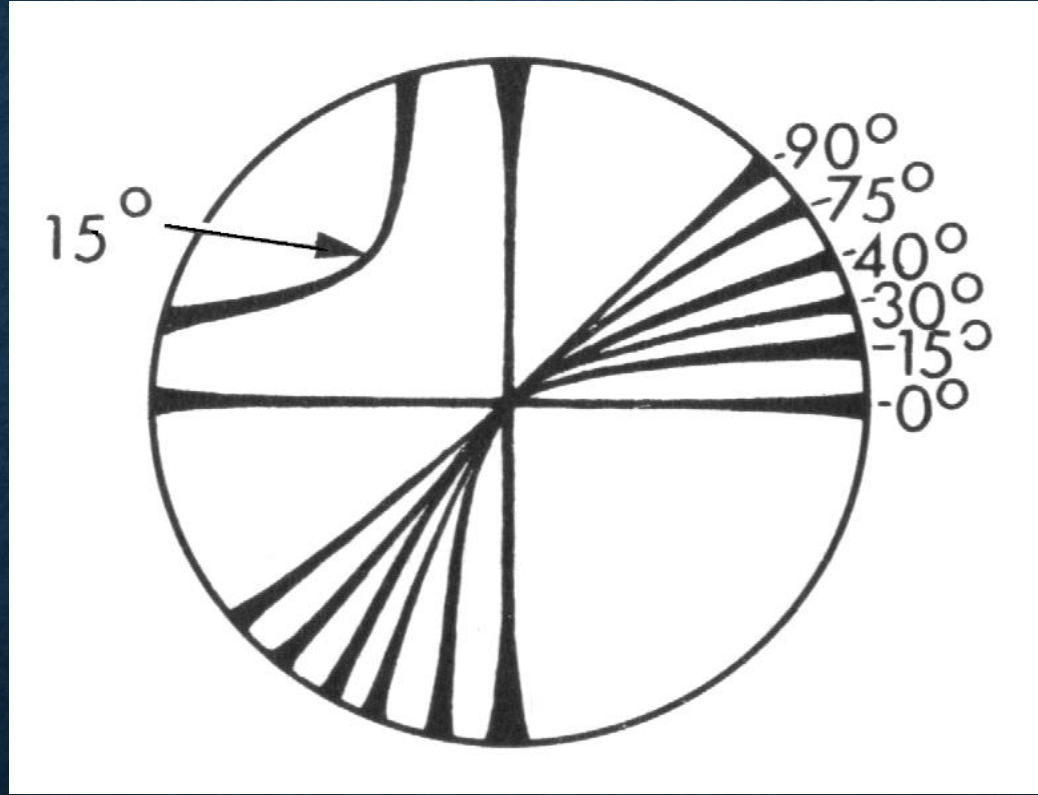
Optik eksen düzlemi nikollerden birine paralel olursa siyah bir haç görünür.

Tabla döndürülürse bu haç, dar açıortay yönünde alanının dışına doğru hızla hareket eden iki izojire ayrılır.

Merkezlenmiş bir geniş açıortay şeklinde, mineralin bu kesitinden α , β veya γ indislerinden biri hassas olarak tayin edilebilir.

- *Optik normal şekli*, optik eksenler düzlemine paralel olarak alınan kesitlerden elde edilir ve tek eksenli kristallerdeki “flaş figür”ü andırır

X ve Z optik yönleri nikollerin titreşim yönlerine paralel olursa optik şekil, iyi tanımlanamayan bir haç halinde görünür. Tabla biraz çevrilirse bu haç dar açıortayı kapsayan çeyrekler yönünde alanın dışına doğru hızla hareket eden hiperbollere ayrılır



İKİ EKSENLİ KRİSTALLERDE OPTİK İŞARETİN TAYİNİ

- Yardımcı levhalar kullanılarak optik iki eksenli kristallerin optik işareti dar açıortaydan veya optik eksen şekillerinden tayin edilebilir

OP optik düzlemin izi, **Y** de buna dik konumlarda olan β 'nin titreşim yönüdür. Optik eksenler boyunca hareket eden ve optik düzlemde titreşen tüm ışınların hızı sabittir. Bu ışınlar için kristalin kırılma indisi β 'dir

- - kristalde, dar açıortay figürünün izojirleri arasından çıkan ışınların hızları daha düşük, izojirlerin dışındakilerin hızları ise daha büyüktür

Jips levhası kullanıldığı zaman, levhanın yavaş ışını kristalin hızlı ışını ile etkileşir ve interferens renklerin eksilmesiyle izojirlerin dışbükey kesiminde sarı bir renk meydana gelir

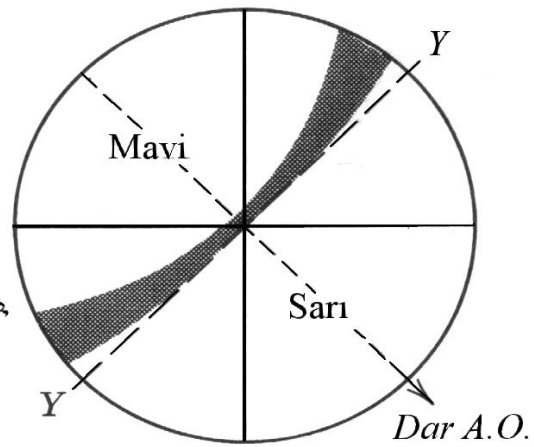
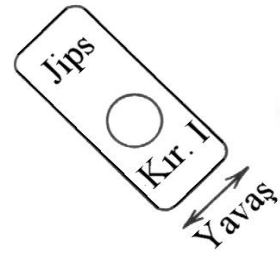
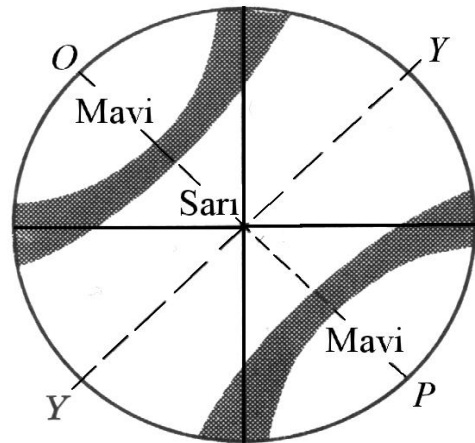
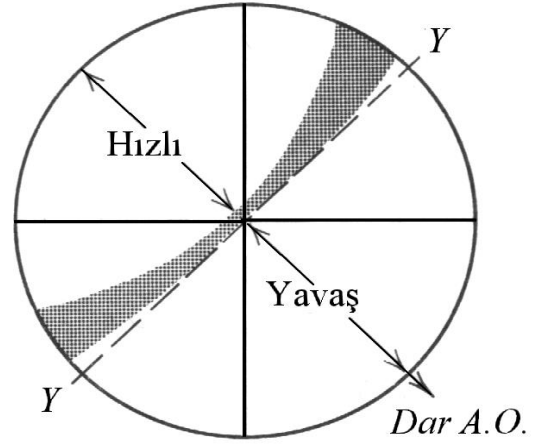
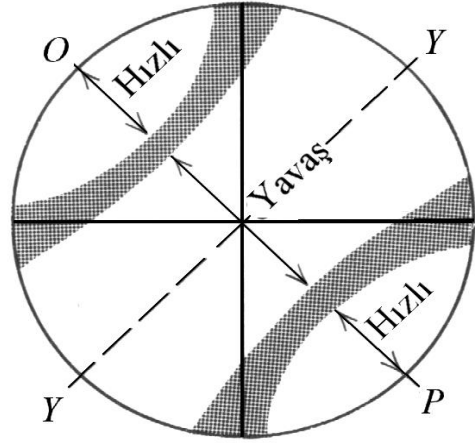
İzojirlerin içbükey kısmında ise, levhanın yavaş ışını kristalin yavaş ışınına eklenir ve mavi bir renk ortaya çıkar

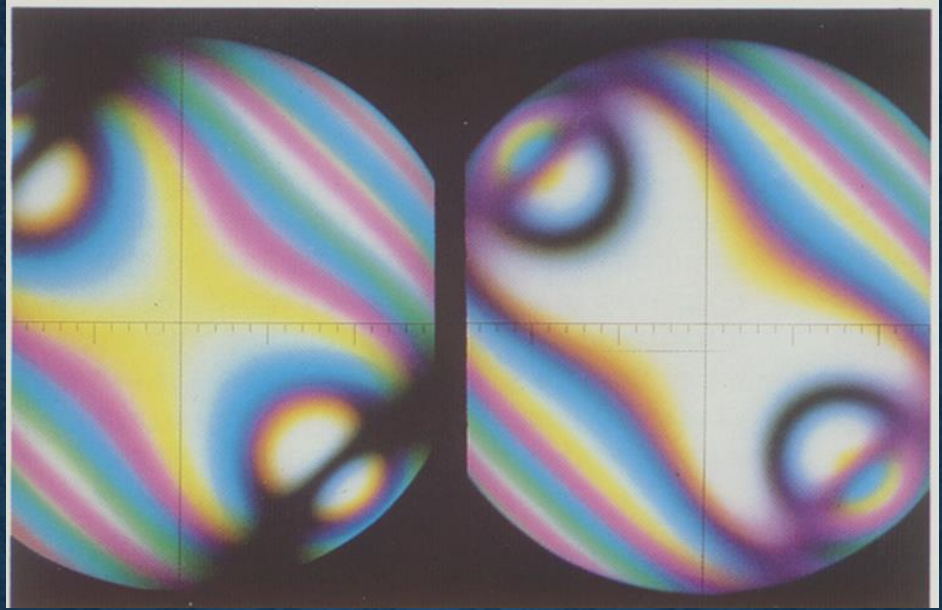
+ kristalde bunun tersi olan bir renklenme meydana gelir. Bu durumda **Z** dar açıortaydır.

- 45° konumundaki bir optik eksen şeklinden optik işaret tayini dar açıortay şeklinde olduğu gibi yapılır

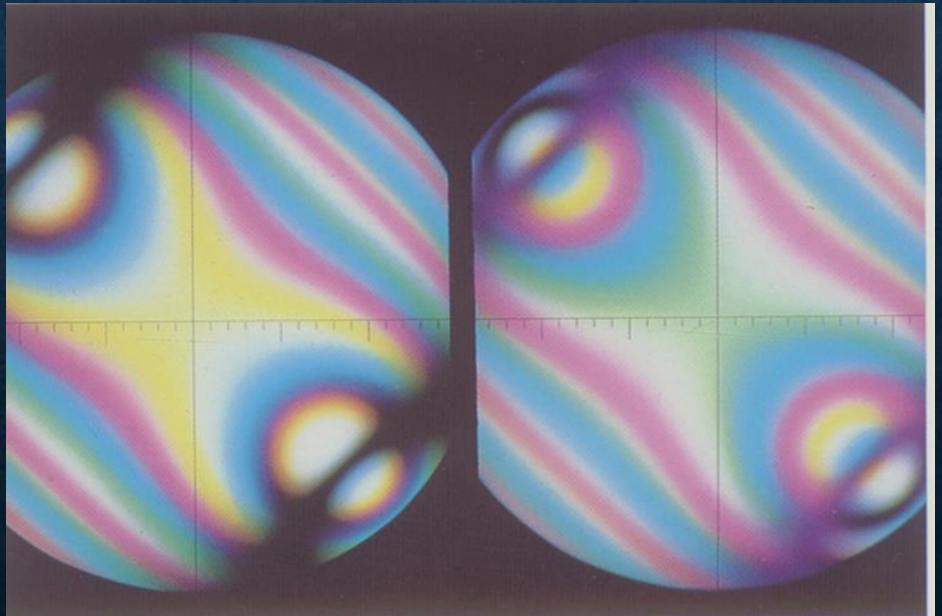
Jips levhası kullanılırsa:

- kristalde dışbükey tarafında sarı, içbükey tarafında mavi
- + kristalde dışbükey tarafında mavi, içbükey tarafında ise sarı renkleri meydana gelir.





-



+

İKİ EKSENLİ KRİSTALLERDE OPTİK YÖNLENME

- Optik indikatrisin yönlenmesi:

X , Y ve Z optik yönlerinin; a , b ve c kristal eksenleri ile olan durumlarıyla ifade edilir

Ortorombik kristallerde kristal eksenler ana optik yönlerden biri ile çakışır.

Optik yönlenme $X = c$, $Y = b$, $Z = a$ tarzındadır.

- *Monoklinal kristallerde:*

indikatrisin X , Y veya Z gibi ana optik yönlerinden biri b eksenine ile çakışır, diğer ikisi de kristalin $a-c$ düzleminde yer alır.

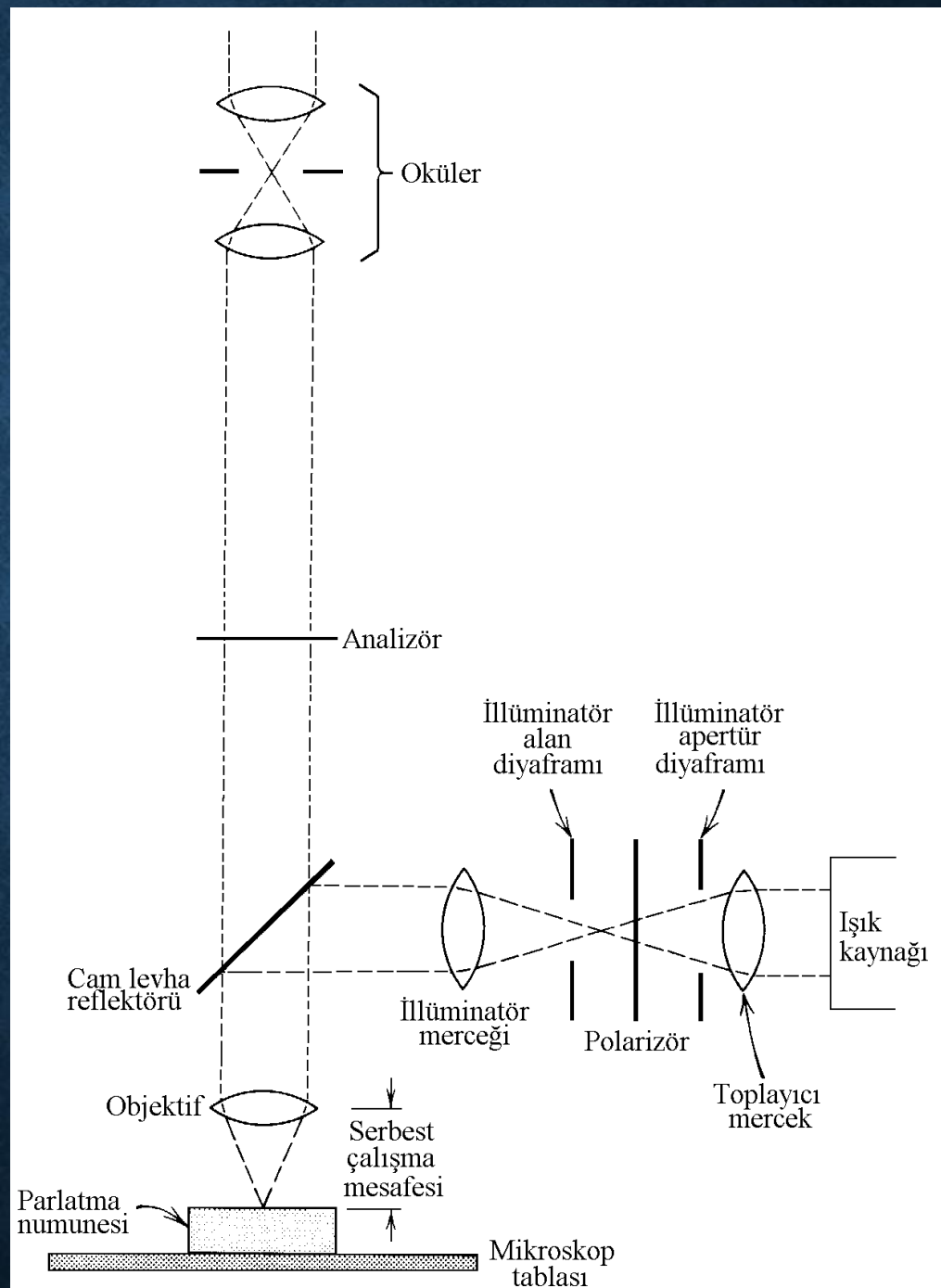
- *Triklinal kristallerde:*

Optik eksenler, kristalografik eksenlere göre herhangi bir konumda olabilirler.

OPAK MİNERALLERİN OPTİK ÖZELLİKLERİ

Cevher minerallerin çoğu opaktır.

Bunların parlatma kesitleri;
yansıyan ışık mikroskobu
veya
cevher mikroskobunda
incelenir.



- Polarize ışıktta, küb sistemi dışında kalan opak minerallerin çoğu, *çift yansıma* gösterirler. Mikroskop tablası çevrildikçe mineralin rengi veya parlaklığı değişir.
- Çapraz nikoller altında 360° döndürülürse, dört kez sönme gösterirler.
- İzotrop olanlar çift yansıma ve sönme göstermezler.
- Parlatma kesitleri,
cevher minerallerin parajenezi ve kökeni hakkında önemli ipuçları verir.
Ayrıca minerallerin dokusal ilişkilerinden, oluşum sıraları, meydana gelen ornatma / eksolüsyon ilişkileri de incelenebilir.