

## **GİRİŞ**

### **Metallerin fiziksel özellikleri**

## **METALİK KARAKTER**

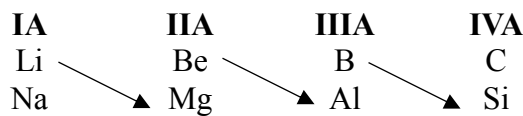
Metaller elektropozitif yani az bir enerji verildiğinde elektron kaybetme eğilimine sahip olan türlerdir.

M metal atomunu göstermek üzere



Elektron kaybetme eğilimi ne kadar büyük ise, metal o derece elektropozitif ve metalik karakter o kadar yüksektir. Elektron kaybetme eğilimi iyonlaşma enerjisine bağlı olduğundan metalik karakter, periyodik çizelgede → azalırken, ↓ artmaktadır. Buna göre aynı periyotta bulunan Na ve Mg, Si' den, Si ise Cl' den daha fazla metalik özellik göstermektedir. Dördüncü gruptaki C ametal, Si ve Ge yarı metal, Sn ve Pb metalik özellik göstermektedir. Periyodik çizelgedeki en elektropozitif yani metalik karakteri en yüksek element Cs, en ametalik element F' dur. Bir metalin elektropozitifliği, iyonların hidrasyon derecesinden de anlaşılabilir.  $M^+$  iyonunun  $[M(H_2O)_n]^+$  ya dönüşümünde pozitif yük bütün kompleks üzerine yayılmaktadır. Bu olay,  $M^+ \rightarrow M + e^-$  olayı ile hemen hemen özdeştir. Bu nedenle yüksek derecede elektronegatiflik gösteren elementler, yüksek  $M^+ \rightarrow M + e^-$  dönüşüm eğilimleri nedeni ile kolay kolay hidratlaşmaz. II. Grup elementleri, I. grup elementlerinden daha az elektropozitif olduğundan, II. grup iyonları I. gruptakilerden daha yüksek derecede hidrasyona uğrar. Hidrasyon derecesi aynı sebeple ↓ azalmaktadır.  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$  ve  $BaCl_2 \cdot 2H_2O$  örneklerinden görüldüğü gibi elektropozitiflik arttıkça daha az su bağlanmaktadır. Metal iyonunun iyonik potansiyeli ( $q/r$ ) ile de hidrasyon derecesi açıklanabilir. Yük yoğunluğu arttıkça metal katyonu ile dipol su molekülleri arasında elektrostatik etkileşim artmaktadır. Kuvvetli elektropozitif metallerin tuzları hidroliz olmaya ve okso tuzlar oluşturmaya karşı düşük eğilimlidir. Yüksek elektropozitif metal iyonlarının kompleks oluşturma yatkınlığı, yarıçaplarının büyük olması ve yük yoğunluklarının düşük olması nedeni ile azdır. Diğer taraftan zayıf elektropozitif elementlerin tuzları hidroliz olmakta ve oksotuzlar oluşturmaktadır. Bu iyonlar, küçük olduğundan kompleks oluşturmaya çok yatkındır.

Periyodik çizelgede bir grubun ilk elementi, kendisi ile aynı grupta olan elementlerin özelliklerinden farklı özellikler göstermektedir. Grubun ilk elementi kendinden sonra gelen grubun ikinci elementine benzemektedir (Şekil 1). Bu benzerlik çapraz veya diyagonal ilişki olarak adlandırılmaktadır. Örneğin 1A grubu metallerinden olan Li 2A grubu metallerinden olan Mg' a ve 2A grubu metallerinden olan Be 3A grubu metallerinden olan Al' ye benzer özellikler göstermektedir.



Şekil 1. Periyodik çizelgede çapraz ilişki

**KİM 433 METALLER KİMYASI**  
**PROF. DR. SELEN BİLGE KOÇAK**

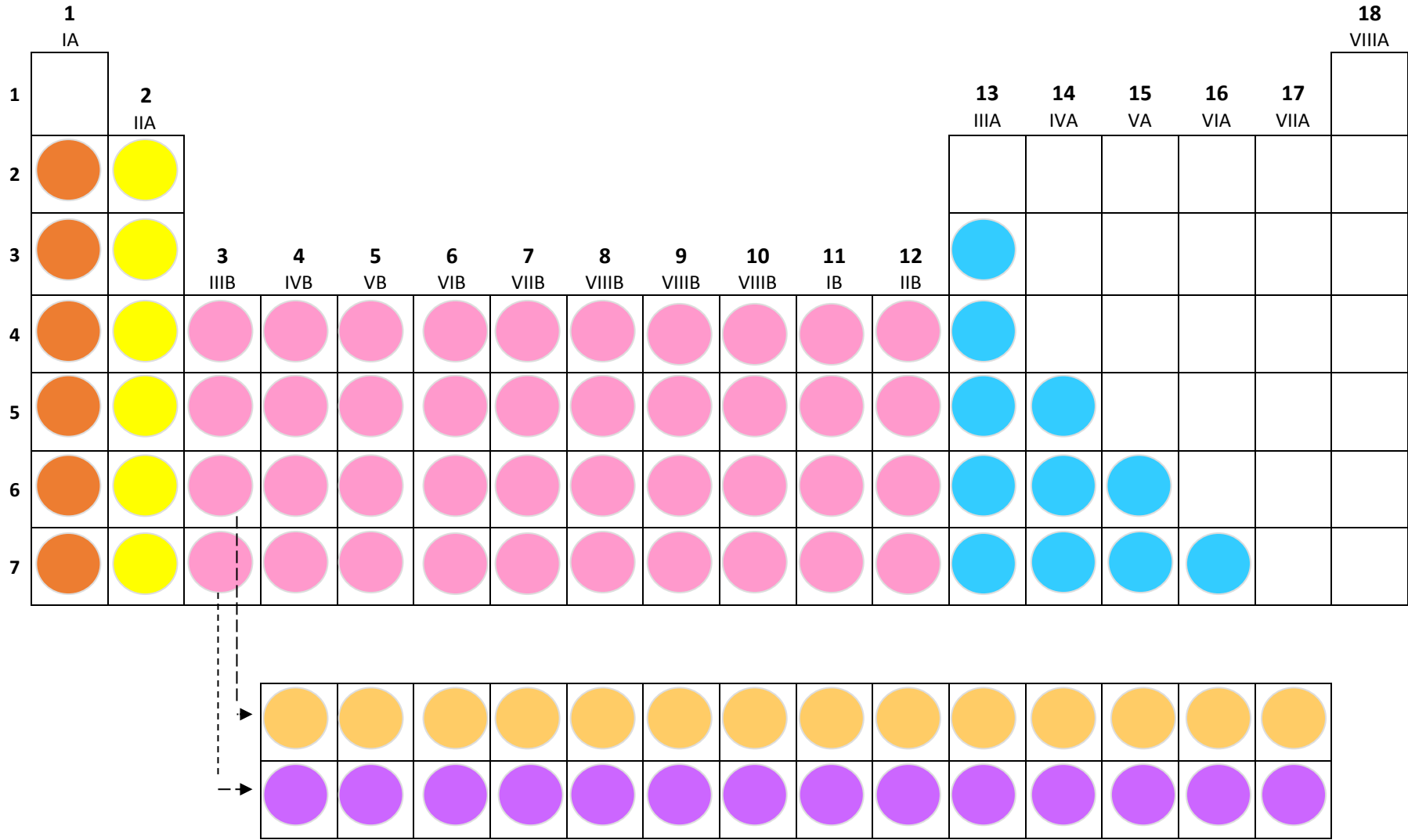
Periyodik çizelgedeki metaller Şekil 2 ve Şekil 3' te görülmektedir. Buna göre,

1. Alkali metaller: Hidrojen dışında 1A grubundaki (s-blok) elementlerdir.
2. Toprak alkali metaller: 2A grubu (s-blok) elementleridir.
3. Toprak metalleri: Bor dışında 3A grubundaki elementlerdir.
4. Geçiş metalleri: 2A grubu ile 3A grubu arasında yer alan B grubu (d-blok) elementleridir. 3B ile başlamakta ve 2B ile bitmektedir. 8B grubu yan yana 3' lü element gruplarından oluşmaktadır. 8B grubunda dikey benzerlikler yatay benzerliklerden daha önemlidir. Periyodik çizelgenin f-blok elementlerine iç geçiş elementleri veya iç geçiş mealleri denir. 6. periyottaki iç geçiş metallerine lantanitler, 7.periyottaki iç geçiş metallerine aktinitler denir. Lantanitler aktif metaller iken aktinitler radyoaktif metallerdir.
5. 4A grubu metalleri: Sn, Pb ve Fl
6. 5A grubu metalleri: Bi ve Mc
7. 6A grubu metali: Lv

Bir elementin metal olabilmesi için 6 fiziksel özelliğe sahip olması gerekmektedir. Metaller,

1. Çok yüksek elektrik ve ısı iletkenliğine sahiptir.
2. Karakteristik bir metalik parlaklığa sahiptir.
3. Termoiyonik ve fotoelektrik olay göstermektedir.
4. Bir kristal yapısına sahiptir ve yapılarında genel olarak kübik sık istiflenme (yüzey merkezli kübik), hekzagonal sık istiflenme ve iç merkezli kübik sistem gözlenmektedir.
5. Dövülebilme ve çekilebilme özelliklerine sahiptir.
6. Kolaylıkla alaşım oluşturmaktadır.

**KİM 433 METALLER KİMYASI**  
**PROF. DR. SELEN BİLGE KOÇAK**



Şekil 2. Periyodik çizelgede metaller



### **Metallerin Elektrik ve Isı İletkenliği**

Metallerin tümü, ısı ve elektriği çok iyi iletmektedir. Elektrik iletimi, elektronların yer değiştirmesi ile ilgilidir. Bu iletkenliğe elektronik iletkenlik de denmektedir. Herhangi bir katı ile bir metal arasında elektrik iletimi bakımından farklılıklar bulunmaktadır. Katılar arasındaki iletkenlik, metalik katılar > iyonik katılar > kovalent katılar sırasında azalmaktadır. Metallerdeki iletkenlik, NaCl gibi iyonik bileşiklerin sulu çözeltilerinin iletkenliğinden (katyonlar katoda ve anyonlar anoda göç etmektedir) farklıdır. Bunun yanı sıra örgü hataları içeren iyonik bileşikler, katı halde çok az elektriği iletmemektedir. C atomu dikkate alındığında, periyodik çizelgede karbonun solundaki elementlerin çoğu metaldir. C atomu 4 değerlik elektronuna sahiptir. Bu elektronların hepsi dört bağ oluşturmak üzere kullanırsa değerlik tabakası dolar ve elektrik iletimi için serbest elektron kalmaz. Karbonun solundaki elementler, değerlik orbitalleri sayısından daha az sayıda elektron içerdiklerinden boş orbitallere sahiptir. İletkenlik için elektrona ve elektronların hareketi için boş orbitallere ihtiyaç duyulmaktadır. Metal içindeki elektronların hareketliliği, yüksek termik iletkenlik sağlamaktadır. Genel bir kural olarak elektriği yüksek derecede ileten metaller, ısıyı da aynı derecede iletmemektedir. Termik enerji olarak metalin bir bölümünde soğurulan enerji, iletim görevi yapan elektronlar tarafından metal içinde kolaylıkla taşımaktadır. Daha ileride görüleceği üzere metallerin elektriksel iletkenliği sıcaklık yükseldikçe azalmaktadır.

### **Metallerin Parlaklığı**

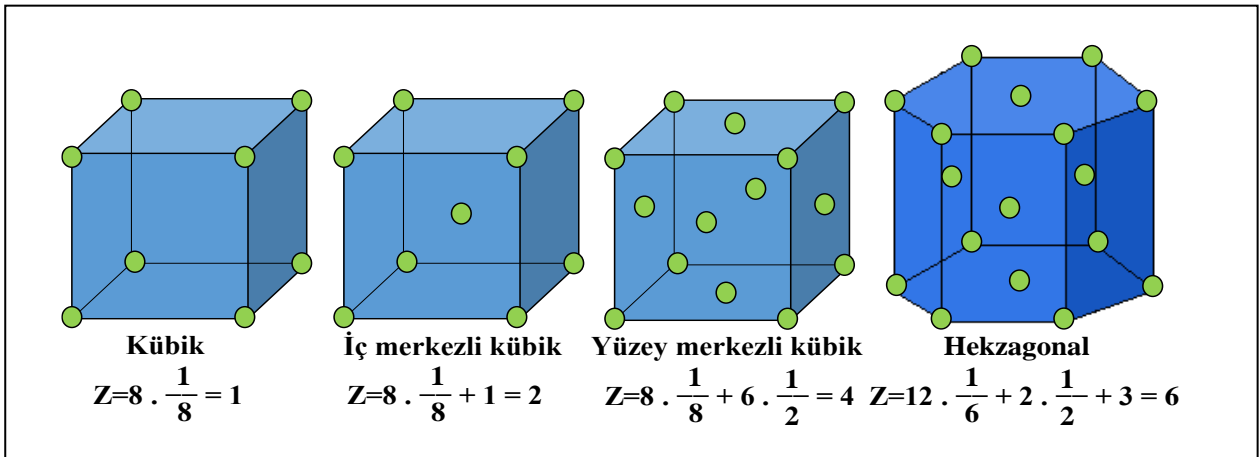
Metallerin parlaklığı oldukça karakteristiktir. Yüzeyi düzgün olan metaller, parlak bir görünüme sahiptir. Cu ve Au dışındaki metaller, gümüş renklidir. Öğütüldüklerinde koyu gri ve siyah renkli görünmektedirler. İyot ve kükürt gibi ametal birkaç elementin küçük açılardan gözlenen parlaklığının aksine, metaller bütün yansıma açılardan parlak görünmektedir. Parlaklık, metaldeki serbest elektronlardan kaynaklanmaktadır. Bir metal içindeki elektronlar, görünür ışıktaki enerjinin tamamını (tüm renkler) soğurarak daha yüksek enerji düzeyine uyarılmaktadır. Kısa bir süre sonra orijinal enerji düzeylerine dönen bu uyarılmış elektronlar, soğurdukları ışığın tamamını pratik olarak geri yayımlamaktadır. Bu durum, metallerin ışığı yansıtması olarak ortaya çıkmakta ve bu nedenle metaller parlak görünmektedir. Cu' nun ve Au' nun sırası ile kırmızı ve sarı renkleri, bu metallerin görünür ışıktaki bazı renkleri diğerlerine göre daha kolay soğurmasından kaynaklanmaktadır.

### Metallerde Termoyonik ve Fotoelektrik Olay

Metallerin ısıtılarak elektron yaymasına termoyonik olay denmektedir. Termoyonik olay, ilk olarak 1883 yılında Edison tarafından gözlenmiş ve 1904 yılında Fleming tarafından lamba yapımında kullanılmıştır. Metallerin UV ışınları gibi kısa dalga boylu ışınlar maruz bırakıldığında elektron yaymasına ise fotoelektrik olay denir. Metalden elektron koparabilmek için metal yüzeyine gönderilen ışının belirli bir eşik frekansında veya bu eşik frekansından daha yüksek bir frekansta olması gerekmektedir. Yayılan elektron sayısı, kullanılan ışının şiddetine, kinetik enerjisine ve dolayısı ile frekansına bağlıdır. Işının şiddetinin artırılması, fırlatılan elektronların sayısını arttırmakta ancak enerjilerini değiştirmemektedir. Einstein'ın fotoelektrik olay ile ilgili yaptığı çalışmada elde ettiği doğrunun eğiminden Planck sabitini 'h' yüksek bir hassasiyetle bulması, kendisine 1923 yılında Nobel Fizik Ödülü' nü kazandırmıştır. Alkali metaller, kuvvetli fotoelektrik olay göstermektedir. Özellikle Cs, görünür ışın etkisi ile bile elektron yaymakta ve bu özelliği sebebi ile fotoelektrik hücrelerde kullanılmaktadır.

### Metallerin Kristal Yapısı

Metaller, genel olarak iç merkezli kübik, yüzey merkezli kübik ve hekzagonal sık istiflenme olmak üzere üç farklı sistemde kristallenmektedir (Şekil 4). Basit kübik yapı ise en az rastlanan metalik yapıdır. Katı Hg' de bu yapıya çok benzer bir yapıdadır. Metallerin birim hücreesindeki atom sayısını (Z) belirlerken, köşelerde ve yüzey merkezlerinde bulunan atomların komşu diğer birim hücreler tarafından paylaşıldığını unutmamak gerekir. Her köşede bulunan metal atomu, sekiz ve her yüzey merkezli metal atomu iki birim hücre tarafından paylaşılmaktadır. Böylece iç merkezli kübik sistem, yüzey merkezli kübik sistem ve hekzagonal sık istiflenme birim hücreesinde sırası ile 2, 4 ve 6 metal atomu bulunmaktadır.



Şekil 3. Metallerin kristal yapısı

## KİM 433 METALLER KİMYASI

PROF. DR. SELEN BİLGE KOÇAK

Kristal türü, metal bağında yer alan her bir atomun s ve p elektron sayısı ile ilişkili olarak, elementin periyodik çizelgedeki yerine göre değişmektedir (Çizelge 1). Ayrıca metallerin hangi yapıyı oluşturacağı değerlik orbitallerindeki elektron sayısına bağlıdır. Kaba bir tahmine göre değerlik orbitalleri sayısından daha fazla elektron içeren metaller kübik, değerlik orbitallerinden daha az sayıda elektron içeren metaller hekzagonal sık örgüyü oluşturma eğilimi göstermektedir. Şekil 4' te periyodik çizelgedeki metallerin kristal yapısı görülmektedir.

Çizelge 1. s ve p orbitallerindeki elektron sayısına göre metallerin kristal yapısı

Bağa katılan atom başına düşen s ve p elektronu sayısı	Yapı
< 1.5	İç merkezli kübik
1.7-2.1	Hekzagonal sık istiflenme
2.5-3.2	Yüzey merkezli kübik
~4	Ametalik elmas yapısı

Metaller, düşük sıcaklıktan yüksek sıcaklığa doğru  $\alpha$ ,  $\beta$  ve  $\gamma$  ile ifade edilen çeşitli yapılar oluşturabilmektedir. Bu nedenle birçok metal polimorfizm (çok yapılık) göstermektedir. Örneğin Fe, çok yapılı bir metaldir.  $\alpha$ -Fe; iç merkezli kübik yapıdadır ve 905 °C' ye kadar kararlıdır,  $\gamma$ -Fe; yüzey merkezli kübik yapıdadır ve 1401 °C' ye kadar kararlıdır,  $\beta$ -Fe; hekzagonal sık istiflenmiştir. Sn' nin düşük sıcaklık formu gri kalay ( $\alpha$ -Sn), 13.2 °C' nin üzerinde ısıtıldığında beyaz kalaya ( $\beta$ -Sn) dönüşmektedir. Ayrıca metallerin yapısı, yüksek sıcaklıklarda istiflendikleri yapılardan daha rahat bir yapı olan iç merkezli kübik yapısına dönüşmektedir. Bu sıcaklık, Ca, Ti ve Mn için oda sıcaklığının üstünde iken Li ve Na için oda sıcaklığının altındadır.

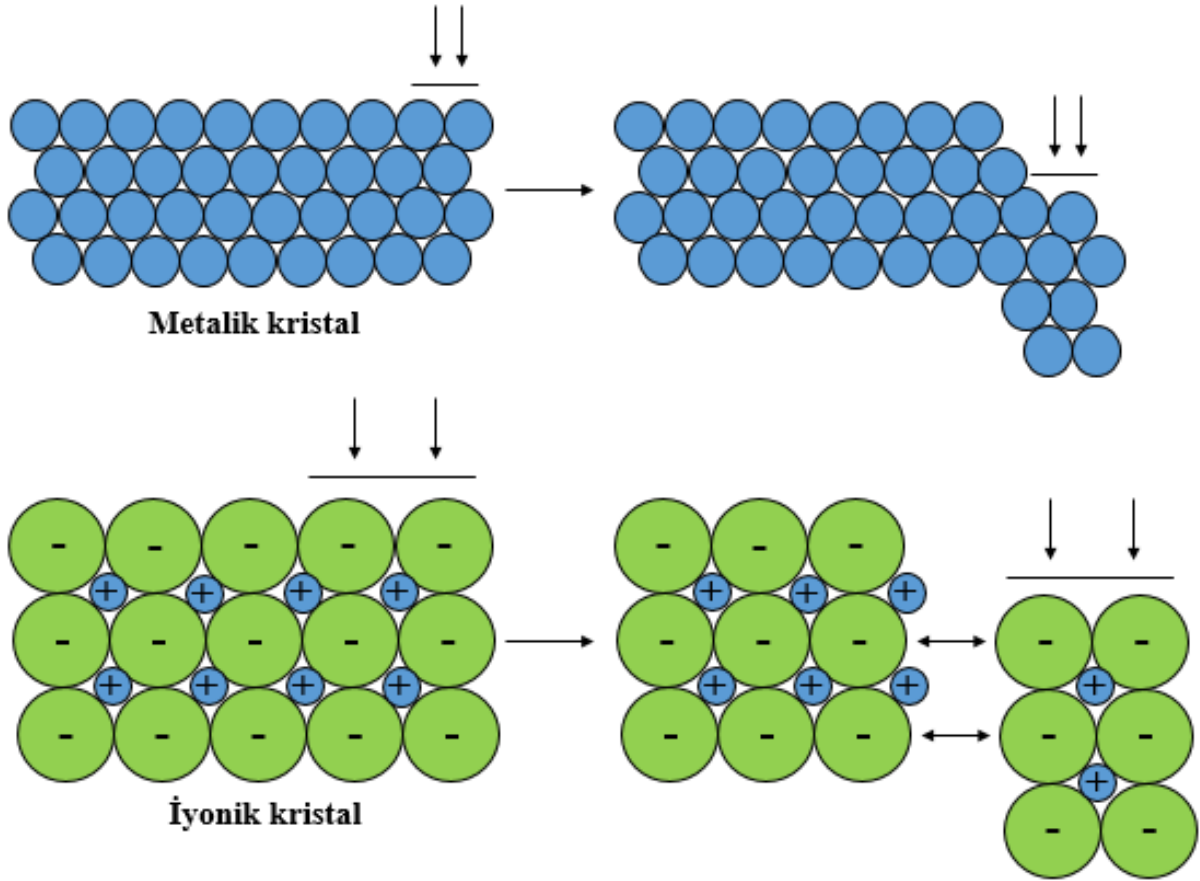
İç merkezli kübik	Yüzey merkezli kübik	Hekzagonal sık istiflenme ABAB	Hekzagonal istiflenme ABAC, ABCB, ...	Diğer
Li, Na, K, Rb, Cs	Ca, Sr, Ba	Be, Mg, Sc, Y, Zr, Nb, Mo, Tc, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd, Zn, Ga, In, Sn, Tl, Pb	Al, Fe, Co, Ni, Cu, Mn, Cr, Ti, Y, Zr, Nb, Mo, Tc, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd, Zn, Ga, In, Sn, Tl, Pb	Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu

Şekil 4. Periyodik çizelgede metallerin kristal yapısı



### Metallerin Dövülebilme ve Çekilebilme Özelliği

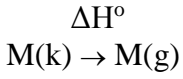
Dövülebilme ve çekilebilme, metallerin karakteristik mekanik özelliklerindedir. Metal bağlarının üç boyutlu yönelmesinden dolayı, atomların bulunduğu düzlemler iyonik katılarınkinin aksine darbe altında kolayca kayabilmekte ve metal kristalleri parçalanmadan şekil değiştirebilmektedir. İyonik kristallerde kristali bir arada tutan kuvvet, negatif ve pozitif iyonlar arasındaki elektrostatik çekim kuvvetidir. İyonik bir kristal bir kısmi basınca maruz kaldığında, düzlemlerin yer değiştirmesi ile aynı yüklü iyonların birbirini itmesi nedeni ile kristal parçalanmaktadır (Şekil 5). Bu nedenle iyonik kristaller tel ve levha haline getirilemez. Metalik kristallerde ise basıncın etkisi ile kristalin bir kısmının kayması yapıyı bozmamaktadır (Şekil 5). Bu nedenle metaller dövülebilme ve gerilmeye karşı dayanıklı olabilmektedir.



Şekil 5. Darbe alan metalik ve iyonik kristaller

**KİM 433 METALLER KİMYASI**  
**PROF. DR. SELEN BİLGE KOÇAK**

Metallerde fiziksel yapı bozulmasına karşı çok fazla bir direnç yoktur. Buna karşılık yapıyı bir arada tutan büyük bir bağlayıcı kuvvet vardır. Bu kuvvet, atomlaşma ısısı ( $\Delta H^\circ$ ) olarak bilinmektedir.



Periyodik çizelgede metallerin erime ve kaynama noktası, ↓ doğru gidildikçe azalırken → doğru gidildikçe artmaktadır. Aynı azalma ve artış atomlaşma ısılarında da görülmektedir. Bu durum, bağlayıcı kuvvetin çekirdekler arası uzaklık ile ters orantılı olduğunu göstermektedir. Atomlaşma ısısı, I. gruptan III. gruba gidildikçe artmaktadır. Çünkü metalik bağ kuvveti, bağ elektronlarının sayısı ile ilişkilidir. Örneğin 1. sıra geçiş elementleri için eşleşmemiş d elektronları sayısının artışı ile atomlaşma enerjisi artmaktadır. Zn' ye doğru gidildikçe d elektronları eşleşmekte, metalik bağa katılan her bir atom başına düşen elektron sayısı azalmakta ve Zn' de bir minimum değere ulaşmaktadır.

Metallerin dövülebilme ve çekilebilme gibi mekanik özellikleri, birim hücredeki atomların aynı düzenlemeyi koruyarak birbirine komşu tabakaların yer değiştirmesine bağlıdır. Bu özellikler, kristal örgü hataları ve örgüde safsızlıkların varlığı gibi faktörlerden etkilenmektedir. Yüksek simetri özelliğinden dolayı yüzey merkezli kübik yapılarda tabakaların birbiri üzerinden kaydırılma imkanı, hegzagonal sık istiflenmiş yapılar ile karşılaştırıldığında daha yüksektir. Bu nedenle yüzey merkezli kübik sistemde kristallenen metaller, hegzagonal sık istiflenen ve iç merkezli kübik sistemde kristallenen metallere göre daha yumuşaktır.

Bir metaldeki değerlik elektronları, çok sayıda bağa yayılmışsa her bir bağ daha zayıf ve dolayısı ile daha uzundur. Alkali metaller gaz halinde iki atomlu moleküller olarak bulunmaktadır. Metal kristallerindeki atomlararası uzaklıklar iki atomlu moleküllerinkinden daha uzundur. Metal kristallerindeki bağlar daha uzun ve zayıf olmasına rağmen,  $M_2$  moleküllerindeki bağlardan sayıca daha fazladır ve dolayısı ile metal kristallerinin süblimleşme entalpisi,  $M_2$  molekülünün ayrışma entalpisinden daha büyüktür (Çizelge 2).

Çizelge 2. Kristal yapıda ve molekül halinde kararlılık

	Kristaldeki bağ uzunluğu (pm)	$M_2$ molekülündeki bağ uzunluğu (pm)	$\Delta H_{\text{süblimleşme}}$ (kJ.mol <sup>-1</sup> )	$\Delta H_{\text{ayrışma}}$ (kJ.mol <sup>-1</sup> )
<b>Li</b>	304	267	161	54
<b>Na</b>	372	308	108	38

## **Metallerin Alaşım Oluşturma Özelliği**

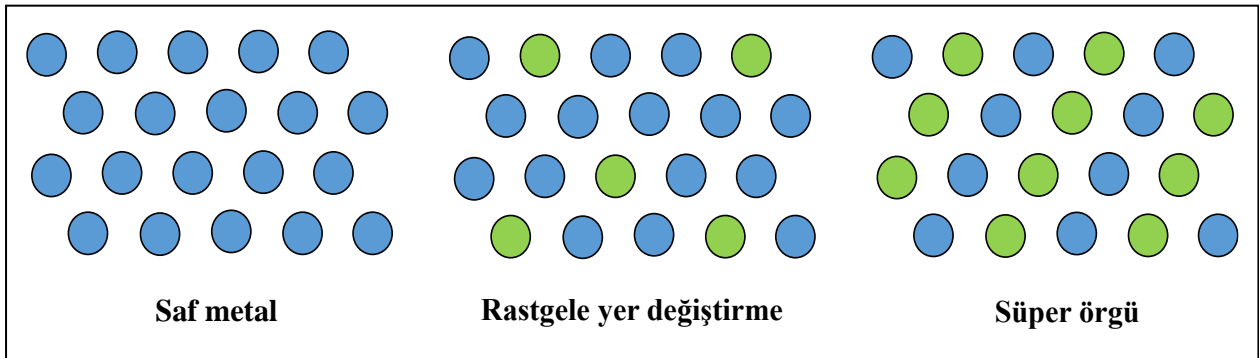
Alaşım, iki veya daha fazla metalin veya metal ile ametalin karıştırıldıktan sonra eritilip soğutulması ile elde edilen homojen bir karışımdır. Alaşımın katı çözeltiler olarak da düşünülebilir. Böyle bir katı çözeltide, bir elementin atomları diğer elementin atomları arasında dağılmıştır. Alaşımın genel olarak yer değiştirme ile ve boşluklara yerleşme ile oluşması üzere iki çeşittir.

### **1. Yer değiştirme ile oluşan alaşımlar**

Metallerin oluşturduğu alaşımdır. İki metal erime sırasında birbiri ile tam olarak karışabiliyorsa, katı çözeltiler verebilmektedir. Alaşımda miktarca az olan metal atomları, bu katı çözeltide çözücü olarak davranan ve miktarca fazla olan metal atomları ile rastgele yer değiştirir. Yani alaşımın kristal örgü noktalarında, çözücü metal atomlarının bazıları yerine çözünen metal atomları geçmektedir. Yer değiştirme alaşımlarında atomların kristal örgüde rastgele dağıldığı gözlenmektedir. Yer değiştirmenin düzenlilik gösterdiği durumlarda süper örgüye sahip alaşımlar oluşmaktadır (Şekil 6). Metallerin yer değiştirme ile alaşım verebilmesi için sahip olması gereken özellikler vardır. Hume-Rothery tarafından önerilen bu özelliklere göre;

- (i) Her iki metal aynı kristal yapısına sahip olmalıdır.
- (ii) Her iki metalin büyüklüğü birbirine yakın olmalı ve metalik yarıçaplar arasında %15'ten daha büyük bir fark olmamalıdır.
- (iii) Metallerin kimyasal özellikleri benzer olmalı ve özellikle değerlilik elektron sayıları aynı olmalıdır.

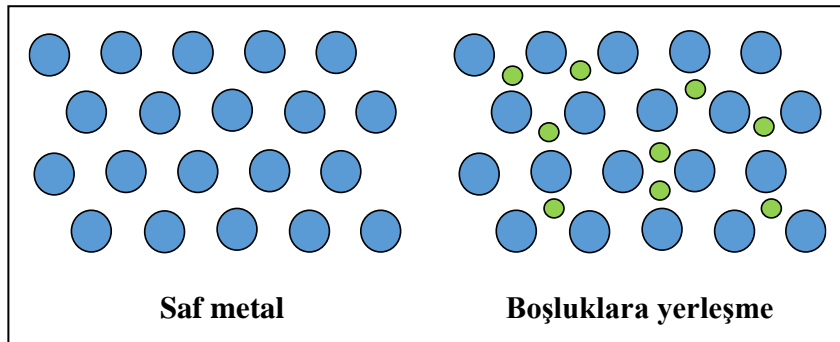
Cu/Ni, Cu/Au, K/Rb ve Rb/Cs' den oluşan alaşımlar yer değiştirme ile oluşan alaşımlara örnek olarak verilebilir. Örneğin yüzey merkezli kübik sistemde kristallenen Cu ve Ni, aynı elektropozitif karaktere sahiptir. İç merkezli kübik sistemde kristallenen alkali metaller, kimyasal özellikleri bakımından da birbirine benzemektedir.



Şekil 6. Yer değiştirme ile oluşan alaşımlar

## 2. Boşluklara yerleşme ile oluşan alaşımlar

Metal ile ametalin oluşturduğu alaşımlardır. Metal kristalleri sık istiflenmiş yapıdadır ancak metal atomları ne kadar sık istiflenirse istiflensin kristal örgüsünün %26' sı veya %32' si boştur. Kristal örgüsü içerisindeki boşluklar, genellikle tetrahedral ve oktahedral geometriye sahiptir. Bir metal boşluklarının büyüklüğüne yakın büyüklükteki bir ametal ile karışırsa, ametal metalin yapısını değiştirmeden metaldeki boşluklara yerleşebilmektedir (Şekil 7). Metallerdeki boşluklara yerleşen elementler; H, B, C, N gibi küçük elementlerdir. Küçük elementlerin metaldeki boşluklara yerleşmesi; metalin parlaklık, ısı ve elektrik iletimi gibi özelliklerini değiştirmezken, metalin sertlik, dövülebilme ve çekilebilme gibi fiziksel özelliklerini önemli ölçüde değiştirmektedir. Çünkü boşluklara küçük elementlerin yerleşmesi, tabakaların birbiri üzerinden kaymasını zorlaştırmaktadır. Boşluklara yerleşme ile oluşan borlu, karbonlu ve azotlu alaşımlar, oldukça inerttir ve serttir ve çok yüksek erime noktasına sahiptir. Demirin boşluklarına karbonun yerleşmesi ile oluşan demir karbür (çelik), endüstriyel öneme sahiptir.



Şekil 7. Boşluklara yerleşme ile oluşan alaşımlar

### Ticari öneme sahip bazı alaşımlar

**Lehim:** Sn-Pb alaşımları. Ticari lehim %30 Sn %70 Pb içermektedir.

**Pirinç:** Cu-Zn alaşımları. Cu' a Zn katılarak elde edilmektedir. Cu kırmızı renkli bir metaldir ve içine Zn katılarak rengi açılmakta ve pirinçteki Zn % si arttıkça renk kırmızıdan altın sarısına doğru gitmektedir. Pirincin içerisinde Sn, Pb, Ni, Mn, Fe, Al, As, Sb ve P da bulunabilir.

**Tunç (bronz):** Cu' nun Cu-Ni, Cu-Be, Cu-Zn (prinç) alaşımları dışındaki bütün alaşımlarıdır. olarak kullanılmaktadır. %10 Zn içeren ticari bronz da denilmektedir. Bronz; silah, bıçak, makas, çekiç ve para yapımında kullanıldığından tarihi öneme sahiptir. Bronzun içerisinde Si, Al ve Sn ve az miktarda Mn, Fe, Pb ve P bulunabilir.

**Çelik:** Fe ana metal olmak üzere maksimum %2 oranında C içeren bir alaşımdır. Mn, Si, P çeliğin içinde olan elementlerdir.