

BÖLÜM 2

Mineraller - Kayaçların Yapı Taşları

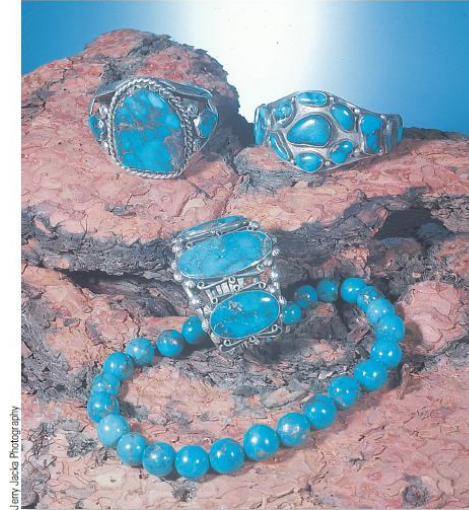


(a) Kaliforniya, San Diego County, Himalaya Madeninden olağanüstü bir turmalin ve kuvars (renksiz) örneği.

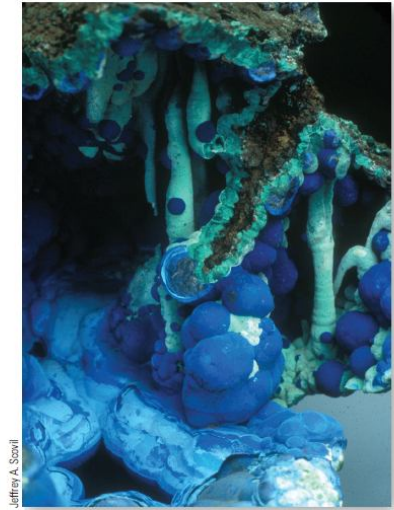


(b) Bu gerdanlığa asılan taş Güney Afrika'daki Transvaal elması olup Smithsonian Enstitüsünde bulunur.

Bu nedenle su, bitkiler, hayvanlar, atmosfer ile mineraller ve kayaçların tümü maddeden oluşur. Fizikçiler maddeyi üç halde ya da evrede tanımlar: **sıvılar, gazlar ve katılar**. Atmosferdeki gazlarla birlikte yüzey ve yeraltı suyu gibi sıvılar akarsular ve rüzgarlar gibi birçok yüzey süreci göz önüne alındığında tümü de önemli olmakla birlikte burada ana ilgi alanımız mineraller olduğu için katılardır. O halde, sonraki soru madde nelerden meydana gelmiştir?

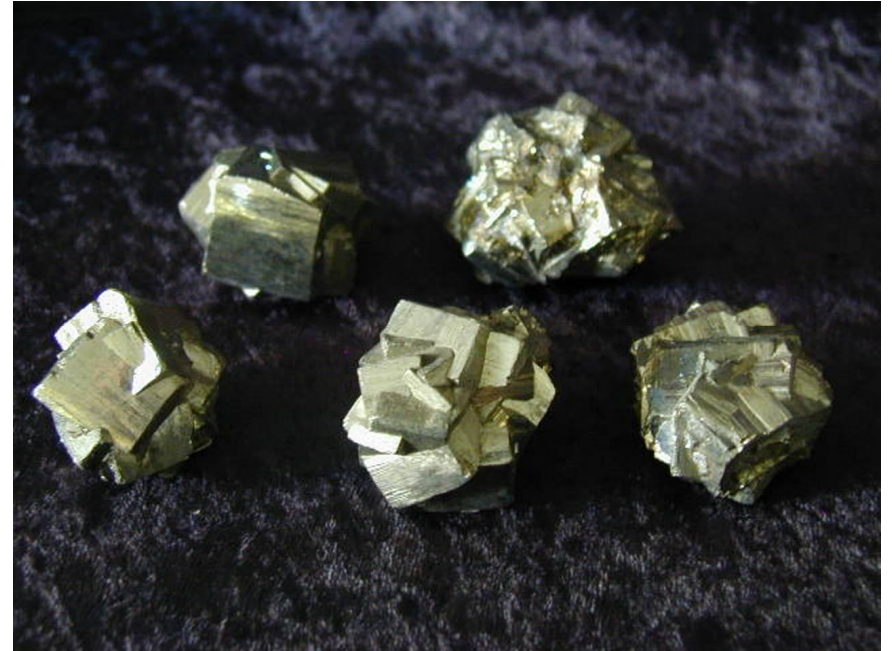


(c) Firuze - gök mavisi, mavi - yeşil ya da açık yeşil renkli hidratlı bakır alüminyum fosfat olup mücevherat ve dekoratif amaçla kullanılan yarı değerli bir taşır.



(d) Arizona Madencilik ve Mineral Müzesi, Flagg Koleksiyonunda iki bakır minerali, azurit (mavi) ve malahit (yeşil).

(Monroe&Wicander, 2005)

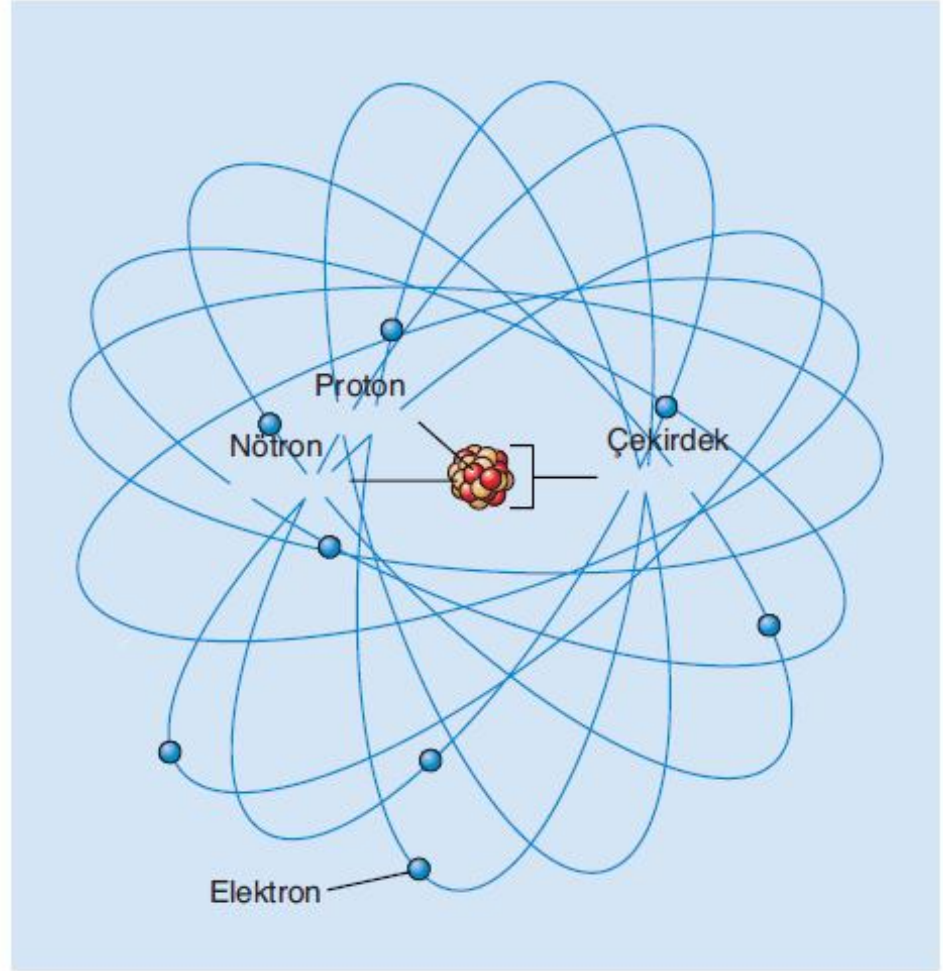


Atomlar ve Elementler

Maddeler **atom** olarak bilinen çok küçük parçacıklardan oluşan kimyasal **elementlerden** meydana gelir (şekil 2.3). **Atomlar**, belli bir elementin özelliklerini içinde barındıran en küçük madde birimleridir. Bir başka deyişle, radyoaktif bozunmanın dışında farklı bileşimdeki maddelere bölünemez. **Dolayısıyla bir element tümü aynı özelliklere sahip atomlardan oluşur.** Bilim adamları, Tablo 2.1'de bir kısmı listelenen 92 tane doğal element bulmuştur.

Tüm doğal elementler ile birçok yapay elementin bir adı ve simgesi vardır. Örneğin oksijen (O), alüminyum (Al) ve potasyum (K) gibi.

Atomun merkezinde, pozitif elektrik yüklü **proton** ile elektrik yüksüz **nötron** olarak bilinen bir ya da daha çok parçacıktan oluşan küçük bir **çekirdek** bulunur (şekil 2.3). Atom çekirdeği, atom çapının 1 / 100.000 kadarı iken gerçekte atom kütlelerinin tamamını içerir.



(Monroe&Wicander, 2005)

■ Şekil 2.3

Atomun yapısı. Proton ve nötronlardan oluşan yoğun çekirdek, yörüngelerindeki elektronlardan oluşan bir bulutla çevrilidir.

Tablo 2.1

Bazı Doğal Elementlerin Simgeleri, Atom Numaraları ve Elektron Yapıları

Bir ya da daha çok **elektron yörünge-sinde** bulunan **negatif elektrik yüklü elektronlar** çekirdeğin çevresinde belli uzaklıklarda hızla dönerler.



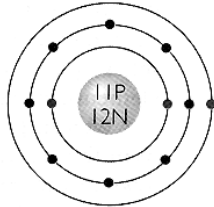
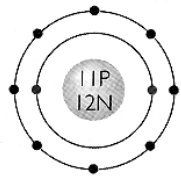
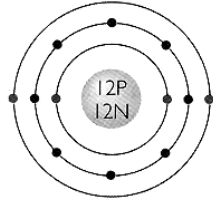
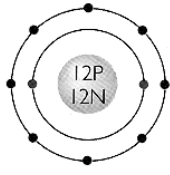
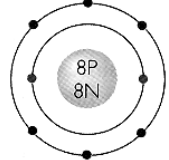
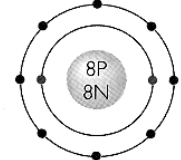
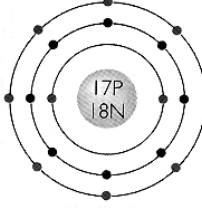
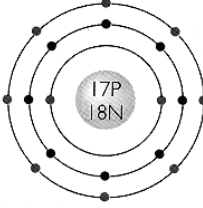
Elektronlar bir atomun diğer atomlarla nasıl etkileştiğini belirlerken çekirdek, pozitif yüklü protonlar negatif yüklü elektronları çekip yörüngelerinde tuttuklarından dolayı bir atomun sahip olduğu elektron sayısını belirler.

Element	Simge	Atom Numarası	Her Yörüngedeki Elektron Sayısı			
			1	2	3	4
Hidrojen	H	1	1			
Helyum	He	2	2			
Lityum	Li	3	2	1		
Berilyum	Be	4	2	2		
Bor	B	5	2	3		
Karbon	C	6	2	4		
Azot	N	7	2	5		
Oksijen	O	8	2	6		
Flüor	F	9	2	7		
Neon	Ne	10	2	8		
Sodyum	Na	11	2	8	1	
Magnezyum	Mg	12	2	8	2	
Alüminyum	Al	13	2	8	3	
Silisyum	Si	14	2	8	4	
Fosfor	P	15	2	8	5	
Kükürt	S	16	2	8	6	
Klor	Cl	17	2	8	7	
Argon	Ar	18	2	8	8	
Potasyum	K	19	2	8	8	1
Kalsiyum	Ca	20	2	8	8	2

Atomlar aslında nötr durumdadır. Yani proton sayısı elektron sayısına eşittir. Proton sayısından daha az veya daha çok elektronu olan atomlara **iyon** denir. Atom dış katından bir elektron kaybederse pozitif yüklü bir iyon (**kasyon**), bir elektron kazanırsa negatif yüklü bir iyon (**anyon**) haline dönüşür.

Bir atomun çekirdeğindeki proton sayısı, atomun kimliğini onun **atom numarası** olarak belirler. Örneğin hidrojenin (H) çekirdeğinde bir proton bulunur ve dolayısıyla atom numarası 1'dir.

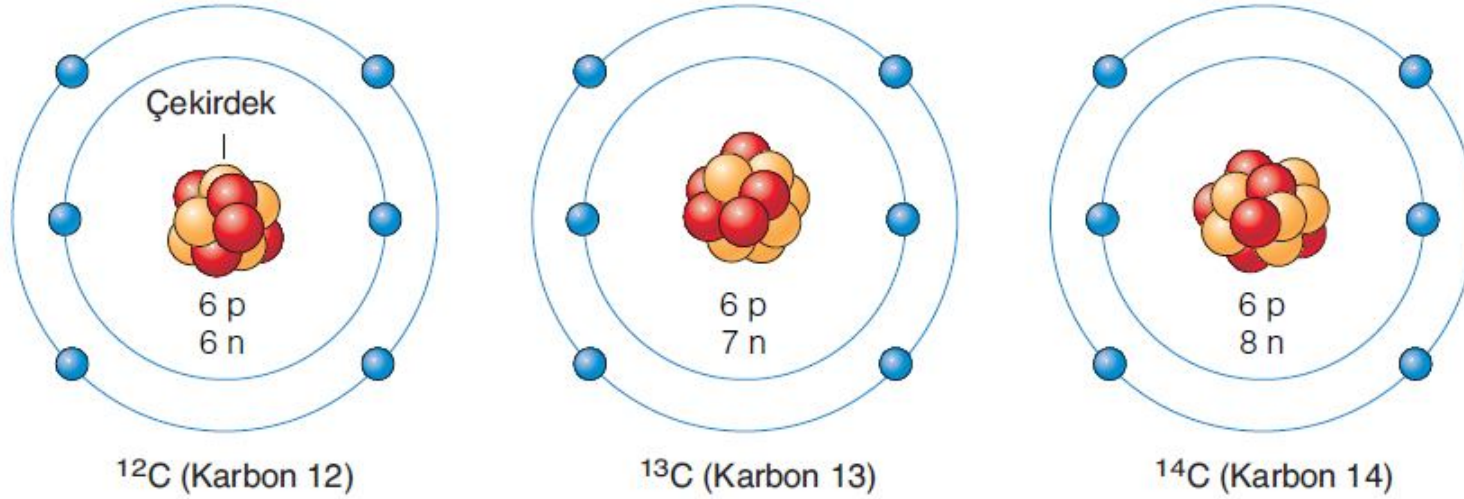
Çekirdeklerinde helyum (He) 2, karbon (C) 6 ve uranyum (U) 92 proton bulduğundan atom numaraları sırasıyla 2, 6 ve 92'dir. Atomlar çekirdeklerinde bulunan proton ve nötron sayılarının toplamı olan **kütle numaraları** ile de nitelendirilir (elektronların kütlesi ihmal edilebilecek ölçüdedir). Aynı elementin atomları nötron sayıları değişebildiğinden farklı kütle numaralarına sahip olur

ELEMENT	ATOMIC NUMBER	ATOM	ION
Hydrogen	1	 1 electron (H)	 No electrons (H ⁺) 1 electron lost
Sodium	11	 11 electrons (Na)	 10 electrons (Na ⁺) 1 electron lost
Magnesium	12	 12 electrons (Mg)	 10 electrons (Mg ²⁺) 2 electrons lost
Oxygen	8	 8 electrons (O)	 10 electrons (O ²⁻) 2 electrons gained
Chlorine	17	 17 electrons (Cl)	 18 electrons (Cl ⁻) 1 electron gained

Tüm karbon atomları 6 proton bulundurduğu halde - aksi halde karbon olmazdı - nötron sayıları değiştiğinden kütle numaraları 12, 13 ve 14 olabilir. Böylece her biri farklı kütle numarasına sahip ya da **izotop olarak bilinen üç karbon tipini** tanıyoruz (şekil 2.4).

Karbon ya da başka bir elementin izotopları kimyasal olarak aynı davranışı gösterir; örneğin karbon 12 ve karbon14'ün her ikisi de karbondioksitte (CO₂), bulunur. Bununla birlikte bazı elementler radyoaktif olup doğal yollarla bozularak öteki duraylı elementlere dönüşürler.

Karbon 14 radyoaktif, karbon 12 ve karbon 13 duraylıdır. Radyoaktif izotoplar kayaçların kesin yaşlarını belirlemede önemlidir.



■ Şekil 2.4

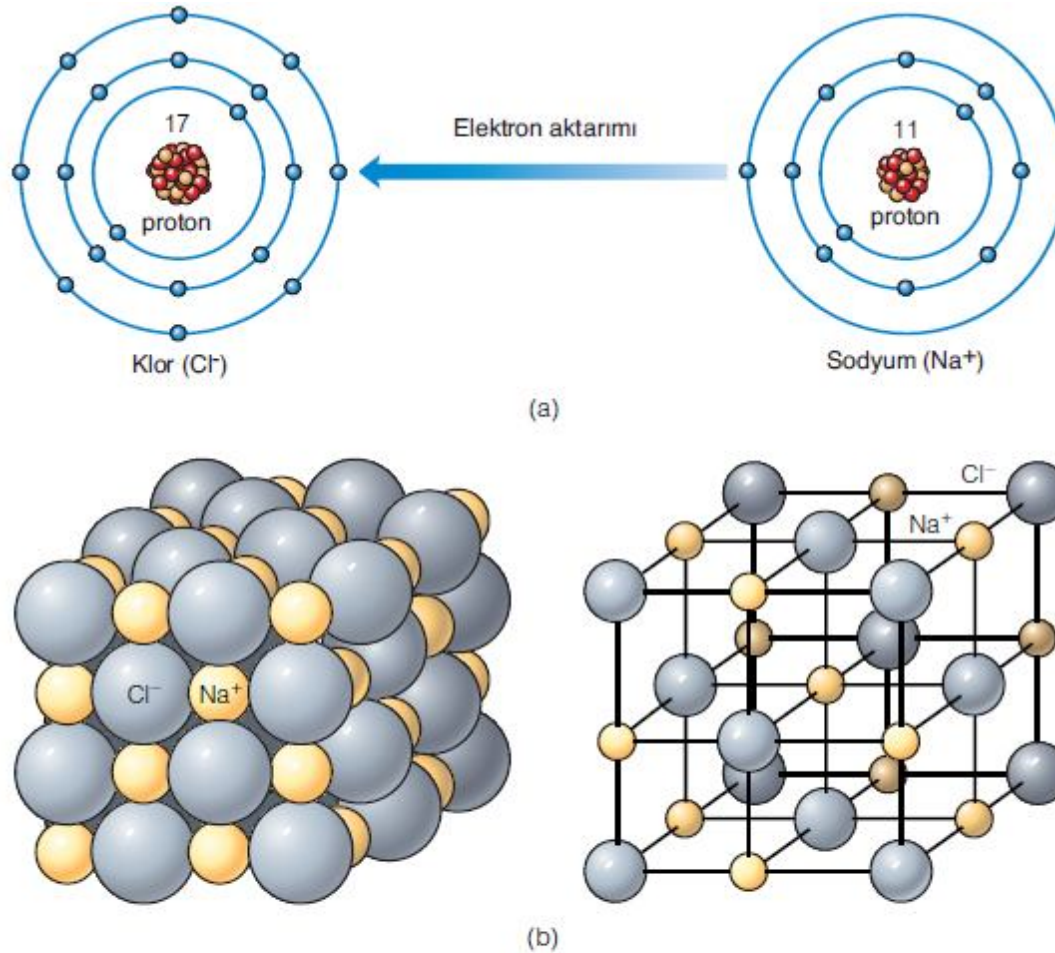
(Monroe&Wicander, 2005)

Karbon izotoplarının şematik gösterimi. Karbonun atom numarası 6 ve çekirdeğindeki nötron sayısına bağlı olarak kütle numarası 12, 13 ya da 14'tür.

Bağlanma ve Bileşikler

Atomların çevresinde dönen elektronlar arasındaki etkileşimler **bağlanma** olarak bilinen bir süreçle iki ya da daha çok atomun birbirine bağlanmasıyla sonuçlanabilir. İki ya da daha fazla elementin atomları birleştiğinde ortaya çıkan madde bir **bileşiktir**. Gaz haldeki oksijen sadece oksijen atomlarından oluştuğundan elementtir, oysa silisyum ve oksijen atomlarını içeren kuvars minerali bir bileşiktir. Birçok mineral bileşik olmakla birlikte altın, platin ve diğer birkaç mineral önemli istisnalardır.

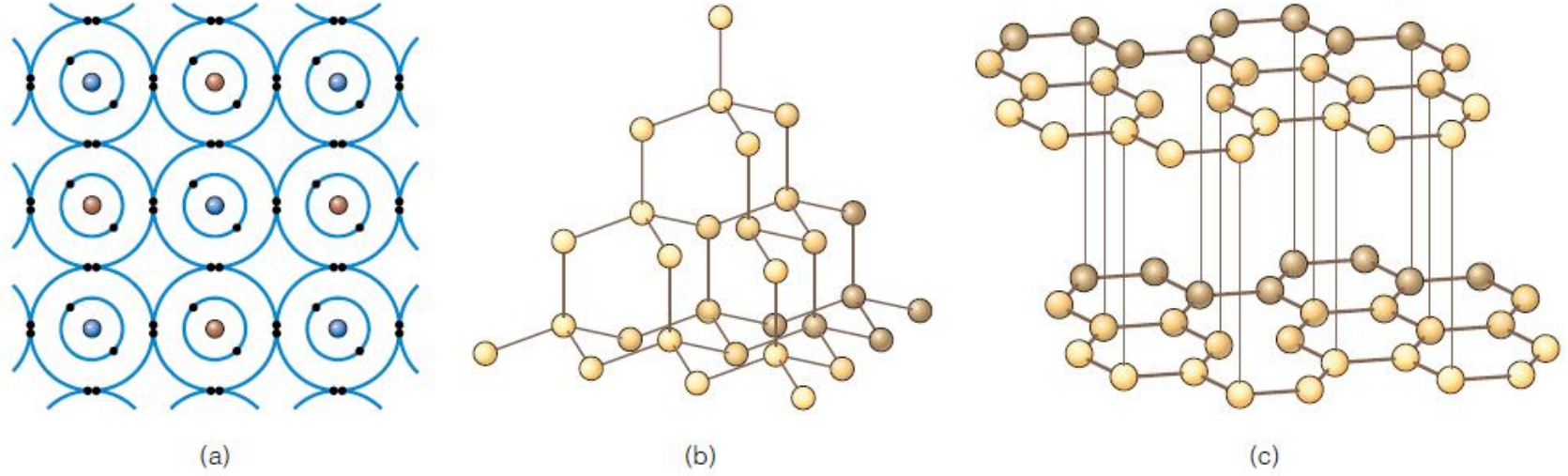
Minerallerde başta **iyonik** ve **kovalent** olmak üzere iki kimyasal bağ türü önemlidir. Daha az yaygın olan öteki iki kimyasal bağ türü olan **metalik** ve **van der Waals** bağlarıdır.



(Monroe&Wicander, 2005)

■ Şekil 2.5

(a) İyonik Bağ. Sodyumun en dış elektron yörüngesindeki elektron klorun en dış elektron yörüngesine geçer. Geçiş olduğunda sodyum ve klor sırasıyla pozitif ve negatif yüklü iyonlar olur.
(b) Halit minerali, sodyum klorürün kristal yapısı. Soldaki çizim sodyum ve klor iyonlarının göreceli büyüklüklerini gösterirken sağdaki çizimde kristal yapısındaki iyonların yerleri gösteriliyor.



■ Şekil 2.6

(a) Elmasta komşu atomların elektronları paylaşmaları ile meydana gelen kovalent bağlar. (b) Elmastaki karbon atomları üç boyutlu ağsal bir çatıda kovalent bağlıdır. (c) Grafitte de kovalent bağ bulunur, ancak buradaki karbon atomları, biri diğerine van der Waals bağları ile tutunan levhalar oluşturacak şekilde bağlıdır. Levhaların kendisi güçlü olsa da aralarındaki bağlar zayıftır.

Metalik ve van der Waals bağları

Metalik bağlanma aşırı bir elektron paylaşımı türünden kaynaklanır. Altın, gümüş ve bakır gibi metallerin en dış yörüngesindeki elektronlar bir atomdan diğerine kolayca hareketlenir. Bu elektron hareketliliği metallerin, metalik parlaklığa sahip olması (yansıyan ışıktaki görünüşleri), elektrik ile ısıyı iyi iletmesi ve kolaylıkla biçimlendirilebilmesini açıklar.

Elektrik yüksüz bazı atom ya da moleküllerin iyonik, kovalent ya da metalik bağlanmaya uygun elektronları bulunmaz. Bununla beraber yakın olduklarında bu atomlar arasında zayıf bir çekim kuvveti vardır. Bu zayıf çekim kuvveti **van der Waals** ya da **kalıntı bağıdır**. **Grafit** mineralinde karbon atomları birbirlerine zayıf van der Waals bağlarıyla bağlanan levhalar oluşturacak şekilde kovalent bağlıdır (şekil 2.6c). Bu bağlanma turu grafiti kurşunkalem uçları için yararlı hale getirir; kurşunkalem bir kağıt parçası boyunca hareket ettirildiğinde küçük grafit parçaları van der Waals bağlarıyla tutulan düzlemler boyunca kopar ve kağıda yapışır.

MİNERAL

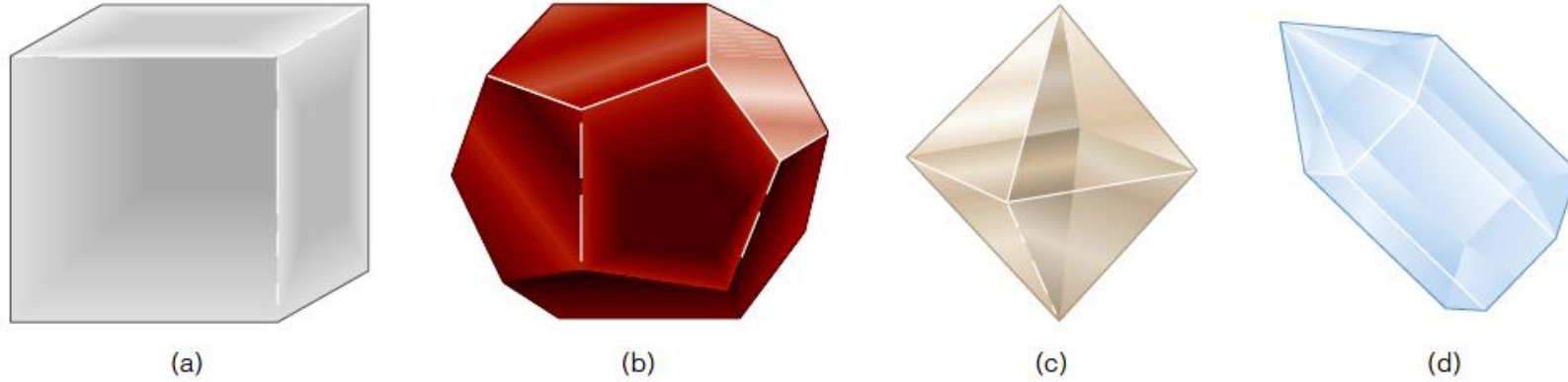
Doğal yoldan oluşmuş, inorganik, karakteristik bir atomik iç yapısı (kristal yapısı), belli bir kimyasal bileşimi (formülü) olan, sabit veya belli sınırlar içinde değişebilen fiziksel özellikleri olan maddelere **mineral** denir.

Doğal Olarak Oluşan İnorganik Maddeler

Doğal olma ölçütü mineralleri insanın ürettiği tüm maddelerden ayrı tutar. Bu nedenle sentetik elmaslar ve yakutlar ile yapay olarak üretilen diğer maddeler mineral olarak değerlendirilemez. Mineralin tanımına göre hayvansal ve bitkisel maddelerin mineral olmaması gerekir. Ancak, mercanlar, midyeler ve çok sayıda diğer hayvan ve bitkileri de içine alan bazı organizmalar kavrıklarını ya aragonit ya da kalsit minerali olan kalsiyum karbonat (Ca-CO₃) bileşiğinden ya da kuvars mineralindeki silisyum dioksitten (SiO₂) oluşturur.

Kristal Yapısı

Mineraller, kendini oluşturan atomlarının, halit mineralindeki gibi düzenli, üç boyutlu bir çatıda dizildiği **kristalin katılardır**. Boşluktaki gibi ideal koşullar altında mineral kristalleri gelişerek düzlemsel yüzeylere (kristal yüzleri), keskin köşelere ve düz kenarlara sahip mükemmel kristaller oluşturur (şekil 2.7). Bir başka deyişle düzgün geometrik şekilli iyi oluşmuş bir mineral kristali, düzenli bir iç atomik yapının dışa yansımasıdır. Tüm katı maddeler, kristal yapıya değildir; örneğin doğal ve yapay cam, düzenli atom diziliminden yoksundur ve “şekilsiz” anlamına gelen *amorf olarak* adlandırılır.



■ Şekil 2.7

(Monroe&Wicander, 2005)

Mineral kristalleri çok çeşitli şekillerde gelişir. (a) Halit, galen ve pirit minerallerine özgü kübik kristaller. (b) Granat minerallerinde olduğu gibi dodekaedr kristallerin 12 kenarı vardır. (c) Elmas oktaedr ya da 8 kenarlı kristallere sahiptir. (d) Kuvarsın piramitle biten bir prizma şekilli kristali.

Atomların düzenli iç yapıda çatıya sahip olduğu bir katı için **Kristalin** kullanılırken **kristal**, düzlemsel yüzeylere (kristal yüzleri), keskin köşelere ve düz kenarlara sahip bir geometrik şekildir. Bu yüzden kristal, kristalin bir yapının dışı vurumudur. Kristalin katılar olan mineraller her zaman iyi oluşmuş kristaller ortaya çıkarmaz. (Şekil 2.8).

1669 yılında Danimarkalı bilim adamı Nicolas Steno farklı kuvars örneklerindeki eşdeğer kristal yüzeylerinin kesişim açılarının aynı olduğunu belirledi. O zamandan beri bu *yüzeylerarası açıların değişmezliği yasası* boyutlarına, şekillerine, yaşlarına ve coğrafi konumlarına bakılmaksızın diğer pek çok mineralde de kanıtlanmıştır (Şekil 2.8c).

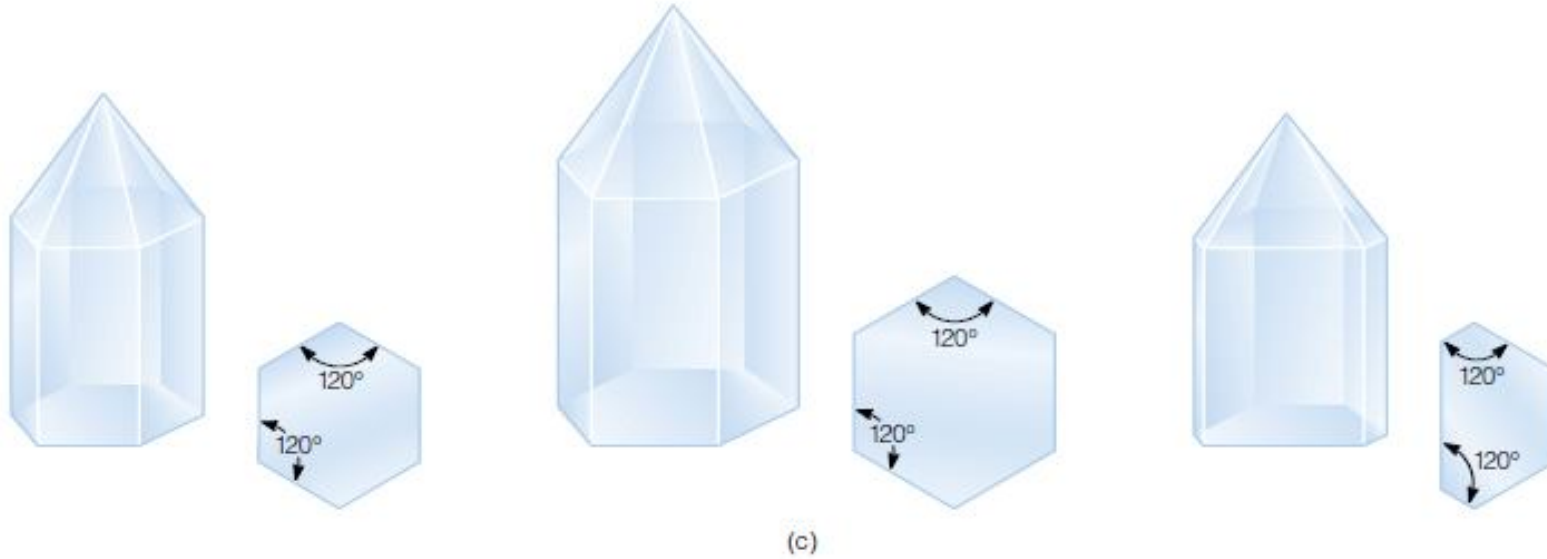
Steno, mineral kristallerinin çok küçük, benzer yapı bloklarından yapıldığını ve bu yapı bloklarının diziliminin mineral kristallerinin dış şeklini belirlediğini vurguladı. Kısacası Steno'nun minerallerin dış görünüşünün kristalin iç yapısından kaynaklandığını ortaya atmış ve bu daha sonra kanıtlanmıştır.



(a) Dumanlı kuvars



(b) Pembe kuvars



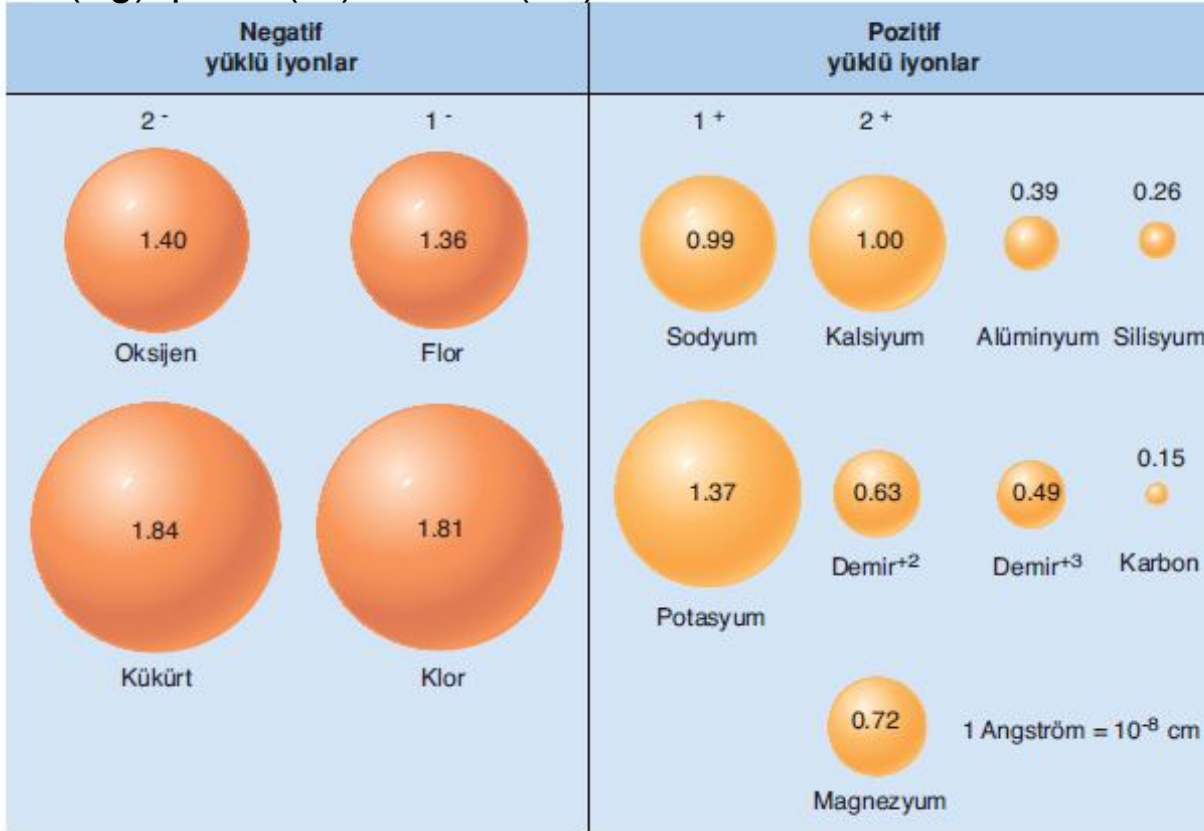
■ Şekil 2.8

(Monroe&Wicander, 2005)

(a) İyi şekilli dumanlı kuvars kristali. (b) Hiçbir belirgin kristalin gözle seçilemediği pembe kuvars örneği. (c) Yüzeylerarası açıların değişmezliğini gösteren kuvars kristallerinin yan görünüşleri ve kesitleri. İyi şekilli bir kristal (solda), inice iyi şekilli bir kristal (ortada) ve kötü şekilli bir kristal (sağda). Aynı mineralin farklı örneklerindeki eşdeğer kristal yüzeyleri arasında oluşan açılar, örneklerin büyüklüğü, şekli, yaşı ya da coğrafi yerinden bağımsız olarak aynıdır.

Minerallerin Kimyasal Bileşimi

Kimyasal bir formülle gösterilen mineral bileşimi, minerali oluşturan farklı elementlerin atom sayılarını göstermenin pratik bir şeklidir. Kuvars minerali her iki oksijen (O) atomuna karşılık bir silisyum (Si) atomu içerir ve bu yüzden SiO_2 formüllüdür. Ortoklaz bir potasyum, bir alüminyum, üç silisyum ve sekiz oksijen atomundan oluşur (KAlSi_3O_8). Doğal elementler olarak bilinen birkaç mineral tek bir elementten oluşur. Grafit ile elmas karbon (C); gümüş (Ag), platin (Pt) ve altın (Au) ile temsil edilir.



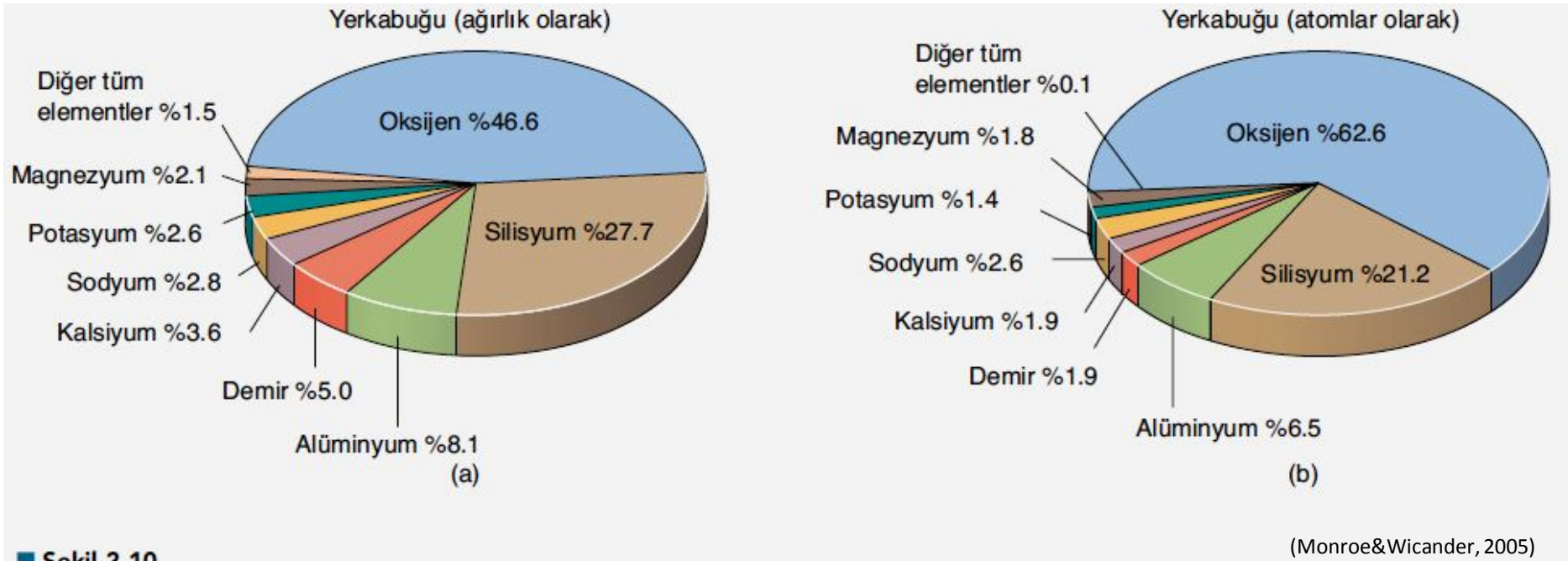
■ Şekil 2.9

Minerallerde yaygın bulunan iyonların elektrik yükleri ve görece büyüklükleri. İyonların içindeki rakamlar Angström cinsinden çaplarıdır.

Prof.Dr. Kadir Dirik Ders Notları

Birçok mineralin kimyasal bileşimi değişmez. Kuvars hep silisyum ve oksijenden (SiO_2) oluşur, halit yalnızca sodyum ve klor içerir (NaCl). İki ya da daha çok elementin atomları yaklaşık aynı büyüklük ve yükte ise bir element diğerinin yerini alabileceğinden diğer mineraller bir bileşim aralığına sahip olur. Şekil 2.9'da demir ve magnezyum atomlarının yaklaşık aynı büyüklükte olduğuna dikkat edin; bu nedenle birbirlerinin yerlerini alabilirler.

Olivin mineralinin silisyum ve oksijenle birlikte sadece magnezyum, sadece demir ya da her ikisini birden içerdiği anlamına gelen kimyasal formülü $(Mg,Fe)_2 SiO_4$ 'dur. Aslına bakılırsa *olivin terimi* genellikle hem demir hem de magnezyum içeren minerallerde kullanılırken forsterit sadece magnezyum içeren olivin (Mg_2SiO_4), sadece demir içeren olivin (Fe_2SiO_4) fayalit olarak bilinir. Çok sayıda başka mineralin de bileşim aralıkları dizileri olduğundan bunlar gerçekte birkaç üyeli mineral gruplarıdır.



■ **Şekil 2.10**

Yerkabuğunda rastlanan yaygın elementler. (a) Ağırlıkça kabuktaki element yüzdesi ve (b) Atomların kabuk yüzdesi: Kaynak : (a) From Miller, G. T. 1996. *Living in the Environment: Principles, Concepts and Solutions*. Wadsworth Publishing. Şekil 8.3'ten alınmıştır.

Minerallerin Fiziksel Özellikleri

Mineral tanımındaki son ölçüt **parlaklık** (luster), **renk**, **çizgi rengi** (streak), **kristal şekli**, **dilinim** (cleavage) ve **kırık yüzeyi** (fracture), **sertlik** (hardness), **özümlü ağırlık** (yoğunluk) gibi özelliklere bağlanan *karakteristik fiziksel özelliklerdir*. Minerallerin bileşimi ve yapısı bu özellikleri denetler.

Parlaklık

Parlaklık (renkle karıştırılmamalı), mineralin yüzeyinden yansıyan ışığın niteliği ve şiddetidir. İki temel parlaklık tipi vardır: metal görünümüne sahip olan metalik (galen) ve metalik olmayan parlaklık. Camsı ya da cama benzer (kuvarstaki gibi), donuk ya da topraksı, mumsu, yağsı ve parıltılı (elmastaki gibi) parlaklıklar, metalik olmayan birkaç parlaklık tipi arasındadır.

Renk

Bazı minerallerin tanımlanmasında en belirgin fiziksel özellik olan renk tüm mineraller için geçerli değildir. Buna rağmen minerallerin tanımlanmasına yardımcı olan renk üzerine bazı genellemeler yapılabilir. Olivin zeytin yeşili renkte olmasına rağmen ferromagnezyen silikatlar tipik biçimde siyah, kahverengi ya da koyu yeşildir. Öte yandan ferromagnezyen olmayan silikatların renkleri epey değişir ama nadiren koyudur.



(b) Galen



(a) Dumanlı kuvars



Bu silikatların çok daha tipik olan renkleri beyaz, krem, renksiz, pembenin tonları ile soluk yeşildir. Metal parlaklığına sahip minerallerin renginin metal olmayan minerallerin renginden daha tutarlıdır. Örneğin galen hep kurşun grisi renkteyken pirit pirinc sarısı rengindedir. Aksine metal olmayan bir mineral olan kuvarsın rengi renksiz, dumansı kahverengiden siyaha, pembe, sarı- kahverengi, süt beyazı, mavi ya da menekşeden mora kadar değişir.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



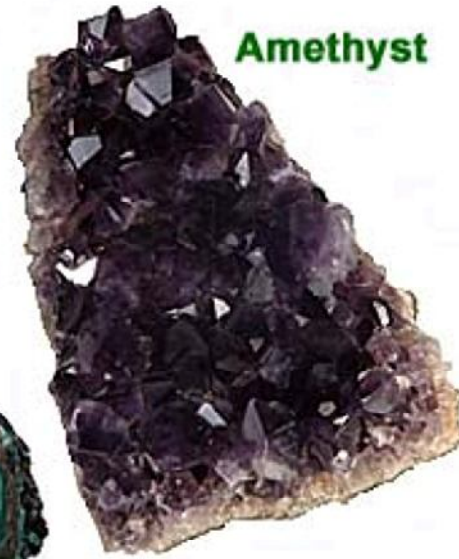
(f)



(g)



Sulphur



Amethyst



Malachite



(a) Dumanlı kuvars



Kristal Şekli

Önceden belirtildiği gibi, mineral kristalleri yaygın olmadığından çok sayıdaki mineral örneği o minerale özgü mükemmel kristal şeklini göstermeyecektir. Bununla beraber mineraller ideal koşullarda geliştiğinde iyi şekilli kristaller oluşturabilecek atomik yapıya sahip olur. Bazı mineraller tipik kristal şekliyle oluşur. Örneğin 6 ve 12 kenarlı pirit kristalleri gibi 12 kenarlı granat kristalleri de yaygındır. Boşluklarda büyüyen ya da kayaların boşluk ya da çatlaklarında dolaşan sıcak sulardan (hidrotermal çözeltiler) çökelen mineraller genelde kristal olarak oluşurlar. Kristal şekli mineral tanımlamada çok yararlı bir özellik olduğu halde birçok mineral aynı kristal şekline sahiptir. Pirit (FeS_2), galen (PbS) ve halit (NaCl) kubik kristaller olarak bulunurken bu mineraller renk, parlaklık, sertlik ve yoğunluk gibi diğer özellikler yardımıyla kolayca ayırt edilebilir.



(a) Flüorit



(b) Kalsit



(c) Barit

Sue Monroe

(Monroe&Wicander, 2005)

■ Şekil 2.16

Mineral kristalleri. (a) Kübik flüorit kristalleri. (b) Kalsit kristali. (c) Yaprak şekilli barit kristalleri

Dilinim (foliasyon) Kırık Yüzeyi (fracture)

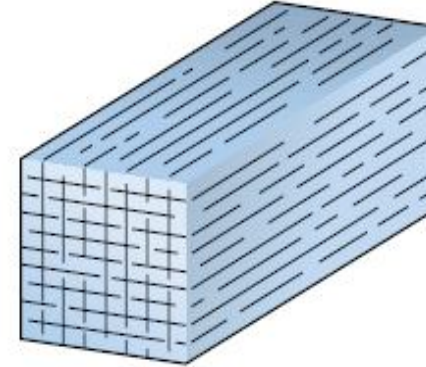
Tüm minerallerin sahip olmadığı **dilinim**, bir mineral kristalinde bağların kuvvetiyle belirlenen yumuşak bir zayıflık düzlemi ya da düzlemleri boyunca kırılma ya da ayrılma eğilimi gösterme özelliğidir. Dilinim, niteliği (mükemmel, iyi, zayıf), yönü ve dilinim düzlemlerinin kesişme açılarına göre belirtilir. Yaygın bir ferromagnezyen silikat olan biyotit, tek yönlü mükemmel dilinime sahiptir, Biyotitin az boşluklu, birbirine paralel birçok düzlemleri boyunca mükemmel dilinimlenmesi gerçeği onun yapısı ile ilgilidir; demir ve magnezyum iyonlarının birbirine zayıfça bağlandığı silis tetraedr tabakalarına sahip bir tabaka silikattır. (şekil 2.17a). Feldispatlar, birbirlerini dik açılarda kesen iki yönlü dilinime sahiptir (şekil 2.17b), halit minerali, birbirlerini dik açılarda kesen üç yönlü dilinime sahiptir (şekil 2.17c).

(a) Tek yönlü dilinim



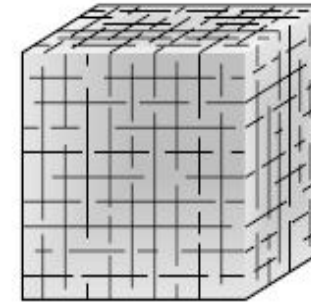
Mikalar-biyotit ve muskovit

(b) Dik açılı, iki yönlü dilinim



Potasyum feldspatlar, plajiyoklaz feldispatlar

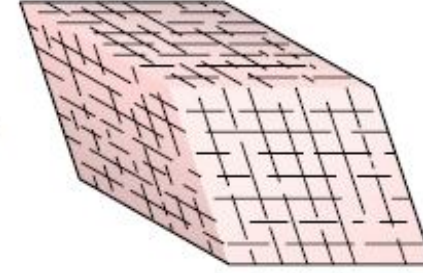
(c) Dik açılı, üç yönlü dilinim



Halit, galen

Kalsit de kesişim açılarının hiçbirini dik açı olmayan üç yönlü dilinime sahiptir bu yüzden kalsitin dilinim parçaları romboedrdir (şekil 2.17d). Dört yönlü dilinime sahip mineraller fluorit ve elmadır (şekil 2.17e). En sert mineral olan elmas şaşırı biçimde kolaylıkla dilimlenebilir. Çinko cevheri olan sfalerit gibi birkaç mineral altı yönlü dilinime sahiptir (şekil 2-17f).

(d) Dik açı olmayan, üç yönlü dilinim



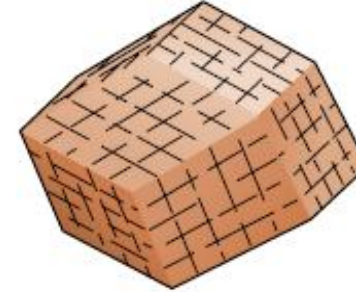
Kalsit,
dolomit

(e) Dört yönlü dilinim



Flüorit,
elmas

(f) Altı yönlü dilinim



Sfalerit

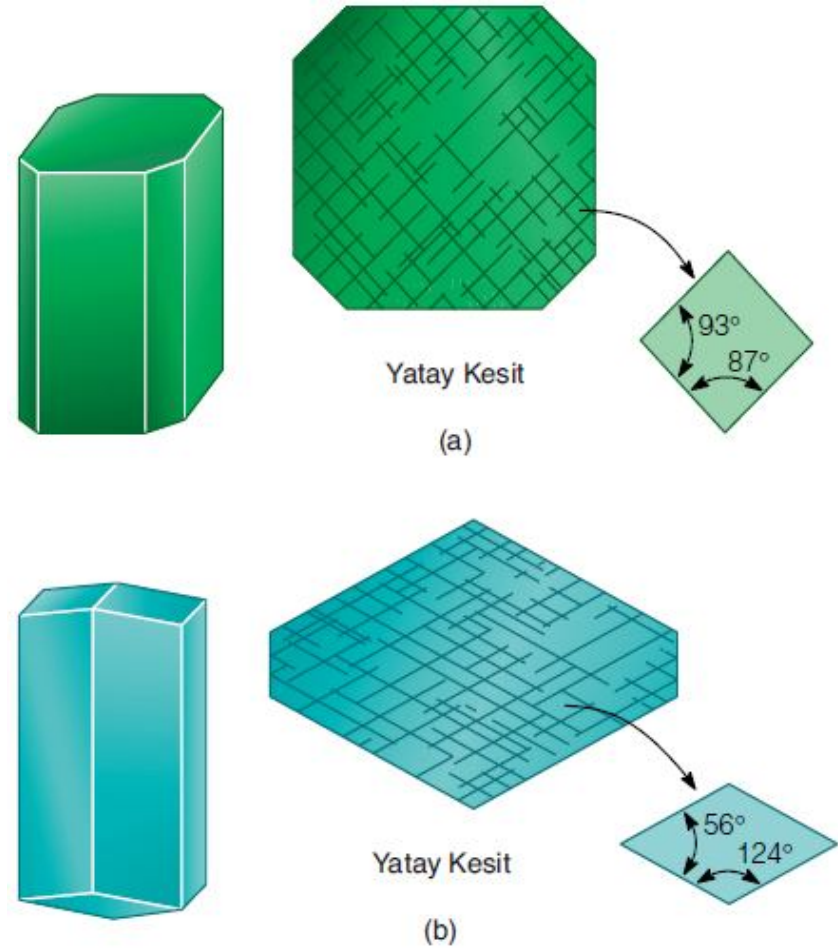
■ Şekil 2.17

(Monroe&Wicander, 2005)

Birkaç mineral dilinim tipi. (a) tek yönlü dilinim, (b) dik açı iki yönlü dilinim, (c) dik açı üç yönlü dilinim, (d) dik açı olmayan üç yönlü dilinim, (e) dört yönlü dilinim ve (f) altı yönlü dilinim.

Dilinim, minerallerin önemli tanıtıcı bir özelliği olup bazı mineralleri ayırırken bilinmesi gerekir. Örneğin piroksen minerali ojit ve amfibol minerali hornblend birbirine çok benzer; her ikisi de koyu yeşil ve siyahtır, aynı sertliğe ve iki yönlü dilinime sahiptir. Bununla beraber ojitin dilinim düzlemleri birbirini yaklaşık 90° 'de keserken hornblend de 56° ve 124° 'lik açılarla keser (şekil 2.18).

Dilinimin aksine **kırılma**, düzensiz yüzeyler boyunca mineral ayrılmasıdır. Herhangi bir minerale yeterince kuvvet uygulanırsa kırılabilir ama kırılma yüzeyleri yumuşaktan ziyade genellikle pürüzlü ya da **konkoidaldir** (kavisli).



■ Şekil 2.18

(Monroe&Wicander, 2005)

Ojit ve hornblendde dilinim. (a) ojit kristali ve kristal kesitinde gözlenen dilinim. (b) hornblend kristali ve kristal kesitinde gözlenen dilinim.

Sertlik

Avusturyalı bir jeolog olan Friedrich Mohs, 10 mineral için görelî bir sertlik ölçeği geliştirdi. Bilinen en sert mineral olan elmasa 10 öteki minerallere de daha düşük değerler vermiştir. Görelî sertlik Mohs sertlik ölçeğiyle kolaylıkla belirlenebilir (Tablo 2.3). Kuvars fluoriti çizerken fluoritle çizilmez, jips tırnakla çizilebilir vb. **Sertlik**, aşınmaya karşı mineralin direnci olarak tanımlanır ve çoğunlukla iç yapısı ile denetlenir. Örneğin grafit ve elmasın her ikisi de karbondan olduğu halde grafitin sertliği 1-2, elmasınki ise 10'dur.

Tablo 2.3

Mohs Sertlik Ölçeği

Sertlik	Mineral	Bazı Yaygın Nesnelerin Sertliği
10	Elmas	
9	Korundum	
8	Topaz	
7	Kuvars	
		Çelik törpü (6 ^{1/2})
6	Ortoklaz	
		Cam (5 ^{1/2} -6)
5	Apatit	
4	Flüorit	
3	Kalsit	Bakır para (3) Tırnak (2 ^{1/2})
2	Jips	
1	Talk	

Özgül Ağırlık (Yoğunluk)

Burada aşağı yukarı eşanlımlı kullanmamıza rağmen özgül ağırlık ve yoğunluk ayrı kavramlardır. Bir mineralin **özgül ağırlığı**, ağırlığının eşit hacimdeki saf suyun ağırlığına olan oranıdır. Dolayısıyla özgül ağırlığı 3 olan bir mineral, sudan 3 kat daha ağırdır. Tüm oranlarda olduğu gibi özgül ağırlık da gr/cm³ olarak ifade edilmez, boyutsuz bir sayıdır. Aksine **yoğunluk**, birim hacim başına mineralin kütlesi (ağırlığı) olup gr/cm³ cinsinden ifade edilir. Böylece galenin özgül ağırlığı 7.58 ve yoğunluğu da 7.58 gr/cm³ dür. Özgül ağırlık ve yoğunluk, mineralin bileşimine ve yapısına göre değişir. Demir, magnezyum ya da her ikisini birden içerdüğinden dolayı ferromagnezyum silikatlar, ferromagnezyum olmayan silikatlardan daha yoğun olma eğilimindedir. Genelde galen ve hematit gibi metalik mineraller, metal olmayanlardan daha yoğundur. 19.3 gr/cm³ yoğunluğa sahip olan saf altın, kurşundan yaklaşık 2.5 kat daha yoğundur. Özgül ağırlık yada yoğunluğun yapı ile nasıl denetlendiğine örnek olarak her ikisi de karbondan (C) oluşan elmas ve grafit verilebilir. Elmasın özgül ağırlığı 3.5 iken grafitinki 2.09 ile 2.33 arasında değişir.

Diğer Kullanışlı Mineral Özellikleri

Bazı mineraller başka fiziksel özellikleriyle tanınırlar. Talkın ayırt edici sabunsu (kaygan) bir hissi vardır, grafit kağıda yazar, halit tuz tadı verir ve magnetit mıknatıslıdır. Kalsit, bir nesneye saydam bir kalsit parçasından bakıldığında çift görüntüye sahip olduğu anlamında **çift kırılma özelliğine** sahiptir. Bazı tabaka silikatları plastiktir ve yeni bir şekil verildiğinde o şekilde kalır; diğer mineraller ise esnek olup onları büken kuvvetler ortadan kalktığında ilk şekillerine dönerler. Basit bir kimyasal test olan mineral örneğine bir damla seyreltik hidroklorik asit uygulanması ile kalsit ve dolomit mineralleri ayırt edilebilir. Mineral kalsit ise, asitle hemen tepkimeye girecek ve asitin kabarıp köpürmesine neden olarak karbon dioksit açığa çıkaracaktır. Aksine dolomit toz haline gelmedikçe hidroklorik asitle tepkimeye girmeyecektir.

Jeologların Tanımladığı Mineral Grupları

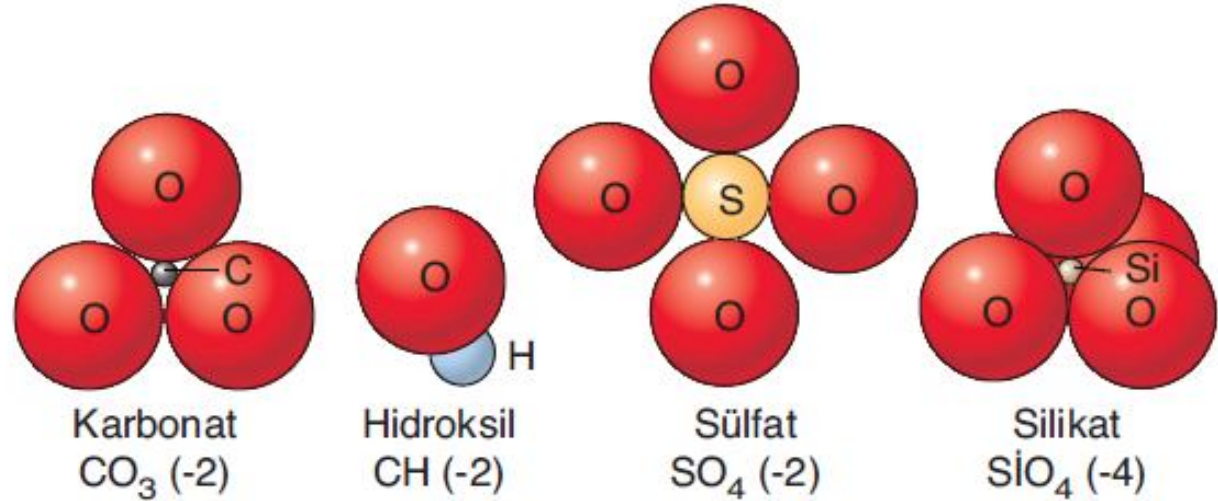
Mineral Grubu	Negatif Yüklü İyon ya da İyon Kökü	Örnekler	Bileşim
Karbonat	$(\text{CO}_3)^{-2}$	Kalsit Dolomit	CaCO_3 $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
Halit	$\text{Cl}^{-1}, \text{F}^{-1}$	Halit Flüorit	NaCl CaF_2
Hidroksit	$(\text{OH})^{-1}$	Brusit	$\text{Mg}(\text{OH})_2$
Doğal Element	—	Altın Gümüş Elmas	Au Ag^* C
Fosfat	$(\text{PO}_4)^{-3}$	Apatit	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl})$
Oksit	O^{-2}	Hematit Manyetit	Fe_2O_3 Fe_3O_4
Silikat	$(\text{SiO}_4)^{-4}$	Kuvars Potasyum feldispat Olivin	SiO_2 KAlSi_3O_8 $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$
Sülfat	$(\text{SO}_4)^{-2}$	Anhidrit Jips	CaSO_4 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Sülfid	S^{-2}	Galen Pirit Arjantit	PbS FeS_2 Ag_2S^*

*Gümüşün hem doğal element hem de sülfid minerali olarak bulunduğuna dikkat edin.

MİNERAL GRUPLARI

Jeologlar, üyelerinin aynı negatif yüklü iyon ya da iyon gruplarını paylaştığı mineral sınıfları ya da grupları tanımlarlar. Önceki bölümde iyonların, atomların en dıştaki yörüngelerinde elektron yitirip kazanmalarından ileri gelen pozitif ya da negatif yüklü atomlar olduğuna değinildi. İyonların yanı sıra bazı mineraller iyonlarla birlikte içlerinde bağımsız birimler gibi davranan **kök** olarak bilinen farklı atomlardan meydana gelen sıkıca bağlı karmaşık gruplar içerir

Üç oksijen atomuna bağlı bir karbon atomundan oluşan karbonat kökü buna iyi bir örnektir ve bu şekilde -2 elektrik yüklü CO_3 formülüne sahiptir. Diğer yaygın kökler ve yükleri: sulfat (SO_4 , -2), hidroksil (OH , -1) ve silikat (SiO_4 , -4) (şekil 2.11).



■ Şekil 2.11

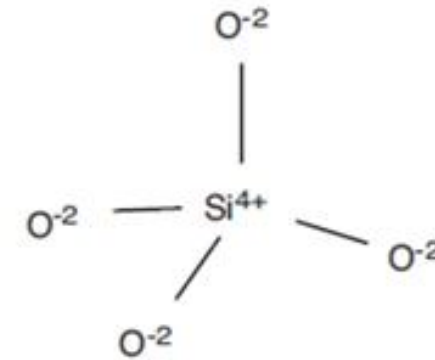
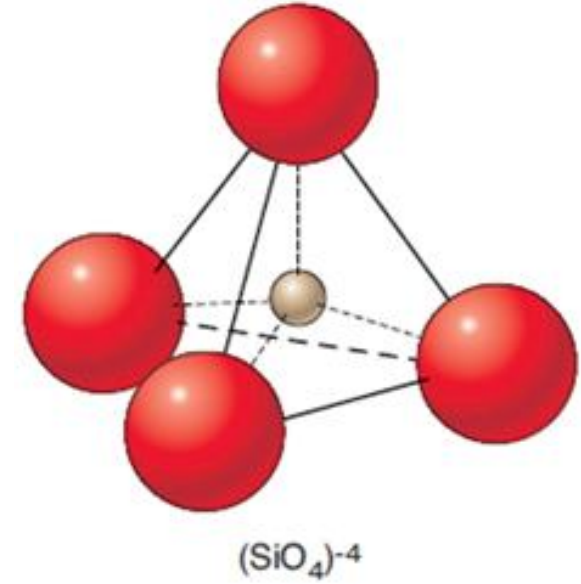
(Monroe&Wicander, 2005)

Birçok mineral birbirine sıkıca bağlı karmaşık atom grupları olan kökler içerir. Silikat ve karbonat köklerine kuvars (SiO_2) ve kalsit ($CaCO_3$) gibi çoğu mineralde yaygın rastlanır.

Silikat Mineralleri

Silisyum ve oksijen yerkabuğunda en bol bulunan iki element olduğu için birçok mineralde bu elementlerin varlığı şaşırtıcı değildir. Silisyum ve oksijenin birleşmesi **silis** olarak bilinir ve silis içeren mineraller de **silikatlar**dır. Kuvars (SiO_2), tümüyle silisyum ve oksijenden oluşan saf silistir. Coğu silikatlar ortoklaz (KAlSi_3O_8) ve olivin $[(\text{MgFe})_2\text{SiO}_4]$ de olduğu gibi bir ya da daha çok element içerir. Silikat mineralleri, bilinen minerallerin yaklaşık ucte birini oluşturur, ama daha da etkileyici olanı yerkabuğunun belki de % 95'ini oluşturan biçimdeki bolluğudur.

Silikat minerallerinin temel yapıtaşı bir silisyum ile dört oksijen atomundan oluşan **silis tetraedri**dir. Yandaki şekilde silis kökü gösteriliyor. Bu atomların dizilimi oksijen atomları arasındaki boşluğu kaplayan silis atomunu dört oksijen atomunun çevrelediği dört yüzlü bir piramit yapısı şeklindedir. Silisyum atomu pozitif dört yüklü ve oksijen atomlarının her biri negatif iki yüklü olup toplam negatif dört yüklü $(\text{SiO}_4)^{-4}$ bir iyon koku ortaya çıkar. Silis tetraedri negatif yüklü olduğundan doğada ayrı bir iyon grubu olarak bulunmaz; bunun yerine pozitif yüklü iyonlarla bileşik oluşturur ya da oksijen atomlarını diğer silis tetraedrleri ile paylaşır. En basit silikat minerallerinde silis tetraedrleri pozitif yüklü iyonlara bağlı bağımsız birimler olarak yer alır.





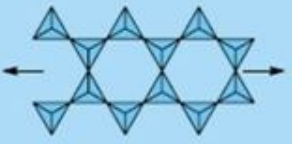
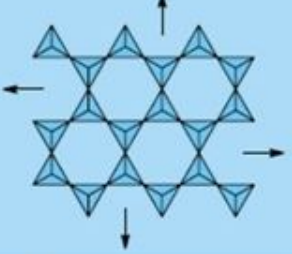
(Monroe&Wicander, 2005)

Tek başına bir tetraedre sahip minerallerde silisyumun oksijen oranı 1:4' tür ve silis iyonunun negatif yükü pozitif iyonlarla dengelenir. Örneğin, olivin [(Mg,Fe)2SiO4]-4 değerlikli silis iyonunu dengelemek için ya iki magnezyum iyonu (Mg+2) veya iki demir iyonu (Fe+2) ya da her ikisinden birer tane vardır.

Silis tetraedrleri bir araya gelerek sonsuz uzunlukta zincirler oluşturabilirler. Piroksen minerallerinde olduğu gibi basit zincirler, her tetraedrin komşu tetraedrle oksijen atomlarının ikisini paylaşmasıyla oluşurken sonuçta silisyumun oksijene oranı 1:3 olur. Bir piroksen grubu minerali olan enstatit, (MgSiO3) kimyasal formülünde bu



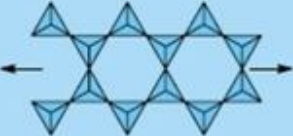
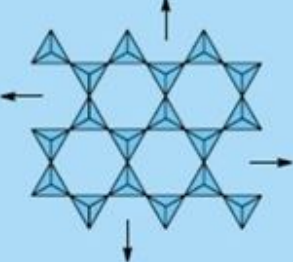
oranı yansıtır. Mg+2 gibi pozitif iyonlar ile dengelenen net -2 elektrik yüküne sahip tek zincirler birbirleri ile paralel zincirler yapacak şekilde bağlanır.

Amfibol grubu mineraller, iki paralel sırada ortaklaşa kullanılan tetraedrlerin, birbirine çapraz bağlandığı bir çift zincir yapısına sahiptir. Çift zincirlerin oluşması silisyumun oksijene oranını 4:11 olarak verir, bu yüzden her bir çift zincir - 6 elektrik yüküne sahiptir. Genellikle Mg+2, Fe+2 ve Al+2 çift zincirlerin birbiriyle bağlantı yerlerinde bulunur.

		Negatif yüklü iyon grubunun formülü	Örnek
Ayrı tetraedrler		(SiO ₄)-4	Olivin
Aralıksız tetraedr zincirleri		(SiO ₃)-3	Piroksen grubu (ojit)
		(Si ₄ O ₁₁)-6	Amfibol grubu (homblend)
Aralıksız tabakalar		(Si ₄ O ₁₀)-4	Mikalar (Muskovit)
Üç boyutlu ağlar	Basit iki boyutlu bir çizimle gösterilemeyecek ölçüde karmaşık	(SiO ₂) ⁰ (Si ₃ AlO ₈)-1 (Si ₂ Al ₂ O ₈)-2	Kuars Ortokloz feldispatlar Plajiyoklaz feldispatlar

(Monroe&Wicander, 2005)

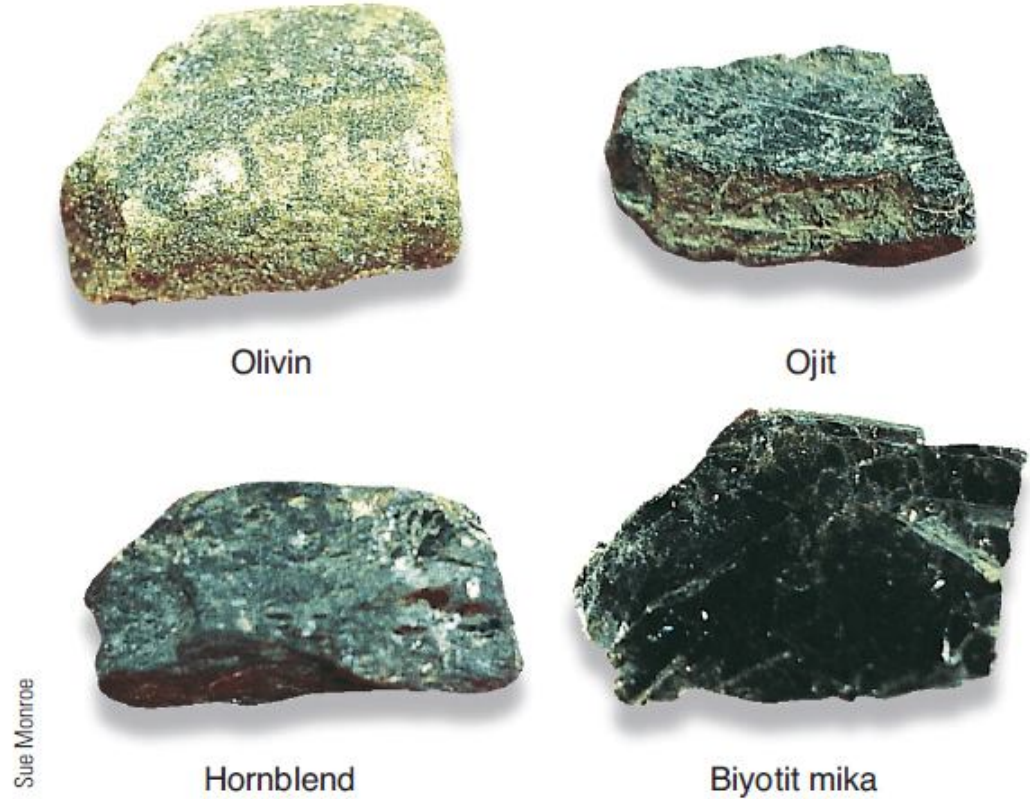
Tabaka yapıları zincirlerde komşu tetraedrlere, her tetraedrdeki üç oksijeni paylaşırlar. Bu tür yapılar, silisyumun oksijene oranının 2:5 olduğu aralıksız silis tetraedr tabakalarında olur. Aralıksız tabakalar, tabakalar arasında yer alan pozitif iyonlarla dengelenen negatif bir elektrik yüküne de sahiptir. Bu özel yapılar, biyotit ve muskovit gibi **mikalar ve kil minerallerinin** kendine özgü tabaka yapısını açıklar. Silis tetraedrinin dört oksijen atomu komşu tetraedrlere ile paylaşıldığında silis tetraedrlere oluşmuş üç boyutlu ağlar oluşur. Oksijen atomlarının bu şekilde paylaşılması elektrik yüksüz olan silisyumun oksijene 1:2 oranını verir. Kuvars yaygın bir çatı silikatıdır.

		Negatif yüklü iyon grubunun formülü	Örnek
Ayrı tetraedrlere		$(\text{SiO}_4)^{-4}$	Olivin
Aralıksız tetraedr zincirleri		$(\text{SiO}_3)^{-3}$	Piroksen grubu (ojit)
		$(\text{Si}_4\text{O}_{11})^{-6}$	Amfibol grubu (hornblend)
Aralıksız tabakalar		$(\text{Si}_4\text{O}_{10})^{-4}$	Mikalar (Muskovit)
Üç boyutlu ağlar	Basit iki boyutlu bir çizimle gösterilemeyecek ölçüde karmaşık	$(\text{SiO}_2)^0$ $(\text{Si}_3\text{AlO}_8)^{-1}$ $(\text{Si}_2\text{Al}_2\text{O}_8)^{-2}$	Kuvars Ortoklaz feldispatlar Plajiyoklaz feldispatlar

(Monroe&Wicander, 2005)

Ferromagnezyen silikatlar

Demir (Fe), magnezyum (Mg) ya da her ikisini birden içeren bazı silikat mineralleri **ferromagnezyen silikatlar** olarak bilinir. Bu tür mineraller genelde koyu renkli ve ferromagnezyen olmayan silikatlara göre daha yoğundur. Olivin piroksenler, amfiboller ve biyotit yaygın rastlanan bazı ferromagnezyen silikat minerallerdir. Zeytin yeşili renkli olan olivin bazı magmatik kayalarda yaygın olarak bulunurken diğer birçok kayada rastlanmaz. Piroksenler ve amfiboller mineral grupları olup çeşitleri olan ojit ve hornblend çok yaygındır. Biyotit mika, ayırt edici bir tabaka yapısı olan yaygın, koyu renkli bir ferromagnezyen silikattır.



■ Şekil 2.13

Yaygın ferromagnezyen silikat mineral örnekleri. Olivin, ojit, hornblend, biyotit mika.

Ferromagnezyen Olmayan Silikatlar

Adlarının akla getirdiği gibi demir ve magnezyumdan yoksun olan ferromagnezyen olmayan silikatlar, genelde açık renkli ve ferromagnezyen silikatlardan daha az yoğunudur. Yerkabuğunda en yaygın rastlanan mineraller *feldispatlar* olarak bilinen ferromagnezyen olmayan silikatlardır. Feldispat, her biri birkaç tür içeren iki ayrı grubun tanımladığı genel bir addır. Mikroclin ve ortoklasın ($KAlSi_3O_8$) temsil ettiği *potasyum feldispatlar*, magmatik, metamorfik ve bazı çökel kayalarda yaygın olarak bulunur. Tüm feldispatlarda olduğu gibi mikroclin ve ortoklaz da iki iç zayıflık düzlemine sahip olup bu yönler boyunca kırılır ya da dilinim gösterir.



Şekil 2.14

Yaygın ferromagnezyen olmayan silikat mineral örnekleri. kuvars; ortoklaz; plajiyoklaz; muskovit mika.

C
du

Feldispatların ikinci grubu olan *plajiyoklaz feldispatlar*, kalsiyumca zengin ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) olan çeşitlerinden sodyumca zengin ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) olanlarına doğru değişir. Ayırt edici feldispat dilinimine sahip olup tipik beyaz, krem ya da gri renklidir. Plajiyoklaz dilinim yuzeyleri *çizik* adı verilen sayısız ayırt edici, az boşluklu paralel çizgiler gösterir. Çok yaygın ferromagnezyen olmayan bir silikat olan kuvars (SiO_2), özellikle granit, gnays ve kumtaşı gibi kayalarda olmak üzere üç ana kayaç grubunda da bulunur. Çatı silikatı olan kuvars çoğunlukla camsı görünümü ve sertliği ile tanınabilir (şekil 2.14). Bir mika turu olan muskovit de oldukça yaygın bir başka ferromagnezyen olmayan silikattır. Biyotit gibi muskovit de tabaka silikat olmakla birlikte biyotit siyah, muskovit tipik biçimde neredeyse renksizdir (şekil 2.14). Çeşitli kil mineralleri de mikalara özgü tabaka yapısına sahip olduğu halde kristalleri öylesine küçüktür ki sadece çok aşırı büyütme ile görülebilir. Bu kil mineralleri, birkaç kayaç türünün önemli bileşenleri ve toprakların da ana bileşenleridir.

Karbonat Mineralleri

Negatif yuklu karbonat kokunden (CO₃)-2 oluşan **karbonat mineralleri, aragonit ya da kalsit mineralleri** olan kalsiyum karbonat› icerir (CaCO₃) (şekil 2.15a). Durays›z aragonit olup genelde kireçtaşı kayacı nın ana bileşeni olan kalsite donuflur. Bircok başka karbonat minerali olmasına karşın ilgilenmemiz gereken sadece bunlardan biridir: *Dolomit* [CaMg(CO₃)₂], *kalsitin magnezyum* eklenmesiyle kimyasal alterasyona uğramasıyla oluşur. Dolomit mineralinden oluşan çökel kayacı *dolotaşıdır* .



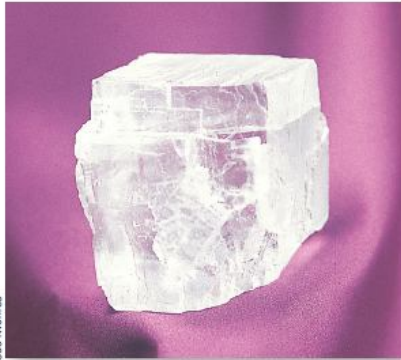
(a) Kalsit



(b) Galen



(c) Jips



(d) Halit

■ şekil 2.15

Dört grubu temsil eden mineraller. (a) Kalsit (CaCO₃), en yaygın karbonat mineralidir. (b) Sülfat minerali galen (PbS), kurşun cevheridir. (c) Jips (CaSO₄·2H₂O), yaygın bulunan bir sülfat mineralidir. (d) Halit (NaCl), iyi bir halit minerali ömeğidir.

Diğer Mineral Grupları

Jeologlar, silikatlar ve karbonatlara ek olarak başka birkaç mineral grubunu da tanımlar (Tablo 2.2). Bu gruplarda yer alan mineraller silikatlar ve karbonatlardan daha az yaygın olmakla birlikte birçoğu kayalarda az miktarda bulunur ve diğerleri de çok önemli kaynaklardır. Oksitlerde, hematit (Fe_2O_3) ve magnetit (Fe_3O_4) olduğu gibi bir element oksijenle birleşir. Hematit ve manyetit içeren kayaçlar, çelik üretimi için gereken demir cevherinin kaynaklarıdır. Oksitlerle ilişkili hidroksitler, çoğunlukla diğer minerallerin kimyasal bozunması sonucu oluşur. *Doğal elementlerin tek bir elementten oluşmuş mineraller* olduğuna dikkat çekmiştik. Elmas ve grafit (C), altın (Au), gümüş (Ag) ve platin (Pt) doğal element örnekleridir. Gümüş ve bakır gibi bazı elementler hem doğal element hem de bileşik olarak bulunduğu için diğer mineral gruplarına da örneğin gümüş sulfit olan arjantit (Ag_2S) – girer.

Fosfat koku (PO_4)-3 içeren birkaç mineral ve kayac, gübrelemede kullanılan önemli fosfat kaynaklarıdır. Kurşun cevheri olan galen minerali gibi (PbS) sulfidler kükürtle (S-2) bileşik yapan pozitif yüklü bir iyonla sahipken, sulfatlarda, jipsteki ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) gibi karmaşık sulfat iyonu (SO_4)-2 ile birleşen bir element vardır. Halitler, halojen elementler olan florür (F-1) ve klorür (Cl-1) içerir; örnek mineralleri halit ($NaCl$) ve florittir (CaF_2).

MİNERALLER NEREDE VE NASIL OLUŞUR?

Magma (yüzeğe ulaşan magmaya **lav** denir) olarak bilinen ergimiş kayay malzemesinin soğuması mineral oluşumunu açıklayan bir olgudur. Magma ya da lav soğuduğunda mineraller kristallenip gelişerek bazalt (ferromagnezyen silikatlarca zengin) ve granit (ferromagnezyen olmayan silikatlarca zengin) gibi çeşitli magmatik kayaların mineral bileşimini belirler. Magmadan gelen sıcak sulu çözeltiler genelde yan kayalardaki çatlaklar ve boşlukları kaplar ve bu çözeltilerden bir kısmında ekonomik öneme sahip değişik mineraller kristallenir. Mineraller ayrıca sıcak kaynaklardaki sular soğuduğunda ve sıcak, mineralce zengin sular siyah bacalar olarak bilinen sıcak kaynaklardan deniz tabanına boşaldığında da oluşurlar. Deniz suyunda, daha nadir olarak göl suyunda bulunan çözülmüş malzemeler, su buharlaştığında bileşik yaparak halit (NaCl), jips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ve diğer birkaç minerali meydana getirirler. Her ikisi de kalsiyum karbonat (CaCO_3) çeşidi olan aragonit ve/veya kalsit, buharlaşan sulardan da oluşmakla birlikte midyeler, istiridyeler, mercanlar ve yuzen mikroorganizmalar gibi organizmaların kavrıklarını oluşturmak için bu bileşiği kullandıklarında da oluşur. Birkaç bitki ve hayvanın dış iskeletlerinde kullandıkları silisyum dioksit (SiO_2), canlılar öldüklerinde deniz tabanında mineral olarak birikir.

Bazı kil mineralleri ise kimyasal süreçler feldispatlar gibi oteki mineralleri bileşim bileşim ve yapısal açıdan değişikliğe uğrattığında oluşurken diğerleri de kayaların metamorfizma ile değişmesiyle ortaya çıkar. Gerçekte metamorfizmaya neden olan ısı, basınc ve kimyasal olarak etkin sıvılar birçok mineralin oluşmasına yol açar. Volkanik bacalarda hidrojen sulfur (H_2S) ve kukurt dioksit (SO_2) gibi gazlar tepkimeye girerek kukurt ortaya çıkardığında bile birkaç mineral oluşur.

KAYAÇ OLUŞTURAN MİNERALLER

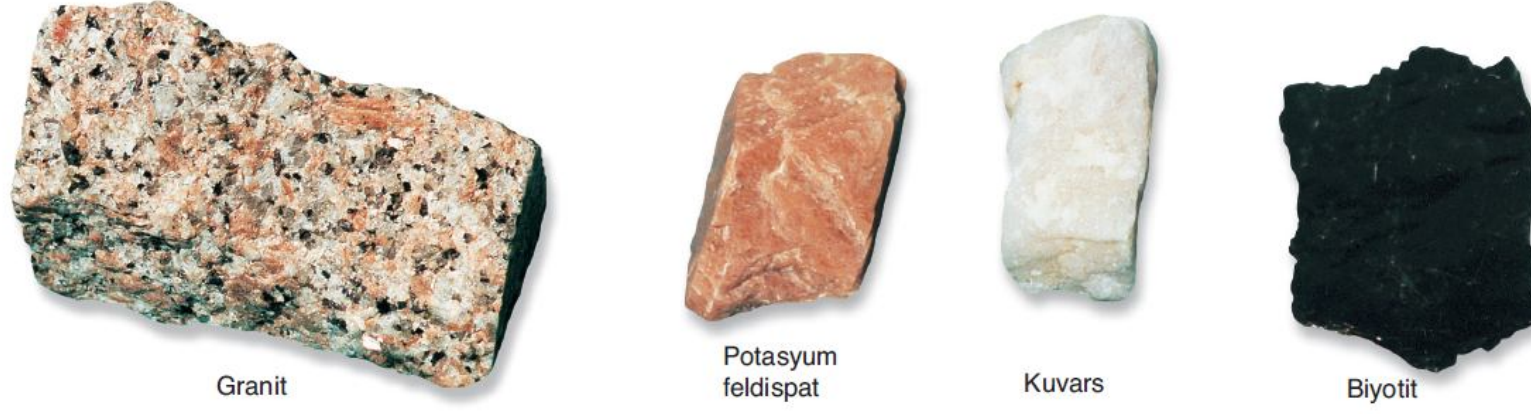
Kayaç terimi bir ya da daha çok mineralden oluşan katı bir yığılımdır. Aynı terim ayrıca doğal cam obsidiyende olduğu gibi mineral benzeri madde toplulukları ile kömürdeki katı organik madde kütlelerini de içine alır. Belli oranlarda potasyum feldispat ve kuvars içeren granit, tıpkı sadece kalsitten oluşan kireçtaşı gibi bir kayadır. Bazı kayalar birçok mineralden oluşabildiği gibi, yalnızca **kayaç oluşturan mineraller adıyla bilinen** birkaçı, kayaç tanımlama ve sınıflamasında kullanılacak ölçüde yaygındır (Tablo 2.4). **Tali mineraller** olarak bilinen diğer mineraller ise o kadar az miktarlarda bulunur ki göz önüne alınmaz. Granit, potasyum feldispatlar ve kuvarsla birlikte az miktarda biyotit mika ve daha az miktarlarda diğer mineralleri içerir (Şekil 2.20). Yerkabuğunda en yaygın bulunan mineraller silikat mineralleridir. Dolayısıyla çoğu kayaç bu minerallerden meydana gelmiştir. Gerçekten de feldispat mineralleri (plajiyoklaz feldispatlar ve potasyum feldispatlar) ve kuvars, Yerkabuğunun % 60 tan fazlasını oluşturur. Yüzlerce silikat minerali arasında birçoğu tali mineral olarak bulunurken yalnızca birkaçı kayalarda çok yaygındır.

Silikat olmayan en yaygın kayaç oluşturan mineraller, karbonat olan kalsit (CaCO_3) ve dolomit [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$] sırasıyla kireçtaşı ve dolotaşı çökel kayalarının ana bileşenleridir. Sulfatlar ve halitler arasında ise jips kayacında jips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ve kaya tuzundaki halit (NaCl), kayaç oluşturma niteliğine sahiptir. Bu mineraller ve oluşturdukları kayalar bazı alanlarda yaygın olsa da kayaç oluşturan silikat ve karbonat minerallerine göre daha az rastlanır.

Table 2.4

Önemli Kayaç Oluşturan Mineraller

Mineral	Başlıca Bulunduğu Kayaçlar
Ferromagnezyen Silikatlar	
Olivin	Magmatik, metamorfik kayaçlar
Piroksen grubu	
Ojit en yaygın	Magmatik, metamorfik kayaçlar
Amfibol grubu	
Hornblend en yaygın	Magmatik, metamorfik kayaçlar
Biyotit	Bütün kayaç tipleri
Ferromagnezyen Olmayan Silikatlar	
Kuvars	Bütün kayaç tipleri
Potasyum feldispat grubu	
Ortoklaz, mikroklin	Bütün kayaç tipleri
Plajiyoklaz feldispat grubu	Bütün kayaç tipleri
Muskovit	Bütün kayaç tipleri
Kil minerali grubu	Topraklar, çökel kayaçlar, bazı metamorfik kayaçlar
Karbonatlar	
Kalsit	Çökel kayaçlar
Dolomit	Çökel kayaçlar
Sülfatlar	
Anhidrit	Çökel kayaçlar
Jips	Çökel kayaçlar
Halitler	
Halit	Çökel kayaçlar



■ **Şekil 2.20**

Magmatik granit kayacı, büyük ölçüde her ikisi de kayaç oluşturan minerallerden olan potasyum feldispat ve kuvarstan oluşur. Genellikle az miktarda tabaka silikası olan biyotiti de bulunur.

