

# BÖLÜM 2 KİMYASAL HESAPLAMALAR

Bu bölümde, aşağıdaki konular kısaca anlatılarak uygun örnekler çözülür.

**2.1** Mol kavramı

**2.2** Ortalama mol kütlelerinin bulunması

**2.3** Kimyasal formüllerin bulunması

**2.4** Kimyasal reaksiyonlar ve Kimyasal reaksiyonların denkleştirilmesi

**2.5** Kimyasal reaksiyonlarla ilgili hesaplamalar

Aşağıda verilen özet bilginin ayrıntısını, ders kitabı olarak önerilen, Erdik ve Sarıkaya'nın "Temel Üniversitesi Kimyası" Kitabı'ndan okuyunuz.

## 2.1 Mol Kavramı

Latince, çok büyük sayıları ifade etmede kullanılan ve büyük yığın anlamına gelen **mol**,

12 g  $^{12}_6\text{C}$  (karbon-12) izotopundaki atom sayısı kadar parçacık içeren madde miktarıdır.

Tek bir karbon-12 izotopunun kütlesi kütle spektroskopisiyle  $1,9926 \times 10^{-23}$  g olarak bulunduğuna göre; 12 g karbon-12 izotopunun içerdiği karbon atom sayısı  $6,022 \times 10^{23}$ 'tür.

Bu sayı **AVOGADRO SAYISI** ( $N_A$ ) olarak bilinir.

$6,022 \times 10^{23}$  tane tür = 1 mol tür (atom, iyon, molekül, elektron.....)

1 mol element  $6,022 \times 10^{23}$  kadar atom içerir. (1 mol O,  $6,022 \times 10^{23}$  tane O atomu içerir.)

1 mol bileşik  $6,022 \times 10^{23}$  kadar molekül içerir. (1 mol  $\text{O}_2$ ,  $6,022 \times 10^{23}$  tane  $\text{O}_2$  molekülü içerir.)

$6,022 \times 10^{23}$  tane tür = 1 mol tür (atom, iyon, molekül, elektron.....)

❖ 1 mol atomunun(elementin) kütlesi g cinsinden atom kütlesine eşittir ve M ile gösterilir, birimi g/mol'dür.

Örneğin; 1 mol O atomu(elementi), 16 g'dır ( $M_o$ : 16 g/mol) ve  $6,022 \times 10^{23}$  kadar O atomu içerir.

❖ 1 mol molekülün(bileşiğin) kütlesi g cinsinden molekül kütlesine eşittir.

Örneğin; 1mol  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 'in içerdiği her bir element atomunun g cinsinden mol kütlelerinin formüldeki mol sayılarıyla çarpılması sonucu elde edilen g kadar molekül kütlesine sahiptir.

$$n = \frac{\text{kütle}(m)}{\text{molekül kütlesi}(M)}$$

mol sayısı

**Örnek Soru:** Aşağıdakileri hesaplayınız(Al: 27,0 g/mol; S:32,0 g/mol; O: 16,0 g/mol).

- a) 3,42 g  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  kaç moldür?
- b)  $1,230 \times 10^{23}$  tane  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  kaç moldür?
- c) 34,2 g  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 'de kaç tane molekül vardır?
- d) 34,2 g  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 'de kaç tane S atomu bulunur?
- e)  $1,230 \times 10^{23}$  tane  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  kaç g O içerir?
- f) 3,42 g  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  kaç g Al içerir?

**Çözüm:** a) 3,42 g  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  kaç moldür? Önce, bu bileşik için mol kütlesi hesaplanır. Sonra 3, 42 g'ının kaç mol olduğuna ister oran-orantı yoluyla ister mol sayısı formülünden yararlanılarak ulaşılır.

1 mol  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 'ün kütlesi yani molekül kütlesi =  $(2 \times 27,0) + (3 \times 32,0) + (12 \times 16,0) = 342$  g/mol

$$n = \frac{\text{kütle(m)}}{\text{molekül kütlesi(M)}} = \frac{3,42}{342} = 0,01$$

veya

$$\begin{array}{r} 342 \text{ g } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \quad 1 \text{ mol ise} \\ 3,42 \text{ g } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \quad \quad \quad x \\ \hline x = 0,01 \text{ mol} \end{array}$$

veya birim yok etme yöntemiyle

$$? \text{ mol } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 = 3,42 \text{ g } \cancel{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} \times \frac{1 \text{ mol } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3}{342 \text{ g } \cancel{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3}} = 0,01 \text{ mol}$$

b)  $1,230 \times 10^{23}$  tane  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  kaç moldür?

$$\begin{array}{r} 6,022 \times 10^{23} \text{ tane } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \quad 1 \text{ mol ise} \\ 1,230 \times 10^{23} \text{ tane } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \quad x \\ \hline x = 0,2042 \text{ mol} \end{array}$$

c) 34,2 g  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 'de kaç tane molekül vardır?

$$\begin{array}{r} 342 \text{ g } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \quad 1 \text{ mol ise} \\ 34,2 \text{ g } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \quad x \\ \hline x = 0,1 \text{ mol} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \text{ mol } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \quad 6,022 \times 10^{23} \text{ tane } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \text{ molekülü içerirse} \\ 0,1 \text{ mol } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \quad x \\ \hline x = 6,022 \times 10^{22} \text{ tane molekül içerir} \end{array}$$

veya birim yok etme yöntemiyle

$$\begin{aligned} ? \text{ molekül} &= 34,2 \text{ g } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \times \frac{1 \text{ mol } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3}{342 \text{ g } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} \times \frac{6,022 \times 10^{23} \text{ tane molekül}}{1 \text{ mol } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} \\ &= 6,022 \times 10^{22} \text{ tane } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \text{ molekülü içerir.} \end{aligned}$$

d) 34,2 g  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 'de kaç tane S atomu bulunur?

$$\begin{aligned} ?\text{S atom} &= 34,2\text{g } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \times \frac{1\text{ mol } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3}{342\text{g } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} \times \frac{3\text{ mol S}}{1\text{ mol } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} \times \frac{6,022 \times 10^{23}\text{ tane S atomu}}{1\text{ mol S}} \\ &= 1,8066 \times 10^{23}\text{ tane } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3\text{ molekülü içerir.} \end{aligned}$$

e)  $1,230 \times 10^{23}$  tane  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  kaç g O içerir?

$$\begin{aligned} ?\text{g O} &= 1,230 \times 10^{23}\text{ tane } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \times \frac{1\text{ mol } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3}{6,022 \times 10^{23}\text{ tane } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} \times \frac{12\text{ mol O}}{1\text{ mol } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} \times \frac{16,0\text{ g O}}{1\text{ mol O}} \\ &= 39,216\text{ g O içerir.} \end{aligned}$$

f) 3,42 g  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  kaç g Al içerir?

$$\begin{aligned} ?\text{g Al} &= 3,42\text{ g } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \times \frac{1\text{ mol } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3}{342\text{ g } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} \times \frac{2\text{ mol Al}}{1\text{ mol } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} \times \frac{27,0\text{ g Al}}{1\text{ mol Al}} \\ &= 0,54\text{ g Al içerir.} \end{aligned}$$

## 2.2 Ortalama mol kütesinin bulunması

Doğada elementler izotoplarının karışımı olarak bulunurlar. Bir elementin ortalama mol kütesi herbir izotop atomunun kütesi ve doğal bolluk kesirlerinden yararlanılarak hesaplanır.



**Örnek Soru:** Doğal bir Mg numunesinin %78,99'u  $^{24}\text{Mg}(3,983 \times 10^{-23}\text{g})$ , %10,00'u  $^{25}\text{Mg}(4,149 \times 10^{-23}\text{g})$  ve %11,01'i  $^{26}\text{Mg}(4,315 \times 10^{-23}\text{g})$ 'dir. Buna göre doğal magnezyumun ortalama kütesini hesaplayınız.

$$\begin{aligned} \text{Mg atomunun ort. kütesi} &= (3,983 \times 10^{-23} \times \frac{78,99}{100}) + (4,149 \times 10^{-23} \times \frac{10,00}{100}) + (4,315 \times 10^{-23} \times \frac{11,01}{100}) \\ &= 3,146 \times 10^{-23} + 4,149 \times 10^{-24} + 4,751 \times 10^{-24} \\ &= 4,036 \times 10^{-23} \text{ g} \end{aligned}$$

$$\text{Mg'un ortalama mol kütesi} = 6,022 \times 10^{23} \times 4,036 \times 10^{-23} \text{ g} = 24,30 \text{ g/mol}$$



## 2.3 Kimyasal formüllerin bulunması

Yapı formülü

Bileşğin yapısı hakkında bilgi verir.

Ampirik formül(basit formül)

Bileşğin yapısındaki elementlerin bileşimi, bağıl atom sayıları hakkında bilgi verir.

Molekül formülü

Bileşğin yapısındaki elementlerin bileşimi, gerçek ve bağıl atom sayıları hakkında bilgi verir.

Ampirik formülünün ve molekül formülünün belirlenmesinde bileşğin yapısındaki elementlerin kütlece yüzde bileşiminden de yararlanır.

$$\text{kütlece \% bileşim} = \frac{\text{elementin numunedeki kütlesi}}{\text{numunenin( bileşğin ) kütlesi}} \times 100$$

## Ampirik ve Molekül Formüllerinin Bulunması ile İlgili Örnek Soru ve Çözümü

**Soru:** % 40,9 karbon, %4,58 hidrojen ve %54,5 oksijen içeren C-vitamininin a) ampirik formülünü (A.F.) b) denel mol kütlesi 176,14 g/mol ise molekül formülünü bulunuz (C: 12,01 g/mol; H: 1,008 g/mol; O: 16,0 g/mol).

**Çözüm:**

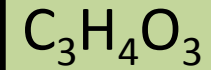
a)

$$n_C = \frac{m_C}{M_C} = \frac{40,9}{12,01} = 3,405 / 3,405 = 1 \times 3 = 3$$

$$n_H = \frac{m_H}{M_H} = \frac{4,58}{1,008} = 4,544 / 3,405 = 1,33 \times 3 = 3,99 \cong 4$$

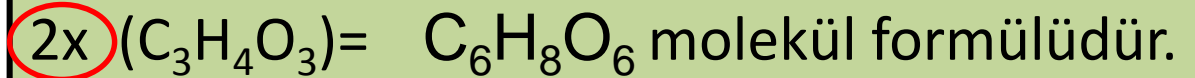
$$n_O = \frac{m_O}{M_O} = \frac{54,5}{16,0} = 3,406 / 3,405 = 1 \times 3 = 3$$

A.F.



b)

$$n = \frac{M_{\text{denel}}}{M_{\text{A.F.}}} = \frac{176,14}{88,06} = 2,00$$



## 2.4 Kimyasal Reaksiyonlar ve Kimyasal Reaksiyonların Denkleştirilmesi

Bir maddenin başka bir maddeye dönüştüğü kimyasal değişime neden olan olaya Kimyasal reaksiyon denir. Bu olayların çok çeşitli olduğu düşünülmesine rağmen temelde reaksiyona girenlerle reaksiyon sonucunda oluşan ürünler arasında elektron alış-verişi olanlar ve olmayanlar şeklinde gruplandırmak mümkündür.

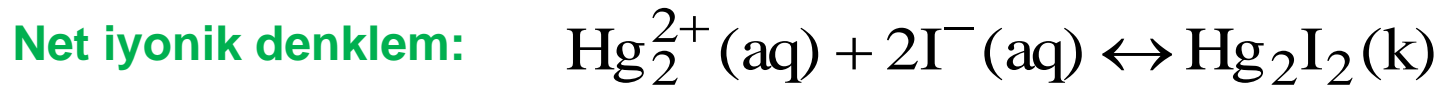
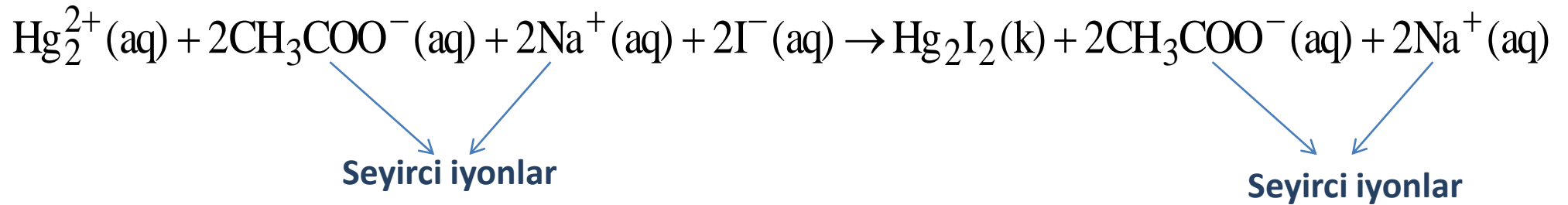
1. Çökme reaksiyonları: Normal olarak çözünen iki elektrolit çözeltisi karıştırıldığında çözünmeyen bir katının oluştuğu reaksiyonlardır.
2. Kompleksleşme reaksiyonları: Elektron çifti sunabilen maddelerle metallerin verdiği reaksiyonlardır.
3. Asit-baz ve nötralleşme reaksiyonları (sonraki bölümlerde detaylı olarak işlenecektir): Sulu çözeltilerde reaksiyona girenler arasında  $H^+$  iyonunun aktarılması esasına dayanır.
4. Yanma reaksiyonları: Organik bileşiklerin oksijenin aşırısında yanması sonucu  $CO_2$  ve  $H_2O$ 'nun oluştuğu reaksiyonlar olup, yanma analizleriyle de bir bileşiğin basit formülü hesaplanabilir.
5. Redoks reaksiyonları: Elektron alış-verişi olan yükseltgenme-indirgenme reaksiyonlarıdır.
6. Çekirdek reaksiyonları (sonraki bölümlerde işlenecektir): Yukarıda sayılanlardan farklı olarak çekirdekteki değişimleri içine alan, proton ve nötronları bulunduran çekirdeğin de değişikliğe uğradığı reaksiyonlardır.

## Bazı Kimyasal Reaksiyonlara Örnekler ve Kimyasal Reaksiyonların Denkleştirilmesi

Çökme reaksiyonlarına örnek:



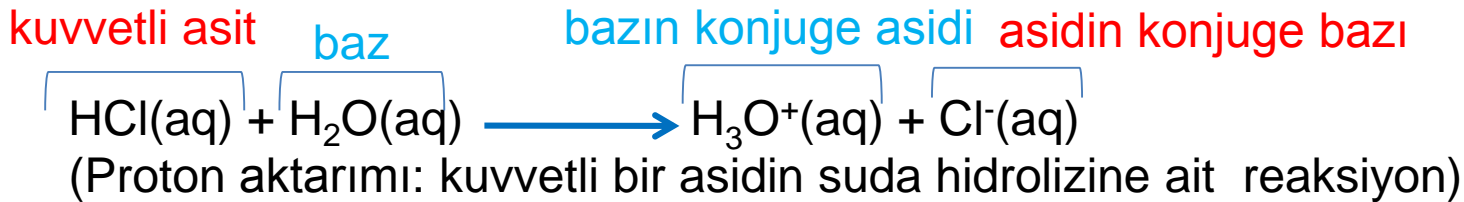
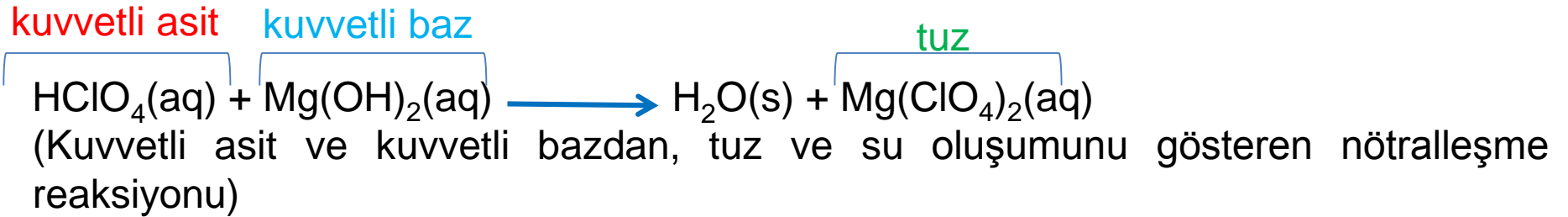
**Toplam iyonik denkleme:**

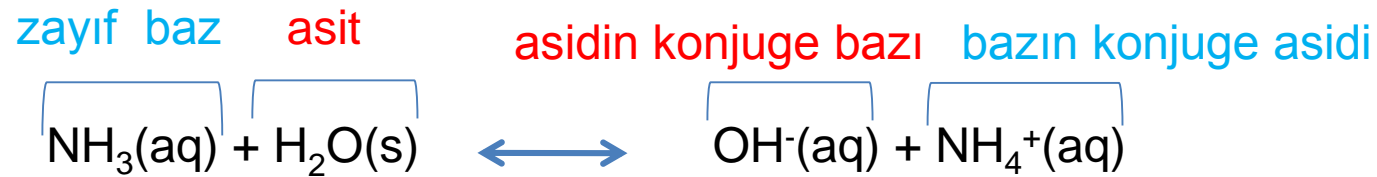


## Asit-baz ve nötralleşme reaksiyonlarına örnek:

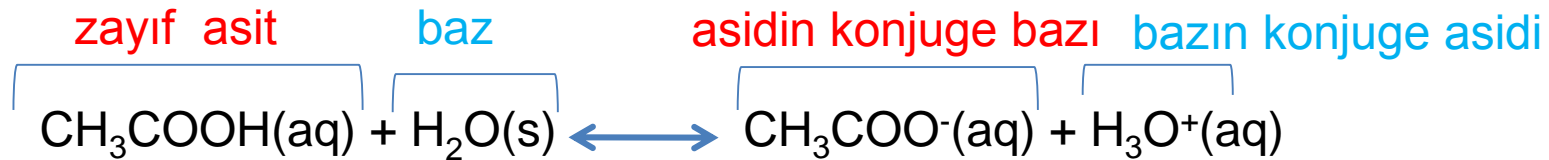
Arrhenius, Bronsted-Lowry ve Lewis asit-baz tanımları sonraki bölümlerde daha detaylı anlatılacağı için burada değinilmemiştir. Ancak, sulu çözeltilerde, en çok Bronsted-Lowry asit-baz tanımından yararlanarak karşısındakine proton( $H^+$ ) veren maddeler asit, karşısındakinden proton alan maddeler baz olarak tanımlanır. Aralarında bir protonluk ilişki olan asit-baz çiftlerine **konjuge asit-baz çifti** denir.

Buna göre aşağıdaki reaksiyonlarda girenlerdeki asit-bazlar ve ürünlerdeki konjuge asit-bazları işaretlenmiştir.





(Proton aktarımı: zayıf bir bazın suda hidrolizine ait reaksiyon)



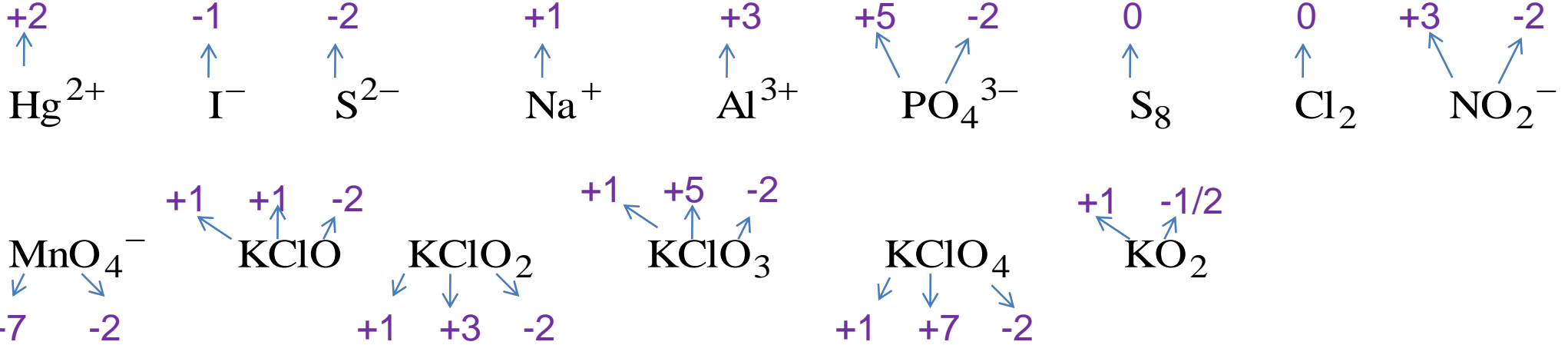
(Proton aktarımı: zayıf bir asidin suda hidrolizine ait reaksiyon)

# Kimyasal Reaksiyonlara örnekler ve Kimyasal Reaksiyonların Denkleştirilmesi

## Yükseltgenme-İndirgenme (Redoks) Reaksiyonları ve Denkleştirilmesi:

### Yükseltgenme sayısı(yükseltgenme basamağı):

Bir atomun sahip olmuş olduğu görünen elektron yüküdür.



**İndirgen:** Karşısındakini indirgerken kendisi yükseltgenen atom veya onu içeren bileşiktir.

**Yükseltgenme:** Bir atomun elektron vererek yükseltgenme sayısının artması olayıdır.

**Yükseltgen:** Karşısındakini yükseltgerken kendisi indirgenen atom veya onu içeren bileşiktir.

**İndirgenme:** Bir atomun elektron alarak yükseltgenme sayısının azalması olayıdır.

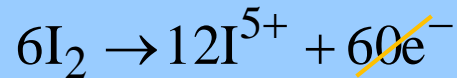
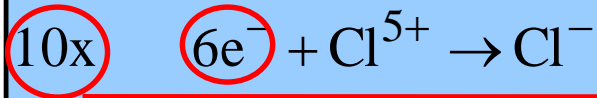
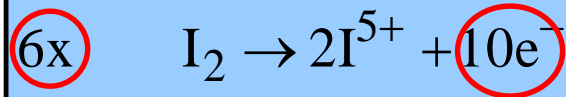
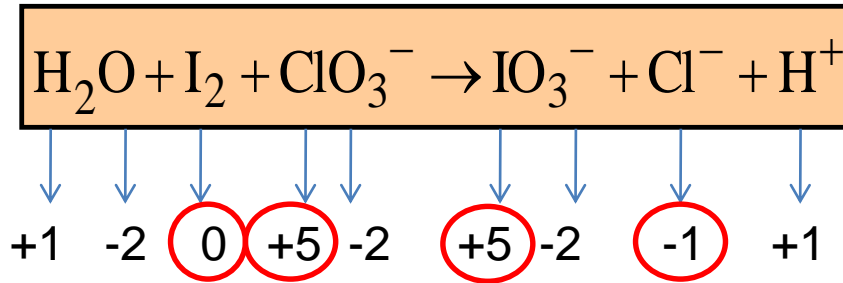
- ❖ Yükseltgenme basamağı sayıları kaynak ders kitabında belirtilen şekilde hesaplanarak önce redoks reaksiyonunda indirgenen ve yükseltgenen elementler işaretlenir.
- ❖ Sonra denkleştirmede kullanılan **“Yükseltgenme basamağı sayısının değişmesi yöntemi”** veya **“İyon-elektron yöntemi”**ne göre yarı reaksiyonlar yazılarak alınıp verilen elektron sayıları hesaplanır\* .
- ❖ Elektron sayısı uygun katsayılarla eşitlenir.
- ❖ Kütlenin korunumu yasası dikkate alınarak diğer katsayılar da yazıldıktan sonra, varsa reaksiyonun en sade haliyle de yazılması için gereken düzenleme yapılarak denkleştirme tamamlanır.

\*

Bu yöntemler kullanılarak denkleştirmenin nasıl yapıldığı ders için yararlanılan Temel Kimya kaynaklarında daha ayrıntılı anlatılmaktadır. İyon-elektron yöntemi için ortamın asidik ve bazik olmasına göre denkleştirmenin kuralları farklılık göstermektedir.



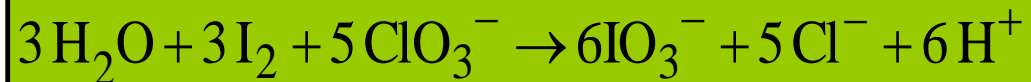
**Yükseltgenme basamağı sayısının değişmesi yöntemine örnektir:**



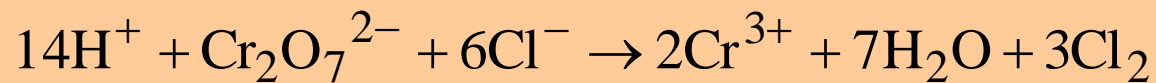
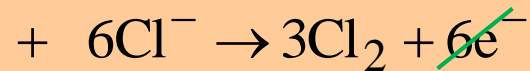
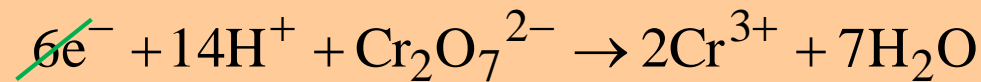
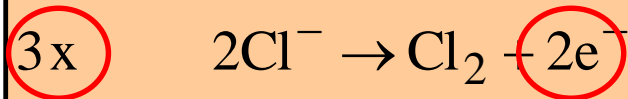
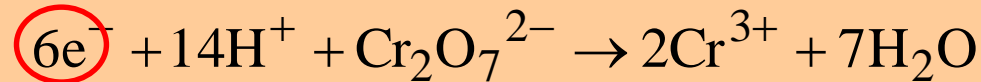
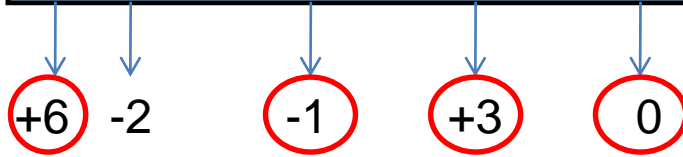
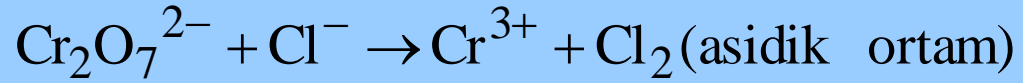
✓ Kütlelerin korunumu yasasına göre girenler ve ürünler kütlece eşittir.

✓ Toplam yük her iki tarafta -10'dur.

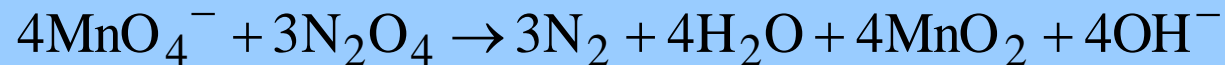
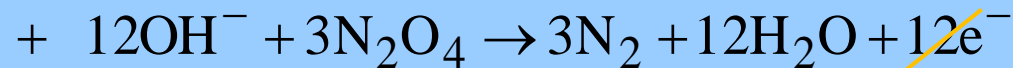
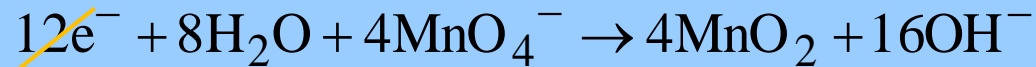
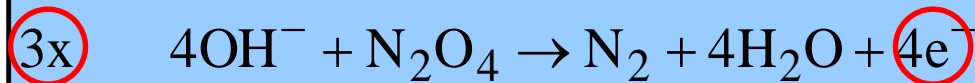
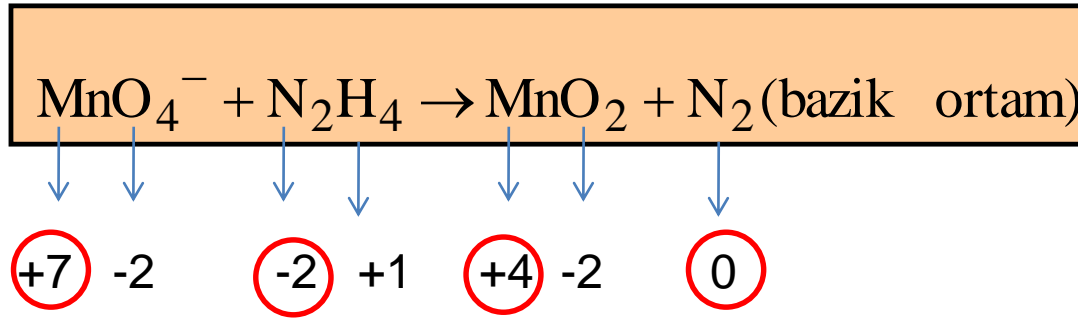
Reaksiyonun denkleştirilmiş **EN SADE** şekilde yazılması için katsayılar 2'ye bölünürse son hali:



**İyon-elektron yöntemine asidik ortam için örnektir:**



**İyon-elektron yöntemine bazik ortam için örnektir:**



## 2.5 Kimyasal reaksiyonlarla ilgili hesaplamalar

$A + B \longrightarrow C + D$  şeklindeki bir kimyasal reaksiyon uygun katsayılarla denkleştirildikten sonra :

- a) A'nın miktarına göre gerekli olan B miktarı hesaplanabilir.
- b) B'nin miktarına göre gerekli olan A miktarı hesaplanabilir.
- c) Oluşan ürünlerin (C, D) miktarı reaksiyona giren maddelerden **sınırlayıcı bileşen** olan reaktife bağlıdır.
- d) Reaksiyona girmeden kalan(artan) madde miktarı hesaplanabilir.
- e) Sınırlayıcı bileşen aynı zamanda **reaksiyon verimini** de belirler.

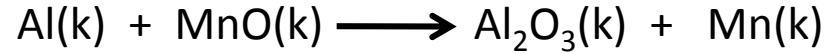
**Sınırlayıcı bileşen:** Verilen bir reaksiyon için, reaksiyona giren maddelerden teorik olarak gerekli madde miktarından az olandır.

**Reaksiyon verimi:** Bir reaksiyon sonucunda girenlerin tamamının teorik olarak beklenen ürüne dönüşmesi ve verimin %100 olması istenilen bir durum olsa da, bazı deneysel nedenlerden dolayı yan reaksiyonların oluşmasıyla teorik olarak beklenen ürün miktarına ulaşmak her zaman mümkün olamamaktadır. Bu durumda verim %100'den büyük veya küçük olabilmektedir.

$$\text{Reaksiyonun \% verimi} = \frac{\text{Deneysel olarak bulunan ürün miktarı}}{\text{Teorik olarak bulunması gereken ürün miktarı}} \times 100$$

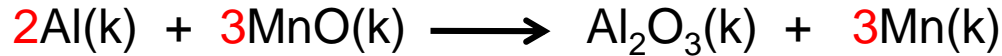
## Kimyasal reaksiyonlarda hesaplamalarla ilgili örnek:

**Soru:** Aşağıdaki reaksiyona göre 74,2 g'lık bir alüminyum numunesi,  $2,108 \times 10^{24}$  tane mangan (II) oksit molekülü ile reaksiyona girince katı alüminyum oksit ve mangan elde edilmektedir. Buna göre reaksiyonda **(a)** sınırlayıcı bileşen hangisidir? **(b)** geriye hangi maddeden kaç g artar? **(c)** kaç gram  $\text{Al}_2\text{O}_3$  oluşur? **(d)** **105,9** g  $\text{Al}_2\text{O}_3$  elde edildiğine göre reaksiyonun verimini hesaplayınız **(e)** reaksiyonda çıkış maddesi olarak 5,4 g Al kullanılıyor olsaydı gerekli olan  $\text{MnO}(k)$  miktarını hesaplayınız (Al: 26,98 g/mol; Mn: 54,94 g/mol; O: 16,0 g/mol)



**(a) sınırlayıcı bileşen hangisidir?**

Önce verilen kimyasal reaksiyon denkleştirilir:



Sonra, çıkış maddelerinin mol sayıları hesaplanır:

$$n_{\text{Al}} = \frac{74,2}{26,98} = 2,75 \text{ mol}$$

$$n_{\text{MnO}} = \frac{2,108 \times 10^{24}}{6,022 \times 10^{23}} = 3,50 \text{ mol}$$

Hesaplanan mol sayıları için teorik olarak gerekli diğer çıkış maddesinin mol sayısı hesaplanır. Bu miktarlara göre girenlerden biri tamamen harcanırken diğerinden bir miktarın arttığı görülecektir.

$$? \text{ mol Al} = 3,50 \text{ mol MnO} \times \frac{2 \text{ mol Al}}{3 \text{ mol MnO}} = 2,33 \text{ mol Al gereklidir.}$$

$$? \text{ mol MnO} = 2,750 \text{ mol Al} \times \frac{3 \text{ mol MnO}}{2 \text{ mol Al}} = 4,125 \text{ mol MnO gereklidir.}$$

- ❖ Başlangıçta elimizde **2,75 mol Al** olduğu için, reaksiyonun gerçekleşmesi amacıyla **3,50 mol MnO için** gerekli **2,33 mol Al** sağlanmaktadır. Bu durumda, elimizdeki **3,50 mol MnO**'nun tamamı tükenmektedir.
- ❖ Başlangıçta elimizde **3,50 mol MnO** olduğu için, reaksiyonun gerçekleşmesi amacıyla **2,75 mol Al için** gerekli **4,125 mol MnO** sağlanamamaktadır.
- ❖ MnO'nun tamamı tükendikten sonra reaksiyon sonlanır. Al'dan bir miktar artar.
- ❖ Bu durumda sınırlayıcı bileşen MnO'dur.

**(b)** geriye hangi maddeden kaç g artar? Al'dan bir miktar artar.

$$\text{Artan g Al} = (2,75 - 2,33) \text{ mol Al} \times \frac{26,98 \text{ g Al}}{1 \text{ mol Al}} = 11,33 \text{ g Al artar.}$$

**(c)** kaç gram  $\text{Al}_2\text{O}_3$  oluşur? Bu ürünün miktarını sınırlayıcı bileşen olan MnO belirler.

$$? \text{ g Al}_2\text{O}_3 = 3,50 \text{ mol MnO} \times \frac{1 \text{ mol Al}_2\text{O}_3}{3 \text{ mol MnO}} \times \frac{[(26,98 \times 2) + (16 \times 3)] \text{ g Al}_2\text{O}_3}{1 \text{ mol Al}_2\text{O}_3} = 118,95 \text{ g Al}_2\text{O}_3$$



**(d) 105,9 g Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> elde edildiğine göre reaksiyonun verimini hesaplayınız.** Teorik olarak 3,50 mol MnO'dan oluşması gereken Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> miktarı 118,95 g olarak hesaplanmıştır. Buna göre;

$$\text{Reaksiyonun \% verimi} = \frac{105,9 \text{ g}}{118,95} \times 100 = \%89,02$$

**(e) reaksiyonda çıkış maddesi olarak 5,4 g Al kullanılıyor olsaydı gerekli olan MnO(k) miktarını hesaplayınız .** Denkleştirilmiş reaksiyona göre birim yok etme yöntemiyle 5,4 g Al için gereken MnO miktarı hesaplanır.

$$?g \text{ MnO} = 5,4 \text{ g Al} \times \frac{1 \text{ mol Al}}{26,98 \text{ g Al}} \times \frac{3 \text{ mol MnO}}{2 \text{ mol Al}} \times \frac{(54,94 + 16) \text{ g MnO}}{1 \text{ mol MnO}} = 21,298 \text{ g MnO gerekli olurdu.}$$