



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.

b) Çift (Çapraz) Nikol

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

GİRİŞİM RENGİ

Bir minerale ait girişim renkleri mineral kesitinin çift nikol arasında incelenmesi esnasında gözlenmektedir. Sönme durumunun dışındaki konumlarda polarizörden gelen ışık mineral tarafından birbirine dik yönde titreşen iki ışığa ayrılır. Bu iki ışığın titreşim yönleri analizörün titreşim yönünden farklı olması durumunda girişime uğrar.

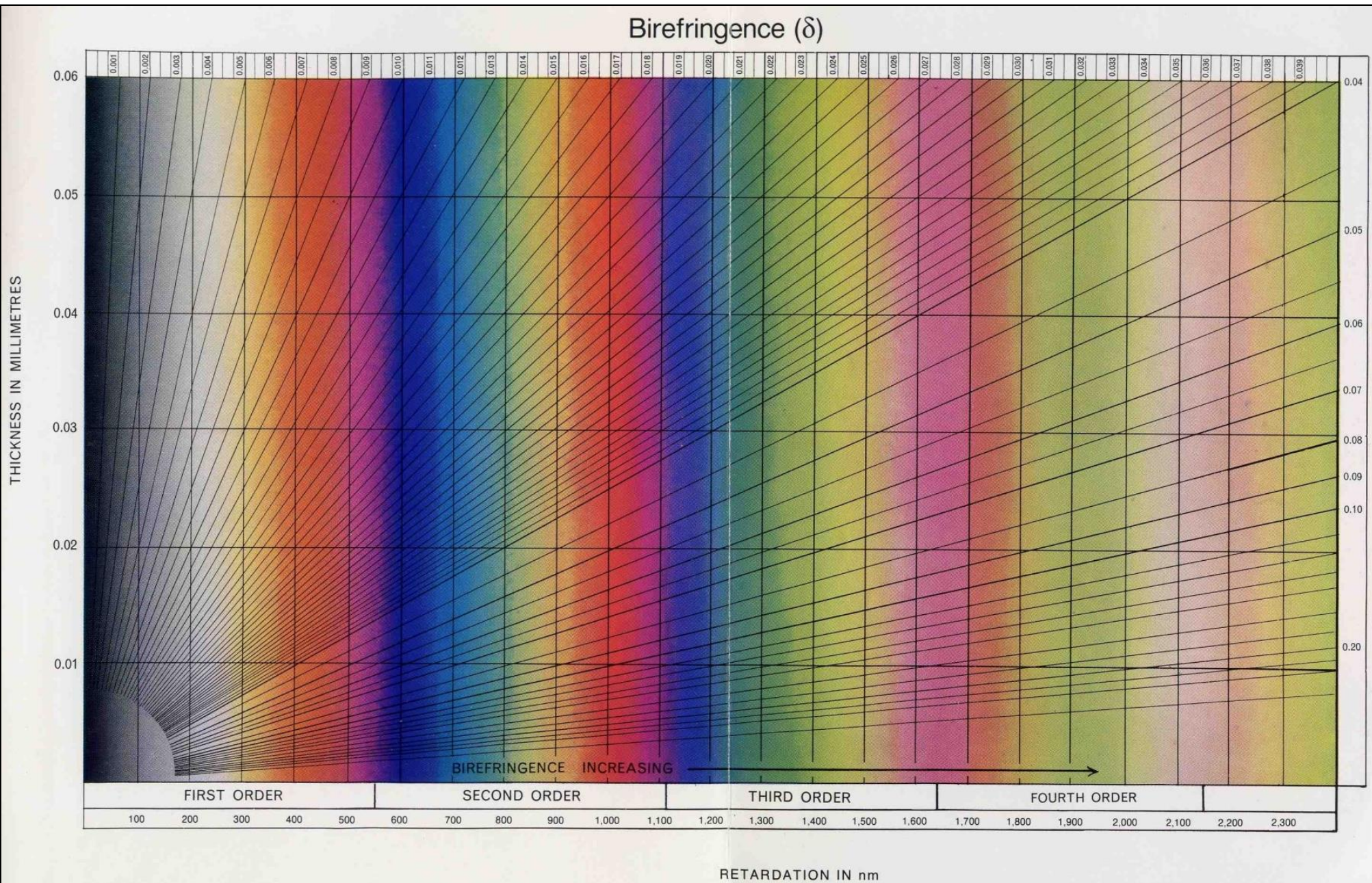
Belirtilen bu durumun nedeni bu iki ışığın mineral içinden farklı hızlarda geçmeleri (farklı ışık kırma indisleri nedeni ile) ve minerali bir faz farkı ile terk etmeleridir.

Beyaz ışık birçok dalga boylarının karışımı olduğu için belirli bir mineral tanesinde dalgaboylarından yalnız biri bu şekilde ortadan kaldırılacaktır. Bu şekilde bir dalga boyunun ortadan kaldırılması ve diğerinin girişimi sonucu çift nikol arasında mineralin girişim rengi ortaya çıkacaktır.

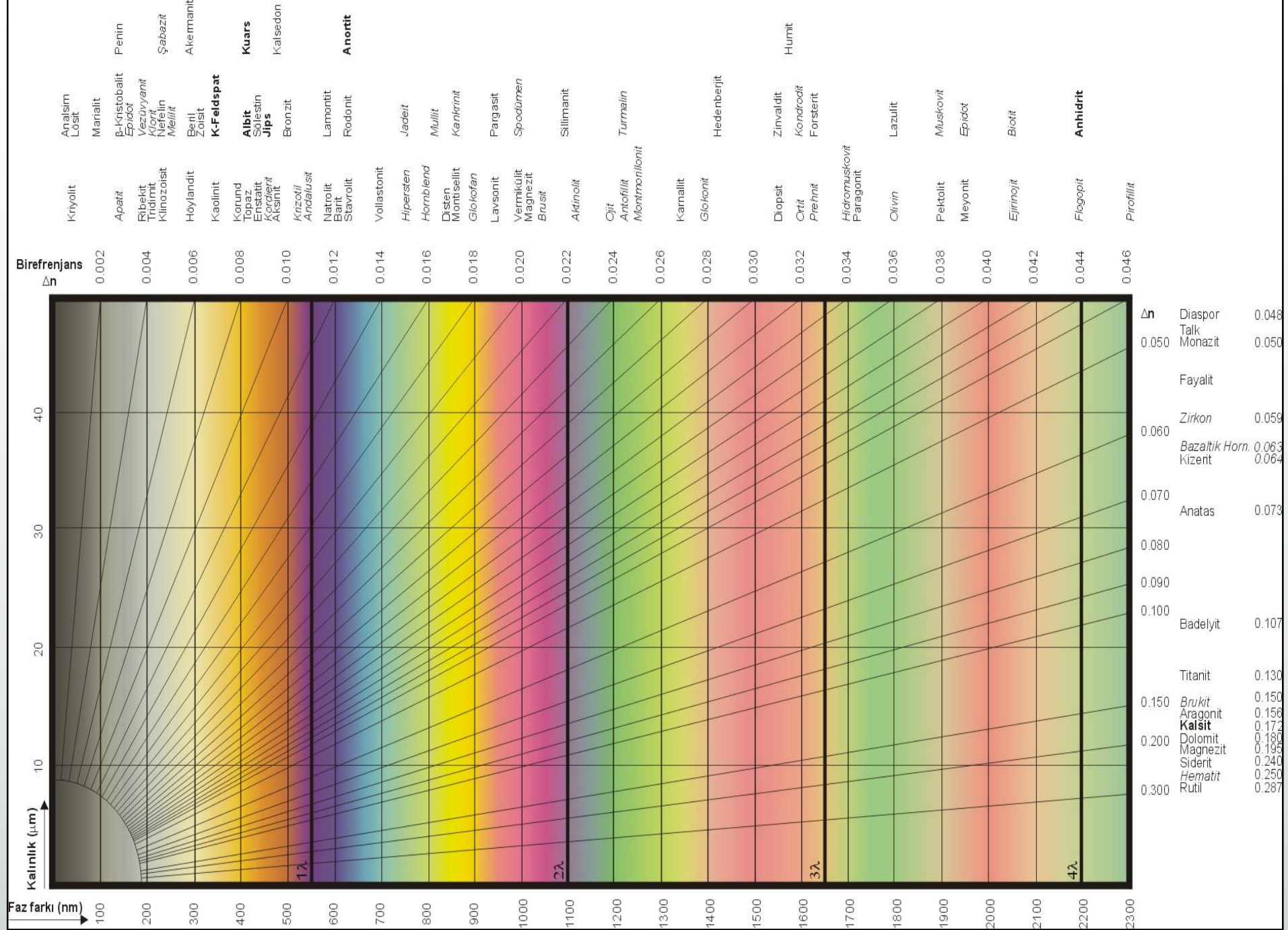
Meydana gelen faz farkı ve beyaz ışık ile inceleme esnasında görülen girişim renkleri:

- 1) Mineral kesitinin kalınlığına
- 2) Mineraldeki en büyük ve en küçük ışık kırma indisleri arasındaki fark olan çift kırma değerine bağlıdır.

GİRİŞİM RENGİ



Çiftkırma : En büyük ve en küçük ışık kırma indisleri arasındaki farktır.



GİRİŞİM RENGİ

Kristali bir sönme konumundan çevirirken polarize ışığın özelliği değişir

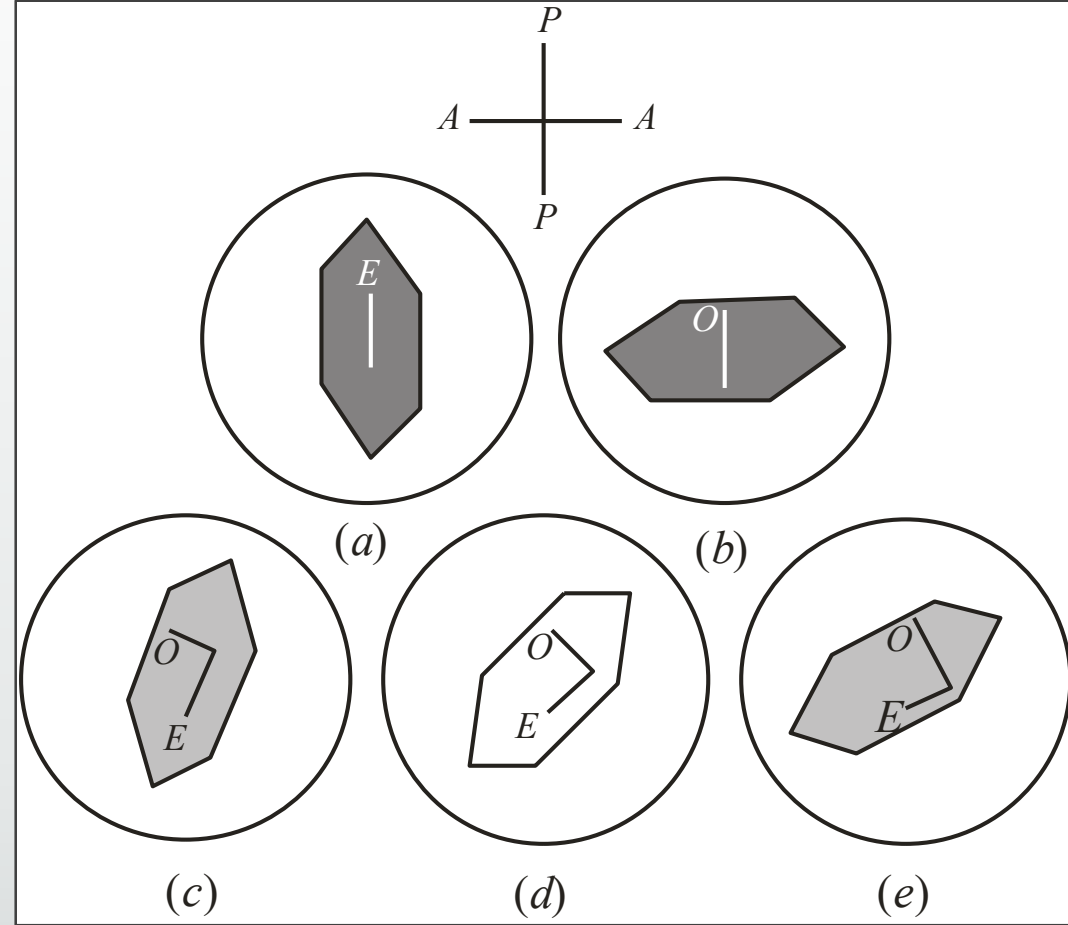
Perde düzlemine dik olarak polarizörden gelen ışık $P-P$ yönünde titreşir.

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



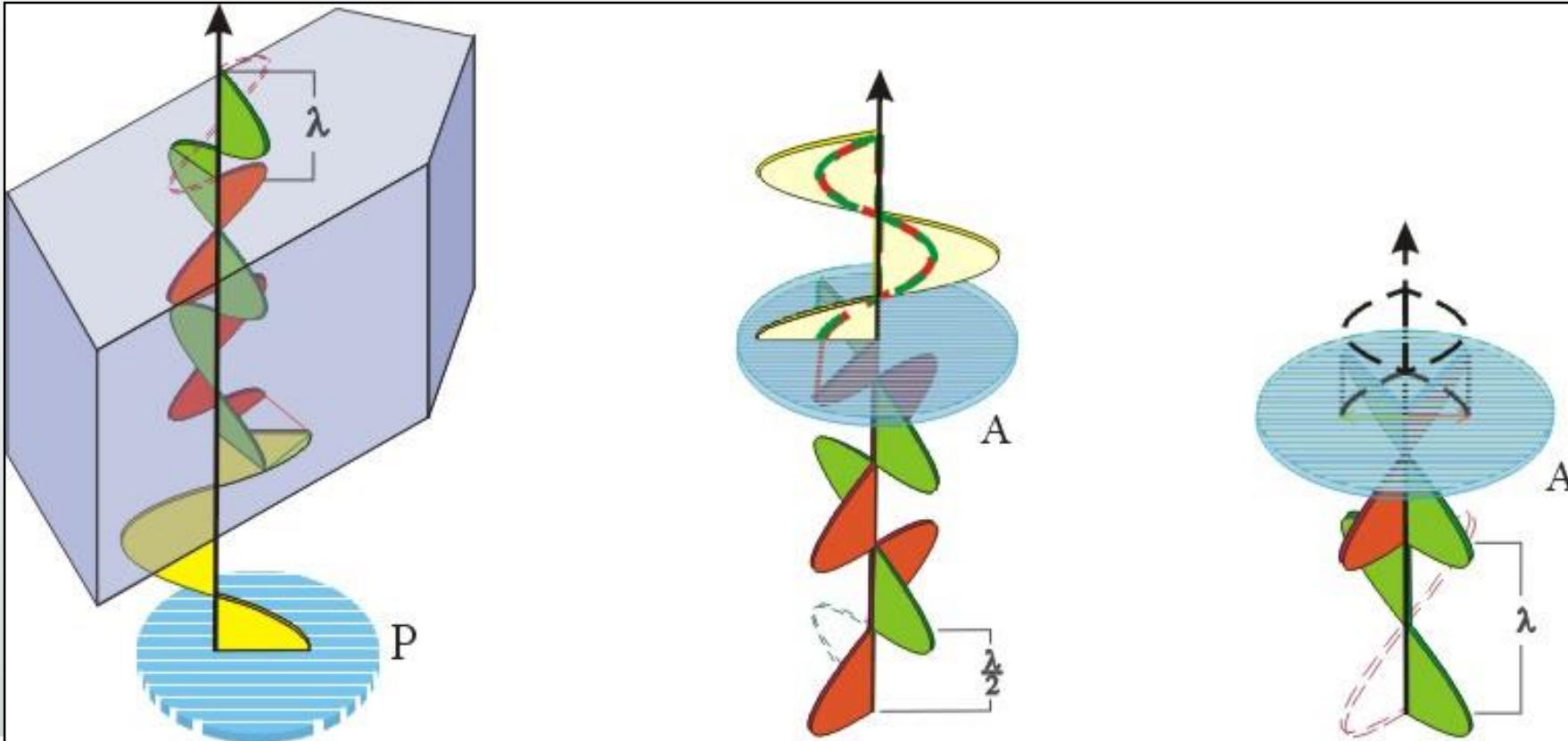
GİRİŞİM RENGİ

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.



GİRİŞİM RENGİ

Monokromatik ışıkta 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. 1λ , 2λ , 3λ ..., $n\lambda$ faz farkları ile meydana gelen değişik renklerde *girişim dizileri* vardır

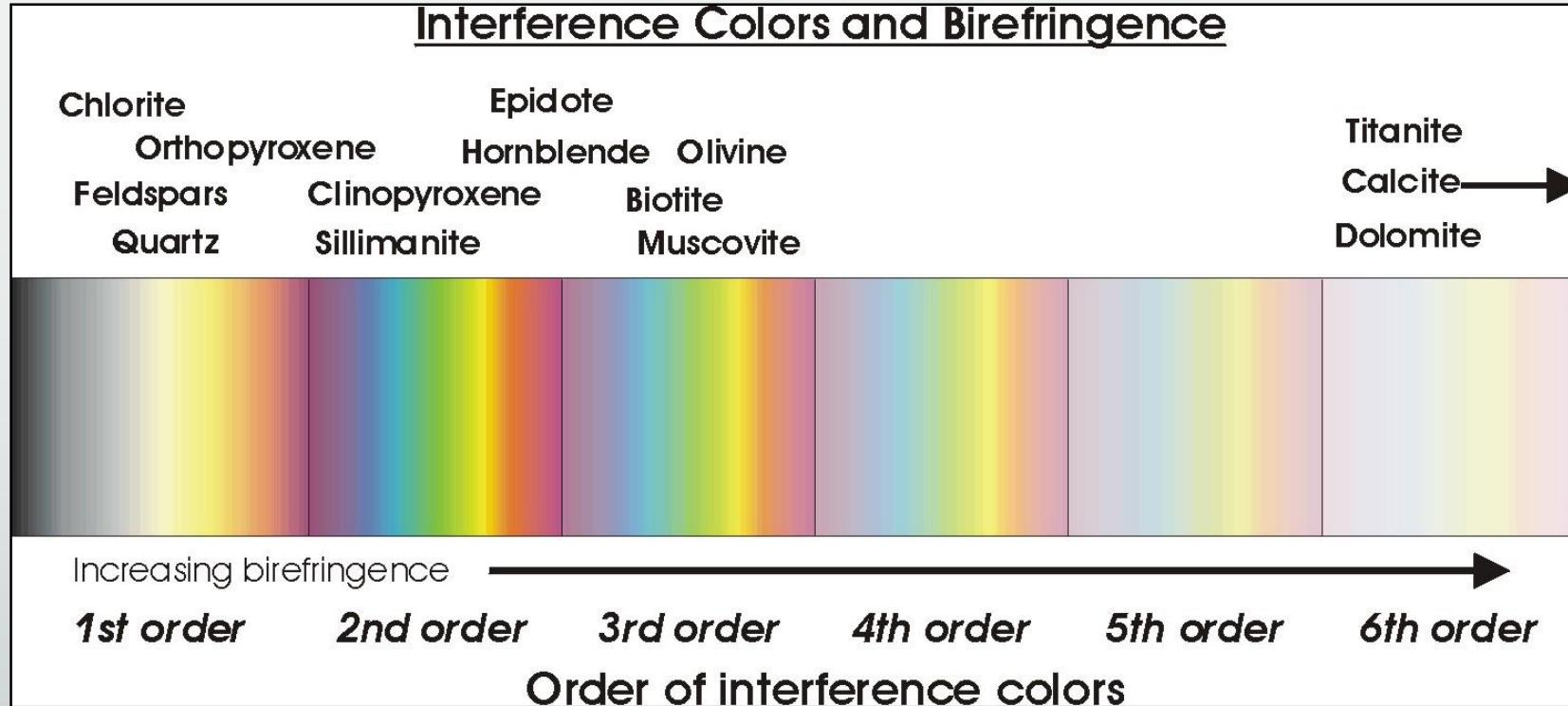
1. dizi, 2. dizi, 3. dizi ve 4. dizi girişim (interferens) renkleri

İnterferens renkleri;
yönlenme
kalınlık
çift kırma' ya bağlıdır.

GİRİŞİM RENGİ

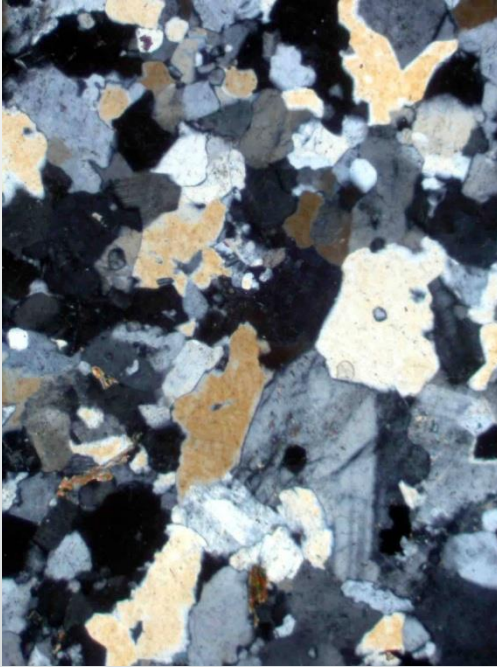
Anizotrop mineraller, tane içerisinde geçen polarize ışığı iki ışına ayırır. Işıklar aynı düzlem üzerinde ve aynı hızlarda hareket etmeyebilir. **Çiftkırma terimi**, iki ışının hızları arasındaki farklılığı tanımlayan bir değerdir. Işıklar tane içerisinde ayrıldığı sırada **girişim renklerini** oluştururlar. Bu renkler çiftkırma değerlerine ve kesitin kalınlığına bağlı olarak değişir. Renkler spektrum içerisinde herhangi bir renk tonunda olabilir. Çiftkırma yükseldikçe renkler tekrar eder fakat gittikçe pastel tonlar (soluk) alırlar.

Girişim renkleri ifade edilirken hem renk tonunu hem de dizisini belirtmek gerekir (örn : 2. dizi sarı), Düşük çiftkırma sahip mineraller sadece beyaz , açık sarı, gri ve siyahımsı girişim renklerine sahiptirler. Çok yüksek çiftkırma sahip olanlar ise (kalsit gibi) çok zayıf renklerde görülür ve Bazen de "inci beyazı" rengindedir.

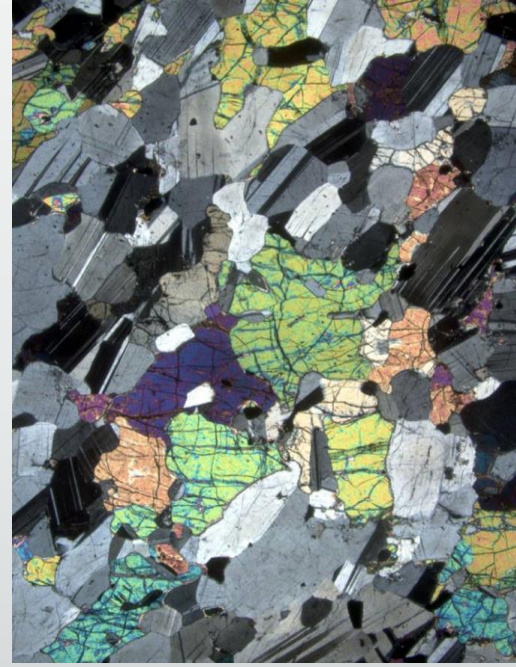


GİRİŞİM RENGİNİN TANIMLANMASI

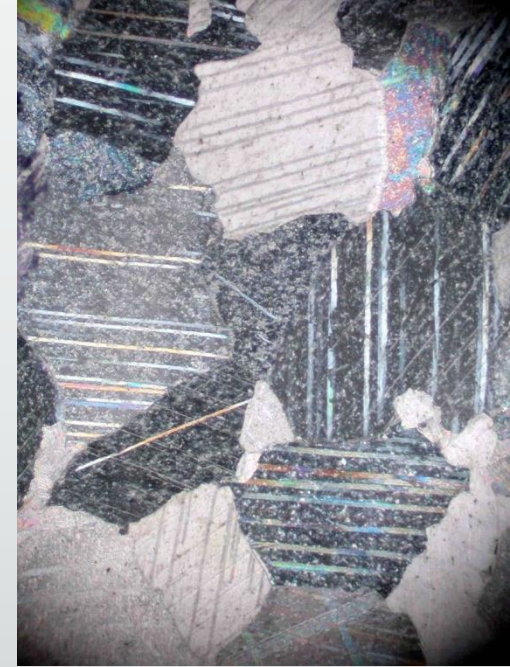
- ▶ Yüzeysel çalışmalarda, minerallerin girişim renklerini DÜŞÜK, ORTA ve YÜKSEK gibi terimlerle ifade edilmektedir.
- ▶ Bu tanımlamada, minerallerde gözlenen renklerin Michel-Levy renk çizelgesindeki renklerle karşılaştırılmasından yararlanır.
- ▶ Genelde, **I. Sıranın renklerini** gösteren mineraller için **DÜŞÜK**,
- ▶ **II. Sıranın renklerini** gösteren mineraller için **ORTA**,
- ▶ **III. ve daha üst sıranın renklerini** gösteren mineraller için **YÜKSEK** girişim renkleri söz konusudur.



DÜŞÜK (Kuvars)

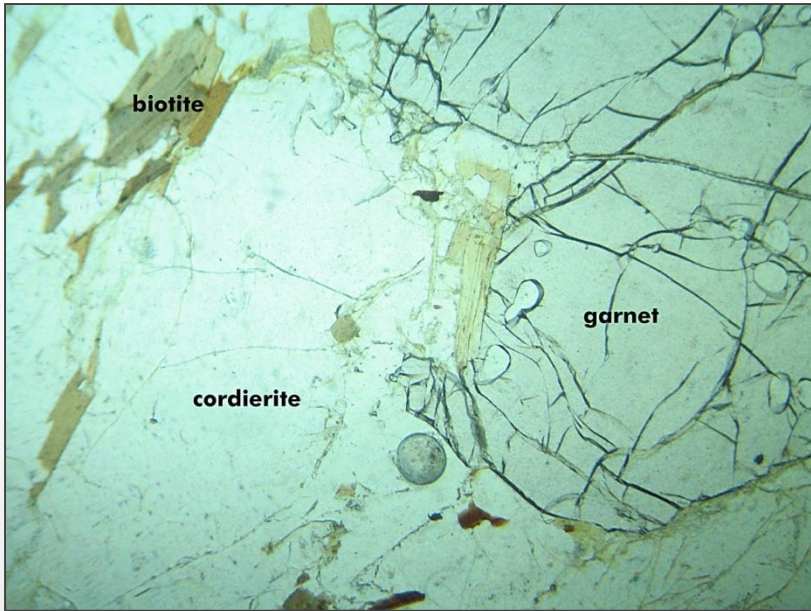


Orta (Muskovit)

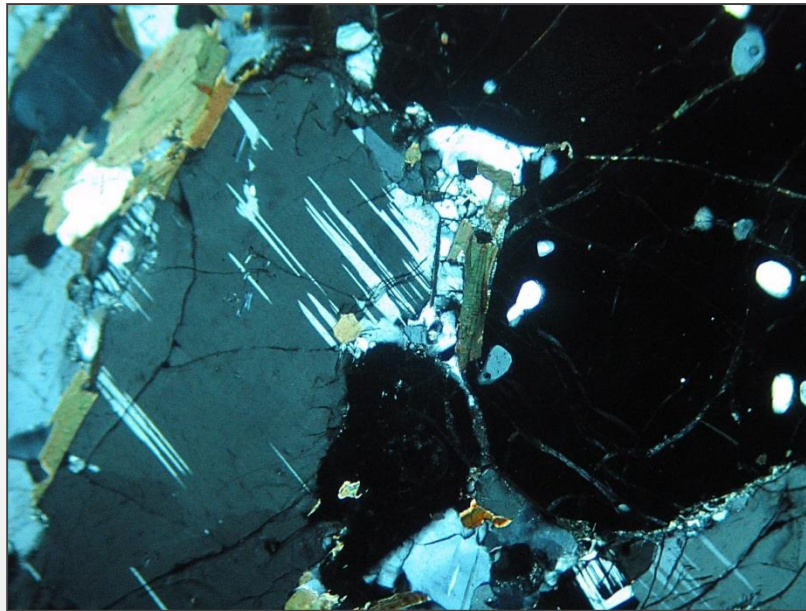


YÜKSEK (Kalsit)

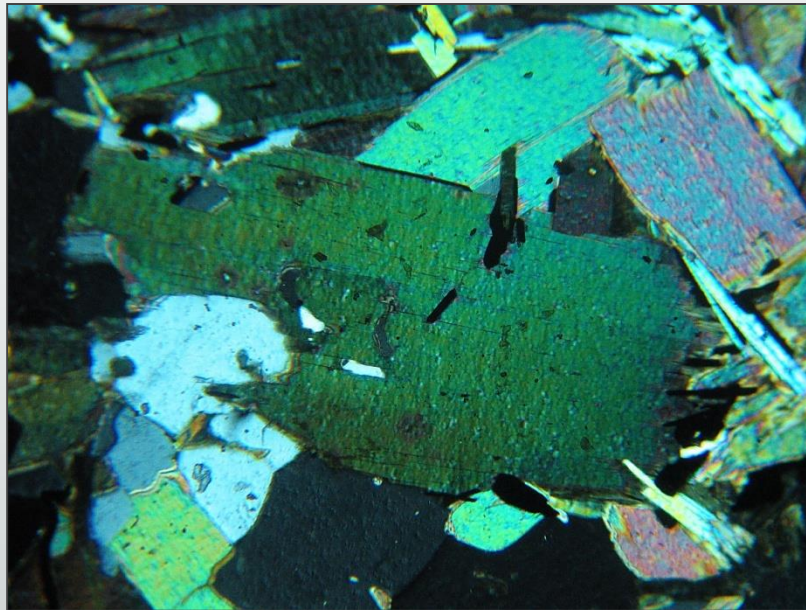
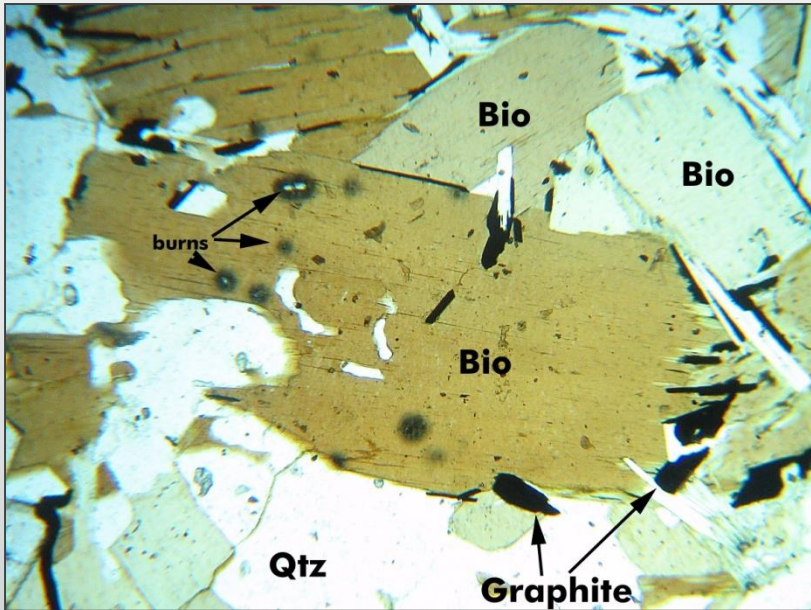
GİRİŞİM RENGİ



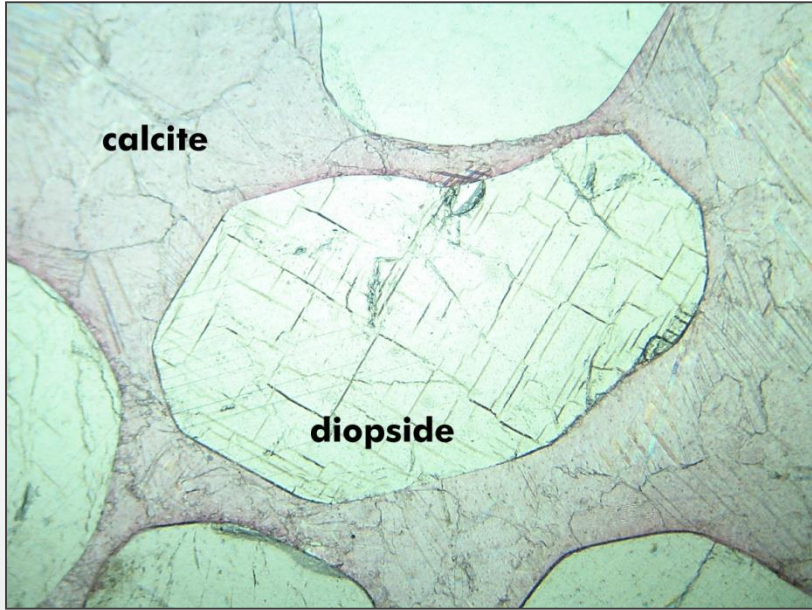
Tek nikol



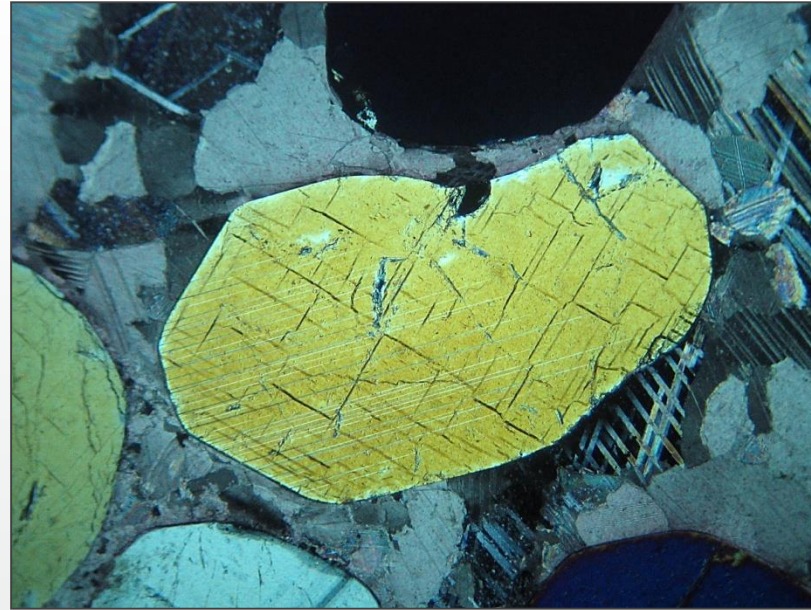
Çift nikol



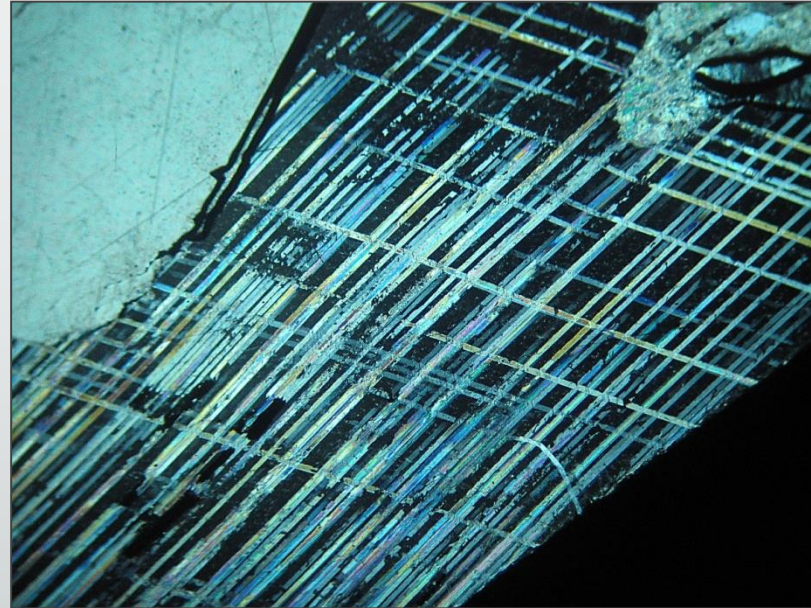
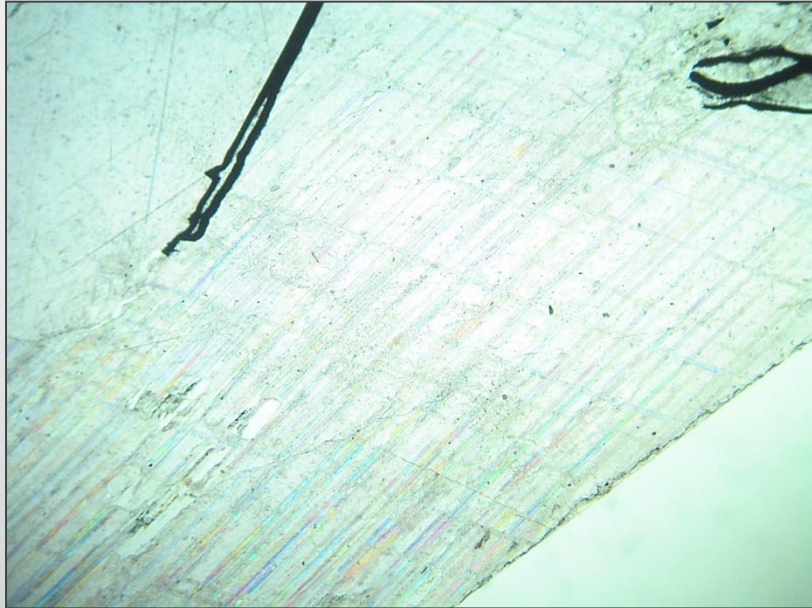
GİRİŞİM RENGİ



Tek nikol



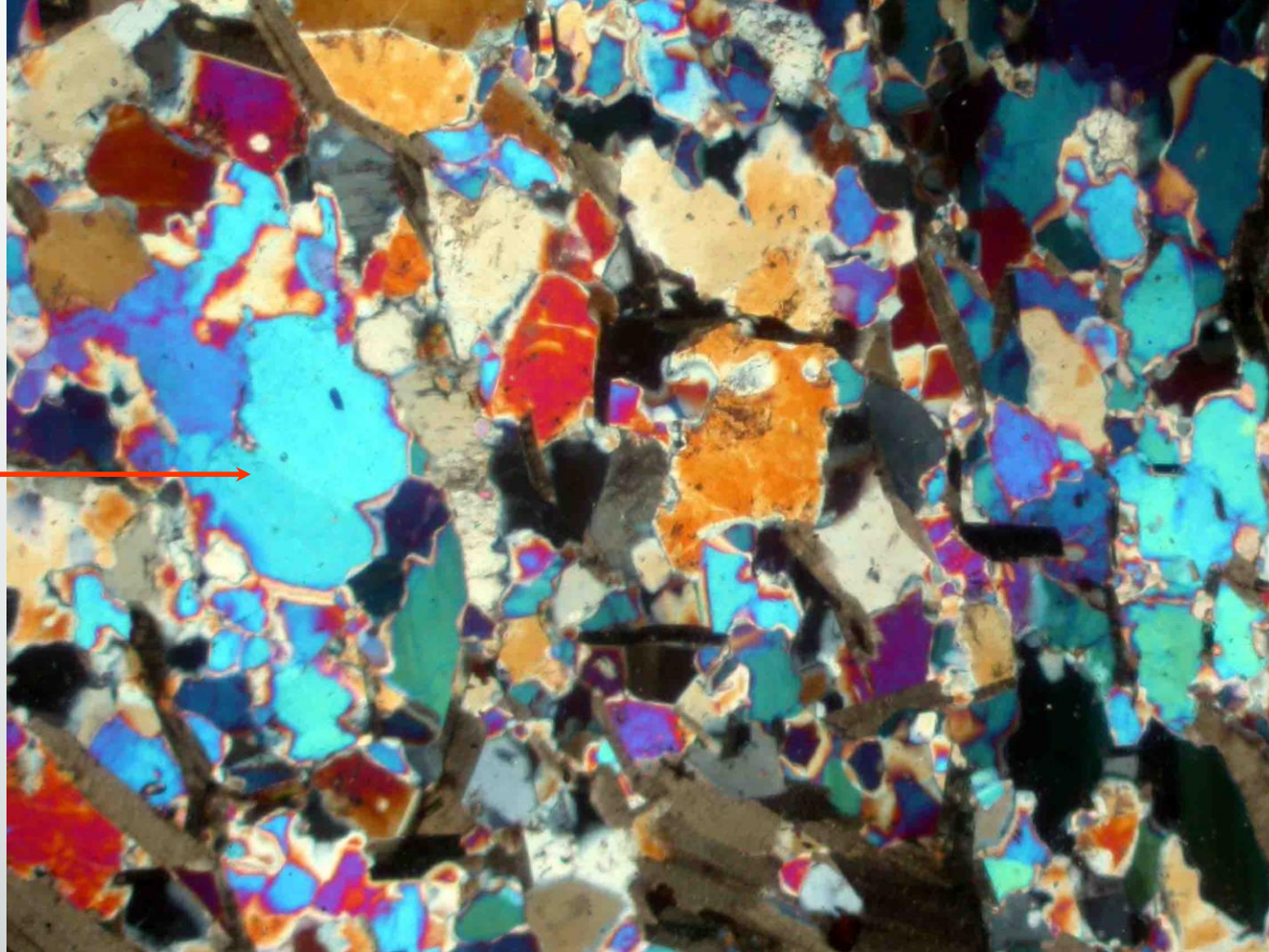
Çift nikol



GİRİŞİM RENGİ İLE KESİT KALINLIĞININ BELİRLENMESİ

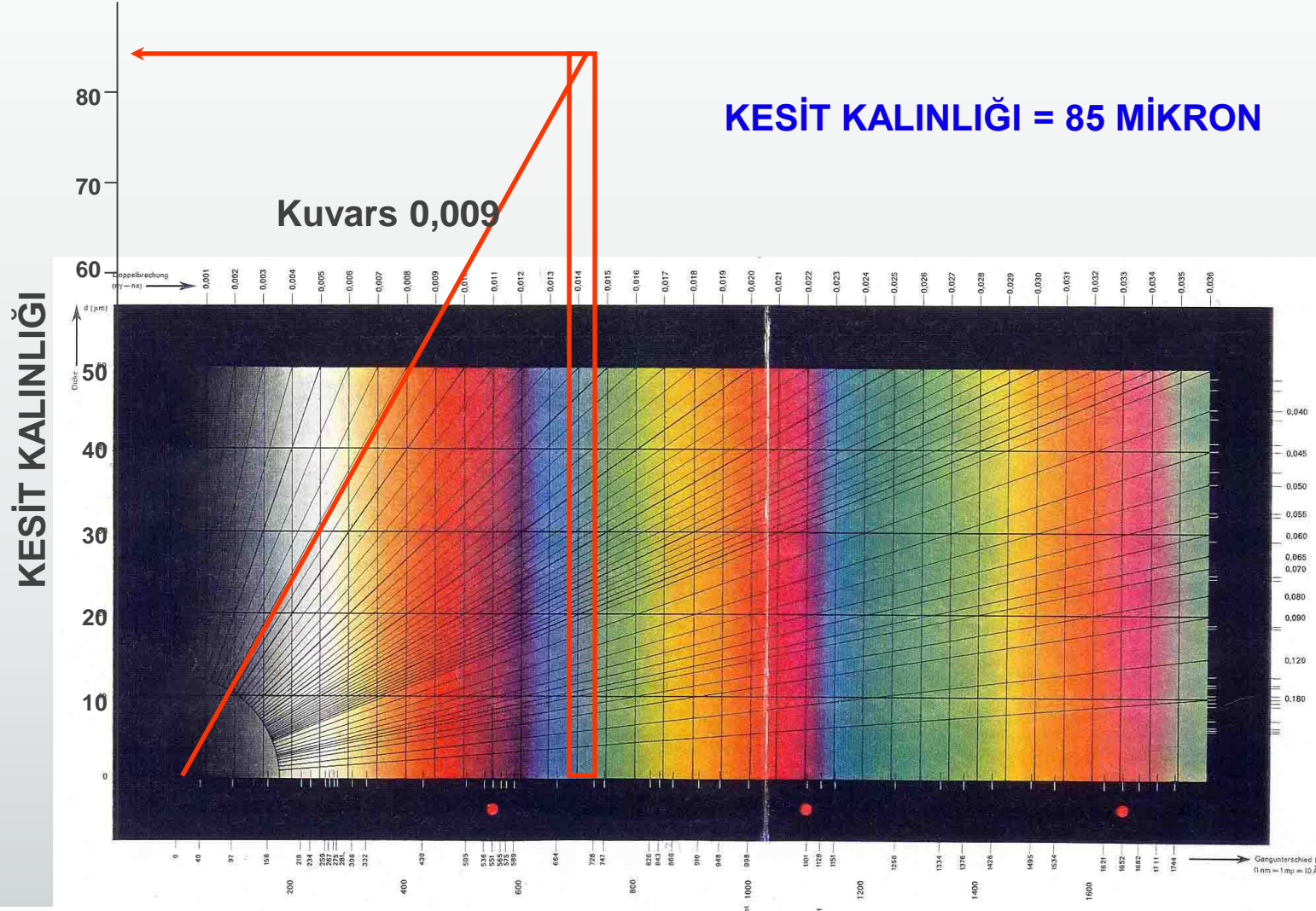
1. Bu işlem için kayalarda en bol bulunan mineral olan KUVARS'tan yararlanır.
2. Kesitte en yüksek girişim rengine sahip (renk tablasında sol kenardan en uzakta bulunan renk) kuvars tanesi seçilir.

Kuvars

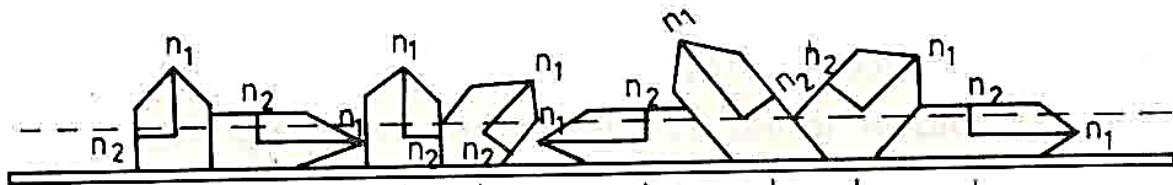
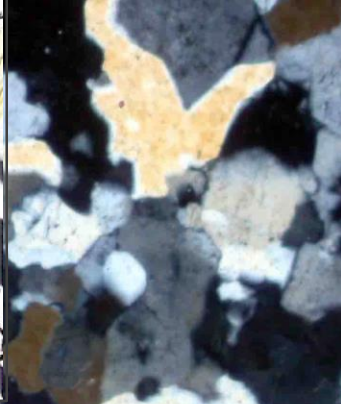
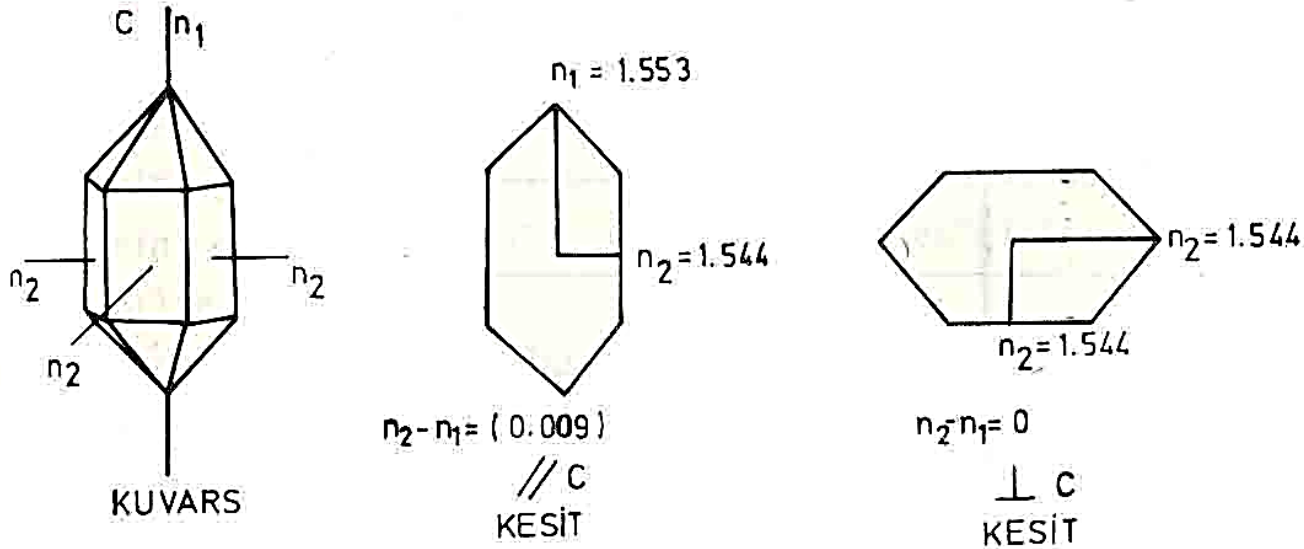


GİRİŞİM RENGİ İLE KESİT KALINLIĞININ BELİRLENMESİ

3. Bu tanenin gösterdiği renk sütunu çizelgeden saptanır.
4. Kuvarsa ait olan 0,009'luk maksimum çift kırınım çizgisinin bu renk sütununu kestiği noktadan sol kenara bir yatay çizgi çizilir.
5. Bu çizginin, çizelgenin sol kenarını kestiği değer kesit kalınlığını verir.



FARKLI GİRİŞİM RENKLERİNİN OLUŞUMU VE GÖZLENMESİ



0.000 0.009 0.000 0.007 0.009 0.006 0.004 0.009



Siyah Yumurta sarısı Siyah Açık gri Yumurta sarısı Gri Koyu gri Yumurta sarısı

0 270 0 210 270 180 120 270

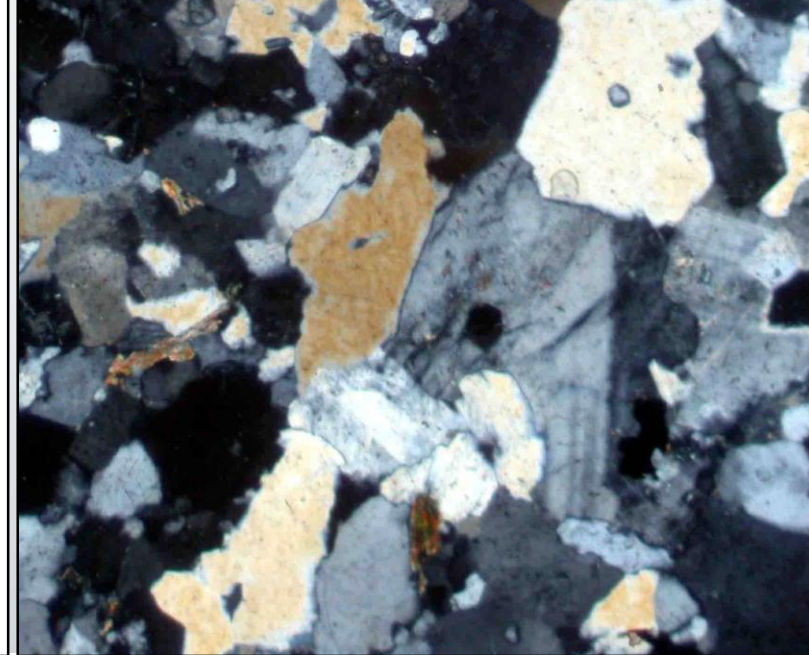
Kesitin geçiş düzlemi
Lam

$(n_2 - n_1)$ çift kırınım

Minerallerin mikroskopta görünüşü

Girişim renkleri

$\Delta =$ Gecikme



ÇİFT KIRMA VE GİRİŞİM RENGİ

► Optik mineralojide

--- Çift kırınım

--- Maksimum çift kırınım

olmak üzere iki farklı terim vardır.

--- **Çift kırınım**, herhangi bir pozisyonda kesilen mineralde ortaya çıkan iki kırılma indisi arasındaki farktır.

--- **Maksimum çift kırınım** ise bir mineraldeki iki kırılma indisi arasında oluşabilecek maksimum farktır.

ÖRNEK : Kuvars'ın $\omega = 1,544$ ve $\varepsilon = 1,553$ olan iki kırılma indisi vardır.

Kuvars'ın maksimum çift kırınım değeri **MÇK = 1,553 – 1,544 = 0,009 dur.**

* Bu değer mineralin kesilme yönüne göre 0,009 ile 0,000 arasında değişebilir.

* Bu ara değerlere de kuvarsın o kesiliş pozisyonunda ortaya çıkan çift kırınım değerleri denir.

$\Delta = d (n_y - n_h) \times 10^6$ formülünde Δ (gecikme) değeri

-- d (kesit kalınlığı) ve

-- $(n_y - n_h)$ 'e bağlı olarak değişmektedir.

* Bu değerdeki değişimlere bağlı olarakta minerallerdeki renkler değişmektedir.

* d (kesit kalınlığı) genelde kesitin her yerinde sabittir ve 30 mikrondur.

* Bu durumda **Δ (gecikme)** değerini etkileyen tek faktör **ÇİFT KIRINIM** değeridir.

KIRILMA İNDİSİ

- Kırılma indisi, ışığın havadaki hızının, mineral içerisindeki hızına oranı olup (n) harfi ile gösterilir.

$$n = \text{ışığın havadaki hızı} / \text{ışığın mineral içerisindeki hızı}$$

* n değeri daima 1'den büyüktür.

* Bir mineralin **tek** bir kırılma indisi olabileceği gibi bazı minerallerde **iki** bazılarında ise **üç** kırılma indisi bulunabilmektedir.

► Ortoskop konumunda haç nikollerde anizotrop mineraller çeşitli renklerde gözlenirler. Bu renkler şu formüle göre gerçekleşir.

$$\Delta = d (n_y - n_h) \times 10^6$$

Δ : Gecikme miktarı

d : Kesit kalınlığı

$(n_y - n_h)$: Çift kırınım (kırılma indisleri arasındaki fark)(n_y : yavaş ışının kırılma indeksi)

ÇİFT KIRMA VE GİRİŞİM RENGİ

| <u>ÇİFT KIRMA</u> | <u>TANIMLAMA</u> | <u>GİRİŞİM RENGİ</u> | <u>BAZI ÖRNEKLER</u> |
|-------------------|------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| <0.005 | Çok zayıf | Koyu gri | Lösit, apatit. |
| 0.006-0.010 | Zayıf | I.Dizinin gri-beyaz arasında değişen kuvars. renkleri | Ortoklaz, Sanidin, |
| 0.011-0.020 | Orta | I.Dizinin beyaz-sarı-turuncu-kırmızı arasında değişen renkleri | Hipersten, Andaluzit, disten, glokofan. |
| 0.021-0.050 | Yüksek | II.Dizinin ve III. Dizinin renkleri | Hornblende, diyopsit, epidot, biyotit. |
| >0.051 | Çok yüksek | IV ve yüksek Dizilere ait renkler | Titanit, kalsit, dolomit, rutil. |

SÖNME

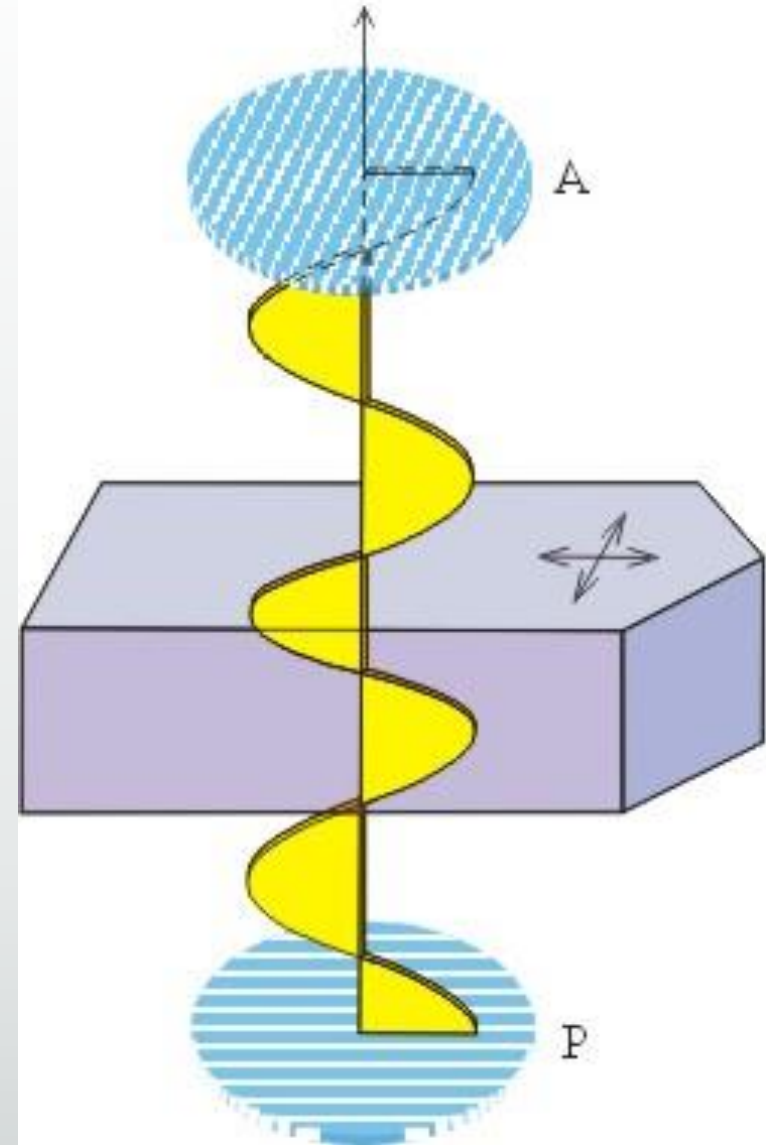
Tek eksenli kristaller çapraz nikoller altında özel konumlarda karanlık durumda bulunurlar.

Işık optik eksene // hareket ederse; polarizörden gelen ışık, kristalden geçer, sonra tümüyle analizör tarafından tutulur.

Polarizörden gelen titreşim yönünü kristalin titreşim yönlerinden biriyle olarak çakışırsa; 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).



SÖNME VE SÖNME AÇISI

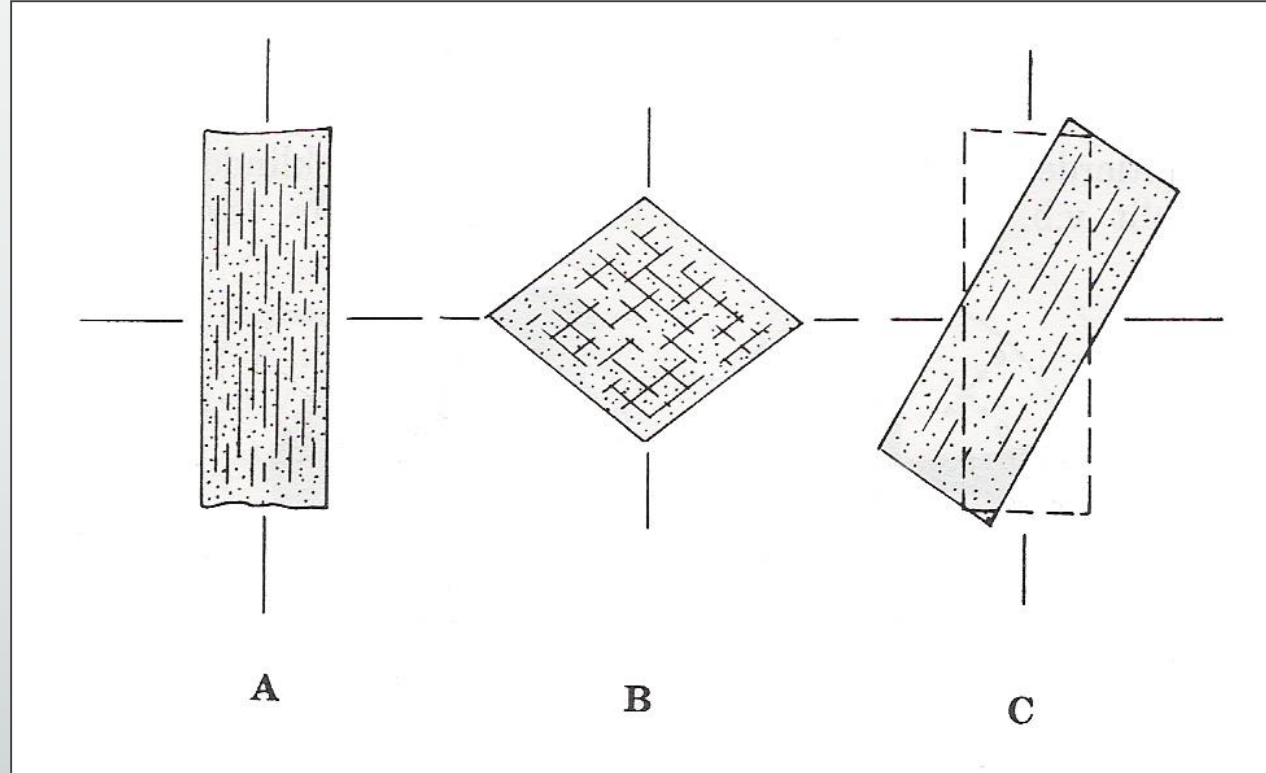
Özel durumlar dışında anizotrop bir mineral, tablanın 360° çevrilmesiyle aralarındaki açı 90° olacak şekilde 4 defa sönme gösterir.

Sönme türünü belirleyebilmek için;

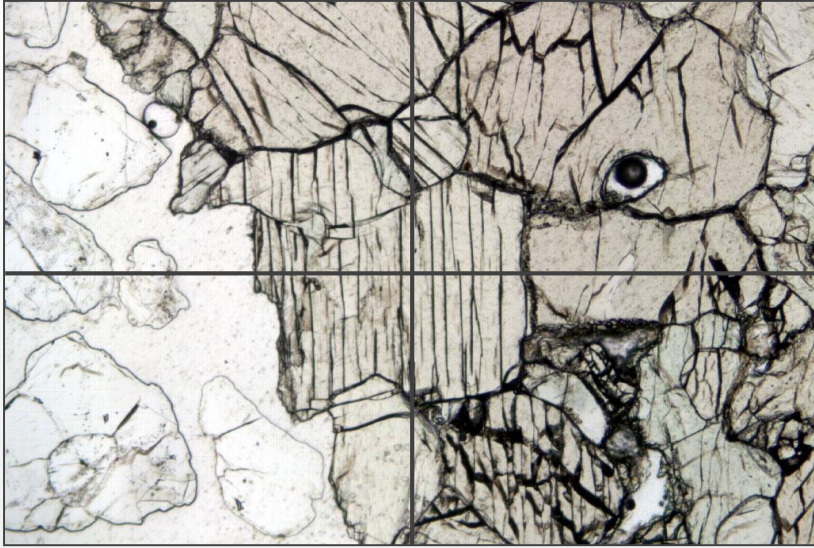
- Ya mineralin en az bir yönde dilinim göstermesi gerekir.
- Ya da uzun bir prizma yüzeyinin olması gerekir.

SÖNME TÜRLERİ

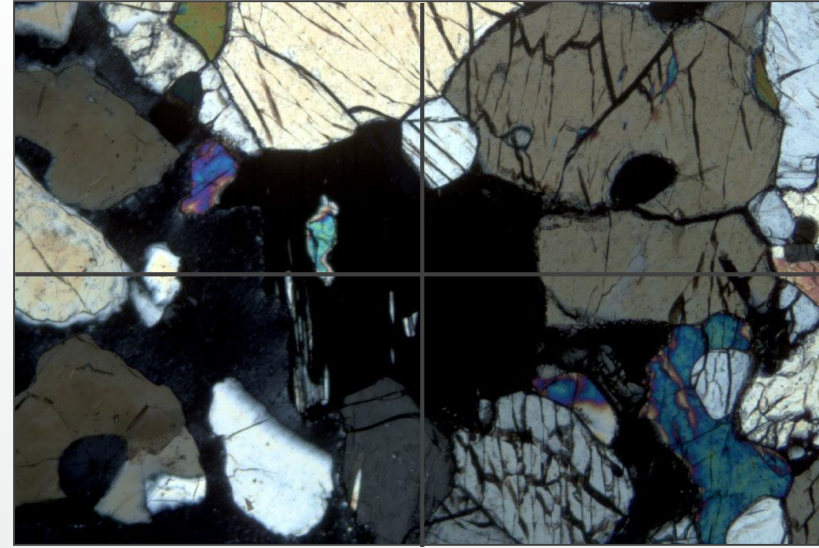
- Paralel Sönme
- Simetrik Sönme
- Eğik Sönme
- Açısız Sönme



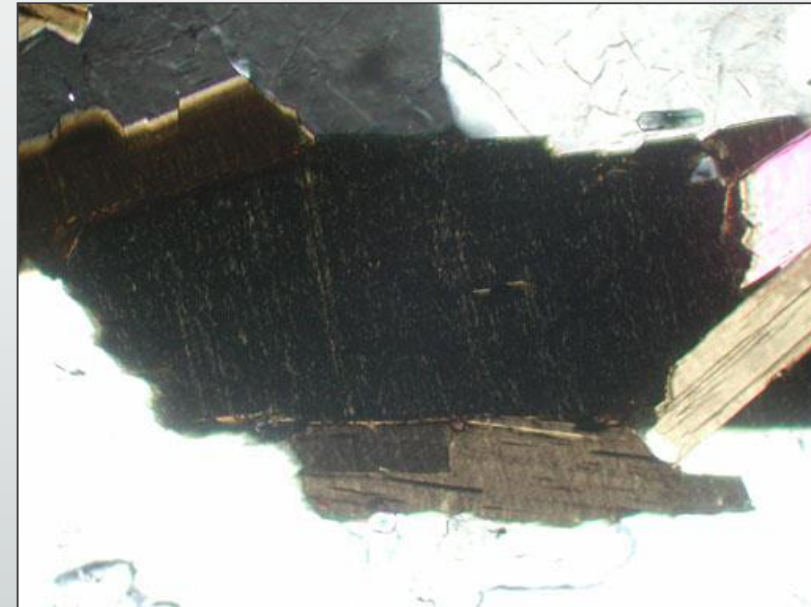
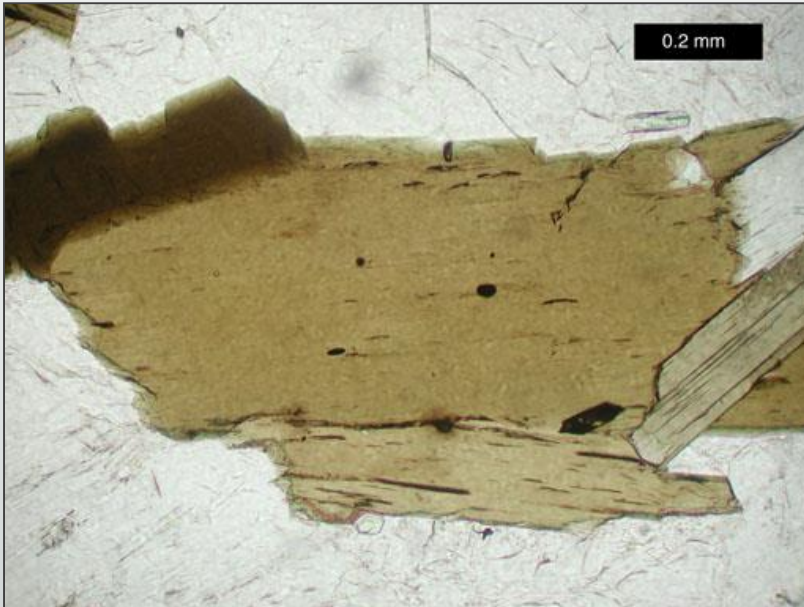
SÖNME → Paralel Sönme



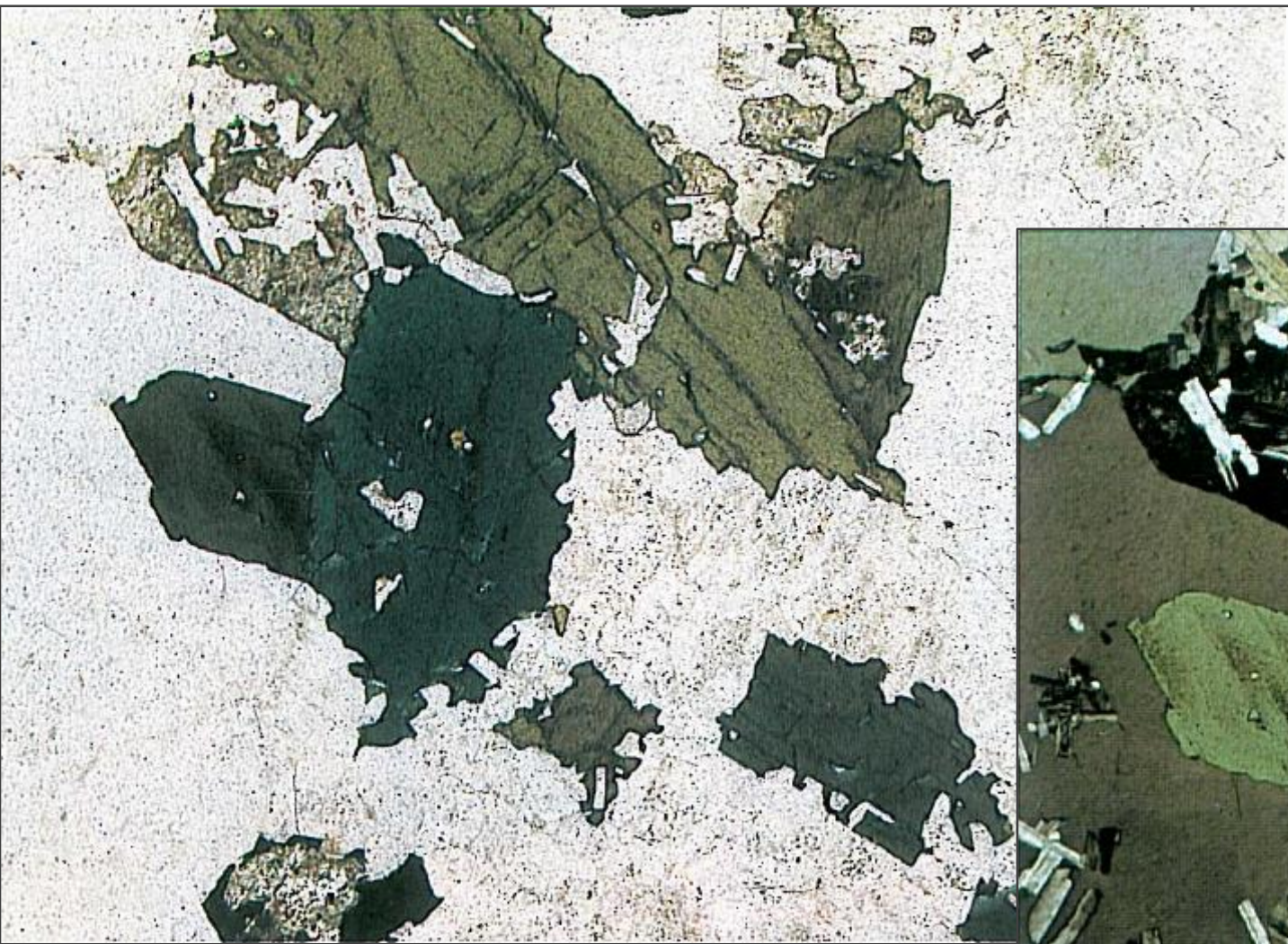
Tek nikol



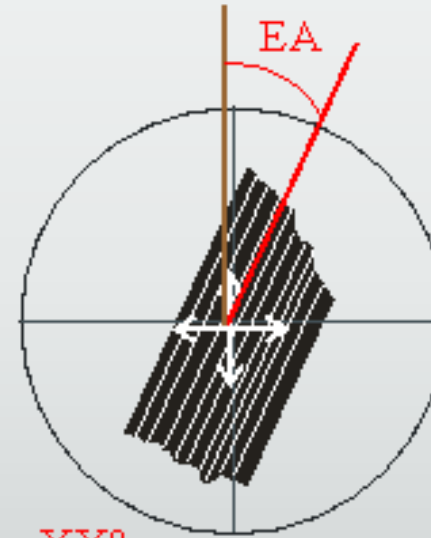
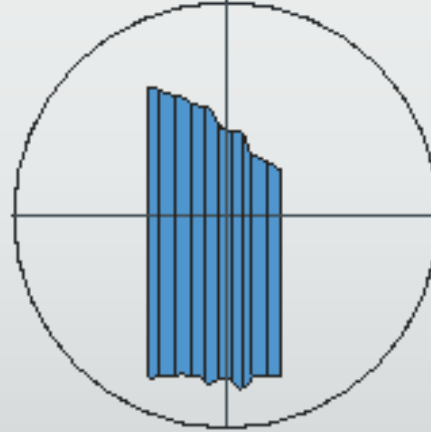
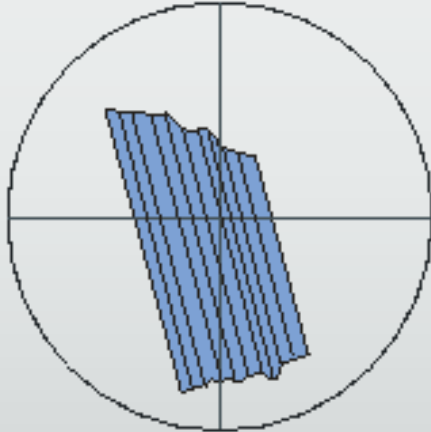
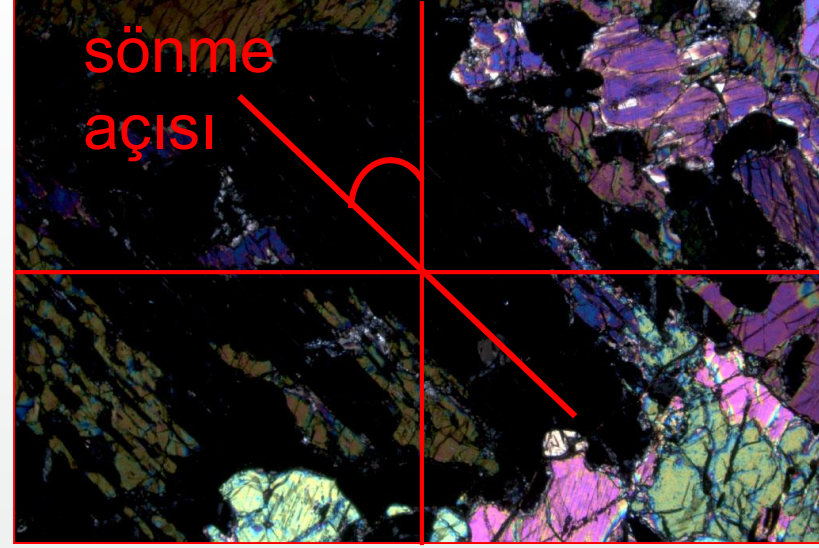
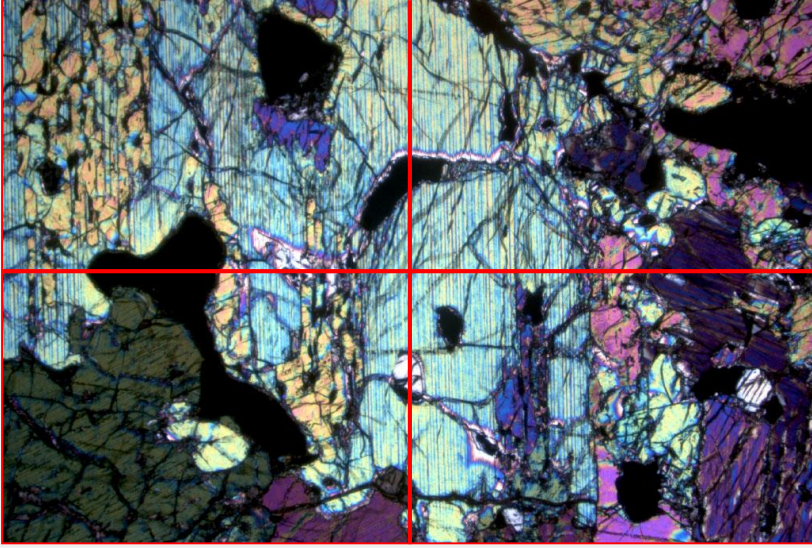
Çift nikol



SÖNME → Eğik Sönme

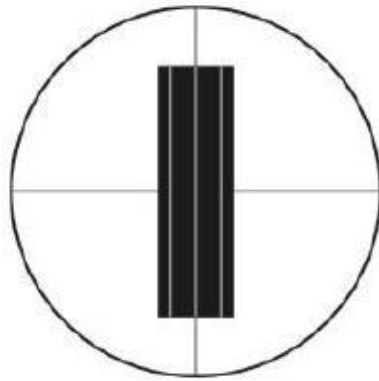


SÖNME → Eğik Sönme ve Sönme Açısı

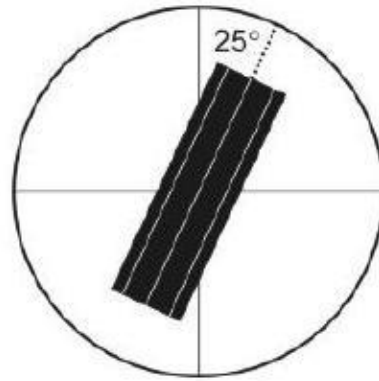


$EA = XX^\circ$

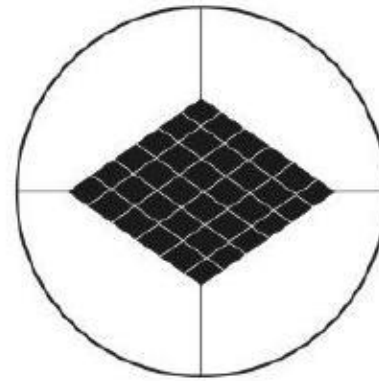
SÖNME → Simetrik Sönme



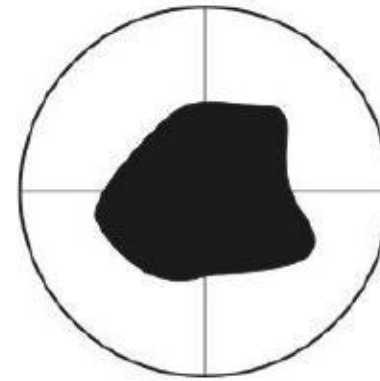
Parallel Extinction



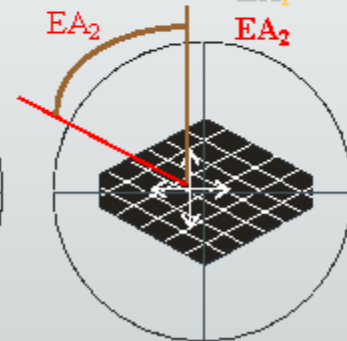
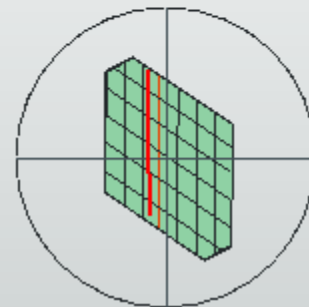
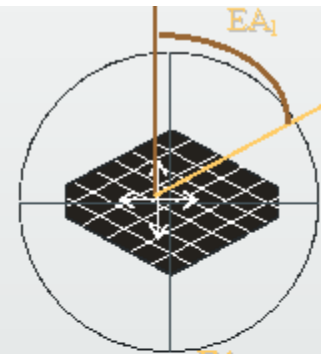
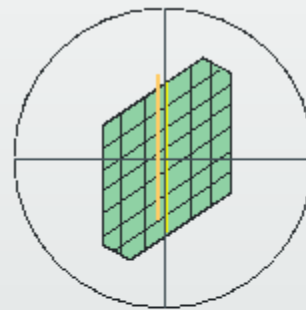
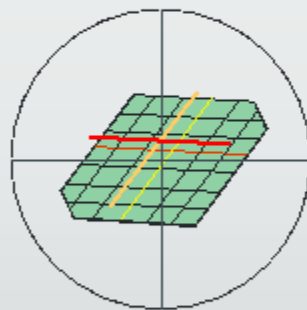
Inclined Extinction



Symmetrical Extinction



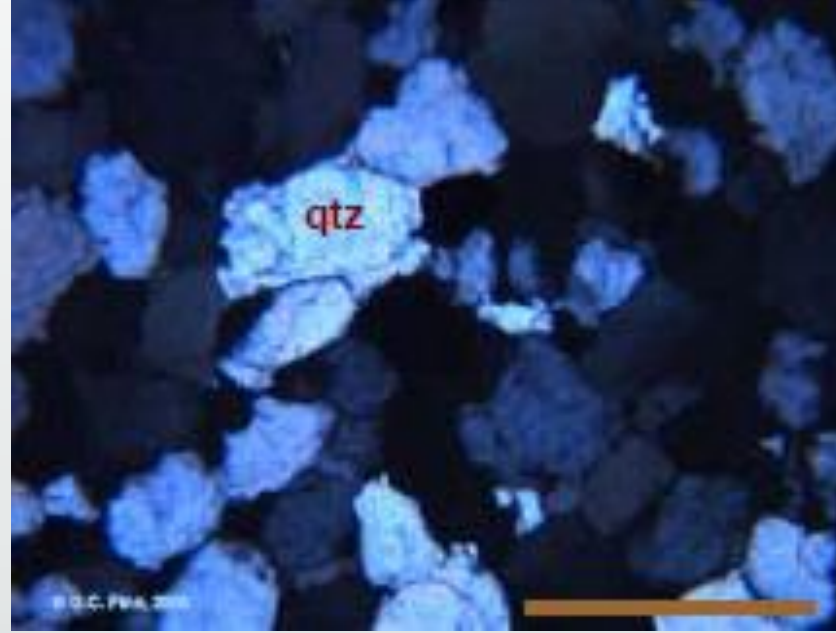
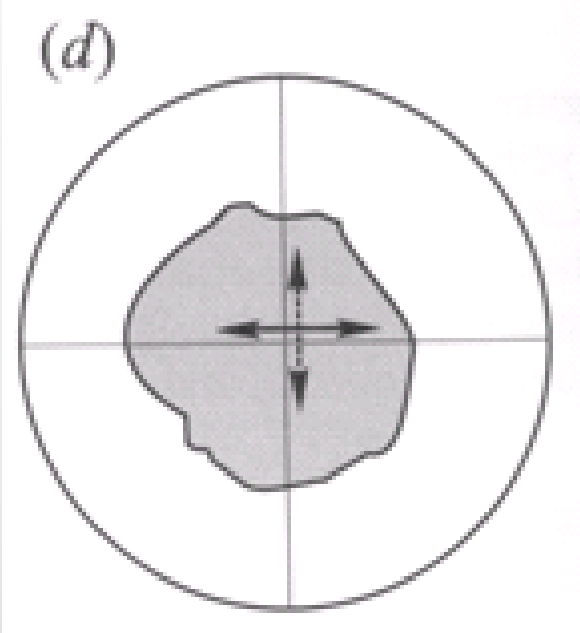
Indeterminate Extinction



SÖNME → Açısız Sönme

Mineral tanesinin uzanımı veya dilinimi yoksa, her 90 derecede bir söner. Bu tür minerallerin sönme açısı yoktur.

Buna “**açısız sönme**” denir (Şekil 22 d, 69)



Özel Sönme Çeşitleri

DALGALI SÖNME



Mineral taneleri deformasyona uğradığında bükülürler. Böylece tanenin farklı bölümleri farklı yönelime sahip olduğundan, farklı zamanlarda söner. Buna “dalgalı sönme” denir.

PIRİLTİLİ SÖNME



İKİZLENME

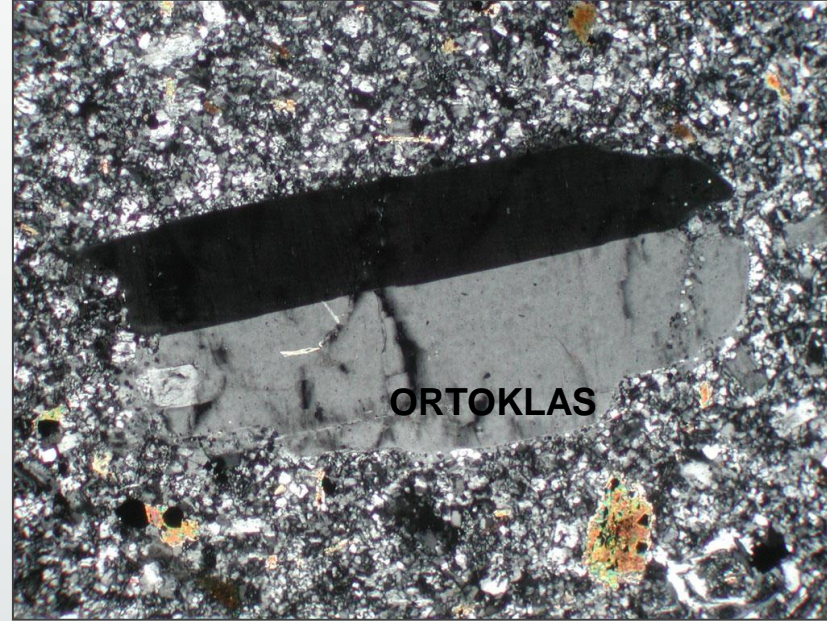
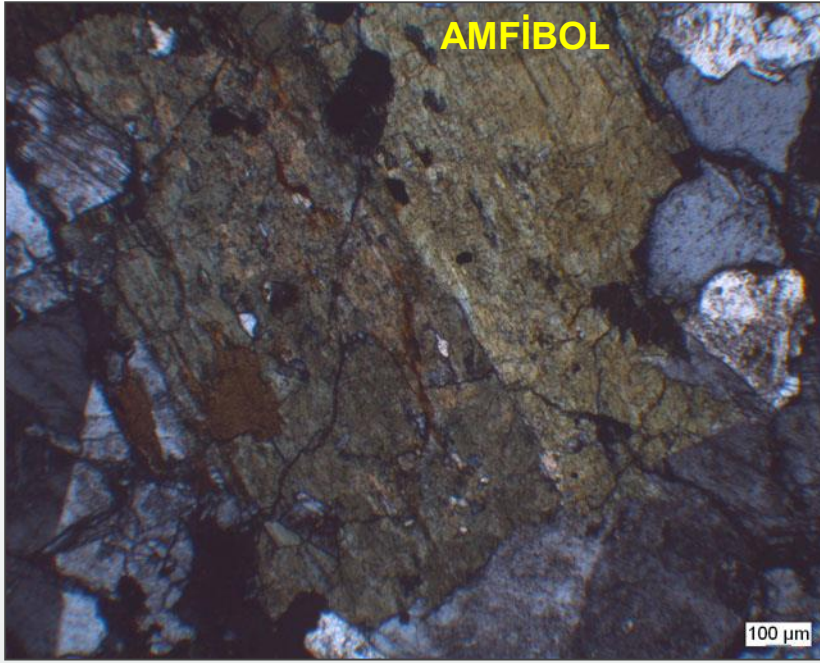
Çift Nikolde incelenen bir özelliktir. Her iki ikiz bireyinin mikroskop tablasının çevrilmesi esnasında değişik konumlarda sönme göstermeleri ve değişik girişim renklerine sahip olmaları ile ikizlenme ayırt edilmektedir.

İkizlenme Türleri

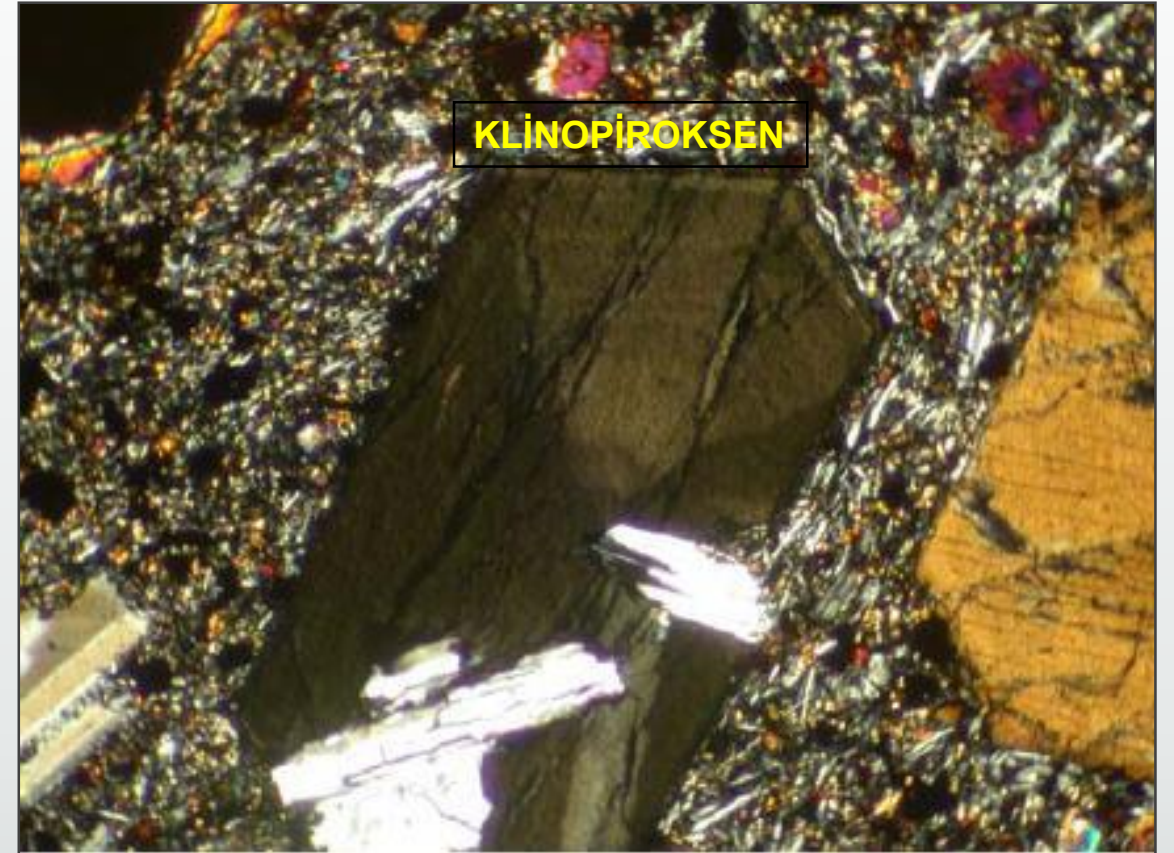
- 1) Basit (Karlsbad ve Baveno İkizlenmeleri) İkizlenme
- 2) Polisentetik İkizlenme
- 3) Kafes İkizlenmesi
- 4) Basınç İkizlenmesi



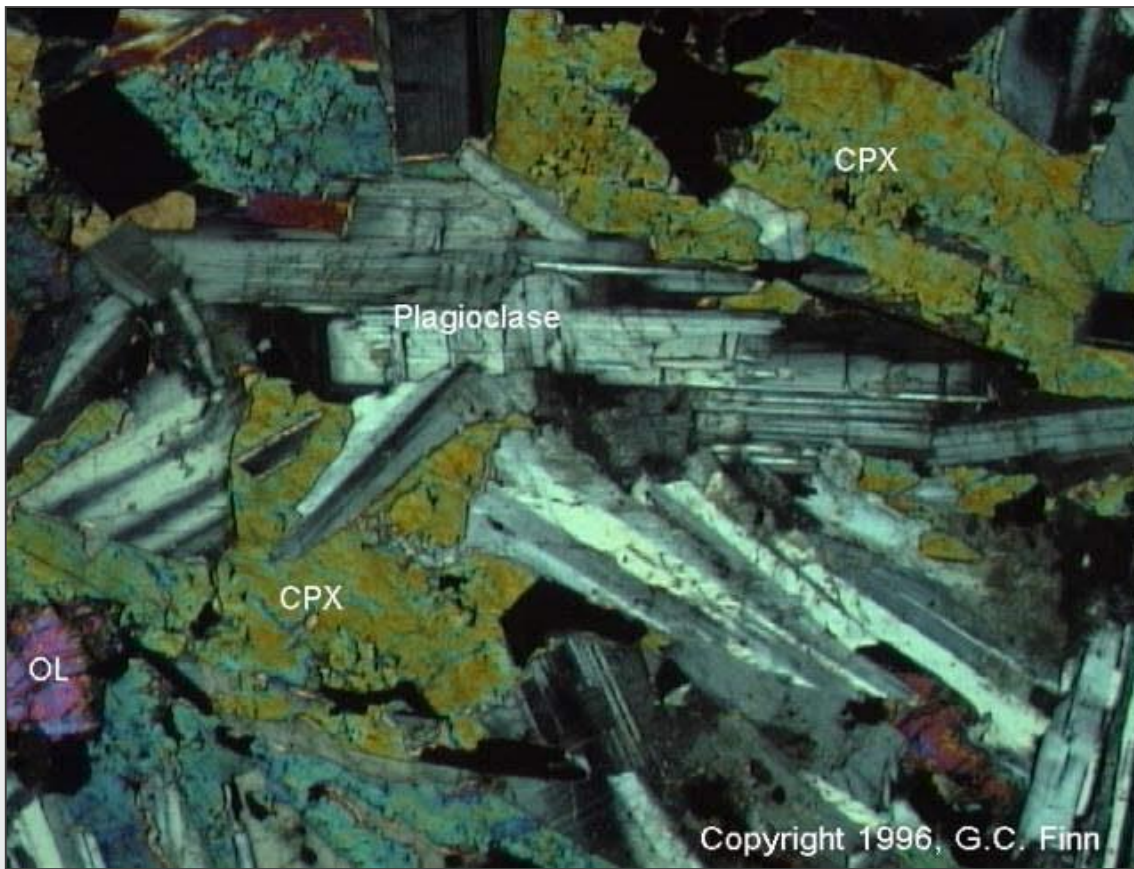
İKİZLENME → Basit (KARLSBAD) İkizlenmesi



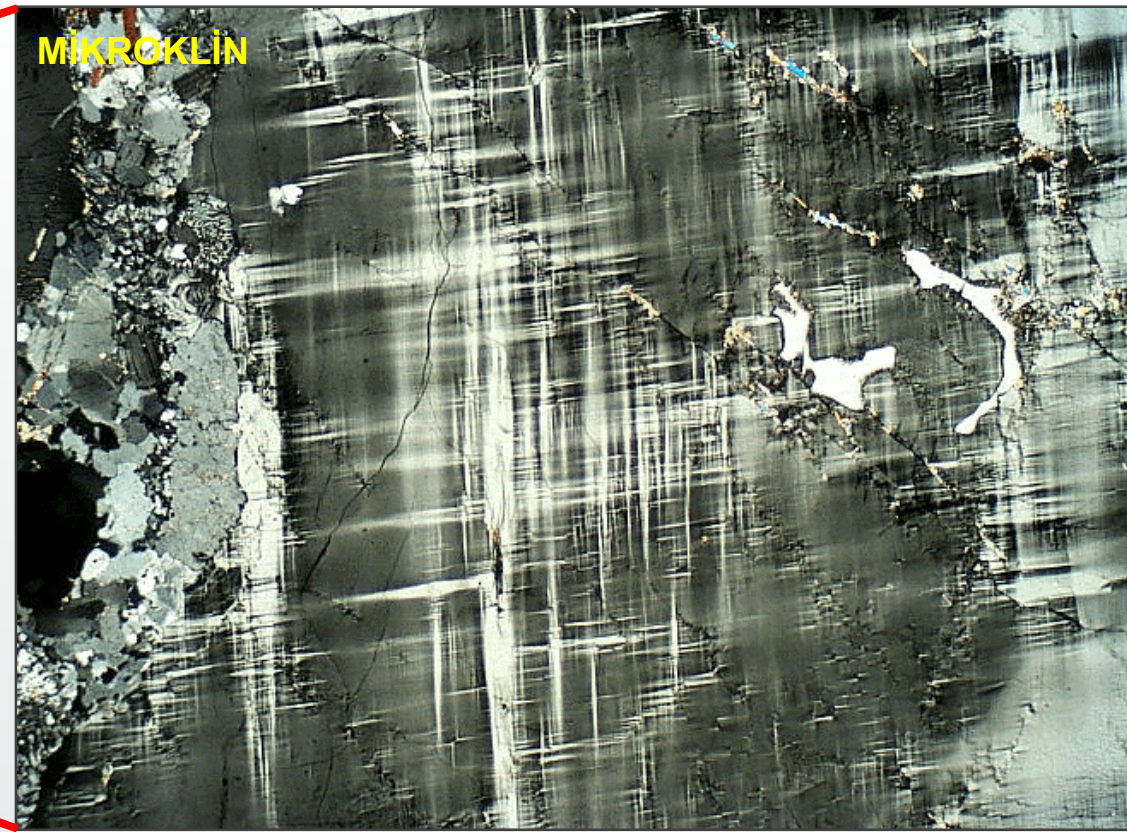
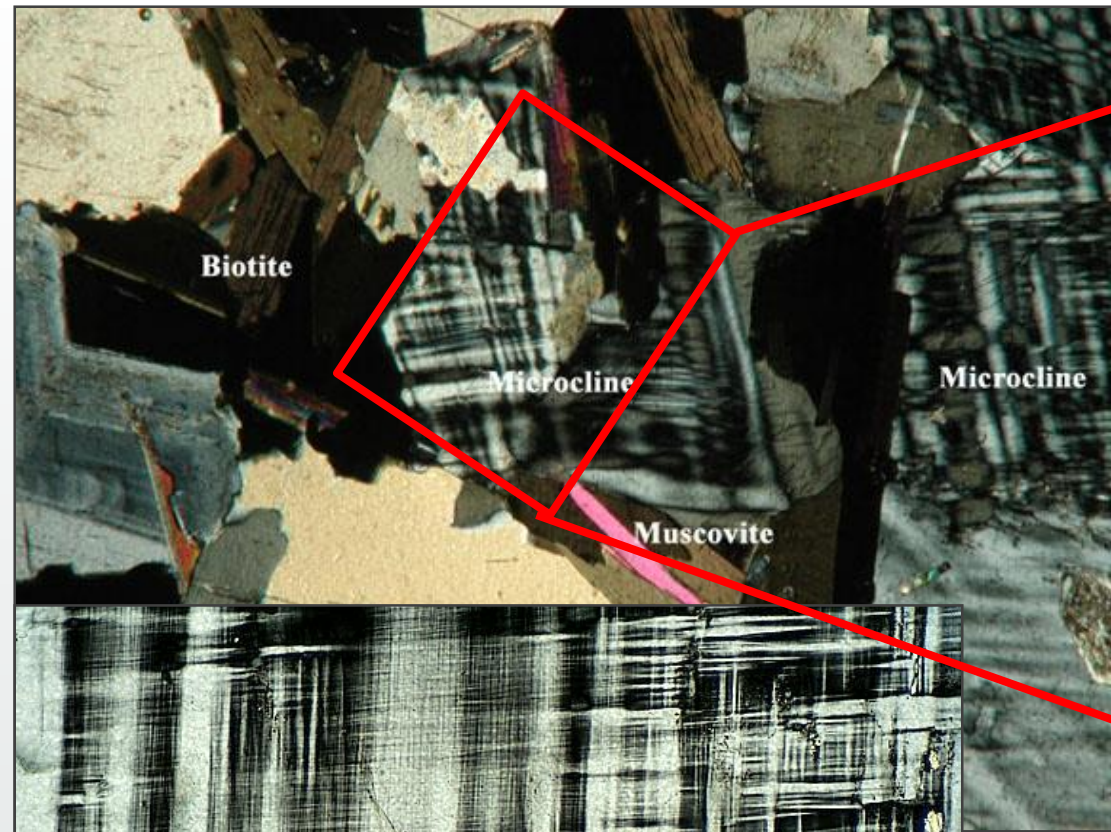
İKİZLENME → Basit (BAVENO) İkizlenmesi



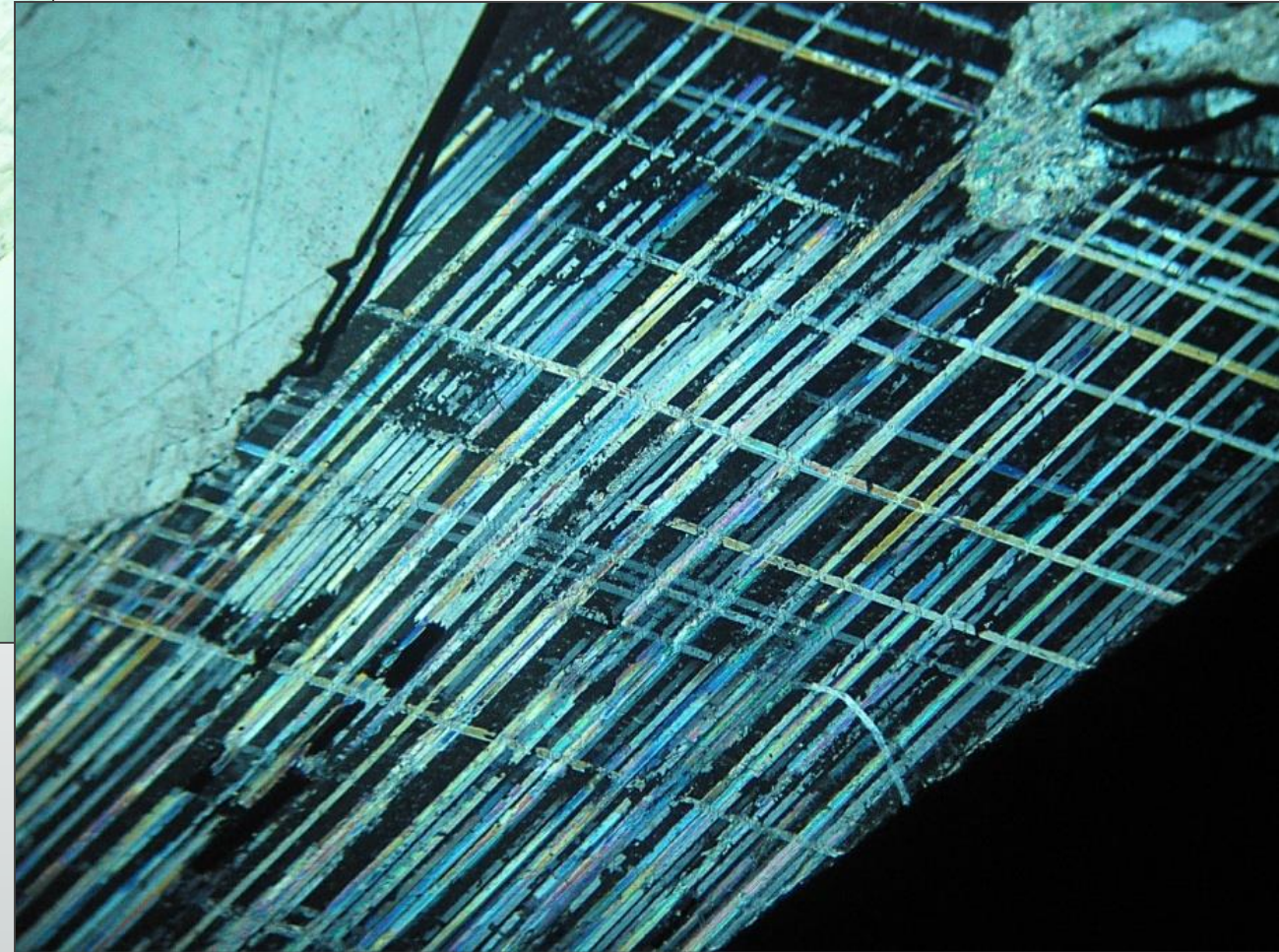
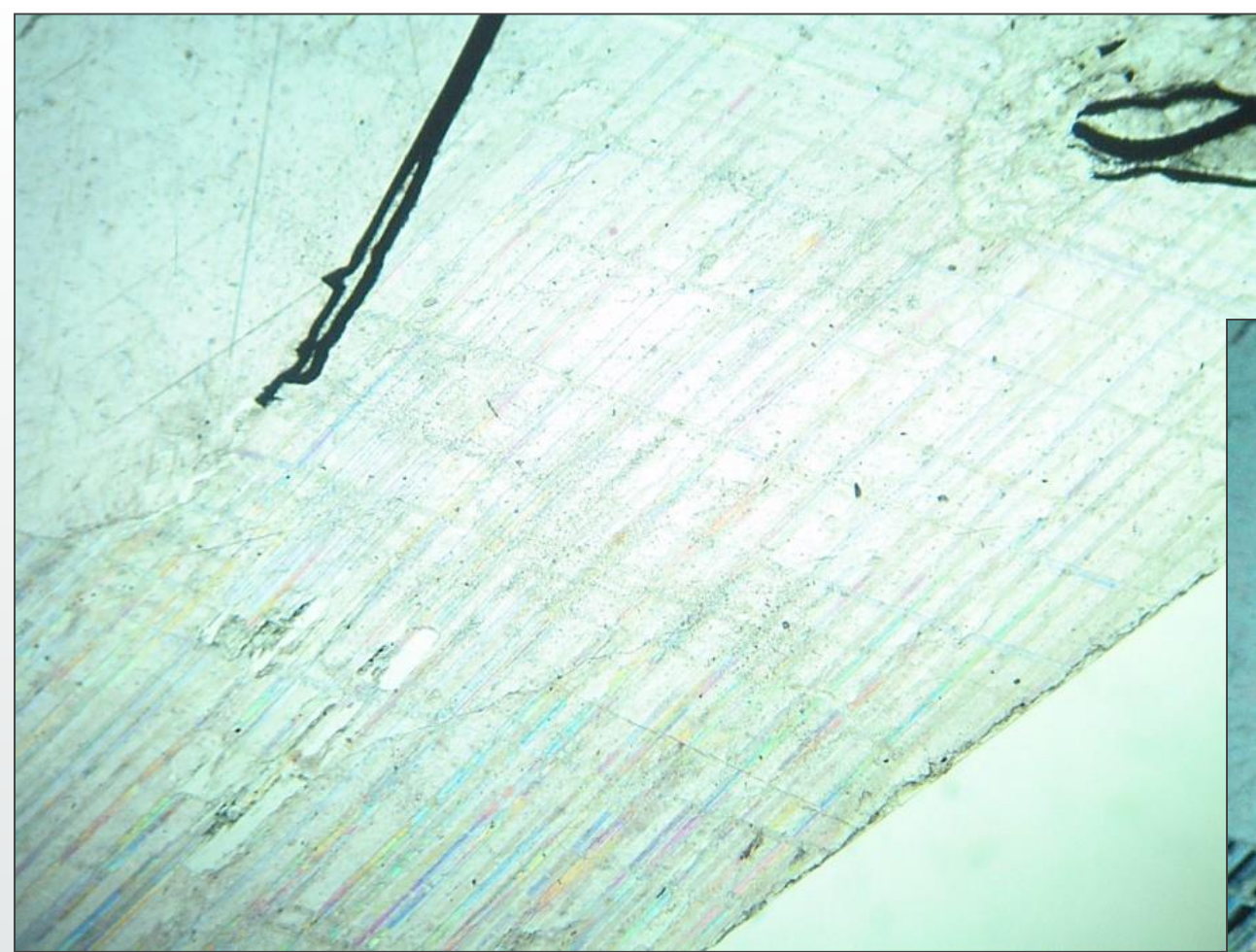
İKİZLENME → Polisentetik İkizlenme



İKİZLENME → Kafes ikizlenmesi



İKİZLENME → Basınç İkizlenmesi



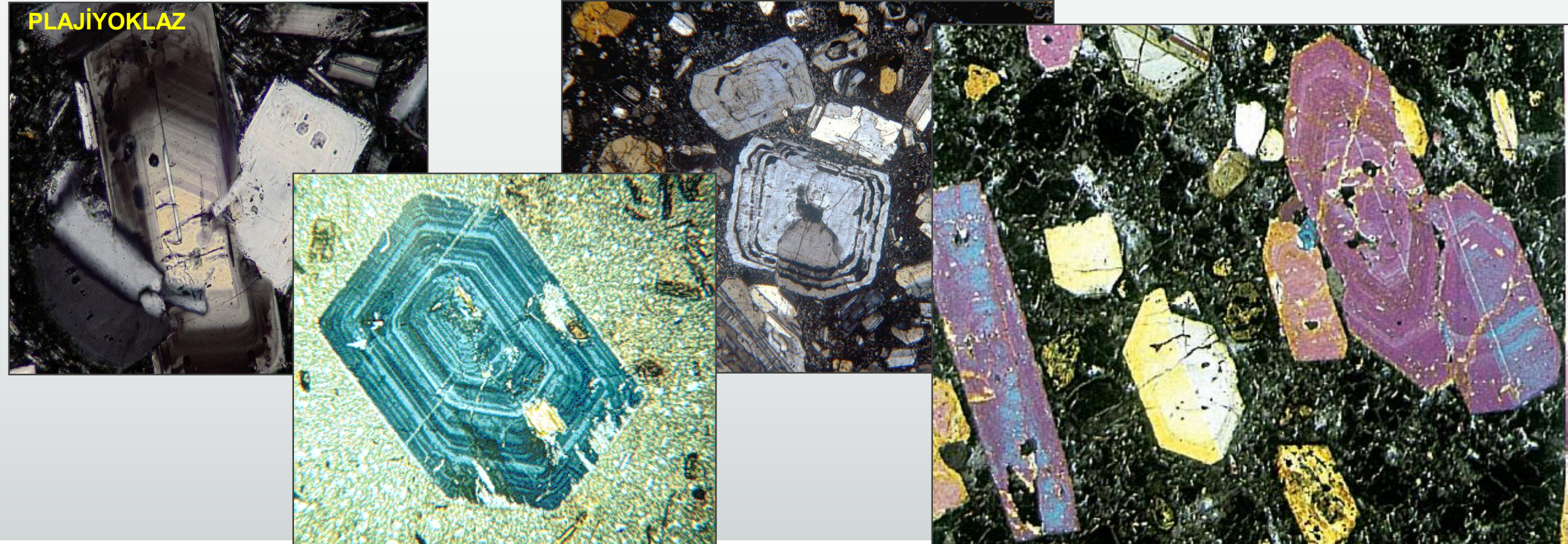
ZONLANMA

Bazı tanelerin farklı kesimleri farklı zamanlarda söner. Bu olay kimyasal zonlanma veya stresin etkisiyle gelişir.

a) Kimyasal Zonlanma: Bir mineralin optik davranışı kimyasal bileşimine göre değişebilir. Bu durum mineralin farklı sönme açılarına sahip olmasına yolaçar.

b) Mineral taneleri deformasyona uğradığında bükülürler. Böylece tanenin farklı bölümleri farklı yönelime sahip olduğundan, farklı zamanlarda söner. Buna “dalgalı sönme” denir (Şekil 70).

PLAJİYOKLAZ



UZANIM İŞARETİ

İnce uzun bir Şekil gösteren veya iyi dilinimlere sahip olan minerallerde dilinim yönüne veya mineralin uzun ekseni yönüne paralel olarak titreşen iŐıŐın büyük veya kk iŐık kırma indislerinden hangisine sahip oldukları hususudur.

Bunun için kuvars veya jips gibi kamalar kullanılır.

I. veya II. Dizi girişim renkleri gösteren mineraller için jips kaması kullanılır.

YARDIMCI LEVHALAR

Jips levhası, mika levhası ve kuvars kaması bilinen miktarda girişim sağlamak ve daha önce belirlenen renkleri elde etmek.

Dikdörtgen şeklinde kısa ve uzun kenarı mineralin c eksenine paralel olarak kesilmiş bir ucunda kalınlığı sıfır olan bir kısım bulunur.

1) Kuvars Kaması

2) Jips Kaması



3) Mika Kaması



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

Kuvars kaması uzun ve kama biçimli bir kuvars dilimidir.

Kamanın daha kalın kesimlerini optik yol üzerine getirdikçe faz farkı atar ve bir dizi interferens rengi meydana gelir.

KUVARNS KAMASI

Gri

Beyaz

Sarı

Kırmızı

Mor

Mavi

Yeşil

Sarı

Kırmızı

Mor

Mavi

Yeşil

Yeşilimsi sarı

Soluk kırmızı

Soluk mavi

Soluk yeşil

Soluk kırmızımsı mor

I. Dizi

II. Dizi



III. Dizi

IV. Dizi

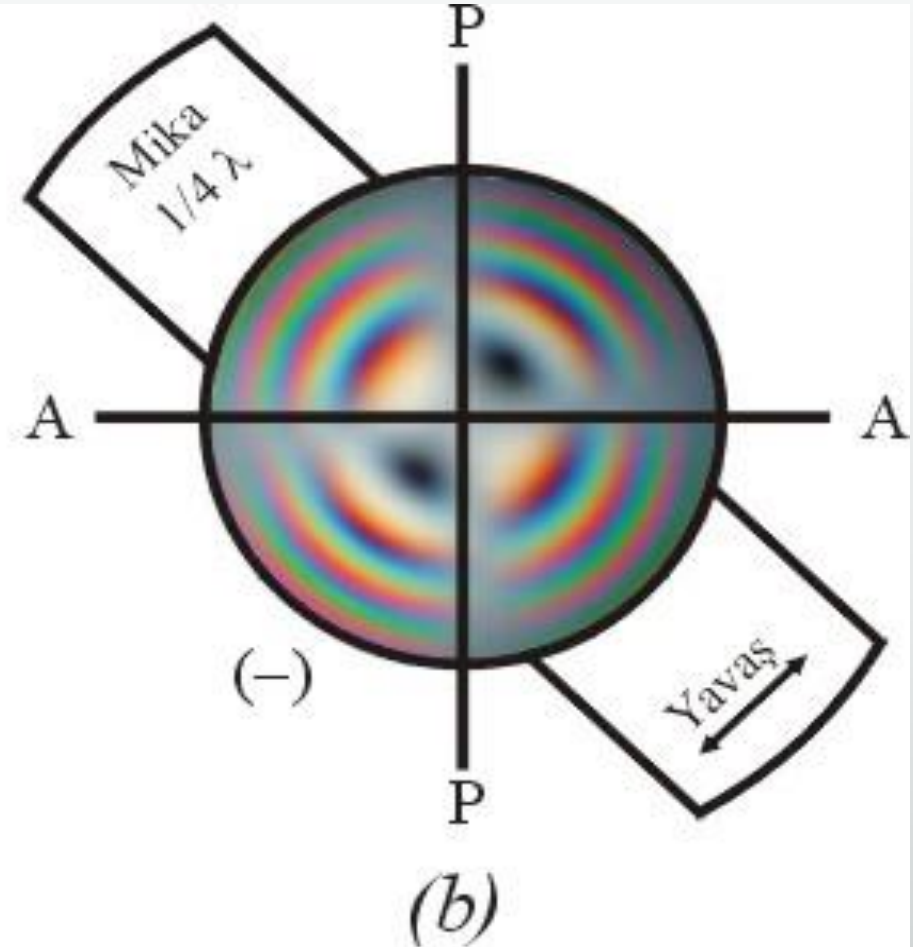
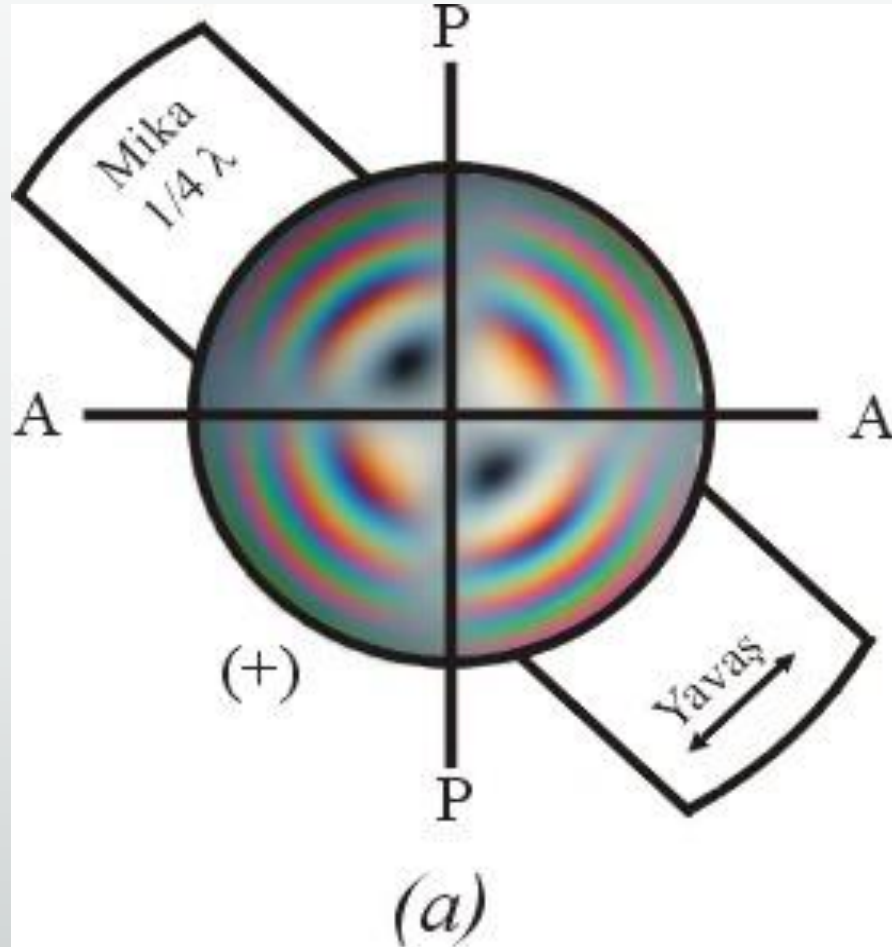
YARDIMCI LEVHALAR → Mika Kaması

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.



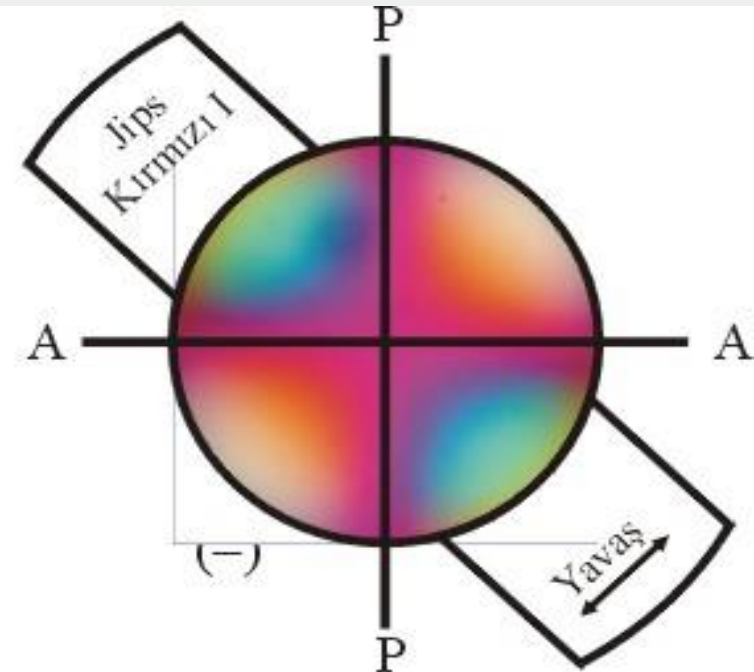
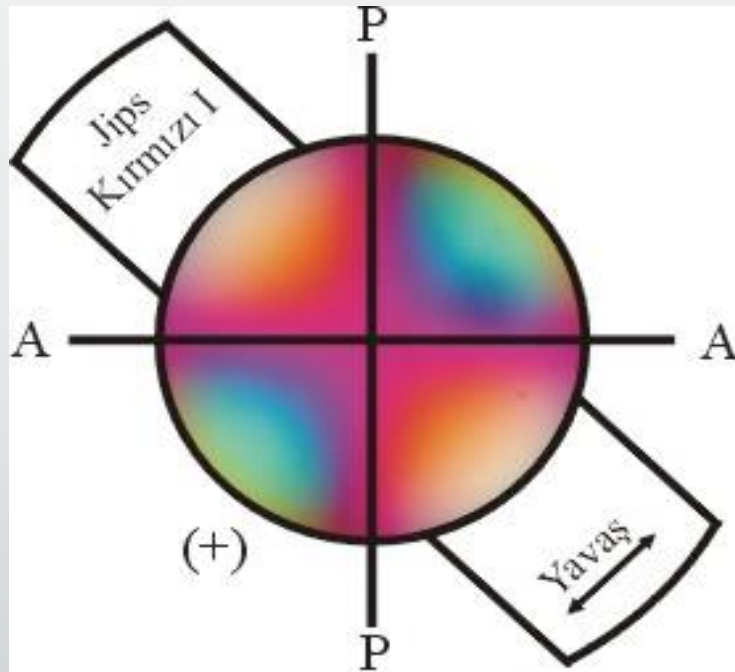
YARDIMCI LEVHALAR → Jips Kaması

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 kuars kaması kullanılır.

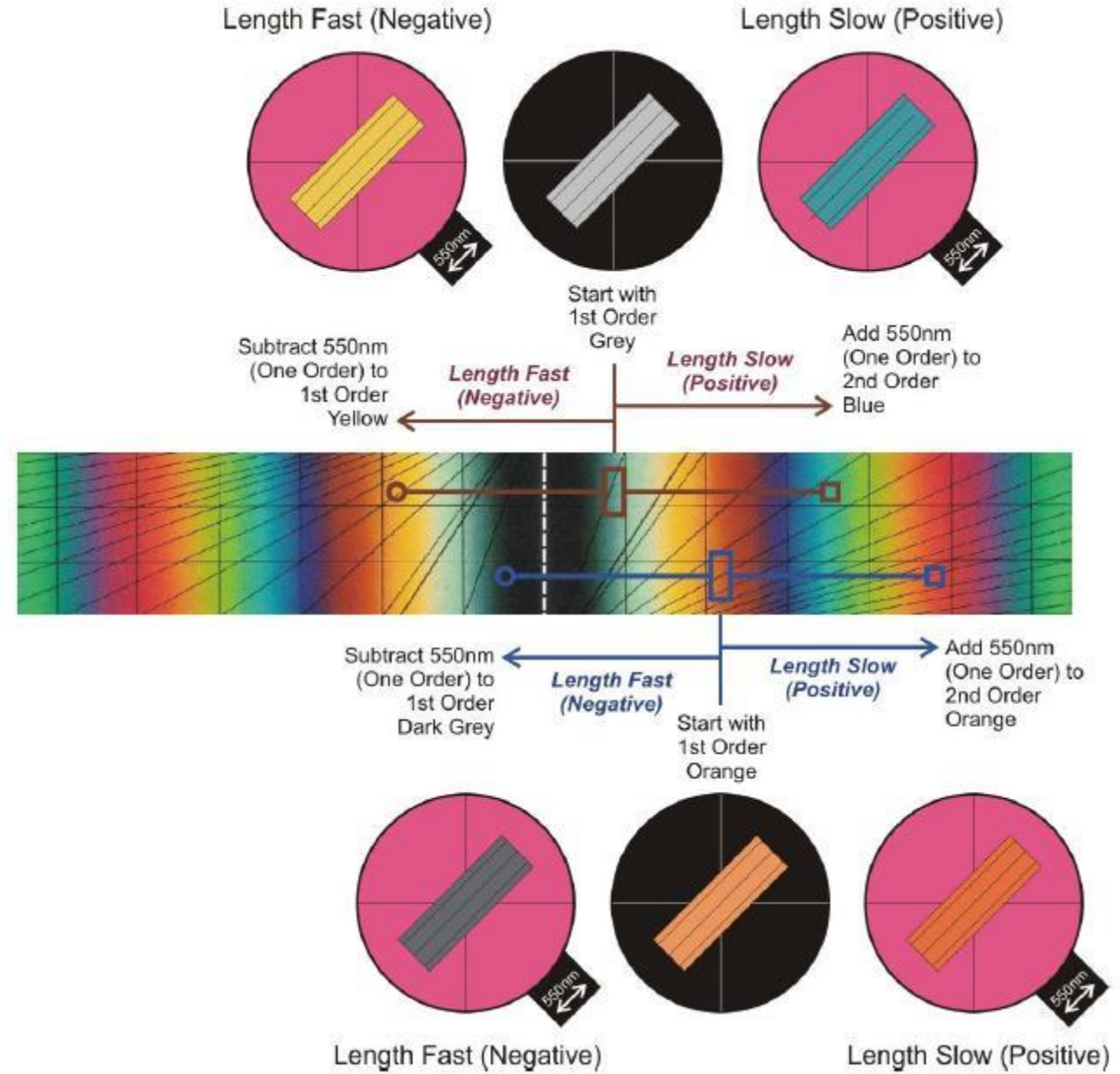


UZANIM İŞARETİNİN TAYİNİ

Uzanim işareti tayini yapılabilmesi için mineralin uzun bir prizma yüzeyinin olması gerekir.

Mineralin uzun prizma yüzeyi düşey haç kılına paralel gelecek şekilde yerleştirilir.

Tabla KD-GB yönünde 45° çevrilir.



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 ışını mineralin uzanımına paralel olursa ve interferens renkleri düşerse mineral *negatif uzanımlıdır* ve optik bakımdan $-$

