

Mineral, Mineraloji tanımları, genel giriş, tarihçe

Mineraloji veya **Mineral bilimi** doğada var olan ve "**mineral**" olarak adlandırılan "inorganik cisimleri" anlamaya ve anlatmaya yarayan bir bilim dalıdır. Minerallerin biri veya birkaçı bir araya gelerek kayaları ve mineral yığılımlarını meydana getirirler. Örneğin "granit" olarak adlandırılan kaya başlıca, kuvars, feldispat, mika, amfibol minerallerinden oluşmaktadır. Bu tür oluşumlar "polimineralik"tir. Yani birden fazla minerallerden oluşmuşlardır. Fakat bazı oluşumlarda ise yalnızca 1 veya 2 tür mineral bulunabilir. Bunlara ise sırasıyla "monomineralik" ve "bi mineralik" kayalar/cisimler adı verilebilir.

Bir mineral Őu ana özellikleriyle belirlenir:

1. Mineraller **doğal** olarak oluŐurlar [imento, cam, elik gibi insanlar tarafından üretilen maddeler mineral olarak deđerlendirilmez]
2. Mineraller başlıca **inorganik** bileŐiklerdir [kömür, reçine, petrol gibi doğada doğal yollarla oluŐmuŐ olan organik bileŐikler mineral sayılmazlar]
3. Mineraller **kimyasal element** ve **bileşiklerden** oluŐurlar ve belli bir kimyasal formüle sahiptirler [rg., Kuvars mineralinin formülü SiO_2 'dir]
4. Mineraller **homojen** cisimlerdir [herhangi bir parçası bütününün özelliklerini taŐır]
5. Mineraller **katı** cisimler olup, belirli atomik dzenlenimlere sahiptirler [kristallografiden bildiğimiz simetri sistem ve sınıflarından birine dahildirler]

Yukarıda sıralanan bu ana özelliklerini gözönünde tutarak **MİNERAL** tanımını "**doğada bulunan, kimyasal element ve bileşiklerden oluşan, başlıca katı ve inorganik özellikte, homojen ve belli bir kimya formülü olan inorganik cisimler**" olarak yapabiliriz.

Mineralleri inceleyen bilim dalı **MİNERALOJİ**'nin içinde değişik alt bölümler vardır. Bunlar; **Kristallografi, Fiziki Mineraloji, Kimyasal Mineraloji, Optik Mineraloji, Deskriptif (tanımlayıcı) Mineraloji** olarak sıralanabilir. Bunlardan **Kristallografi** minerallerin kristal yapısı ile ilgilenen dalıdır. **Fiziki Mineraloji** minerallerin elastiklik, kırılma vb gibi fiziksel özelliklerini inceleyen dalıdır. **Kimyasal Mineraloji** minerallerin kimyasal özelliklerini inceler ve irdeler. **Optik Mineraloji** minerallerin mikroskop altında sergiledikleri özelliklerden yola çıkarak onları tanımayı ve birbirlerinden ayırdetmeyi mümkün kılar. **Deskriptif Mineraloji** ise mineralleri fiziksel, kimyasal ve kristallografik özellikleri bakımından sınıflandırır ve tanımlar.

Bu dersin amacı Kristallografi ve Optik Mineraloji dışında kalan Mineraloji dallarının (özellikle fiziksel, kimyasal ve deskriptif) çok fazla ayrıntıya inmeden öğretilmesi/öğrenilmesini sağlamaktır.

Yoğunluk - Özgül Ağırlık

Özgül ağırlık (G) (veya nisbi yoğunluk) bir maddenin ağırlığı ile aynı hacimdeki +4°C'deki suyun ağırlığı arasındaki oran olarak tanımlanır. Buna göre özgül ağırlığı 2 olan bir mineral aynı hacime sahip su'dan iki kat daha ağırdır. Özgül ağırlık minerallerin tanınmasında sık kullanılan bir özelliktir.

Bir mineralin özgül ağırlığı bunu oluşturan atomların türüne ve kristal yapısında atomların yerleşme düzenine bağlıdır. Ağır atomlardan oluşan minerallerin özgül ağırlığı, hafif atomlarınkine göre daha fazla olur. Bu durum karbonat minerallerinin özgül ağırlıkları incelendiğinde açıklıkla görülür.

MİNERAL	BİLEŞİM	Katyon Atom Ağır.	ÖZGÜL AĞR. (gr/cm ³)
Aragonit	CaCO ₃	40.08	2.95
Stronsiyanit	SrCO ₃	87.62	3.76
Viterit	BaCO ₃	137.34	4.29
Serüsit	PbCO ₃	207.19	6.55

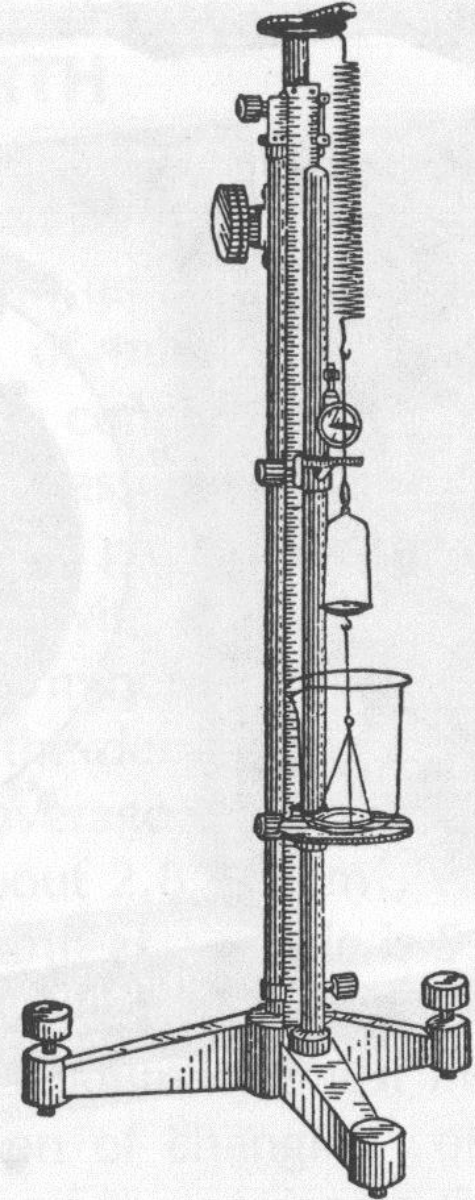
Polimorf minerallerde atom paketlenme şekil ve türleri sözkonusu minerallerde özgül ağırlık üzerinde önemli etkilere sahiptir. Bu tür minerallerde bileşim aynı kalırken atomların kristal yapısı içindeki yerleri ve yerleşim biçimleri farklı olduğundan özgül ağırlıklar arasında önemli farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Bu durum karbon bileşikleri olan GRAFİT ve ELMAS'ta belirgin bir şekilde görülebilmektedir. Elmas'ta, atomlar birbirlerine oldukça yakın bir şekilde düzenlenmiş (paketlenmiş) olduklarından özgül ağırlığı 3.5 gr/cm^3 , grafitte ise paketlenme daha geniş aralıklı olduğu için özgül ağırlık 2.2 gr/cm^3 şeklindedir.

Özgül Ağırlık Tayini

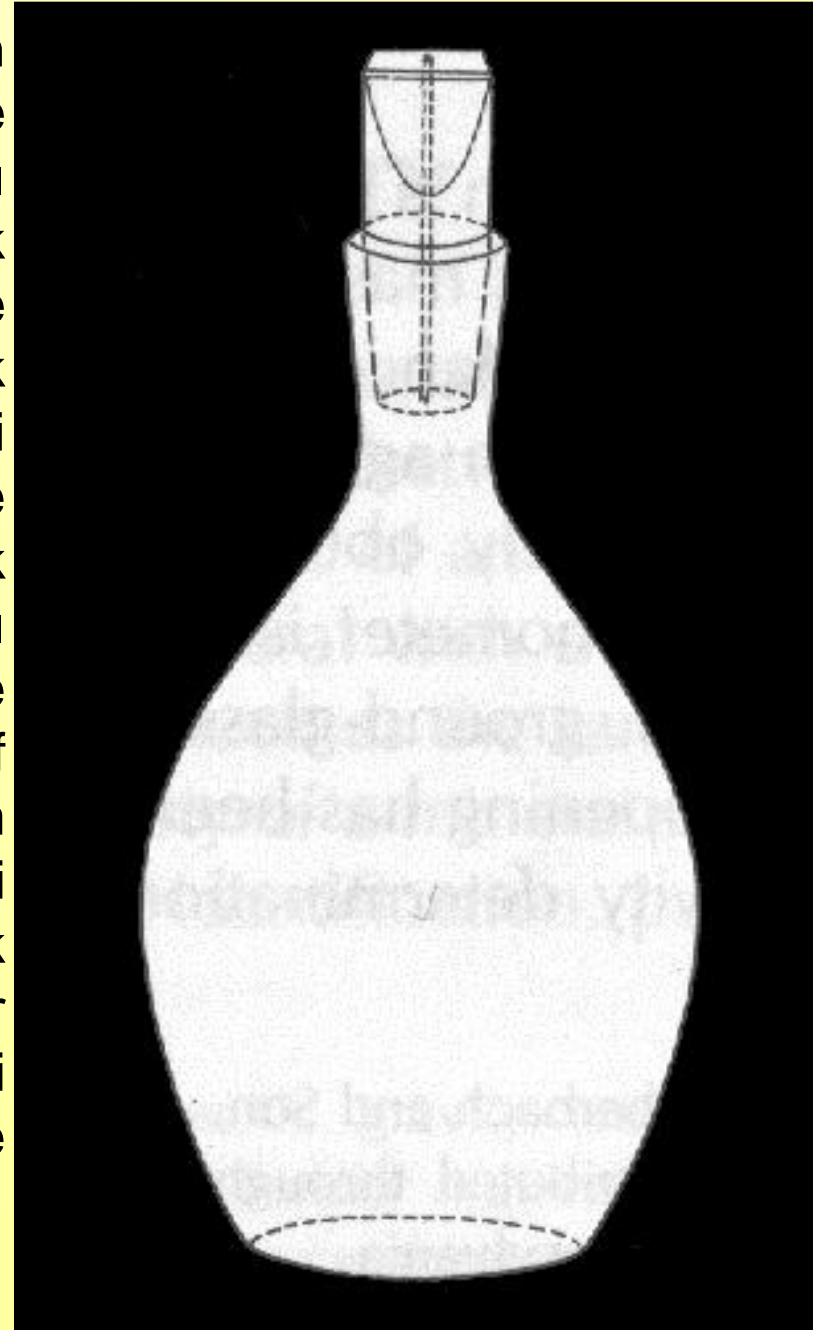
Özgül ağırlığın tayini değişik yöntemlerle yapılabilmektedir. Bunlar arasında **basit tayin**, **JOLLY Terazisi**, **Piknometre** ve **Ağır Sıvılar** yöntemleri yaygın olarak kullanılanlardır. Özgül ağırlık tayininin sağlıklı yapılabilmesi için mineralin saf olması, boşluklu ve çatlaklı olmaması gerekir.

Basit Tayin Yöntemi. Bu yöntemde özgül ağırlığı bulunacak olan mineralin 1cm^3 lük bir hacimi alınır. Mineral önce havada, sonra da su ile dolu bir kap içine daldırılarak tartılır. İki tartım arasındaki fark suyun kaldırma gücüne, bu da taşın suyun hacmine eşit olur. Mineralin havadaki ağırlığı W_a , sudaki ağırlığı ise W_{su} ile gösterilirse, $W_a - W_{su}$ değeri mineralin hacmini verir. Mineralin özgül ağırlığı ise $W_a / (W_a - W_{su})$ formülünden elde edilir.

JOLLY TERAZİSİ Yöntemi. Yandaki (Sağda) şekilde Jolly terazisinin basit bir şekli görülmektedir. Jolly terazisinde yapılan ölçümler terazinin yayının uzayıp kısılması ve bunlara karşılık gelen değerlerin okunması esasına dayanır. Ölçümde önce özgül ağırlığı bulunacak olan malzeme (mineral, kayaç vb...) terazinin üst kefesine konur ve terazi yayının uzama miktarı kaydedilir (W_a). Bulunan bu değer cismin havadaki ağırlığıdır. Aynı malzeme bu kez terazinin alt kefesine, suyun içine girecek şekilde konur ve yayın uzama miktarı yeniden kaydedilir. Kaydedilen bu değer malzemenin sudaki ağırlığıdır (W_{su}). Bulunan bu iki değer birbirine oranı malzemenin özgül ağırlığını verir. Eğer özgül ağırlığı tayin edilecek olan cisim miktarca çok az ise ve ölçümün yapılacağı sıcaklık koşulları da hesaba katılacak ise **BERMAN** veya **BEAM** Terazilerini kullanmak daha sağlıklı sonuçlar verecektir.



Piknometre Yöntemi. Özgül ağırlığı tayin edilecek olan malzemenin yeterli hacime sahip homojen parçalarının bulunmaması halinde toz örnekler üzerinde özgül ağırlık tayini yapmak gereklidir. Bunun için de piknometre denilen basit bir düzenek kullanılır. Piknometre bir cam şişe ve delikli bir kapaktan (tıpa) ibarettir. Piknometre ile tayin sırasında önce şişe ve kapak boş olarak tartılır (**P**). Şişenin içine özgül ağırlığı bulunacak olan toz malzeme konur ve yeniden tartılır (**M**). Sonra şişe tümüyle, saf su ile doldurulur. Bu sırada suyun şişenin kapağındaki delik hizasına kadar gelmesi sağlanır. Bu işlem yapıldıktan sonra düzenek (şişe, kapak, su ve toz gereç) yeniden tartılır (**S**). En son şişe içindeki saf su ve toz haldeki malzeme boşaltılır, şişe tekrar saf su ile doldurulup yeniden tartılır (**W**).



Bu işlemlerin tümü yapıldıktan sonra malzemenin özgül ağırlığı aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır:

$$G = (M - P) / W + M - P - S$$

Ağır Sıvılar Yöntemi. Çeşitli ağır sıvılar minerallerin özgül ağırlıklarının tayinlerinde kullanılır. Bu sıvılardan en yaygın olarak kullanılanları **bromoform** (G= 2.89) ve **metilen iyodür** (G= 3.33)'tir. Bu sıvılar her oranda aseton (G= 0.79) ile karışabilmektedir. Yöntem, özgül ağırlığı ölçülecek mineralin ağır sıvı içine atılması ve aseton ile ağır sıvının karıştırılıp, mineral tanesi veya tanelerinin sıvı içinde ortada asılı kalması esasına dayanır. Yani, ağır sıvı (+aseton) ile mineralin özgül ağırlıkları eşitlenince mineral sıvı içerisinde ne yüzmekte, ne de batmaktadır. Bu koşul sağlanınca, aseton ile karıştırılmış olan ağır sıvının yoğunluğu WESTFAL terazisi ile saptanır ve dolayısıyla mineralin özgül ağırlığı da saptanmış olur.

Yukarıda sıralanan yöntemlerin dışında teorik hesaplamalarla da özgül ağırlık hesabı yapılabilmektedir. [Bu yöntem için BKZ. Klein&Hurlbut, 1985. Manual of Mineralogy - After J.D. Dana]

Minerallerin Mekanik Özellikler

Minerallerin mekanik özellikleri denildiğinde akla gelen özellikler:

- Sertlik
- Çizgi rengi
- Yarılm (parçalanma), kırılma veya kırık yüzeyi

Tenasite (Minerallerin kırılmaya, ezilmeye, bükülmeye, parçalanmaya ve yırtılmaya karşı gösterdikleri direnç) şeklinde sıralanabilir.

SERTLİK. Minerallerin çizilmeye karşı gösterdikleri direnç "sertlik" olarak bilinmektedir. Dolayısıyla sertlik mineralin "çizilebilirlik özelliği" olarak da adlandırılabilir. Minerallerin sertliği doğrudan kristal yapıları ve atomlar arasındaki bağ kuvvetleri ile ilintilidir. Bağ kuvvetleri arttıkça minerallerin sertliği de artmaktadır. Sertlik bağıl bir kavram olup, sertlik derecesinin saptanması sertliği bilinen bir mineral veya çakı, iğne vb malzemelerle deneme yoluyla yapılır. Bunun için en yaygın olarak kullanılan skala (çizelge) Avusturyalı bir mineralog olan F. **MOHS**'un 1824'te geliştirdiği çizelgedir. MOHS sertlik dizisinde 10 mineralin sertliği en yumuşak olandan en sert olana doğru sıralanmıştır

Bu çizelgeye göre en yumuşak olandan sert olana doğru yapılan sıralama şöyledir;

1. Talk (en yumuşak mineral)
2. Jips
3. Kalsit
4. Fluorit
5. Apatit
6. Ortoz
7. Kuvars
8. Topaz
9. Korund
10. Elmas (en sert mineral)

MOHS sertlik skalasına göre bir mineralin sertliğini bulmak için, sertliği bilinen mineral veya minerallerle, sertliği saptanacak olan mineral birbirine sürtülür ve sertliği bilinmeyen mineralin hangi minerali çizdiği ve hangisiyle çizildiği belirlenir. Sonuçta bu işleme göre mineralin sertliği bulunmuş olur. Örneğin, Apatit'i çizip kuvars ile çizilen bir mineralin MOHS skalasına göre sertliği "6"dır. Bu işlem yapılırken yanlışlara yol açmamak için şu konulara özen gösterilmelidir:

- Kırılgan olan mineraller diğer minerallere sürtülünce kırılıp, ufalandıkları için oldukları sertlik derecesinden daha düşük değerlerde gibi görünebilirler.
- Çok yumuşak (sertliği az olan) mineraller sürtülme esnasında tozlarını sert mineral üzerinde bırakabileceğinden, sanki sert minerali çizmiş gibi bir görüntü verebilmektedir

MOHS sertlik skalası yanısıra laboratuarda sıkça kullandığımız diğer malzemelerin sertlikleri şu şekildedir: Tırnak (2), bakırdan yapılmış bozuk para (3), toplu iğne (3-4), cep çakısı (5), pencere camı (5.5), çelik levha (6.5). Bunların yardımıyla da minerallerin sertlikleri yaklaşık olarak bulunabilmektedir. Pratikte cep çakısı ile çizilebilen minerallerin sertlikleri 5'in altındadır.

MOHS sertlik skalasında her bir sertlik derecesi arasındaki oranların eşit olmadığı bilinmektedir. Örneğin, elmas ile korund arasındaki sertlik farkı, topaz ile korund arasındakiin birkaç katı mertebesindedir.

Sertlik vektörel bir özelliktir, yani bir mineralin farklı yönlerinde farklı değerler alabilir. Bunun en klasik örneği DISTEN (kyanit) mineralidir. Prizmatik bir mineral olan distende sertlik prizmanın uzun kenarına paralel yönde 5, enine (yani kısa kenara paralel) ise 7'dir. Benzer şekilde kalsit mineralinin sertliği {0001} yönü dışında 3, bu yönde ise 2'dir.

Çizgi Rengi. Sertliği çok fazla olmayan bir mineralin kendisinden daha sert bir cisimle çizildiğinde veya levhamsı bir sert cisim üzerine sürtüldüğünde oluşturduğu toz'un rengi "çizgi rengi" olarak adlandırılır. Bu işlem toplu iğne, çakı veya düz bir porselen levha ile yapılabilir. Laboratuarda en çok kullanılan yöntem ise mineralin porselen levha (sertliği 7) ile çizilmesidir. Bu işlemde mineralin (beyaz) porselen üzerinde bıraktığı tozun rengi çizgi rengi olarak tespit edilir. Çizgi rengi pek çok mineral için karakteristiktir. Mineralin çizgi rengi, kendi gerçek renginden farklı olabilmektedir. Örneğin, hematit çelik grisi veya demir siyahı renginde iken, çizgi rengi kırmızı veya kırmızımsı kahverengidir.

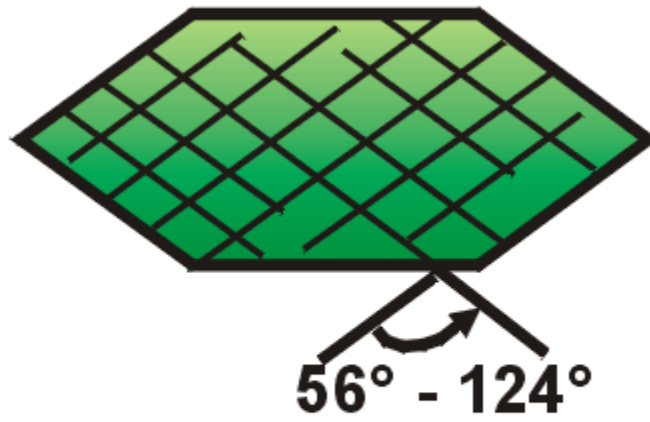
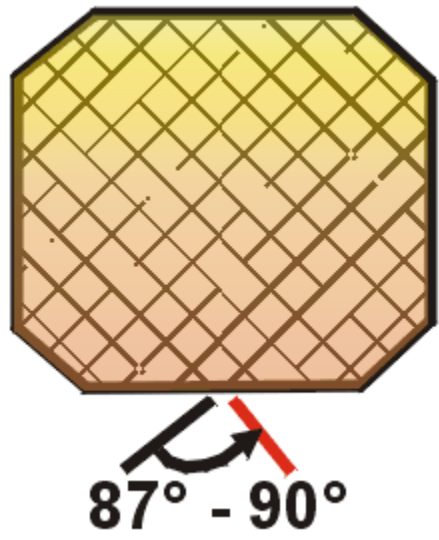
Yarılım (parçalanma). Yarılım (parçalanma) bazı minerallerin kristal yapılarındaki zayıflık düzlemleri boyunca az çok birbirine paralel olarak ayrılma özelliğidir. Yarılım dilinime benzer şekilde belli kristallografik yönlerde gelişmektedir. Fakat, yalnızca basınç altında kalmış, deforme olmuş minerallerde görülür. Yarılım dilinimden farklı olarak devamlı değildir. Yarılıma verilebilecek en iyi örnekler, magnetit, piroksen ve korund'dur. Magnetitte oktaeder, piroksende bazal, korundda ise romboedrik yarılımlar görülmektedir.

Kırıklık mineral içinde belirli düzlemler ve yönler boyunca olmayan yarılımlardır. Kırılma yüzeyi şekli farklı minerallerde farklı olabilmektedir. En belirgin olan kırık yüzeyi şekilleri, konkoidal (midye kabuğu şekilli), ışınal, keskin kenarlı, pürüzlü ve düzensiz kırık yüzeyleri olarak sıralanabilir.

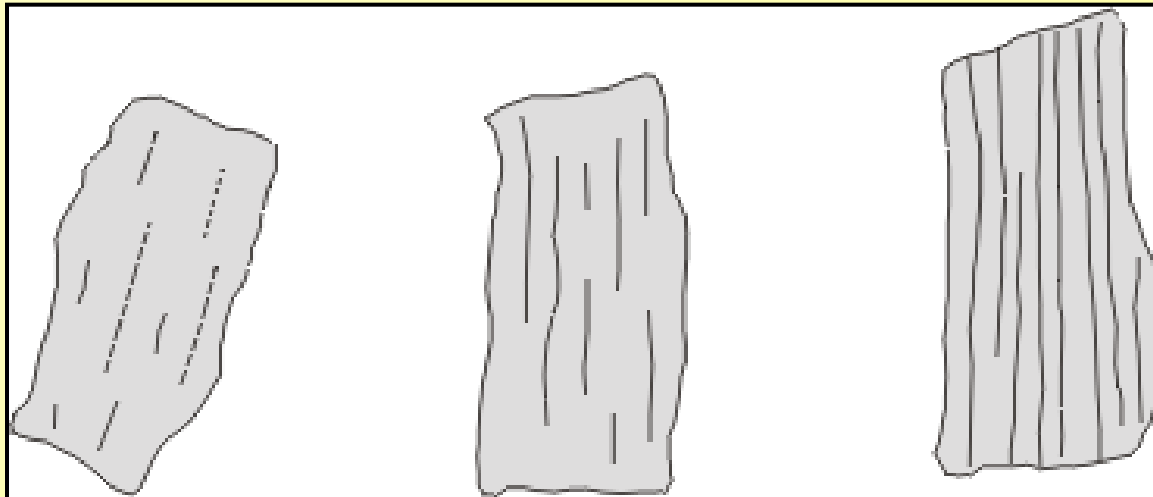
Tenasite. Minerallerin kırılma, ezilme, bükülme, parçalanma ve yırtılmaya karşı gösterdikleri dirence genel olarak "tenasite" özellikleri adı verilir. Mineraller tenasite özellikleri bakımından şu sınıflara ayrılmaktadır:

- a) **kırılgan:** kolayca kırılabilen ve toz haline gelebilen,
- b) **Mallebl:** dövülme ve levha haline gelebilme yeteneğine sahip,
- c) **sektil:** bıçakla kesilebilen,
- d) **duktil:** tel haline gelebilen,
- e) **fleksible:** bükülebilen ve bükülmeyi sağlayan kuvvet ortadan kalkınca eski haline gelmeyen,
- f) **elastik:** bükülebilen, ancak bükülmeyi sağlayan kuvvet ortadan kalkınca eski haline dönebilen mineraller.

Dilinim, bir mineralin belli yönlerde birbirlerine paralel olarak yaprak yaprak ayrılma özelliğidir. Mikroskopta dilinim, birbirine paralel olarak gelişmiş doğal zayıflık zonları halinde görülür. Dilinim oluşumu mineralin kristal yapısı ile ilişkilidir. İç yapıda farklı düzlemler arasındaki bağ kuvvetleri farklıdır. Kırılma zayıf bağların bulunduğu düzlemler boyunca meydana gelir. Farklı kimyasal bileşime, ama aynı kristal yapısına sahip minerallerde aynı dilinimler görülür. Dilinim niteliğine göre kötü, iyi, mükemmel olarak tanımlanır. Yönlere göre ise "1 yönde, 2 yönde, 3 yönde dilinim vardır" şeklinde ifade edilir. Dilinim 1'den daha fazla yönde olduğu zaman bunların aralarındaki açı değerinin bilinmesi gerekir. Çünkü minerallerin dilinimleri arasındaki açılar o mineralin tanınması bakımından tipik bir özelliğidir.

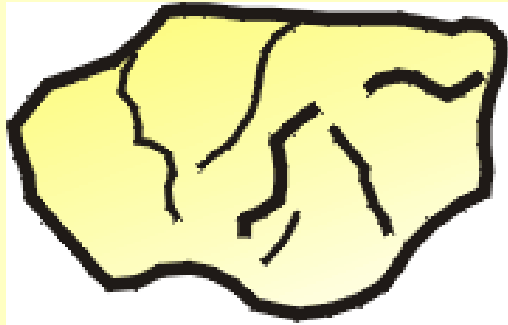


Yukardaki her iki figürde de iki yönde çok iyi gelişmiş dilinim örnekleri görülmektedir. Soldaki resim piroksen mineralini göstermektedir. Şekilden de görüleceği üzere, piroksenlerde (bazal kesitte, C'ye dik kesitte) birbirine dik ($87-93^\circ$) olarak gelişmiş 2 dilinim izi vardır. Sağdaki amfibol kristalinde ise dilinim açısı $56-124^\circ$ olarak görülmektedir.



Yandaki 3 şekilde değişik derecelerde gelişmiş dilinimler gösterilmiştir. Bunlardan en soldaki "kötü" gelişmiş, ortadaki "iyi" en sağdaki ise "mükemmel" gelişmiş dilinimlere örnektir

Kırıklık ise; mineralin içerisinde, geometrik bir düzenlenimi olmayan, değişik yönlerdeki kırık ve çatlaklardır. Bu tür oluşumlar bazı mineraller için karakteristik olabilmektedir. Örneğin, olivin minerali, diğer özellikleri yanısıra sıkça çatlaklar içermesiyle de tanınabilmektedir.



Olivin

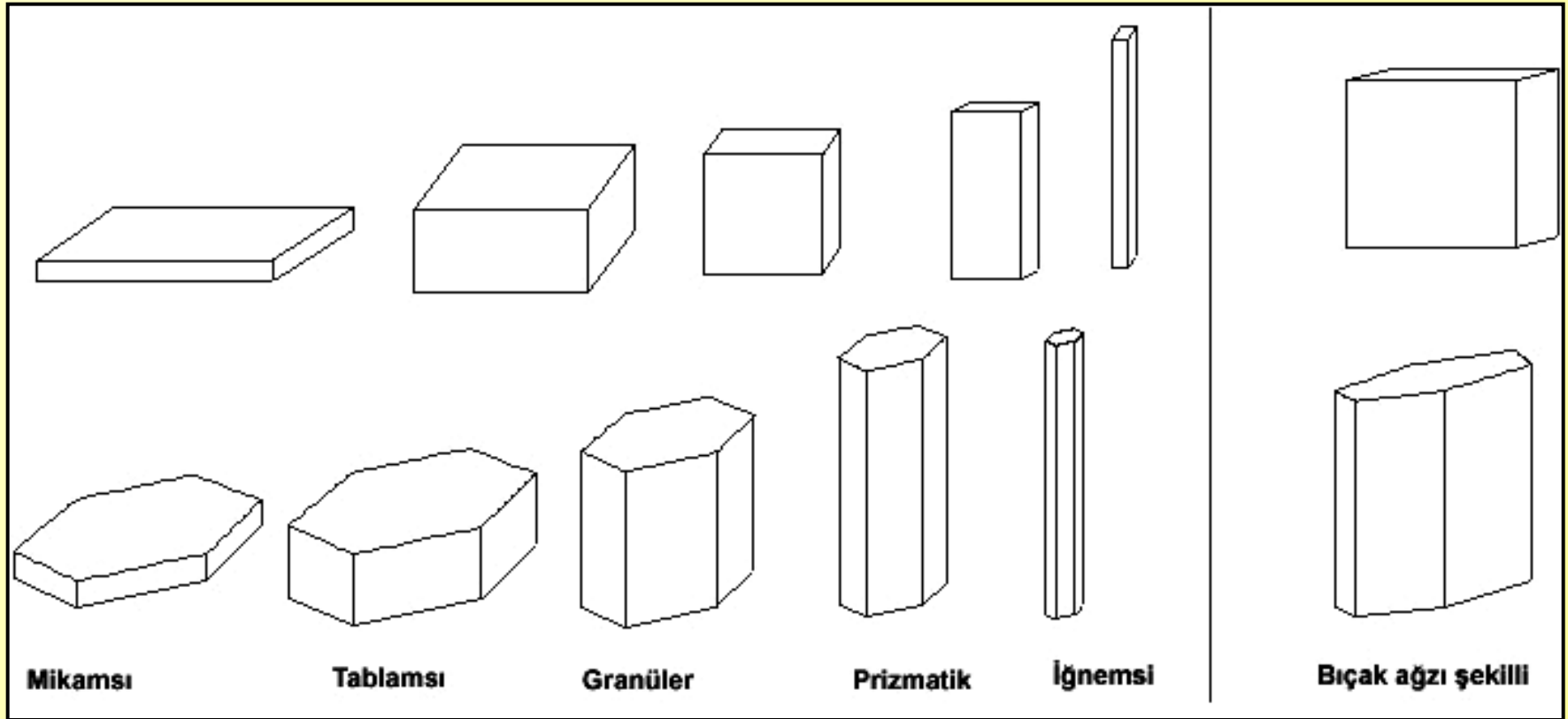


Sanidin

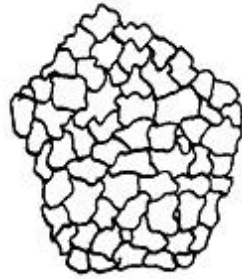
Olivin ve sanidin kristalinde kırık ve çatlak sistemlerini gösterir şekiller

Form – Habitus

Habit terimi minerallerin 3 boyutlu kristal formuna denilmektedir. Yani kristallerin mikroskopik hallerinin, kristalli ve makroskopik olarak görülen şeklidir. Belirli bir kristalin habit'i kristallenme koşullarına bağlı olarak bir kristalden diğerine değişebilmektedir. Bireysel kristallerin morfolojisini (formunu) tanımlayan "habit terimi" ve türleri aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.



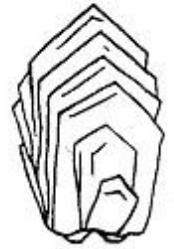
Diğer taraftan habit terimi kristal grupları ve agregatlarını (yığışım) da tanımlamak için kullanılmaktadır. Örneğin, lifsi ve iğnemsî kristallerin biraraya gelmesiyle fibröz (lifsi) habit oluşmaktadır. Benzer şekilde, "masif" habit ise küçük ve kristal yüzeyleri görülemeyen kristal gruplarının oluşturduğu şekle verilen isimdir. Sıkça görülen diğer şekiller aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



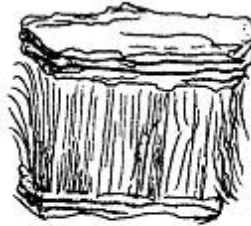
Masif ve granüler



Lamelli, foliasyonlu ve mikamsı, tablamsı



Bıçak ağızı şekilli



Lifsi, fibröz



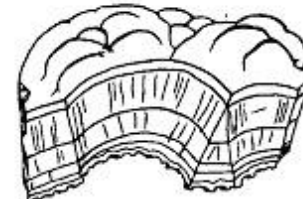
İğnemsî ve ışınsal



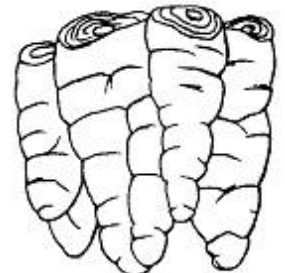
Işınsal ve globüler



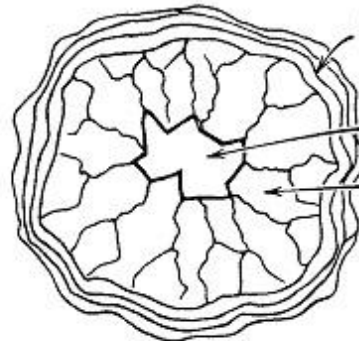
Dandritik



Botroidal ve mamiller



Kolloform ve stalagtitik

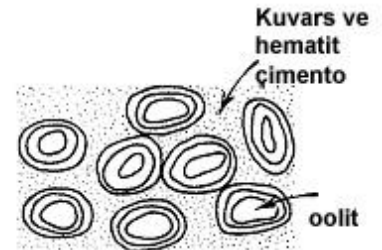


Jeod

Konsantrik kalsedon bantları

açıklık

boşluğa doğru büyümüş büyük kristal



Oolitic

Kuars ve hematit çimento

oolit

Renk - Parlaklık

Renk. Bir mineralin üzerine gelen ışık ışınlarının bir kısmı yansır, bir kısmı kırılır, saçılır ve bir kısmı da emilir (absorbe olur). Minerallerde renklenme işte bu emilen ışığın cinsine, yani dalga boyuna bağlıdır. Eğer mineral üzerine düşen ışık ışınlarını absorbe etmiyorsa o mineral renksiz olmaktadır. Belirli dalga boyundaki ışınları absorbe edip, belirli ışınları da geçiren minerallerde ise renklenme olmaktadır.

Parlaklık. Parlaklık terimi genel olarak, bir mineralin yüzeyinin yansıyan ışınların sayesinde nasıl görüldüğünü anlatmak için kullanılır. Başlıca 2 tür parlaklık tanımlanmıştır: a) metalik, b) metalik olmayan (non metalik). Bu iki grup birbirinden çok keskin sınırlarla ayrılamadığı için, ara geçiş türü "yarımetalik (sub metalik)" olarak tanımlanmaktadır. Metal cisimlerdeki gibi parlak bir dış görünüme sahip minerallerin parlaklığı "metalik parlaklık"tır. Bu tür mineraller opak olurlar, yani ışığı geçirmezler. Bu nedenle koyu renkli, siyah, gri gibi renklerde görülürler (örg., galen, pirit vb..). Metale benzemeyen dış görünüme sahip mineraller için nonmetalik parlaklık terimi uygulanır. Nonmetalik parlaklığa sahip olan mineraller genel olarak açık renkli ve ışığı geçiren minerallerdir.

Bu tür minerallerin parlaklığını tanımlamak için aşağıdaki terimler uygulanır;

- Cam parlaklığı (Vitröz): Cam yüzeyinde görülen parlaklık, kuvars, turmalin
- Reçine parlaklığı: Reçine yüzeyinde görülen parlaklık, sfalerit
- İnci parlaklığı: İnci yüzeyinde görülen parlaklık, bazı minerallerde dilinim izlerine paralel yüzeylerde görülür, talk
- Yağ parlaklığı: İnce bir yağ filminin gösterdiği parlaklık, nefelin, masif kuvars
- İpek parlaklığı: İpekte görülen parlaklık, ince-uzun ve birbirine paralel kristal yığılımlarının gösterdiği parıltı, jips, malakit
- Elmas parlaklığı: Yüksek kırılma indisine sahip minerallerde görülen oldukça güçlü bir parlaklık türüdür, elmas, serüsit, anglesit

Minerallerin Işık Yayma Özellikleri

Minerallerin ışık yayma özellikleri genel olarak "LÜMİNESANS" olarak tanımlanır. Lüminesans özelliği minerallerin değişik koşulları altında "aktivatör" denilen yabancı maddelerin etkileri sonucunda gelişmektedir. Bu özellik genellikle karanlık ortamlarda görülebilmektedir. Lüminesans adı altında bilinen ışık yayma özelliklerinin türleri şunlardır: Floresans, fosforesans, termolüminesans ve tribolüminesans'tır.

Floresans ve Fosforesans. Minerallerin X-ışını, ultraviyole veya katod ışınları etkisinde kalıp ışın yayma özelliğine floresans adı verilir. Eğer olayı meydana getiren etki ortadan kalktıktan sonra da bir süre mineral ışık yaymaya devam ediyorsa bu olaya da Fosforesans denir. Floresans ile fosforesans arasında çok kesin sınırlar yoktur. Yalnız floresans özelliği gösteren mineraller, ışık yaymayı sağlayan etkinin ortadan kalkmasından sonra, kısa bir süre daha ışık yaymaya devam ettikleri bilinmektedir. Floresans özelliği mineral içindeki yabancı iyonların kısa dalga boylu ışınların enerjisini emip, bunların yerine daha uzun dalga boylu (gözle görülebilen) ışık üretmeleri şeklinde gelişir. Floresans özelliği gösteren minerallere fluorescent mineraller denir. Bunların tipik örnekleri fluorit, şeelit, willemit, kalsit, elmas ve skapolittir.

Minerallerin floresans özelliği, bu mineralleri içeren maden yataklarının bulunmasında önemli bir kriterdir. Örneğin, şeelit minerali mobil bir ultraviyole lambasıyla, karanlıkta kolaylıkla tanınabilir. Ultraviyole ışınları şeelitin üzerine düştüğünde bu mineral mavi ışık yaymaktadır.

Termolüminesans ve Tribolüminesans. Minerallerin ısıtıldığı zaman ışık yaymalarına Termolüminesans denir. Termolüminesans, aktivatör denilen yabancı maddeler bulunduran ve su içermeyen nonmetalik minerallerde sıklıkla görülür. Termolüminesans özelliğine sahip mineraller ısıtılmaları sırasında ilk görünür ışığı 50-100°C de vermeye başlar. Bu etki 475°C'ye kadar devam eder. Fluorit, kalsit, apatit, skapolit, lepidolit ve feldispat termolüminesans özelliğine sahip minerallere örnektir.

Tribolüminesans ise, minerallerin ezilme, öğütülme, çizilme ve sürtünme gibi mekanik etkilere maruz kaldıklarında ışık yayma özelliğidir. Tribolüminesans özelliği sergileyen minerallerin tipik örnekleri fluorit, sfalerit, lepidolit, feldispat ve kalsit'tir.

Minerallerin Elektrik Özellikleri (Piezoelektriklenme - Piroelektriklenme)

Minerallerde elektrik iletkenlik bağ tipi ile ilgilidir. Saf metalik bağa sahip mineraller (örn., nabit metaller - bakır, demir vb) iyi iletkenlerdir. Kısmen metalik bağa sahip mineraller (örn., sülfürler) yarı iletken özelliktedir. İyonik ve kovalent bağa sahip mineraller genellikle iletken değildirler. Kübik sistem dışında kristallenen minerallerde elektrik iletkenlik yönlerine göre değişim gösterir. Buna göre elektrik iletkenliğin vektörel bir özellik olduğu söylenebilir. Örneğin, hekzagonal sistemde kristallenen grafit mineralinin C eksenine dik yönde iletkenlik iyi iken, C eksenine paralel yönde iletkenlik daha kötüdür

Piezoelektriklenme - Piezoelektrisite.

Piezoelektriklenme özelliği simetri merkezi kapsamayan polar eksenli 21 kristal sınıflarında görülür. Bunun tek istisnası jiroidal sınıftır (küp sisteminde simetri düzlemi ve merkezi bulunmayan sınıf, örn., pentagon, trioktahedron). Jiroidal sınıf dışındaki polar eksenli 20 kristal sınıfında minerallerde polar eksene basınç uygulandığında eksenin bir ucunda pozitif (+) diğer ucunda da negatif (-) elektrik yükü toplanır. Bu olaya piezoelektriklenme (piezoelektrisite) denir. Bunun en iyi örneği kuvars ve turmalin kristalleridir. Kuvars kristalleri bu özellikleri bakımından radyo frekanslarını kontrol edici olarak ve likit kristalli saat olarak kullanılmaktadır.

Piroelektriklenme - Piroelektrisite.

Polar eksenli kristallerde sıcaklık değişimleri polar eksenin uçlarında (+) ve (-) elektrik yüklerinin oluşumuna yol açmaktadır. Bu özellik piroelektriklenme - piroelektrisite olarak bilinir. 10 kristal sınıfına dahil olan kristallerde bu özellik iyi görülmektedir. Piroelektriklenmenin iki türü vardır: 1) primer (gerçek) piroelektriklenme, 2) sekonder (ikincil) piroelektriklenme. İlk grupta (örn., turmalin) sıcaklık farkı polar eksen uçlarında (+) ve (-) elektrik yükü oluştururken, ikinci grupta (örn., kuvars) prizmatik kenarların üçünde (-) diğerlerinde ise (+) yük toplanmaktadır.

Minerallerin Manyetik Özellikleri

Bazı mineraller mıknatıs ile çekilebilir özelliktedir. Bu tür minerallere "ferromagnetik mineraller" adı verilir. Ferromagnetik minerallere en iyi örnek Magnetit (Fe_3O_4) ve pirrotin (Fe_{1-x}S)'dir. Güçlü bir elektromanyetik alanda pek çok sayıda demirli mineral çekilebilmektedir. Bunlara "paramagnetik mineraller" denir. Eğer bu durumda mineraller çekilme yerine itilirse "diamagnetik mineraller" adını alırlar. Mineraller manyetik duyarlılıkları sayesinde birbirlerinden kolaylıkla ayırılabilirler. Bu esasa dayalı olarak laboratuvar ve sanayide kullanmak amacıyla manyetik separatör denilen aletler geliştirilmiştir. Bu tür aletlerle, özellikle cevher minerallerini yantaş'tan (gang) ayırabilmek mümkün olmaktadır.

İzomorfizma genel olarak "benzer kimyasal bileşim ve aynı kristallografiye sahip maddeler" olarak tanımlanır. Katyonlarının ve anyonlarının boyları birbirine çok yakın olan, benzer kimyasal bileşime sahip, çoğu zaman aynı kimyasal yapısında olan maddelere izomorf, bu olayada izomorfizma denir. İzomorf maddelerin kristallerinde, iç yapı aynı olduğu için aynı dilinimgözlenir ve yüzler arasındaki açılarda birbirine çok yakındır. İzomorfizma mineralleri arasında çok yaygın bir özelliktir. En önemli izomorf gruplar: karbonat grubu, spinel grubu, plajioklaslar, amfibol grubu ve granat grubu minerallerdir.

POLİMORFİZMA

Bir element veya kimyasal bir bileşimin, birden daha fazla atomsal düzen içinde bulunmasına veya yapısal değişiklikler göstermesine Polimorfizma denir. Aynı maddenin polimorflarında atomlar veya iyonlar farklı olarak düzenlenmiştir bunun sonucunda da farklı kristal şekilleri oluşmuştur. Polimorfizma oluşturan bir madde iki (Dimorf) veya üç (Trimorf) ayrı atomsal düzen sergileyebilir.

Bir maddenin polimorfları değişik basınç ve sıcaklık ve kimyasal ortamlarda oluşur. Bir bileşimin farklı iki yapıda kristallenmesine en iyi örnek Elmas (C) ve Grafittir(C) . Bunlar karbon atomunun polimorflarıdır. iki tür polimorfizma vardır.

Dış şekil değişikliği olmaksızın bir mineralin yerini başka bir mineralin almasına psödomorfizma denir. İki tür psödomorfizma izlenmektedir. İlkinde iki mineral arasında bileşim farkı yoktur ve bu polimorflar arasında izlenen psödomorfizmadır. Bu tür paramorfizma olarak adlandırılır. Aragonitin dış şeklinin değişmeden kalsit aragonitin terini aldığı veya burikitin şekli değişmeden yerini rutile bırakması paramorfizmadır. Diğerinde ise bileşim farklıdır. Kimyasal alterasyon yoluyla bir mineralin yerini alan psödomorflar şu koşullarda gelişir;

a-bazı bileşenlerin ayrılması ile; sulu bakır karbonat olan azuritin yerine nabit bakırın geçmesi

b-bazı bileşenlerin ilavesi ile; anhidrite su eklenerek jipsin oluşması

c-Karşılıklı olarak bazı bileşenlerin yer değiştirmesi ile; piritin yerini götitin alması

d-bileşenlerin tümünün değişmesi ile; fluoritin yerini kuvarsın alması

MİNERALLERİ TAYİN YÖNTEMLERİ

Minerallerin tanınması için bir çok farklı yöntem kullanılmaktadır. Bunlar:

A-basit kimyasal testler

B-jeokimyasal analizler'dir

A-KİMYASAL TESTLER

Minerallerin tanınmasında kullanılan basit kimyasal testler aşağıda özetlenmiştir.

A-KİMYASAL TESTLER

Kapalı tüp testleri: Minerallerin oksijen yokluğunda ısıtılmasıyla meydana gelen değişiklikleri belirler. Az miktarda öğütülmüş mineral pyrex tüp içine konur. Tüp hafif eğik konumda dipten ısıtılır. Numune indirgen bir ortam içindedir. Bu durumda her element için değişik reaksiyonlar gelişir. Sonuç olarak örneğimiz kükürt ise bu işlem sonucunda; nabit kükürt ve yüksek oranda kükürt içeren sülfidler kırmızı renkli sıvı kükürt verirler. Soğuduğunda bunun rengi açık sarıya döner, uçucudur.

Açık tüp testi: 5-6cm uzunluğunda açık tüpün uzunluğunun 1/3'ü hafifçe bükülerek öğütülmüş numune içine konur. ısıtıldığında tüpün içinde ısıtılmış hava akımı gelişir ve bu onu oksitlendirir. Sonuç olarak mineral renk değiştirebilir ve sublimatlar birikir. Tipik reaksiyonlar: Antimon=yoğun beyaz duman ve süblimat, Arsenik=beyaz kristalen süblimat, Demir=kırmızı veya kahverengi oksit, Sülfidler= SO_4 dumanı verirler.

Erime testleri: Mineralin erime noktasının saptanması mineralin tanınmasına yardımcı olur. Erime testinde, küçük bir mineral parçası pens ile alevin en sıcak noktasında tutulur. İnce uçlu olan mineral parçası bu şekli kaybedip erirse üfleç alevinde eridiği belirlenmiş olur.

Kömür üzerindeki testler: Kavurma ve indirgeme deneyleri için öğütülmüş mineral dikdörtgen şeklindeki odun kömürü üzerine kazılan bir oyuk içine konur. İndirgeme için mineral tozuna biraz kömür tozu da karıştırılır. Gerektiğinde

$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ çözücü olarak bu karışıma ilave edilir. Hazırlanan örnek üfleç alevi ile ısıtılır. Oluşan tepkimeler incelenir. İndirgeme ile Sb, Bi, Cu, Ag, Sn metalleri elde edilir.

İnci testleri: Boraks veya mikrokozmetik tuz çözücüleri içinde çözünen mineraller içinde bulunan elementler karakteristik renkler verirler. Platin bir telin ucu kıvrılarak halka şekline getirilir ve tel alevde kızdırılıp çözücüye batırılır ve tekrar ısıtılır. Böylece renksiz, saydam bir inci elde edilir. İnci toz haline getirilmiş bir minerale hafifçe değdirilir ve tekrar ısıtılır. Mineral içindeki elementlere göre inci renklenir.

Üfleç testleri: Üfleç bir ucu ince diğer ucu kalın 15 cm uzunluğunda metal bir borudur. Geniş uçtan üflendiği zaman ince uçdan basınçlı bir hava akımı elde edilir. Bu hava akımı alev tutulduğu zaman 1500° de çabuk ve tam yanma elde edilir. Üfleç alevinde oksitlenme ve redükleme koşullarının olduğu iki kısım bulunur. Yükseltgen alev kısmında yanma tamdır ve alev hava ile karışıktır. Mineral bu kısımda tutulduğu zaman oksitlenir. Pirit burada ısıtıldığında Fe_2O_3 ve SO_2 oluşur. Bu alev konisinin tepe noktası en kızgın yerdir ve eritme testleri burada yapılır. İndirgen alevde yanma tam değildir. Buraya konulan mineral indirgenir. Örneğin oksitler metallere dönüşür.

Asitle eritme testi: Bu konuda en yaygın kullanılan asit HCl dir. İncelenecek mineral toz haline getirilir ve asit ile reaksiyonunun sonucu izlenir. Bu reaksiyon sonucu mineralin türüne bağlı olarak; -doğrudan eriyenler (zinkit, kolemanit, jips ...) -silis jeli vererek eriyenler(anortit, olivin ...) -silis artık vererek eriyenler (lösit, biyotit...) -zorlukla eriyenler (hematit, ilmenit..) -Klor vererek eriyenler (pirolusit, psilomelan..) - H_2S vererek eriyenler (stibnit, galenit..) gibi sınıflamalar yapılır.

Minerallerin ve oluştukları kayaların bileşimleri içerdikleri element miktarıyla ifade edilir. Doğada 80'den fazla elementin bulunduğu bilinmektedir. Yeryuvarını oluşturan silikat minerallerini ve silikatlı kayaları jeokimyasal olarak incelediğimizde mineral ve kayaların büyük bir kısmının 9 ana (majör) elementin oksitlerinden oluştuğunu görürüz. Ana elementler dışında kalan diğer elementler ise iz (trace) elementler olarak adlandırılırlar. Bunlar bir kaya veya mineralin milyonda bazen milyarda birini oluştururlar. Jeokimyasal analiz yöntemlerinin gelişmesi ile mineral ve kaya içindeki ana ve iz elementlerin miktarlar belirlenebilmektedir. Aşağıdaki bölümde günümüzde uygulanan jeokimyasal yöntemler kısaca tanıtılacaktır.

Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi

Atomik absorpsiyon (soğurma) suda çözülmüş veya süspansiyon halde bulunan metal ve yarı-metallerin konsantrasyonunu nicel olarak ölçen bir alettir.

ICP-AES Yöntemi

"Inductively coupled plasma-atomic emission spectroscopy" tekniği en gelişmiş atomik emisyon tekniğidir. Bu yöntem plazma lambası adı verilen yeni bir emisyon kaynağının yapımı ile gerçekleştirilmiştir. Plazma, atomların büyük bir bölümü iyonize hale gelmiş gaz demektir.

ICP-MS Yöntemi

"Inductively coupled plasma-mass spectrometry" tekniği ICP ile kütle spektrografının birleştirilmiş şeklidir. ICP-MS spektrometrik yöntemlerin içinde duyarlılığı en yüksek olanıdır. C, S, Cl, F, P, Si gibi elementleri ppm fraksiyonları, diğer 70 kadar elementi ise ppb fraksiyonları (~0.05mgr/l) mertebesinde saptayabilir. ICP-MS ile element analizi yanı sıra izotop analizleride yapılmaktadır.

Laser ışınları ile örnek çözündürme (Laser ablation)

ICP-AES veya ICP-MS cihazlarına ilave edilen bu ünite ile katı malzeme ve mikro alan analizleri de yapılabilmektedir. Toz veya kaya örneği üzerine odaklanan laser ışınları örneği gaz haline dönüştürmekte, bu gaz argon gazı akımıyla plazma lambasına verilebilmektedir.

X-ışınları Flöresans Spektrografisi

Basit anlamda bu yöntemin prensibi optik yayılım spektrografisi prensipleriyle benzerdir. Ancak X-ışınları flöresans yönteminde atomun uyarılması , yüksek ısı yerine X-ışınları yoluyla olmaktadır.

Nötron Aktivasyon Yöntemi

Bu yöntem, nötron bombardımanı ile uyarılan bir atomun radyoaktifleşerek karakteristik γ -ışınları vermesi temeli üzerine kurulmuştur.

İzotop seyreltme yöntemi

Radyokimyasal yöntemler ve kütle spektrografisi yardımıyla elementlerdeki izotop oranları hassas olarak saptanabilir.

Elektroanalitik Yöntemler

İyon seçici elektrodlarla birlikte potansiyometrik ölçümlerin geliştirilmesi, elektroanalitik yöntemlerin jeokimyasal malzemelerde ve özellikle su analizlerinde kullanılmasını sağlamıştır.

Mikroanalitik yöntemler

Örneği toz haline getirmeksizin küçük bir bölümünün, yada spesifik bir noktanın analizi yapılabilmektedir.

Elektron Mikroprob: 0.25mm. çapında bir elektron akımı demetini yönlendirip örnek üzerine gönderen bir sistemdir. Elektron bombardımanı ile uyarılan element atomları, X-ışınlarıyla uyarılmada olduğu gibi ikincil flöresans X-ışınları yayarlar. Bu nedenle sistemde X-ışını tüpü yerine elektron tabancası kullanılır.

Laser mikroprob: Laser mikroprob bir emisyon spektrografıdır. Burada atomun uyarılması yönlendirilmiş ve nokta üzerinde yoğunlaştırılmış laser ışınlarıyla gerçekleştirilir. Bu ışınlar yoğunlaştıkları noktadaki maddeyi gaz haline getirirler. Böylece gaz haline gelmiş maddenin atomları şiddetli bir ısıyla uyarılmış olduğundan, sadece küçük bir noktadaki maddelerin spektrumu elde edilir.

Her mineralin belirli bir kimyasal bileşimi vardır. Bu bileşim minerali oluşturan elementleri ve onların birleşme oranlarını gösteren bir formülle ifade edilir. Kimyasal analizler sonucu elde edilen değerler ile mineralin formülü belirlenebilir. Kimyasal analiz sonuçları yüzde ağırlık olarak verilir. Bu sonuçlar atom ağırlıklarına çevrilerek mineralin kimyasal formülü hesaplanır. Mineraldeki her elementin yüzde ağırlığını o elementin atom ağırlığına bölerek atom oranları bulunur. Bu sayılardan da bileşimdeki atomların oranlarına ulaşılır. $\text{Cu}:\text{Fe}:\text{S}=1:1:2= \text{CuFeS}_2$ formülü elde edilir. Ve sonuç olarak analizi yapılan mineralin formülüne ulaşarak mineralin **Kalkopirit** olduğu anlaşılır.

	Yüzde ağırlık	Atom ağırlığı	Atom oranları	
Cu	34,30	63,54	0,5398	=1
Fe	30,59	55,85	0,5477	=1
S	34,82	32,07	1,0857	=2

Mineral oksijenli bir bileşim ise analiz sonuçları oksitlerin yüzdeleri şeklinde verilir. Hesaplamalar bir önceki örnekteki gibi yapılır. Ancak burada yüzde ağırlıklar o oksitteki elementlerin atom ağırlıklarının toplamına bölünür. Jips minerali örneğinde $\text{CaO}:\text{SO}_3:\text{H}_2\text{O}=1:1:2$ 'dir. Elde edilen kimyasal formül: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, mineral ise **Jips**'dir.

	Yüzde ağırlık	Molekül ağırlığı	Molekül oranları	
CaO	32,44	56,10	0,578	=1
SO ₃	46,61	80,06	0,582	=1
H ₂ O	20,74	18,00	1,152	=2