



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 McKenzie and Gulford (1980), McKenzie vd. (1982), Erkan (2007), Mefail Yenirol'un sunumlarından ve Mineraloji kitabından ve Kadioğlu ve Karakaş'ın ders notlarından yararlanılmıştır.

- ❖ Kaya (Kayaç); bir veya birden fazla mineralden oluşmuş, genellikle anorganik olan, katı olan yer kabuğunu oluşturan ve bir bütünlüğe sahip kütle şeklinde tanımlanmaktadır (Rosenbusch, 1873).
- ❖ Bir mineral topluluğu olan kayaları tanıyabilmek için mineralleri tanımamız gerekmektedir.
- ❖ İri (büyük) taneli minerallerden oluşan kayaları tanımlayabilmek için çıplak gözle veya lup/büyüteç yardımıyla gözlem yapılabilir. Minerallerin birtakım fiziksel özellikleri kullanılarak tanımlama yapılabilir.
- ❖ Bazı durumlarda mikroskobik inceleme yeterli olmaz. Özellikle küçük taneli/boyutlu minerallerden oluşan kayaları tanımlayabilmek için büyütmesi luptan fazla olan bir gereç yani mikroskop kullanmak gerekir.
- ❖ Mikroskopta minerallerin kristalografik ve optik özelliklerinin incelenmesi yapılır.

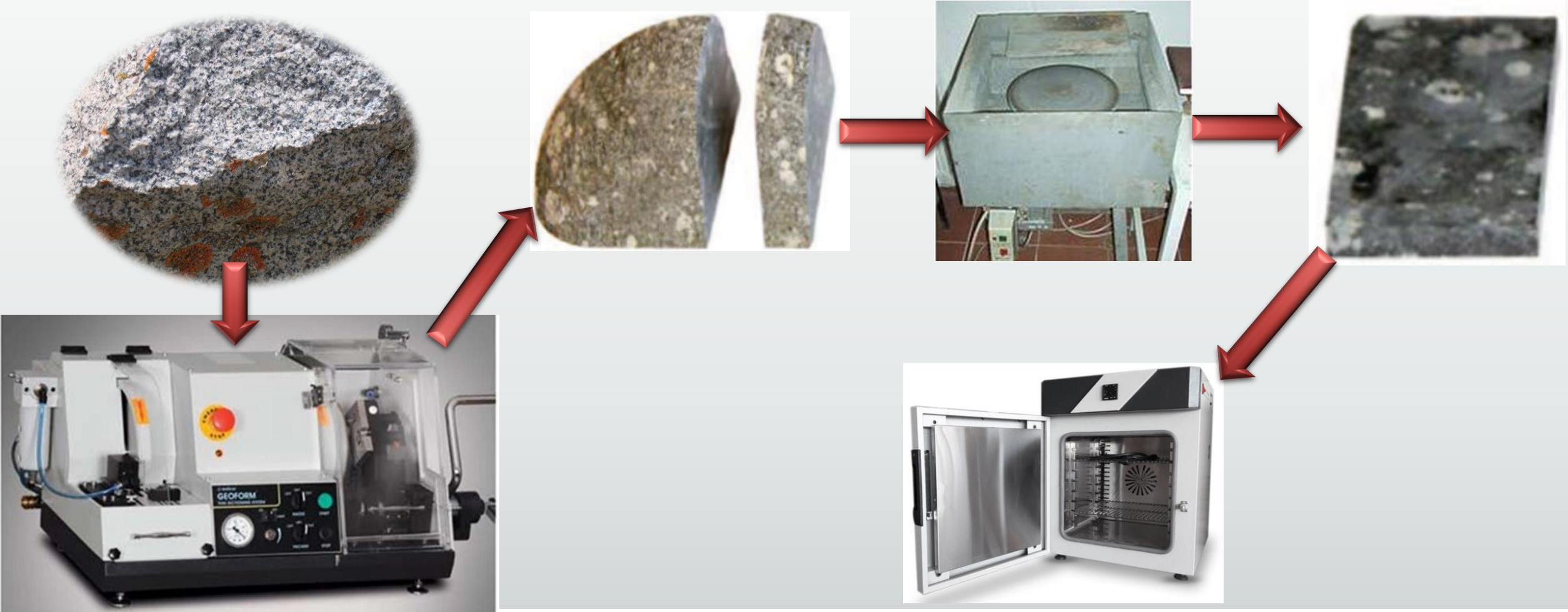
MİNERAL VE KAYALARIN MİKROSKOPTA İNCELENMESİ

Kayaç ve minerallerin incelenmesi ince kesitlerden yapılır.

Belirli optik özellikler ve dokusal ilişkiler tayin edilir.

OPTİK İNCELEME İÇİN ÖRNEK HAZIRLANMASI

Mineralojik ve petrografik incelemesi yapılmak üzere araziden alınan el örnekleri öncelikle kesiti yapılacak yüzey ve yön dikkate alınarak taş kesme makinesi ile küçük kareler halinde kesilir. Bu küçük parçaların bir yüzü öncelikle düzeltme diski üzerinde 220'lik aşındırma tozu (kaba) kullanılarak, daha sonra 600'lük aşındırma tozu (ince) ile cam üzerinde bir yüzeyi inceltir, pürüzsüz temiz bir hale getirilir. Bu işlemler sırasında demir tozu su ile ıslatılarak kullanıldığı için numuneler dört-beş saatliğine etüvde bekletilerek kurutulur.



İNCE KESİT YAPIMI



Kurutulan numuneler etüvden alındıktan sonra bir yüzü düzeltme diskinde matlaştırılmış camın üzerine (lam) düzeltilmiş yüzeyleri gelecek şekilde 4/5 oranında araldite, 1/5 oranında rently karışımından elde edilen yapıştırıcı kullanılarak yapıştırılır. Yapıştırma işleminde kullanılan yapıştırıcının en önemli özelliği kırılma indisidir, değişik kuruluşlarda ve ülkelerde maliyet, imkan, tercih doğrultusunda Kanada balzamu ve 404 gibi yapıştırıcılar da kullanılmaktadır.

Kare kesitli numuneler cam üzerine yapıştırıldıktan sonra tekrar inceltilecek 220'lik aşındırma tozuyla düzeltme diskinde, 600'lük aşındırma tozuyla cam üzerinde düzeltilir ve 0,03mm'lik kalınlığa kadar inceltir.



İstenilen kalınlığa ulaşıp ulaşamadığı başta kuvars olmak üzere bazı minerallerin girişim renkleriyle kontrol edilir.

Son olarak kesitler tekrar kurutulur ve aynı yapıştırıcı kullanılarak lamel ile kapatılır.

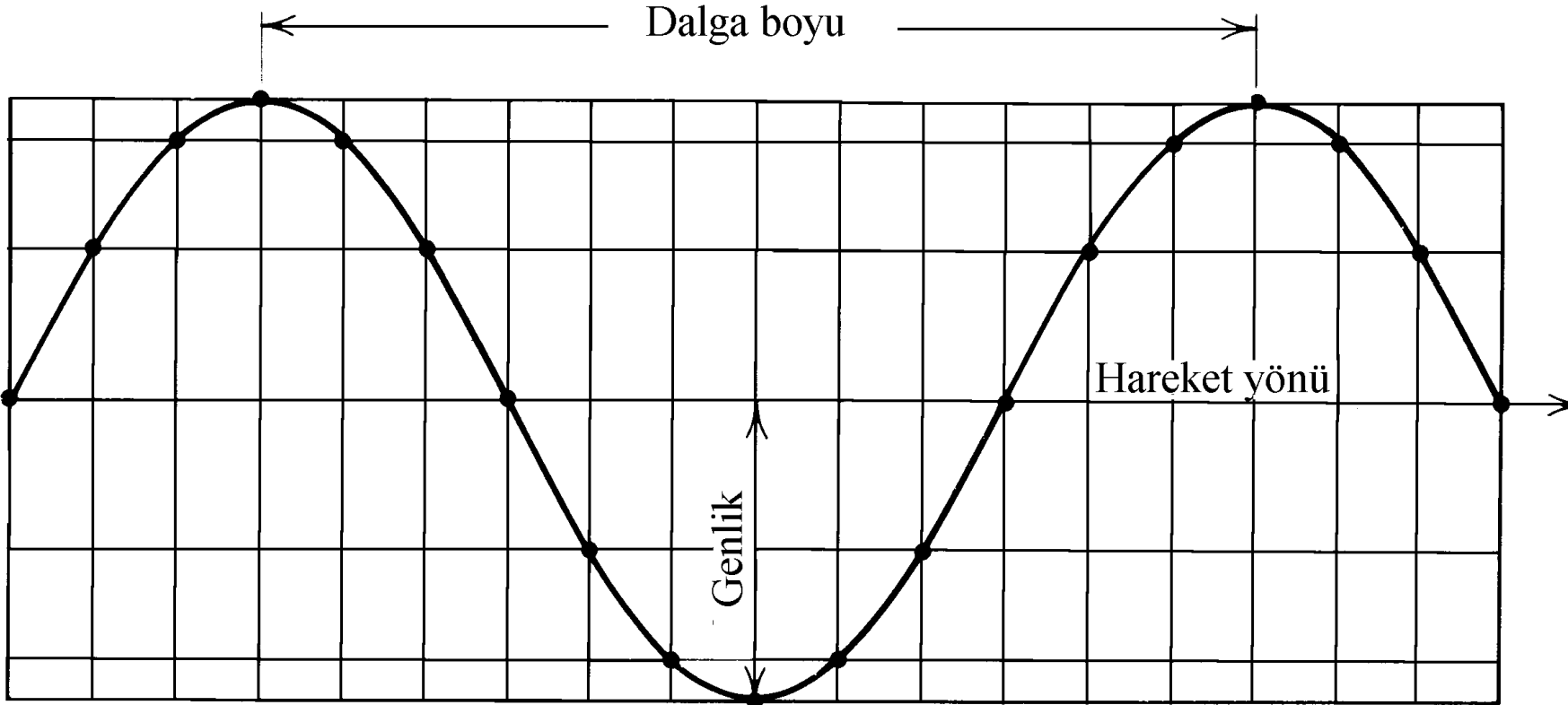
Son derece hassasiyet ve ustalık gerektiren ince kesit hazırlama işleminde uygun kalınlığa ulaşılabilmiş olmak ve yapıştırma işlemleri sırasında boşluk bırakmamış olmak son derece önemlidir.



IŞIK NEDİR?

Işık veya görünür ışık, elektromanyetik spektrumun insan gözü tarafından algılanabilen kısmı içindeki elektromanyetik radyasyondur. Işığın tüm özelliklerini açıklamak için, biri *dalga teorisi* diğeri *partikül teorisi* olmak üzere iki teoriden bahsedilmektedir. Kristallerin optik davranışlarını açıklamak için dalga teorisi ele alınmaktadır.

Işık, yayılma yönüne dik açılarla mümkün olan her yönde titreşerek düz bir çizgi boyunca hareket eder. Meydana gelen dalga hareketinde birbirini izleyen iki tepe noktası arasındaki mesafeye dalga boyu, kararlılık konumundan itibaren her iki yandaki mesafeye **genlik**, belli bir noktadan bir saniyede geçen dalga sayısına **frekans** denilmektedir.

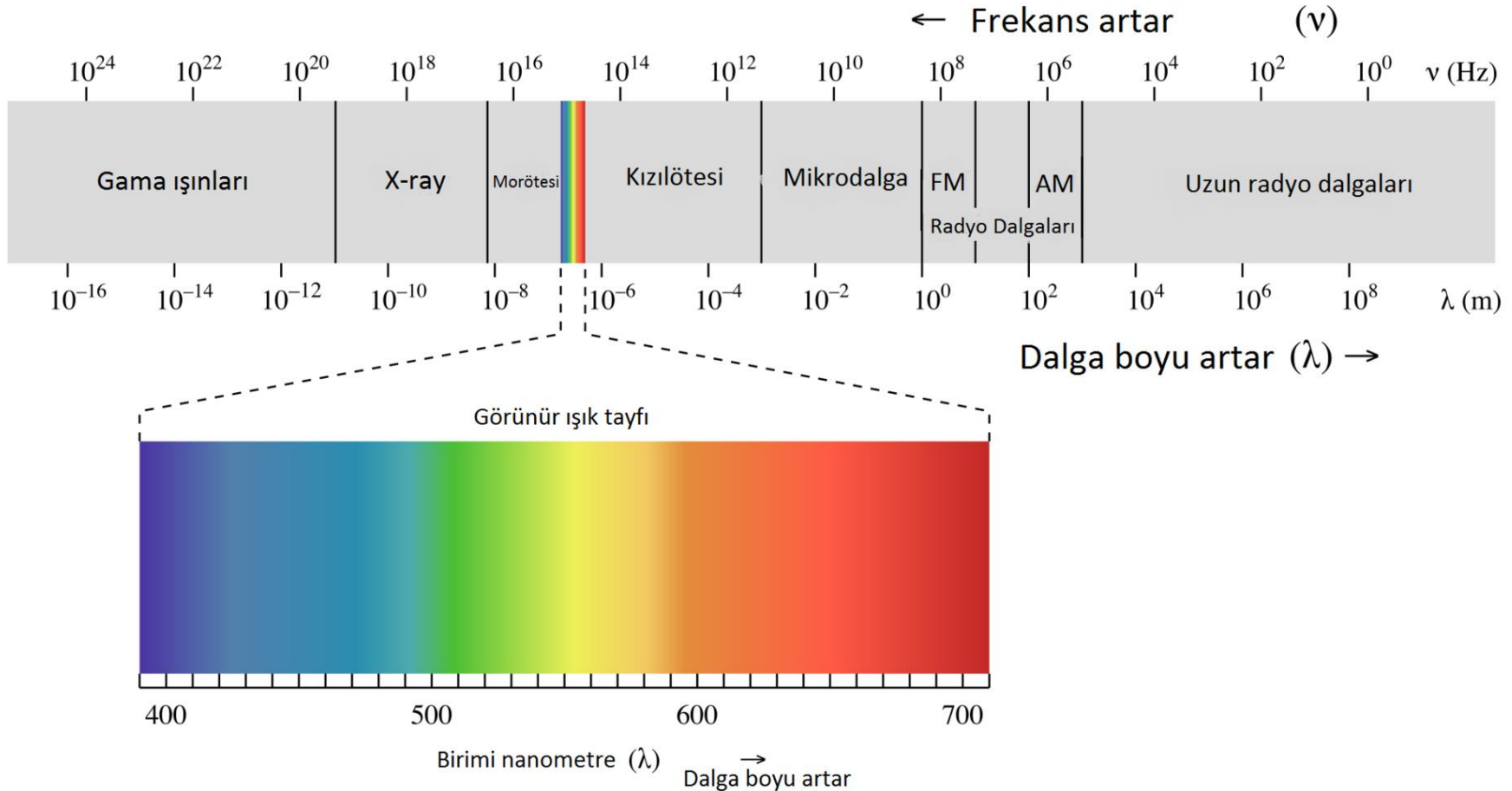


Hız ise ışığın bir saniyede aldığı yolun uzunluğu olup frekans ile dalga boyunun çarpımıdır.

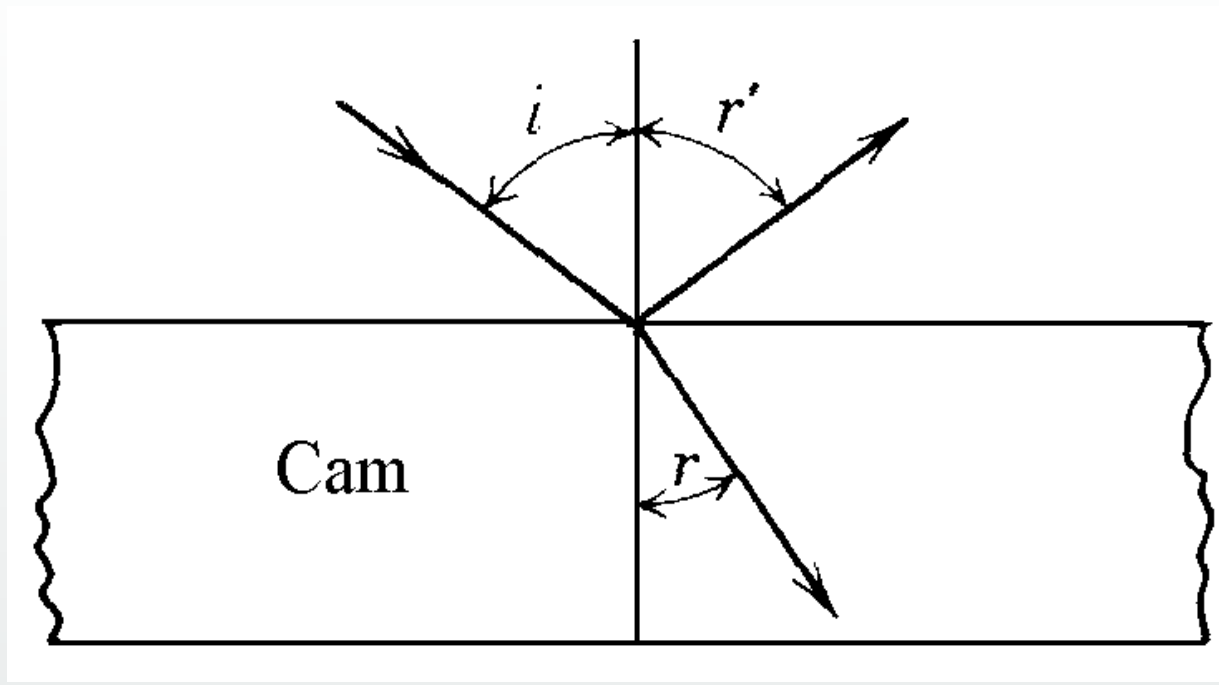
IŞIK KAVRAMI

Görünen ışık, elektromagnetik spektrumun çok küçük bir kesimini kapsar Dalga boyu (λ) =7000 Å biraz üzeri ile ~ 4000 Å arasında değişir.

- 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, bir kısmı ise geri döner. Yansıyan ışık;

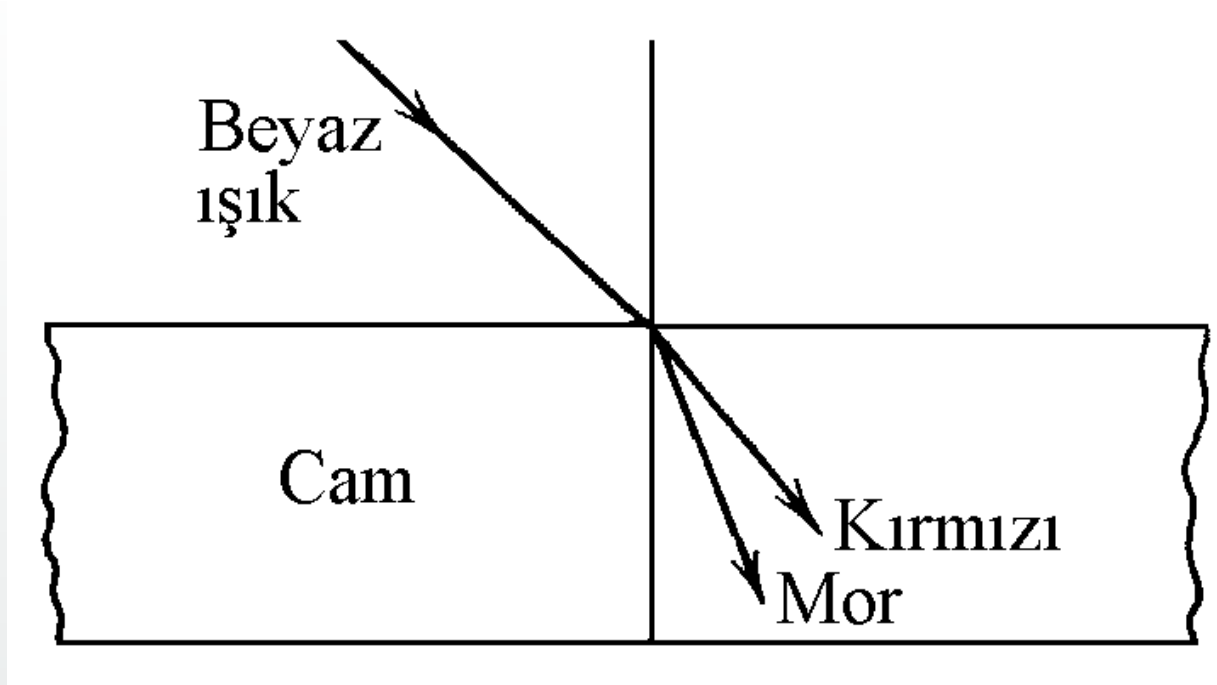
gelen ışının açısı (i) = yansıyan ışının açısı (r')

Gelen ve yansıyan ışınlar aynı düzlemde bulunurlar.

Cama giren ışın, daha düşük bir hızla yol alır, gelen ışına göre kırılır (**r**) ve doğrultudan hafifçe sapar.

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:

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

Hız = frekans x 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 MİNERALLER

Saydam maddeler optik bakımdan;

İzotrop : Gazlar, sıvılar ve cam, kübik sistemindeki kristaller
Işık her yönde aynı hızla hareket eder
İzotrop maddenin tek ***n*** vardır

Anizotrop : Kübik sistemi dışında kalan kristaller
V ve ***n*** kristal yönlerine göre değişir

Anizotrop bir kristalden geçen ışık birbirine dik düzlemlerde titreşen iki polarize ışına ayrılır.

Her yönde titreşim gösteren ışık, tek bir düzlemde titreşim yapmaya zorlanırsa, *düzlemsel polarizlenmiş* olur.

Işığın polarizlenmesi;

- çift kırılma,
- absorpsiyon
- yansıma olayları ile gerçekleşebilir.

ÇİFT KIRMA İLE IŞIĞIN POLARİZLENMESİ

Işık, anizotrop bir kristalden geçerken iki polarizlenmiş ışına ayrılır.

Birini elemek için, *Nikol prizması* kullanılır.

Kalsit 'in uzun bir romboederi
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:

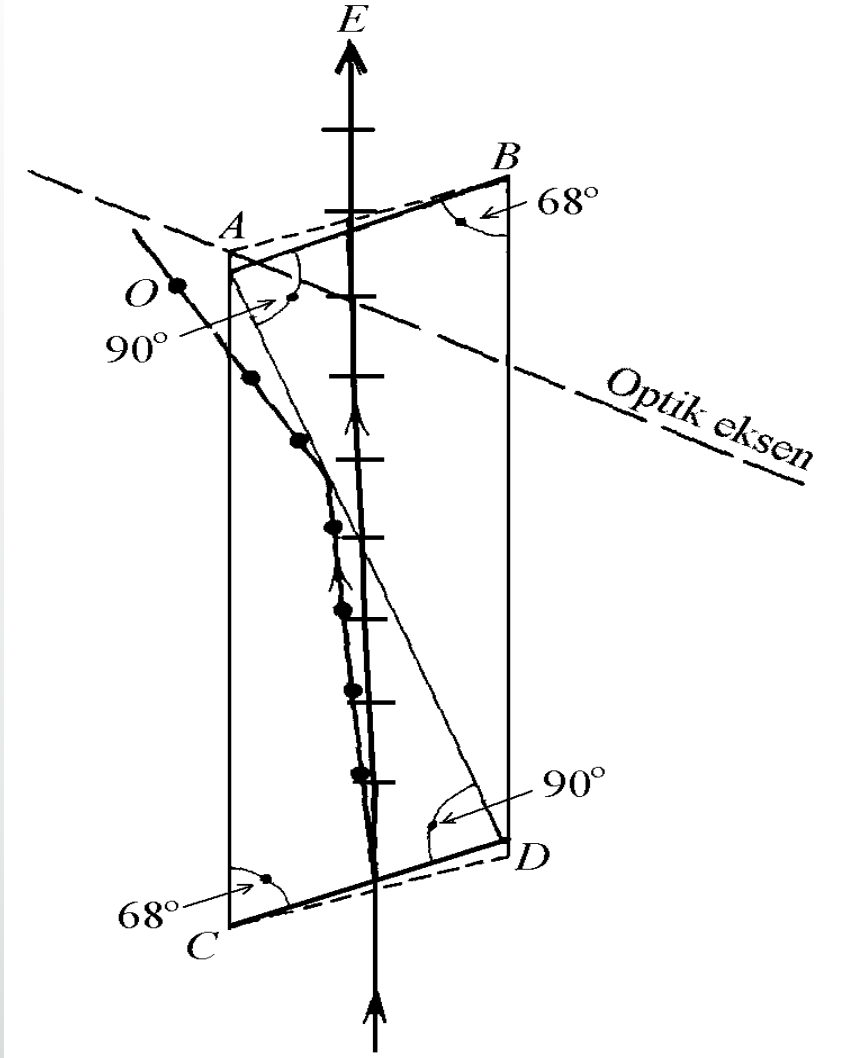
O (*ordiner / olağan*) ve

E (*ekstraordiner / olağandışı*)

ışınlarına ayrılır.

O ışını Kanada Balzamından yansır.

E ışını sapmadan yol alır ve
polarizlenmiş olarak kristalden
çıkartılır



ABSORBSİYON İLE IŞIĞIN POLARİZLENMESİ

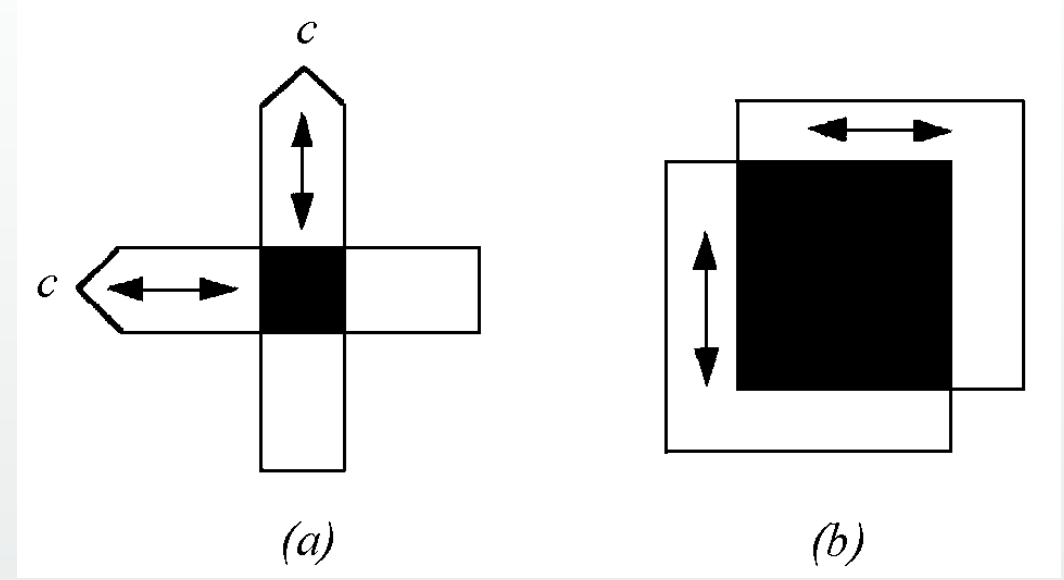
Işık anizotrop kristallerin içinde ikiye ayrılır ve polarize ışınlar kristal tarafından farklı derecelerde emilirler.

Işınlardan birinin ~ 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 ~ tümüyle absorbe edilir.

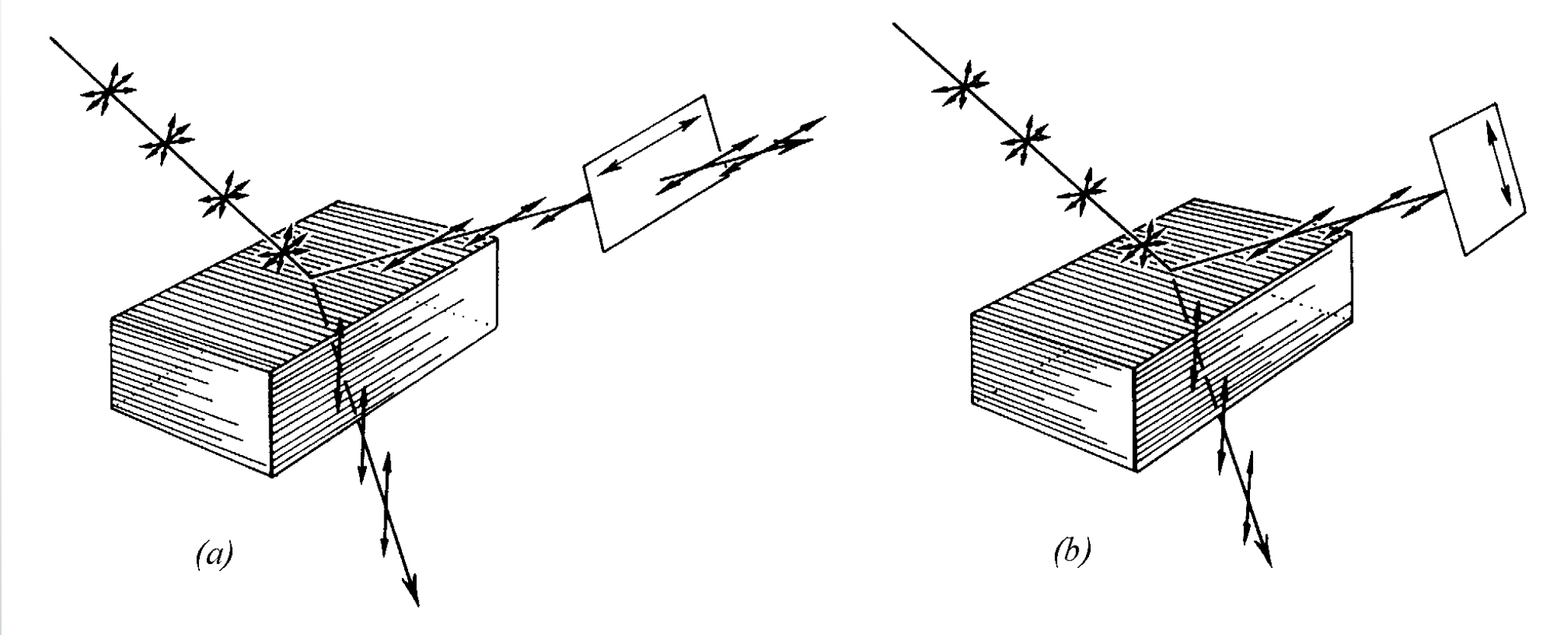
İki kristal 90° açı ile yerleştirilirse, birinden geçen polarize ışın diğeri tarafından absorbe edilir.



YANSIMA İLE IŞIĞIN 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 anlaşılabilir.



MİKROSKOP KAVRAMI

Mikroskop , çıplak gözle görülemeyecek kadar küçük cisimlerin mercekler yardımıyla büyütülerek görüntüsünün incelenmesini sağlayan alettir.

1 - Stereoskopik mikroskoplar

- Polarizan Mikroskobu
- Cevher Mikroskobu
- Faz Kontrast Mikroskobu

2 - İnterferans Mikroskobu

- Metalurji mikroskobu
- Elektron mikroskobu (SEM-TEM)
- Karanlık alan mikroskobu
- Fluorescens mikroskop
- X-Ray mikroskobu
- Eş Odaklı Lazer Tarama mikroskobu
- Saha emisyon mikroskobu
- Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM)

POLARİZAN MİKROSKOP

Optik Mineralojik incelemeler **polarizan (alttan aydınlatmalı)** mikroskop vasıtasıyla yapılmaktadır. Polarizan özellik taşıyan bu mikroskobu biyolojik amaçlı kullanılan diğer mikroskoplardan ayıran en önemli özellik **ışık kaynağının hemen üzerinde ve mikroskop tablasının hemen altında, ışığın geliş yönüne dik olarak ve tek yönde titreşmesini sağlayan, yani ışığı polarize eden polarizör ve objektifin üzerinde ise titreşim yönü gelen ışığın titreşim yönüne dik olan analizör** bulunmasıdır. Optik Mineralojik çalışmalarının yararlı olabilmesi için polarizan mikroskobu esasları ve fonksiyonları iyi bilinmelidir.

Mikroskobun en alt kısmında eğimsiz ve sabit olarak durabilmesi için **ayak** bulunmaktadır. Bunların yukarısındaki ayarlanabilir **açma kapama düğmesi** kullanılarak ön taraftaki polarizan ışık kaynağı istenilen derecede ışık kullanılarak açılabilir. Mikroskobun ön tarafında bulunan **ışık kaynağı, mikroskop lambası**, bir mikroskobun en önemli ve hassas parçalarından biridir. Bu parçanın daha yukarısında, mikroskobun ön tarafında ışık kaynağının hemen üzerinde ışığın geçeceği bölgede bir **filtre** bulunmaktadır. Arkada ise mikroskop tablasının ayar düğmeleri **dışta büyük, kaba ayar, içte küçük, ince ayar**, düğmeleri bulunmaktadır. Bu düğmeler **tabla ile objektif arasındaki mesafenin ayarlanarak net görüntünün alınmasını sağlamaktadır.**



Mikroskop tablasının ortasındaki boş kısma gelen ve burada kesitten geçen polarize ışık daha sonra tablanın hemen üzerindeki **objektife** ulaşır. Burada istenilen büyütmeye sahip objektif kullanılarak büyütülmüş görüntü elde edilir. Bir mikroskopta değişik büyütmelere sahip objektifler bulunabilmektedir. Bunlar döner objektif tablasına monte halde bulunmaktadır. Objektiflerin üstünde ise mikroskobun kullanılması sırasında konoskopik incelemelerin yapılabilmesi için **kuvars jips kamalarının takıldığı kama yuvaları**, birinci nikol ile ikinci nikol arası geçişi sağlayan **analizör aç kapa düğmesi, bertrand merceği aç kapa düğmesi** bulunmaktadır.

Mikroskobun en altındaki kaynaktan çıkan ve yukarı doğru bir takım işlemlerden geçen polarize ışık en üstte okülerde görüntü haline dönüşür ve uzman tarafından yorumlanarak sonuca kavuşturulur.

OPTİK (POLARİZAN) MİKROSKOP VE KISIMLARI

Işık Kaynağı: Mikroskoplarda minerali aydınlatmak için, elektrikle çalışan, mikroskobun içine monte edilen ışık kaynakları kullanılmaktadır. Işık kaynağı aydınlatma için gerekli ışığı verir.

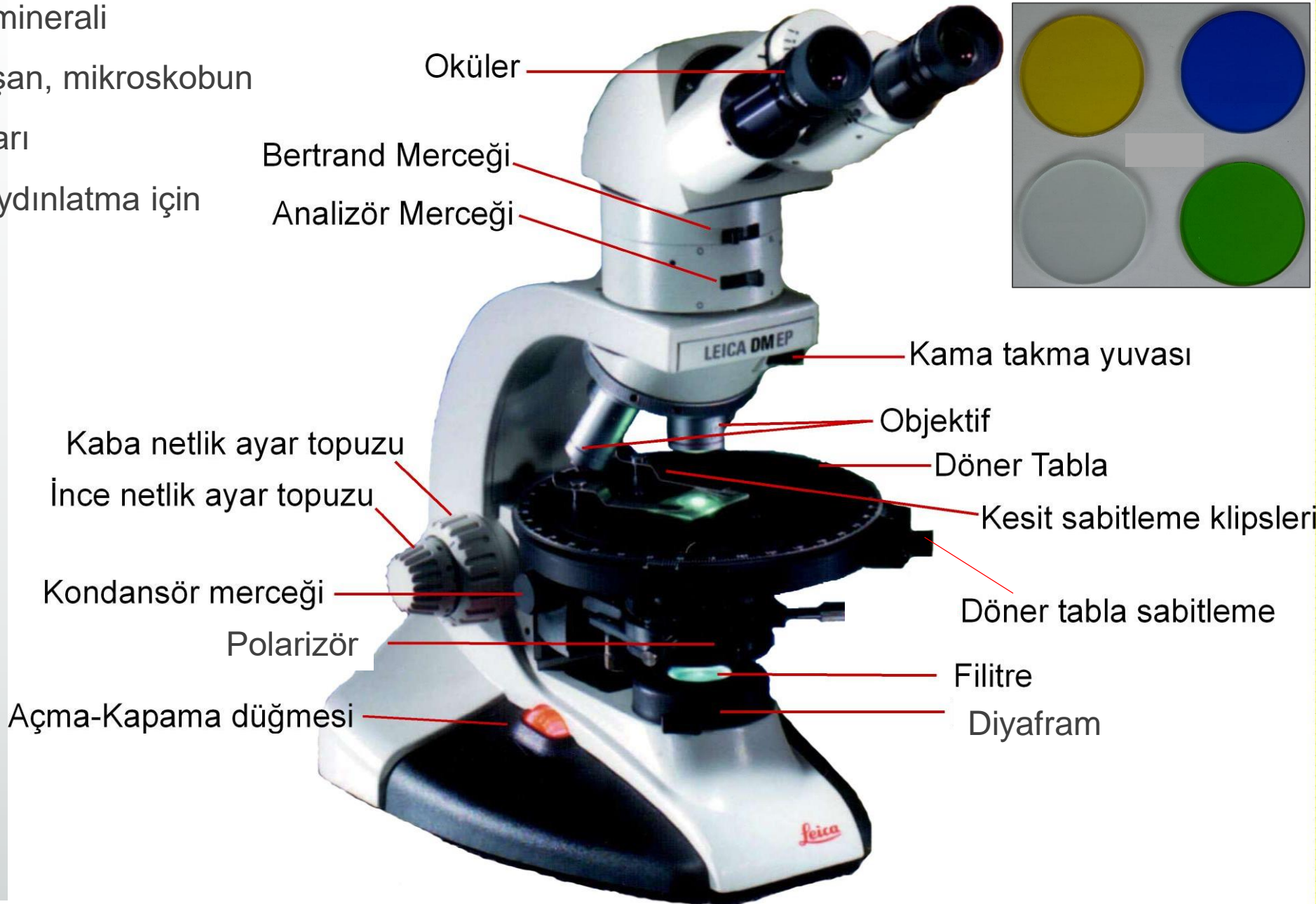
Açma-Kapama Düğmesi

Işık Şiddeti Ayar Düğmesi

Filtre: Özel ve halka şeklindeki yere ışık kaynağından gelen ışınları süzen mavi, yeşil veya mat filtreler konarak iyi görüntü sağlanmaya çalışılır.

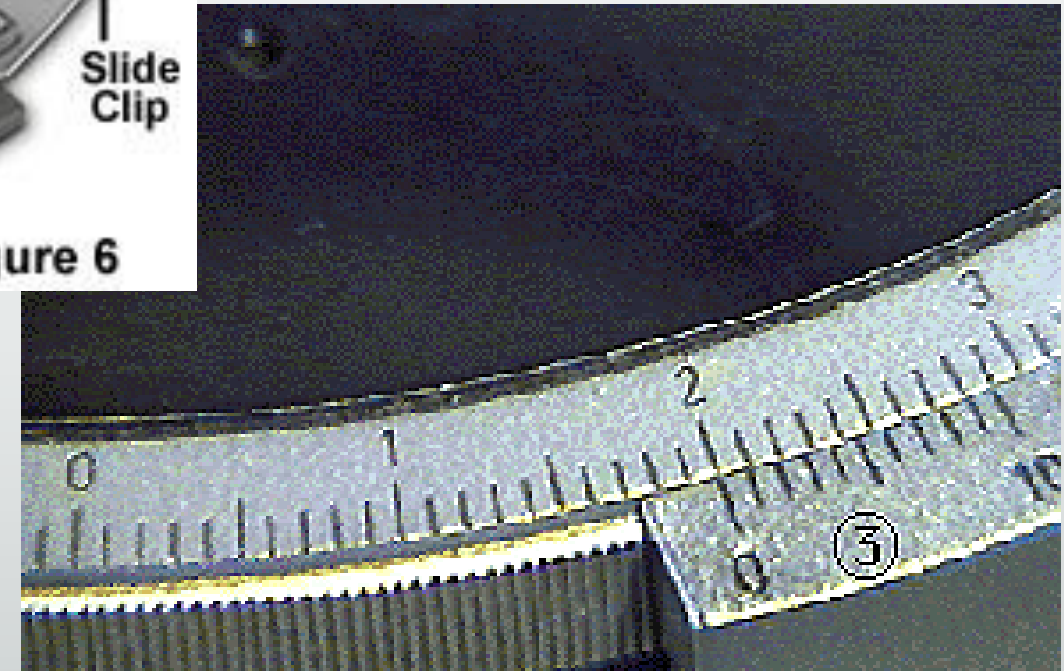
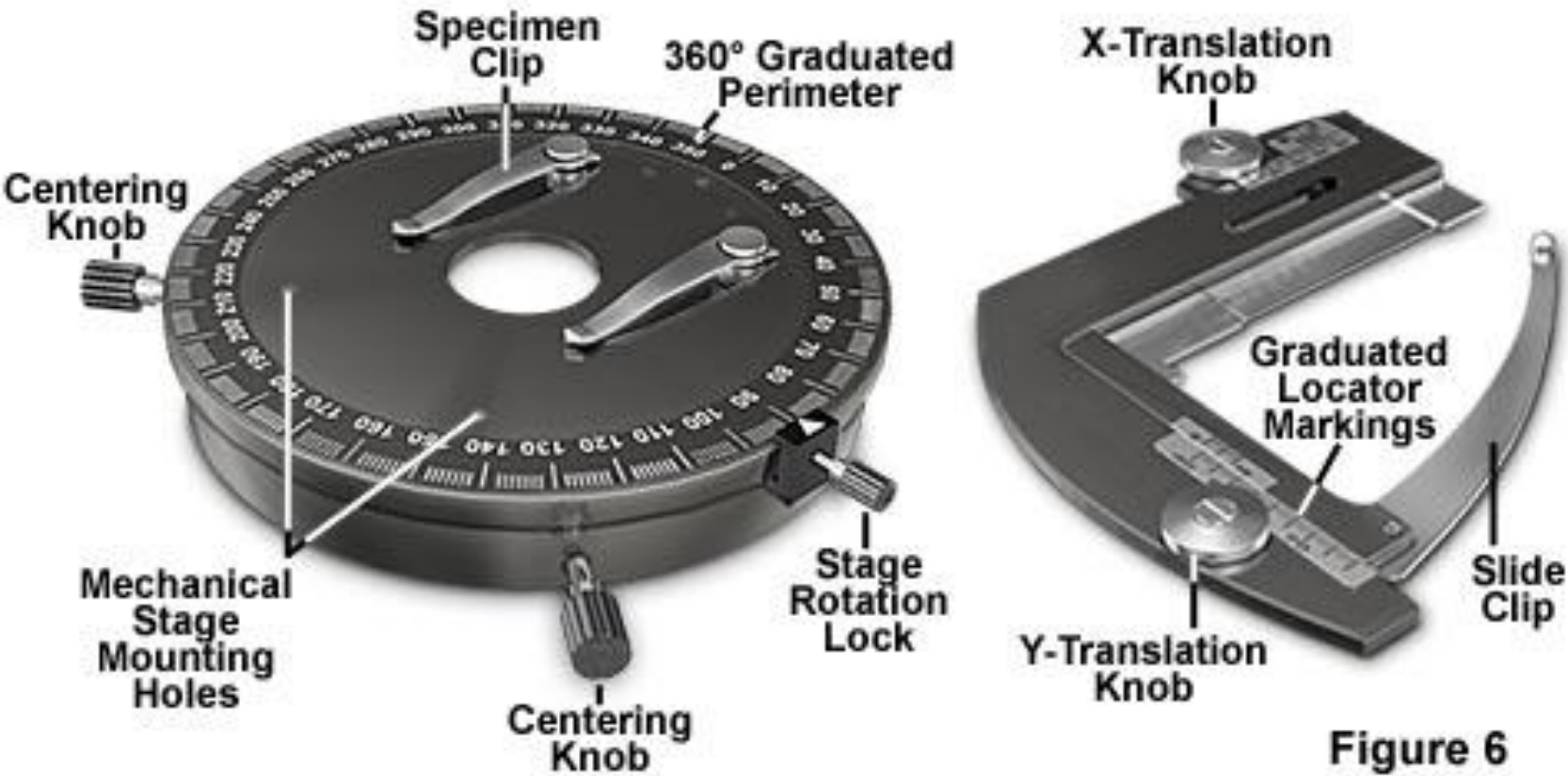
Döner Tabla

Kesit Sabitleme Klipsleri



MİKROSKOP TABLASI VE KISIMLARI

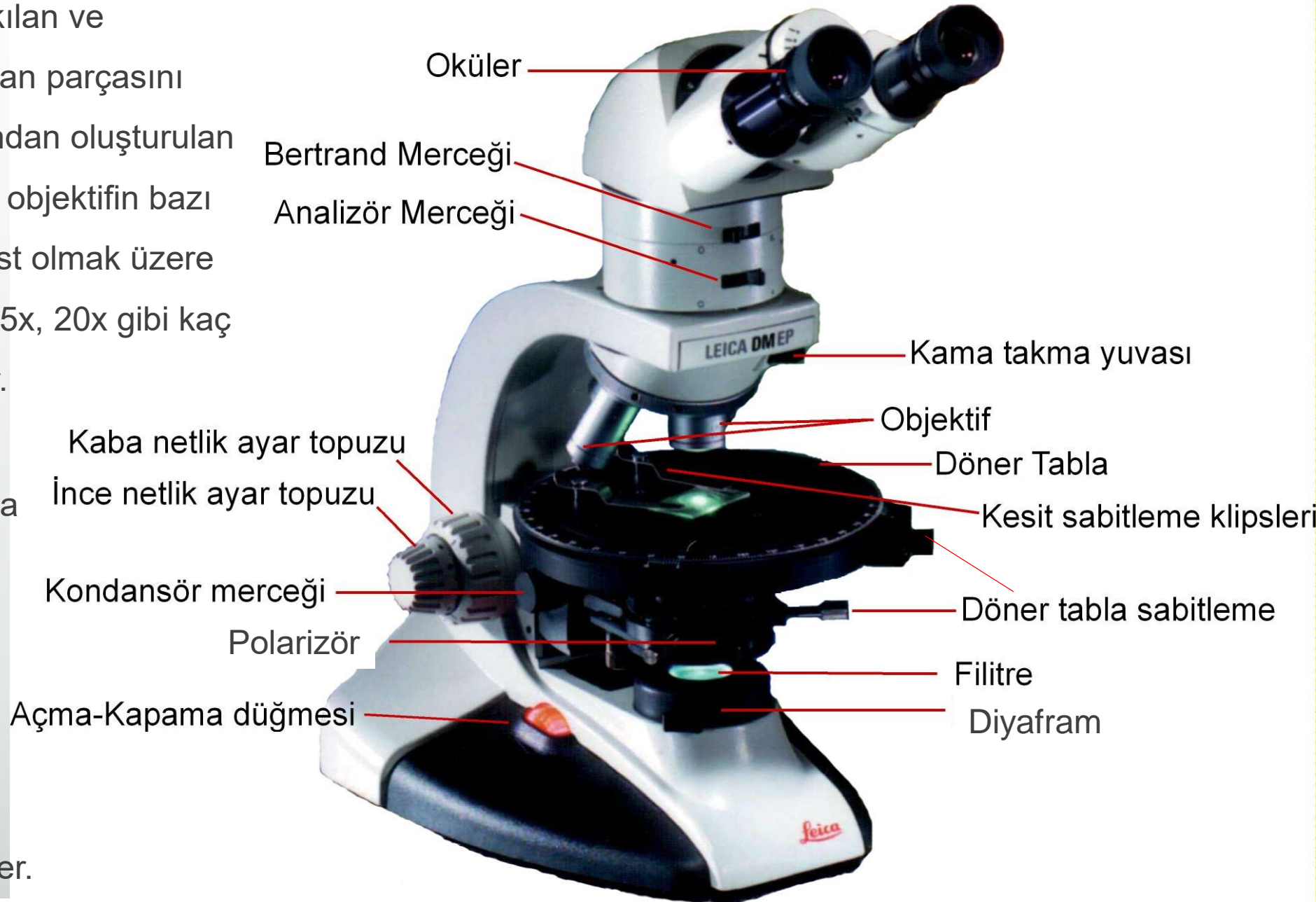
Circular Stage with Optional Mechanical Translation Attachment



OPTİK (POLARİZAN) MİKROSKOP VE KISIMLARI

Oküler: Optik kısmın gözle bakılan ve mikroskopun üst kısmına konulan parçasını oluşturur. Görevi objektif tarafından oluşturulan obje görüntüsünü büyütme ve objektifin bazı hatalarını düzeltmektir. Alt ve üst olmak üzere çift merceklidir, üzerinde 10x, 15x, 20x gibi kaç kez büyütme yaptıkları yazılıdır.

Bazı mikroskoplarda tek bir oküler (monoküler) bulunmasına karşın, genellikle çift oküler (binoküler) bulunur. Binoküler sistemde, objektifden geçen ışınlar prizmalar yardımıyla 2 göze taksim edilirler.



OKÜLER



WF5X

WF10X

WF16X

WF20X



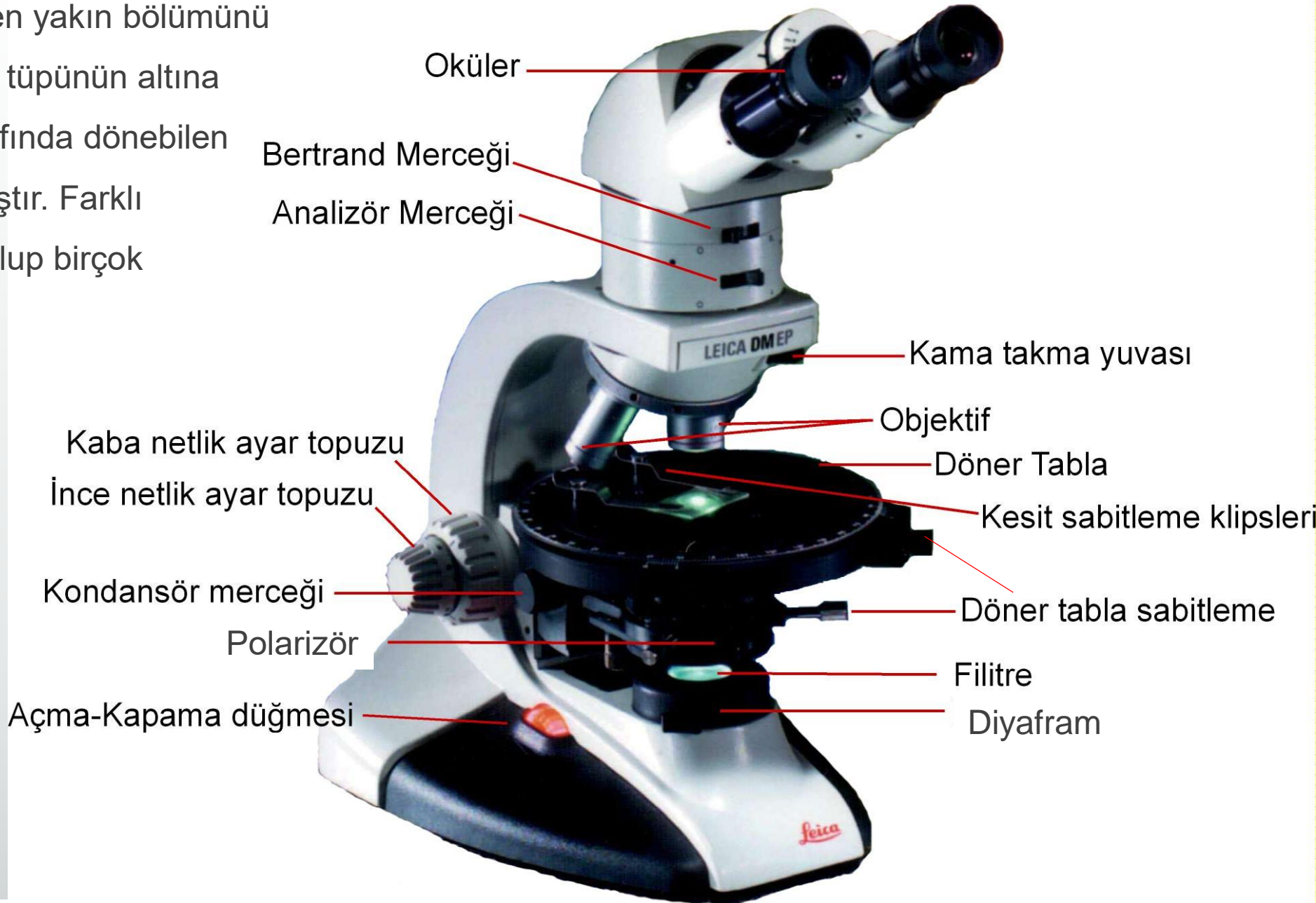
diameter : 23.2mm

OPTİK (POLARİZAN) MİKROSKOP VE KISIMLARI

Objektif: Optik kısmın objeye en yakın bölümünü oluşturan objektifler, mikroskop tüpünün altına yerleştirilmiş ve orta eksen etrafında dönebilen bir tablaya (revolver) vidalanmıştır. Farklı büyütme kapasitelerine sahip olup birçok mercekten meydana gelmiştir.

Sayıları 4-5 adet olabilir.

Üzerlerinde büyütme oranlarını bildiren 4x, 10x, 40x, 100x gibi rakamlar bulunur.



OBJEKTİFLER

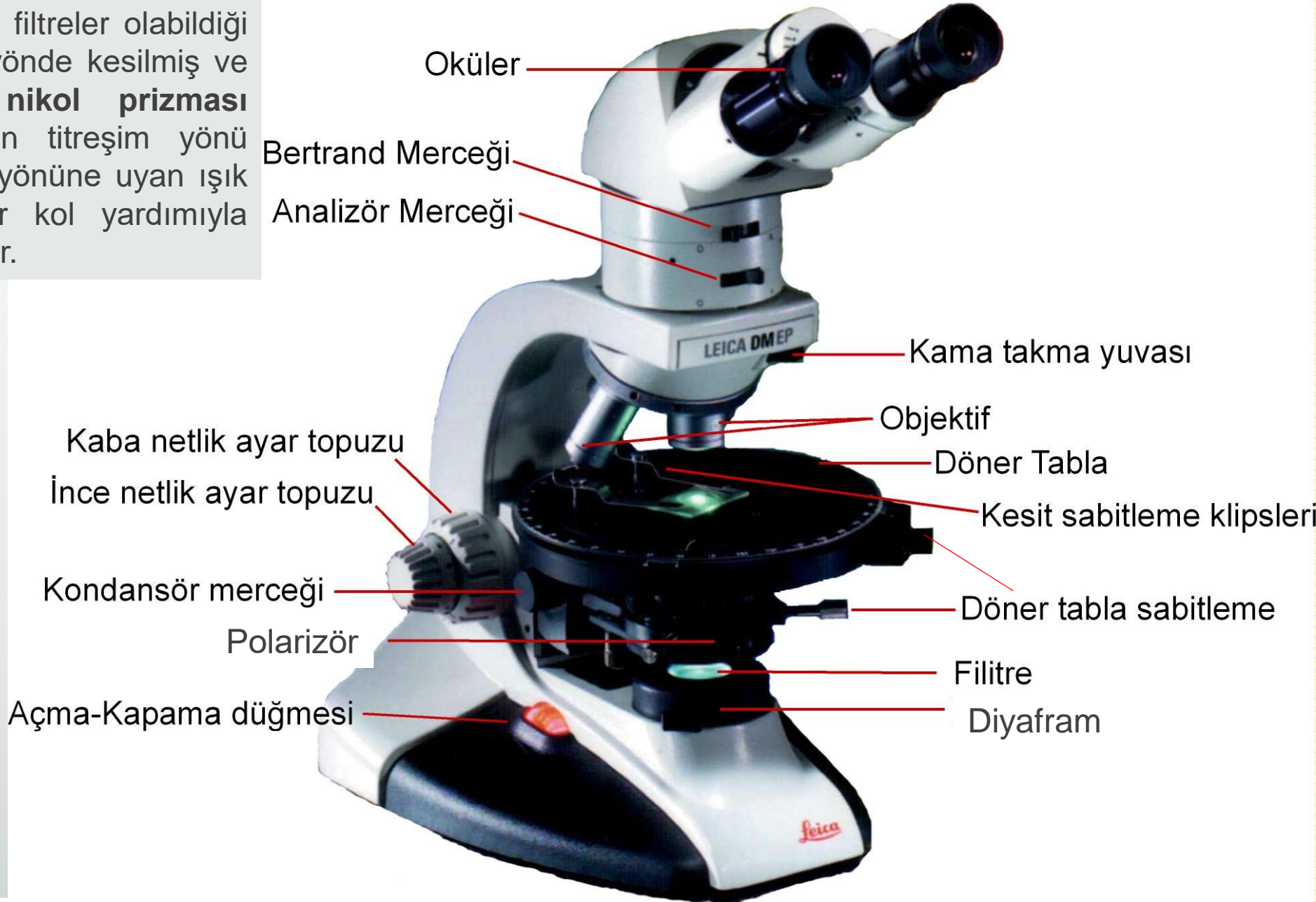


OPTİK (POLARİZAN) MİKROSKOP VE KISIMLARI

Polarizör ve analizör polaroyid filtreler olabildiği gibi kalsit kristallerinin belli bir yönde kesilmiş ve yapıştırılmış levhaları yani **nikol prizması** olabilmektedir. Bu prizmalardan titreşim yönü ancak bu prizmalarının titreşim yönüne uyan ışık geçebilir. Analizör mekanik bir kol yardımıyla devreye sokulabilir ve çıkartılabilir.

Tek (Paralel) nikol altında inceleme analizör devreden çıkarılarak yapılır. Bu durumda alttan gelen polarize ışık mikroskop tablasında ince kesit olmadığı zaman okülerden bakıldığında görülecektir.

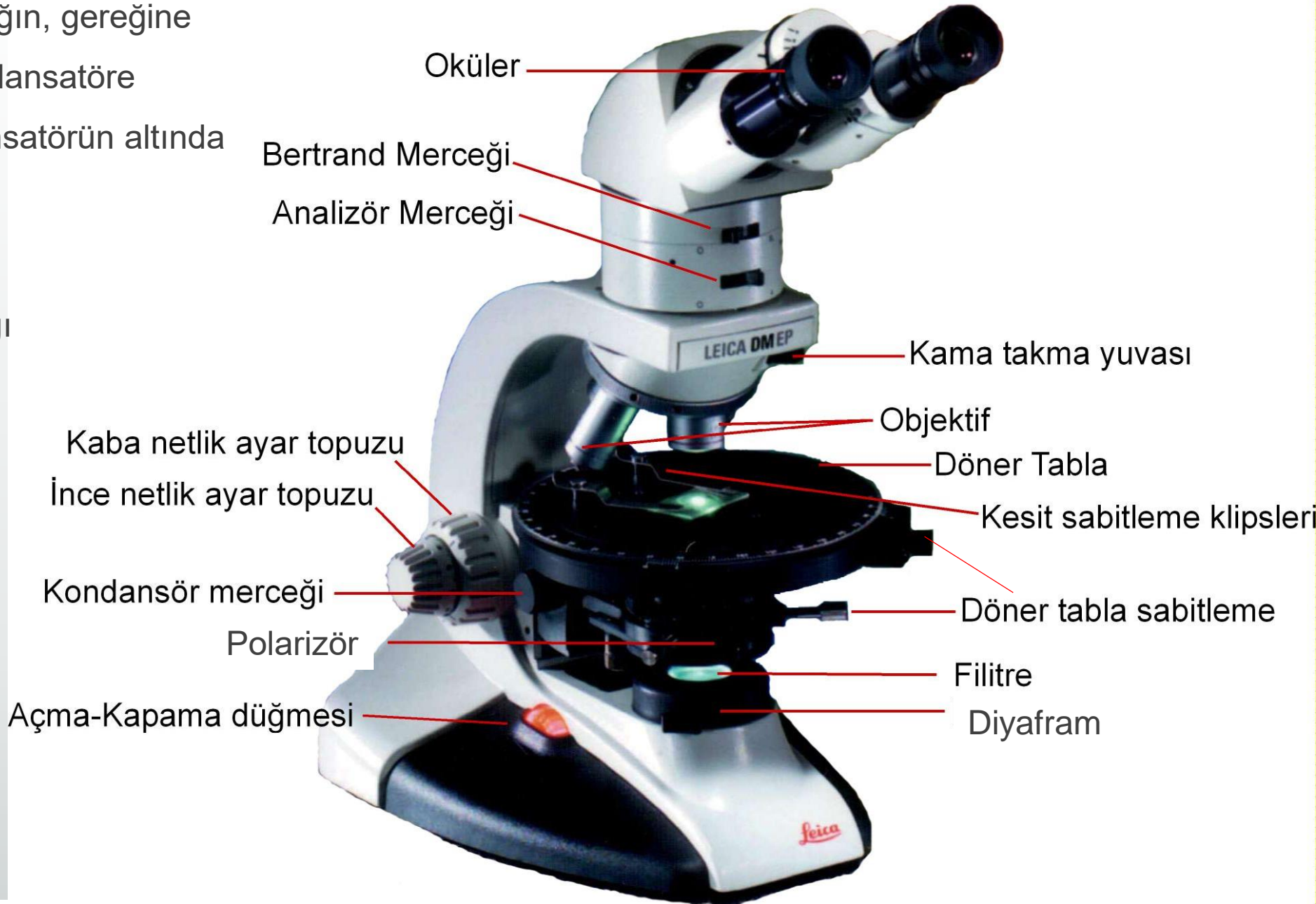
Analizörün devrede olması halinde yani çift nikol arasında inceleme yapılırken her iki prizmanın titreşim yönleri birbirine dik olarak buldukları için alttan gelen ışık analizörden geçemeyecek ve okülerden bakan bir kimse ışığı göremeyecektir.



OPTİK (POLARİZAN) MİKROSKOP VE KISIMLARI

Diyafram: Lambadan gelen ışığın, gereğine göre az veya fazla oranda kondansatöre girmesini sağlamak için kondansatörün altında diyafram bulunur.

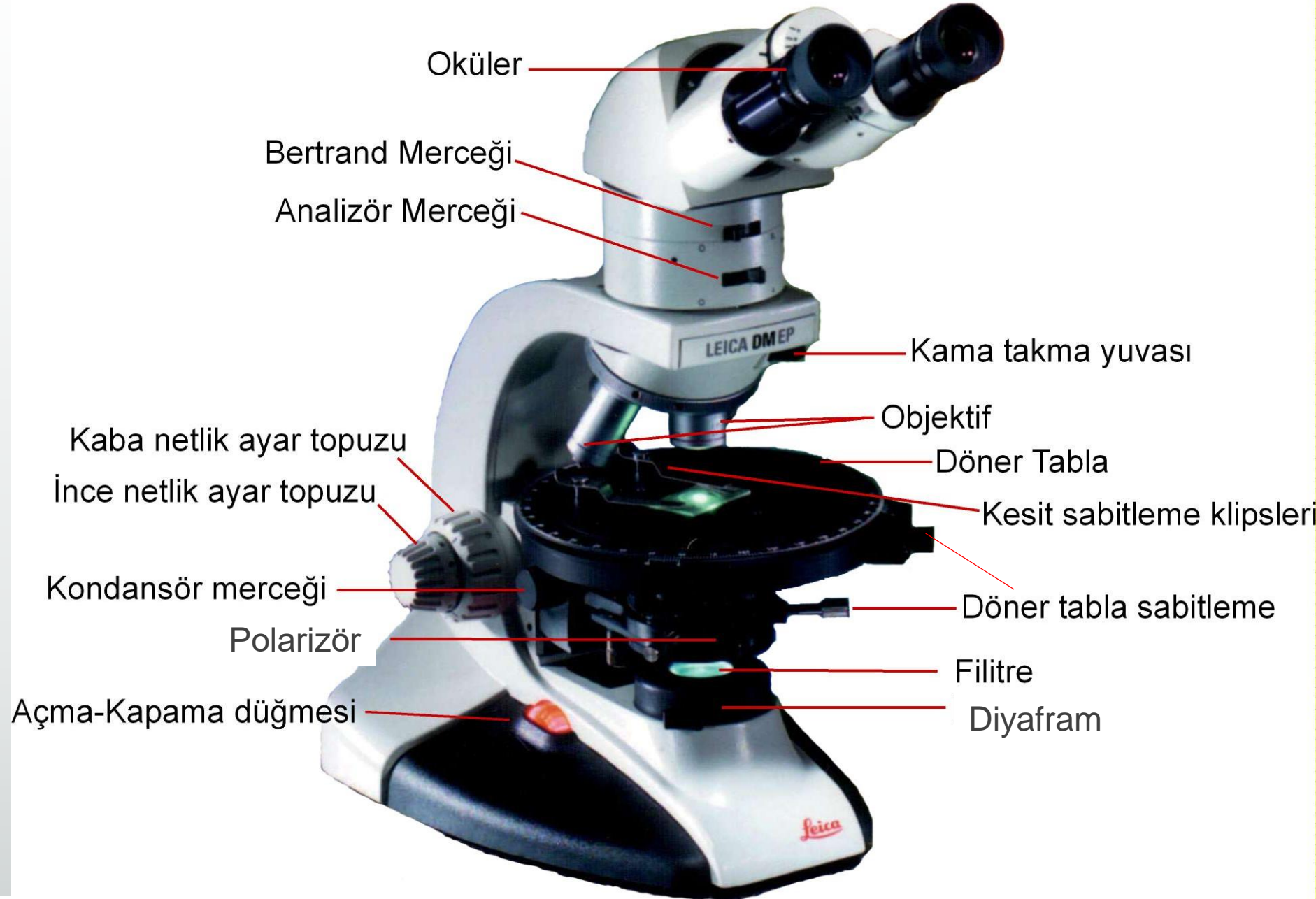
Kondansatör: Bir mikroskopta kondansatörün esas görevi ışığı obje üzerinde toplamak ve yeterince aydınlatmaktır. Genellikle iki mercekten oluşan kondansatörler, bir düğme ile aşağı yukarı inerçikar ve ışığın iyi odaklanmasını sağlar.



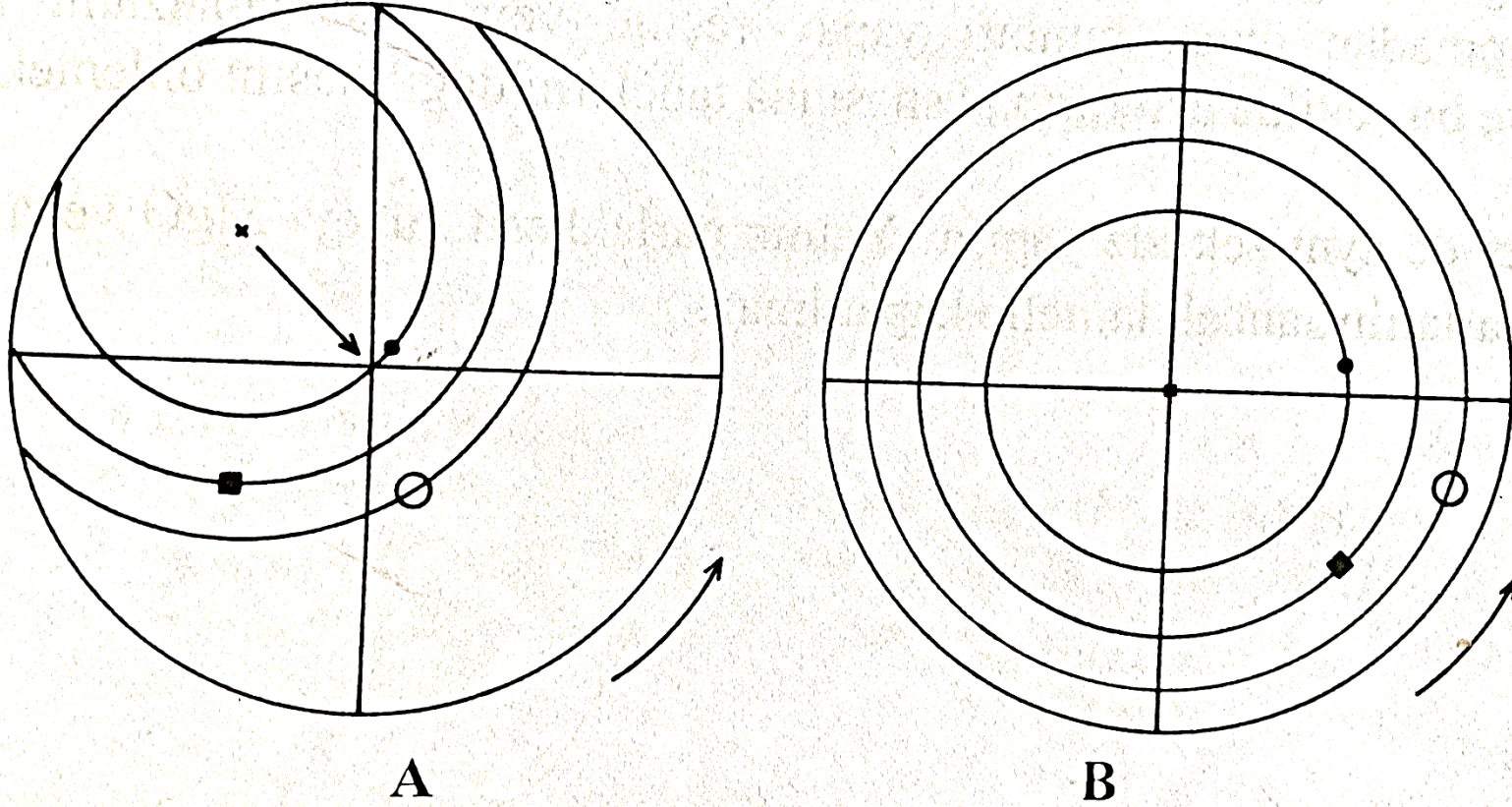
OPTİK (POLARİZAN) MİKROSKOP VE KISIMLARI

Kamalar

- Jips kaması
- Mika kaması
- Kuvars kaması



OPTİK (POLARİZAN) MİKROSKOPTA ÇALIŞMA ŞEKLİ



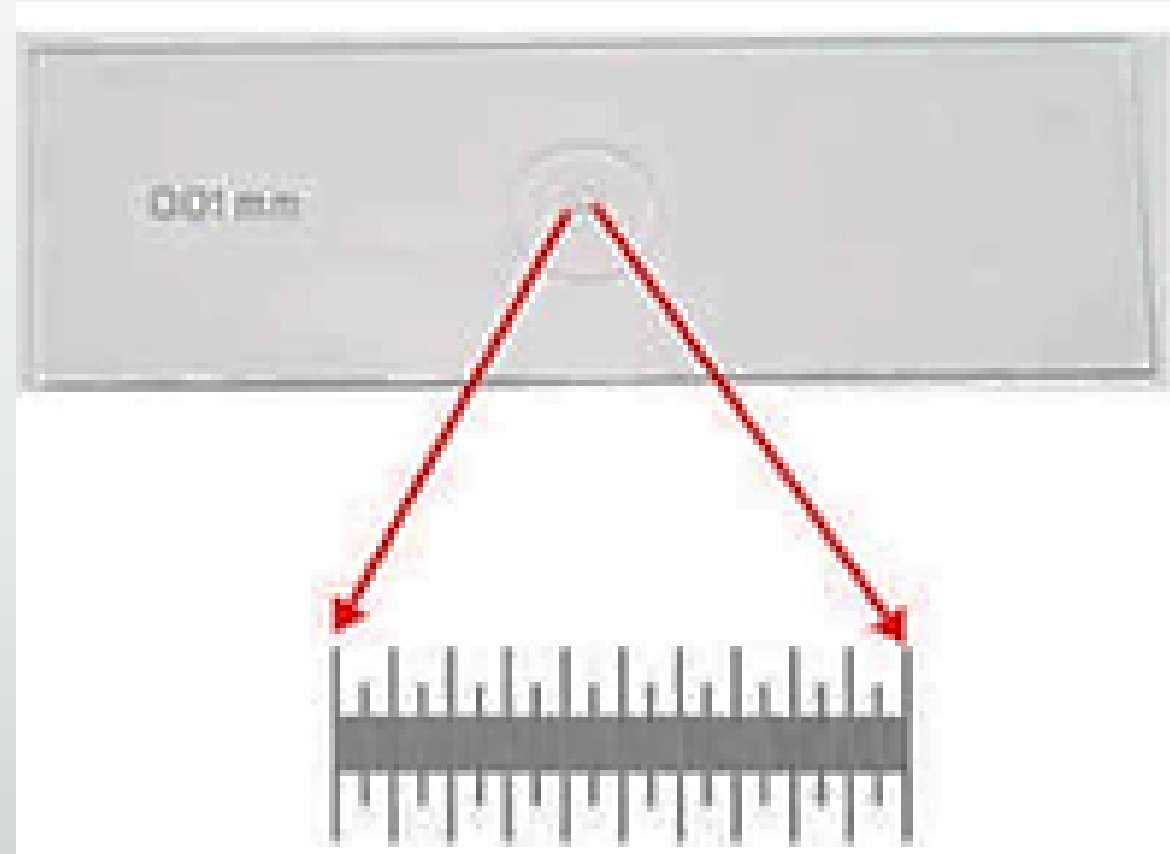
Mikroskop objektifinin merkezleştirilmesi; Mikroskop tablasının 360° çevrilmesi esnasında,

- A** *Merkezlenmesi bozuk objektifte görülen durum,*
- B** *Merkezlenmiş objektifte görülen durum,*

MİNERAL BOYUTUNUN BELİRLENMESİ

Bazı çalışmalarda mikroskopta görüntüsünü büyüterek incelediğimiz minerallerin boyutlarının ölçümü gerekmektedir. Minerallerin ebatlarının ölçümü mikroskopla yapılabilmektedir. Mikroskopla nesnelerin boyutlarını ölçmede objektif mikrometre olmak üzere belli aralıklarla çizgilere sahip olan özel ölçek kullanılır.

Objektif mikrometre, üzerinde 10 mikrometre aralıklarla çizilmiş çizgilerden oluşan ölçeği bulunan dikdörtgen şeklindeki bir lamdır. Lam üzerindeki 1 mm'lik mesafe 100 eşit parçaya bölünerek hazırlanmıştır. Preparatta olduğu gibi mikroskop tablasına yerleştirilerek kullanılır. Asıl görevi oküler mikrometrenin çizgileri arasındaki mesafenin bulunmasıdır.



- Objektif mikrometre mikroskopun tablasının üzerine konur ve maşalarla sabitlenir.
- Küçük büyütme objektifiyle bakılarak ölçekli kısmın görüntüsü bulunur.
- Ölçüm yapılacak objektif görüntü üzerine alınarak mikro ayar vidası ile görüntü netleştirilir.
- Oküler çevrilerek oküler ve objektif mikrometre ölçek çizgilerinin paralel hale gelmesi sağlanır.
- Ayar vidası yardımıyla ölçeklerin başlangıç çizgileri çakıştırılır. Başlangıç çizgisinden sonra tam üst üste gelerek çakışan diğer çizgi tespit edilir ve kaçınca çizgi olduğu belirlenir.
- Objektif mikrometrede bulunan iki çizgi arası 10 mikrometre (0,01 mm)'dir. İki çizgi arasına tam isabet eden oküler mikrometre çizgileri hesap edilir ve kaydedilir. Böylece, oküler mikrometre çizgilerinin aralıkları da hesap edilmiş olur.
- - Objektif mikrometre çıkarılarak yerine kesit konur. Mineral mikroskopta bulunur.