

# Bölüm 4: Kimyasal Tepkimeler

# İçindekiler

- 4-1 Kimyasal Tepkimeler ve Kimyasal Eşitlikler
- 4-2 Kimyasal Eşitlik ve Stokiyometri
- 4-3 Çözeltide Kimyasal Tepkimeler
- 4-4 Sınırlayıcı Bileşenin Belirlenmesi
- 4-5 Tepkime Stokiyometrisinde Diğer Konular
- 4-6 İndirgenme Yükseltgenme Reaksiyonları

# 4-1 Kimyasal Tepkimeler ve Kimyasal Eşitlikler

Kimyasal tepkime, bir ya da bir kaç maddenin (**tepkenler**) yeni bir bileşik grubuna (**ürünlere**) dönüştürülmesi işlemidir. Diğer bir deyişle, kimyasal tepkime, kimyasal değişimin meydana geldiği bir **işlemdir**.

Bir tepkime olduğunu söyleyebilmek için bazı kanıtlara ihtiyaç vardır. Bunlar,

- Renk değişimi
- Çökelek oluşumu
- Gaz çıkışı
- Isı verilmesi veya soğurulması gibi olaylardır.

# Kimyasal Reaksiyon

Elementlerin ve bileşiklerin yazılması için *simgeler* kullanılır. Bu simgeler bir kimyasal tepkime denkleminin kısaca yazılması için yardımcı olur. Tepkime denkleminde tepkenlerin formülleri *sol tarafa*, ürünlerin formülleri *sağ tarafa* yazılır: Denklem iki tarafı bir ( $\rightarrow$ ) ya da eşit ( $=$ ) işareti ile birleştirilir. Böylece, tepkenlerin ürünlere dönüştüğü ifade edilmiş olur.

Azot monoksit + Oksijen  $\rightarrow$  Azot dioksit

1. Adları, kimyasal formüller ile değiştirirseniz, aşağıdaki ifadeyi elde edersiniz.

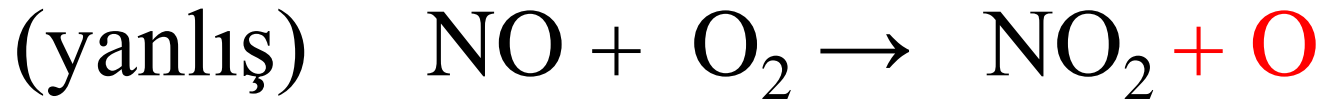


2. Kimyasal eşitliği elde etmek için atom sayılarını eşitleyiniz.

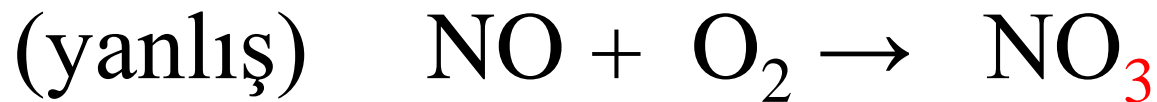


# Denklem Denkleştirme

- *Asla denklem dışı formüller ilave edilmemelidir.*



- *Denklemi denkleştirmek amacıyla formüller değiştirilmemelidir.*



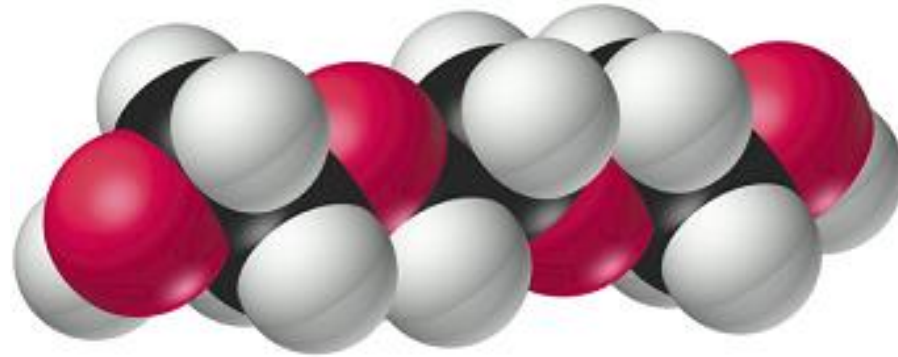
# Denklem Denkleştirme

- Denklem her iki tarafında birer bileşikte aynı element mevcutsa, *önce* onu denkleştiriniz.
- Giren madde veya oluşan ürünlerden biri serbest element olarak bulunuyorsa, onu *en son* denkleştiriniz.
- Bazı tepkimelerde, *belirli atom grupları* (örneğin, çok atomlu iyonlar) değişmeden kalır. Böyle durumlarda bu grupları *değiştirmeden* denkleştirebilirsiniz.
- Katsayılar *tamsayı ya da kesirli sayı* olabilir. Bir denklem bir ya da daha çok kesirli tamsayı ile denkleştirilebilir. Bu durumda, tüm katsayıları uygun bir çarpanla çarparak kesirli sayılardan kurtarabilirsiniz.

## Örnek 4-2

### **Bir Eşitliğin Yazılıp Denkleştirilmesi: Karbon-Hidrojen-Oksijen İçeren Bir Bileşiğin Yanması**

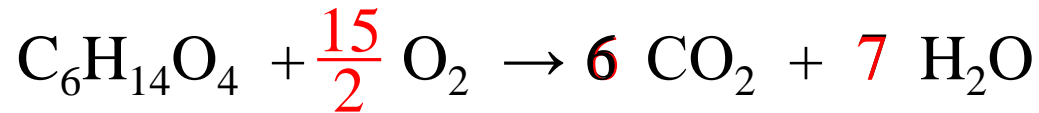
Sıvı trietilen glikol,  $C_6H_{14}O_4$ , vinil ve poliüretan plastikleri için çözücü olarak kullanılır. Bu bileşiğin tam yanmasına ait denklemi yazıp denkleştiriniz.



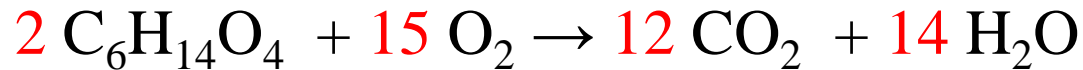
Trietilen glikol

## Örnek 4-2

*Kimyasal Denklem:*



1. *C eşitliği.*
2. *H eşitliği.*
3. *O eşitliği.*
4. *2 ile çarpım*



*Tüm elementlerin kontrolü.*



## 4-2 Kimyasal Eşitlik ve Stokiyometri

- Yunancada *stoicheion* sözcüğü *element* anlamına gelir. Anlam olarak stokiyometri *element ölçüsü* demektir.
- *Formüller ve kimyasal denklemlerle* ilgili tüm sayısal ilişkileri içerir.
- *Stokiyometrik faktör*, *mol* esasına göre, tepkimeye katılan herhangi iki maddenin miktarları ile ilgilidir.

## Örnek 4-3

### Tepken ve Ürünlerin Mol Sayıları Arasındaki İlişki

2,72 mol H<sub>2</sub> aşırı O<sub>2</sub> içinde yakıldığında kaç mol H<sub>2</sub>O oluşur?

*Kimyasal Denklem:*

*Kimyasal Denklemi Denkleştirin:*



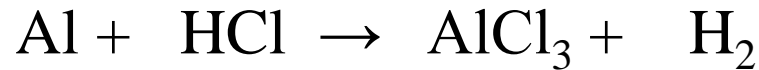
*Denklemdaki stokiyometrik faktörü veya mol oranını kullanın:*

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = 2,72 \text{ mol H}_2 \times \frac{2 \text{ mol H}_2\text{O}}{2 \text{ mol H}_2} = 2,72 \text{ mol H}_2\text{O}$$

## Örnek 4-6

### Stokiyometrik Hesaplamada Hacim, Yoğunluk ve Yüzde Bileşim gibi İlave Ölçüm Faktörlerinin Kullanılması

Kütlece %28 lik HCl çözeltisinin yoğunluğu 1,14g/mL dir. Aşağıdaki tepkimeye göre 1,87 g Al ile tepkime vermek üzere bu çözeltiden kaç mL almak gerekir?



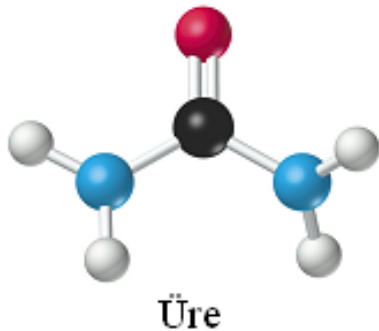
## 4-3 Çözeltide Kimyasal Tepkimeler

- Genel kimya laboratuvarlarındaki kimyasal tepkimelerin pek çoğu çözeltilerde gerçekleştirilir. Bunun bir nedeni, çözelti içinde, tepkenlerin karıştırılarak, *atomlar, iyonlar ve moleküller arasında* tepkime için gerekli olan *yakın temasın* sağlanabilmesidir.
- **Çözücü:** Çözelti bileşenlerinden biri olan **çözücü**, çözeltinin katı, sıvı ya da gaz halinde olup olmadığını belirler. Çözücünün sıvı su olduğu çözeltilere *sulu çözeltiler* denir.
- **Çözünen:** Çözeltinin diğer bileşenleri, çözücü içinde çözünmüş olan maddelerdir ve **çözünenler** adını alırlar. Sıvı su içinde NaCl çözüldüğünde oluşan çözelti NaCl(aq) şeklinde gösterilir ve burada *su çözücü, NaCl çözünendir*.

# Molarite

$$\text{Molarite } (M) = \frac{\text{Çözünenin mol sayısı}}{\text{Çözeltinin hacmi } (L)}$$

Eğer 0.444 mol üre sulu çözeltinin 1.000 L'inde çözülmüşse, çözeltinin molarite olarak derişimi,

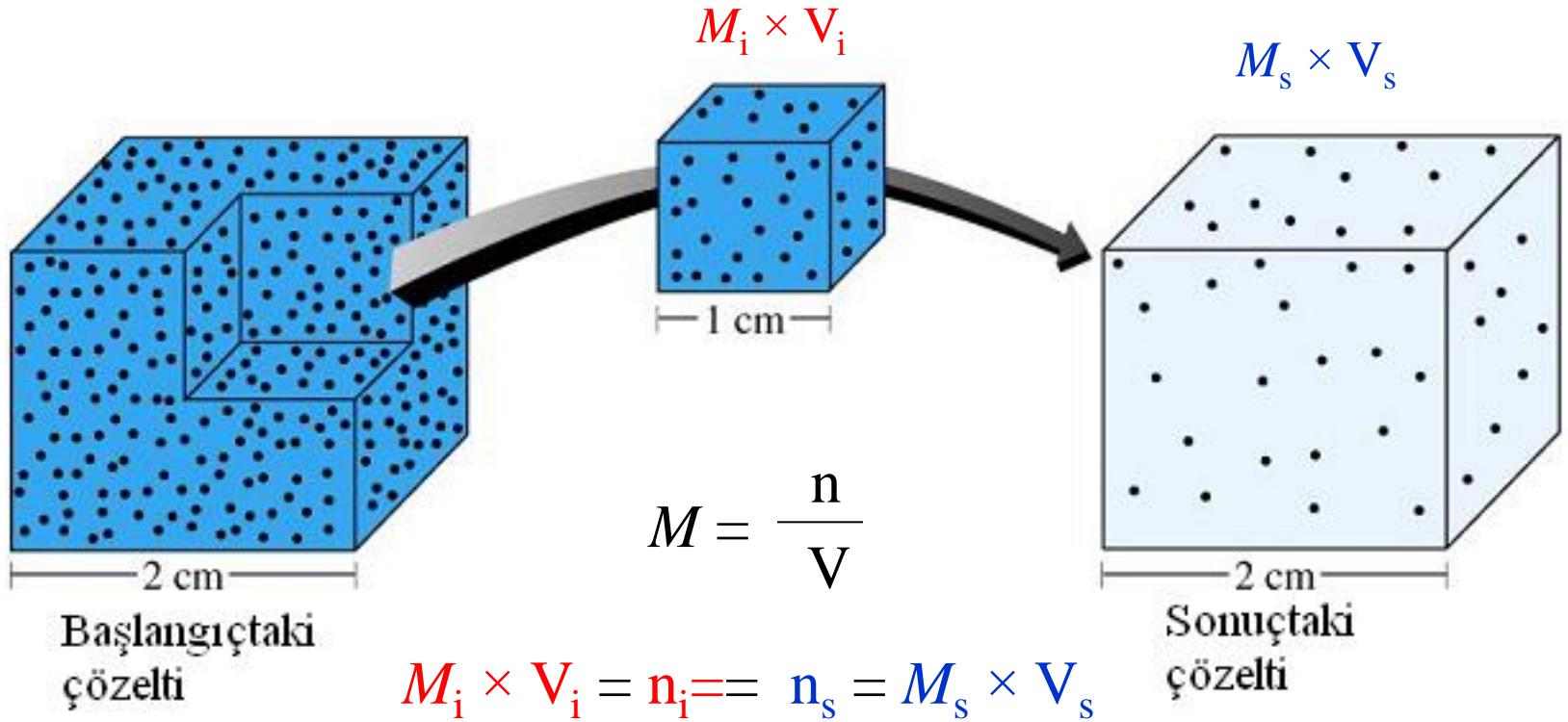


$$c_{\text{üre}} = \frac{0.444 \text{ mol üre}}{1.000 \text{ L}} = 0.444 \text{ M CO(NH}_2)_2$$

## Örnek 4-9

25 mL etanol ( $d=0,789$  g/mL) üzerine yeterince saf su ilave edilerek 250 mL'lik bir çözelti hazırlanıyor. Çözeltinin etanol derişimini hesaplayınız? ( $M_{\text{etanol}} = 46$  g/mol)

# Çözeltinin Seyreltilmesi



$$M_s = \frac{M_i \times V_i}{V_s} = M_i \frac{V_i}{V_s}$$

# Örnek 4-10

## Seyreltme ile Çözelti Hazırlanması

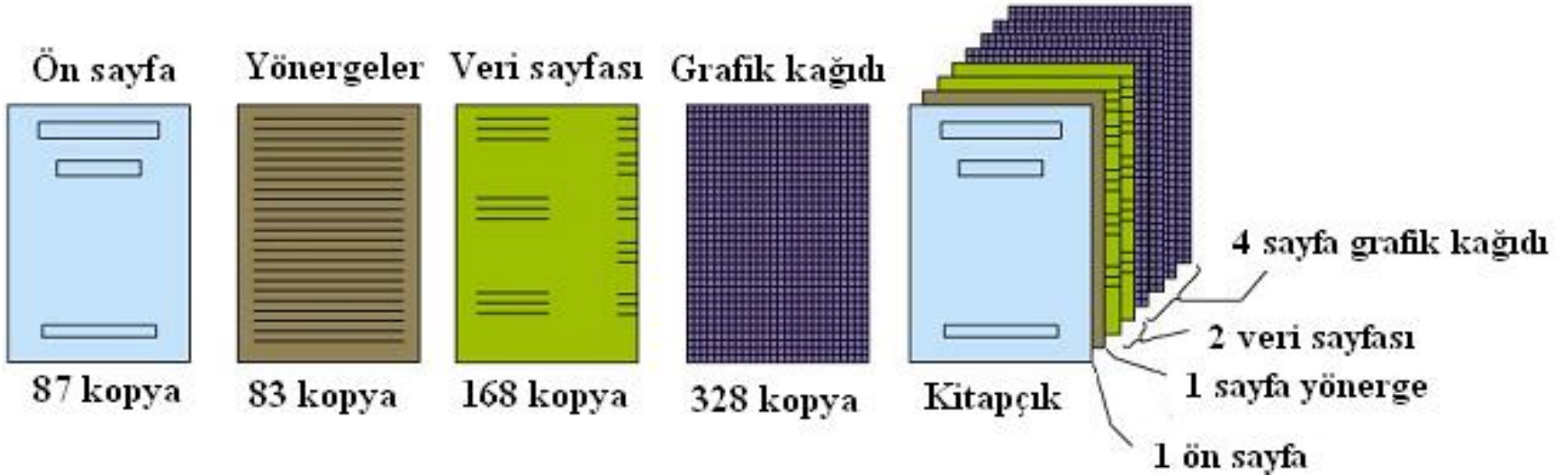
Analitik kimyada özel bir deney için 0,0100 M  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  çözeltisine gereksinim duyuluyor. 0,250 L, 0,0100 M  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  çözeltisi hazırlamak için 0,250 M  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  çözeltisinden ne kadar almak gerekir?

*Çözüm stratejisi:*  $M_s = M_i \frac{V_i}{V_s}$        $V_i = V_s \frac{M_s}{M_i}$



## 4-4 Sınırlayıcı Bileşenin Belirlenmesi

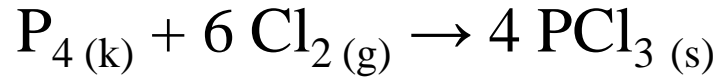
- Çöktürme tepkimeleri gibi birçok tepkimelerde, bir kısım tepkenlerin aşırısı kullanılarak, bir tepken tamamen ürünlere dönüştürülebilir. Tamamen tükenen maddeye *sınırlayıcı bileşen* denir ve bu bileşen, oluşan ürünlerin miktarlarını belirler.



# Örnek 4-12

## Bir Tepkimede Sınırlayıcı Bileşenin Bulunması

Fosfor triklorür,  $\text{PCl}_3$ , benzin katkı maddesi, pestisit (böcek öldürücü) ve daha bir çok ürünün eldesinde kullanılan ticari bir bileşiktir. Fosfor ve klorun doğrudan doğruya birleşmesinden oluşur.



323 g  $\text{Cl}_{2(g)}$  ve 125 g  $\text{P}_{4(k)}$ 'un tepkimesinden kaç gram  $\text{PCl}_3(s)$  oluşur?

*Strateji:*

Tepkenlerin başlangıç mol oranları ile birleşme mol oranlarını karşılaştırın.

## Örnek 4-12

$$n_{\text{Cl}_2} = 323 \text{ g Cl}_2 \times \frac{1 \text{ mol Cl}_2}{70,91 \text{ g Cl}_2} = 4,56 \text{ mol Cl}_2$$

$$n_{\text{P}_4} = 125 \text{ g P}_4 \times \frac{1 \text{ mol P}_4}{123,9 \text{ g P}_4} = 1,01 \text{ mol P}_4$$

$$\chi = \frac{n_{\text{Cl}_2}}{n_{\text{P}_4}} \quad \chi_{\text{gerçek}} = 4,55 \text{ mol Cl}_2/\text{mol P}_4$$
$$\chi_{\text{teorik}} = 6,00 \text{ mol Cl}_2/\text{mol P}_4$$

Klor gazı sınırlayıcı reaktiftir. Örnek çöz.

# 4-5 Tepkime Stokiyometrisinde Diğer Konular

Kimyasal tepkimenin hesaplanan sonucu tam gözlenene uygun olmayabilir. Bir tepkimedede elde edilen ürün miktarı, kaçınılmaz olarak beklenenden az olabilir. Yine, gereksinim duyulan kimyasal bileşğin üretim yöntemi, tek bir basamaktan çok, bir kaç basamaklı bir tepkime dizisini içerebilir.

# Teorik, Gerçek ve Yüzde Verim

Bir kimyasal tepkimede oluşan ürünün *hesaplanan miktarı*, tepkimenin *teorik verimi* olarak adlandırılır. *Gerçekten* oluşan ürünün miktarına ise *gerçek verim* adı verilir. *Yüzde verim* ise aşağıdaki formülle bulunur.

$$\text{Yüzde Verim} = \frac{\text{Gerçek Verim}}{\text{Teorik Verim}} \times \% 100$$

**Örnekler..**

# Nicel ve Yan Tepkimeler, Yan Ürünler

- **Nicel Tepkimeler:** Pek çok tepkimede gerçek verim hemen hemen teorik verime eşit olur ve böyle tepkimelere *nicel tepkimeler* denir.
- **Yan Tepkimeler:** Çoğu zaman, tepkimeye giren maddeler, beklenenden başka tepkimeler de verebilir. Bu tepkimelere *yan tepkimeler*, oluşan ürünlere de *yan ürünler* denir.

# Ardışık Tepkimeler ve Eşzamanlı Tepkimeler

- **Ardışık Tepkimeler:** Bir ürünü elde etmek için art arda gerçekleştirilmesi gereken tepkimeler dizisine *ardışık tepkimeler* denir.
- **Eşzamanlı Tepkimeler:** İki ya da daha fazla madde bağımsız olarak, birbiri ile aynı zamanda ayrı tepkimeler oluşturuyorsa, bu tepkimelere *eşzamanlı tepkimeler* denir.

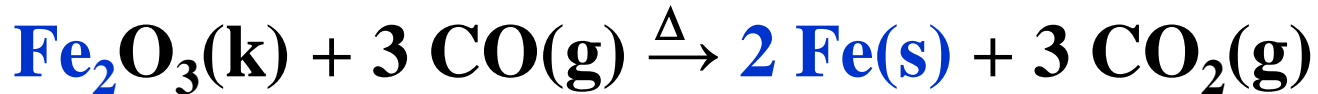
# Net Tepkimeler ve Ara Ürün

- **Net Tepkimeler:** Genellikle, art arda oluşan kimyasal tepkimeleri birleştirebilir ve tepkime dizisinin türünü simgeleyen bir tek kimyasal eşitlik elde edebiliriz. Bu birleştirilmiş tepkimeye *net tepkime* ve bu net tepkimenin eşitliğine *net eşitlik* denir.
- **Ara Ürün:** Çok basamaklı bir tepkimenin bir basamağında üretilip diğer basamağında tüketilen herhangi bir bileşiğe *ara ürün* adı verilir.



# 4-6 Yükseltgenme-İndirgenme (Redoks): Bazı Genel İlkeler

- **Demir cevherleri**, demir içeriği fazla olan minerallerdir. Bunlardan biri olan hematit  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  bildiğimiz demir pasına kimyasal olarak çok benzer. Hematitten demir metali yüksek fırında elde edilir.



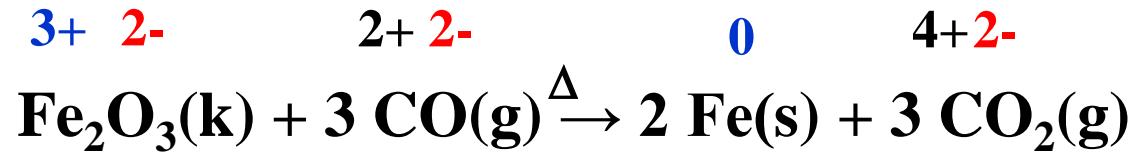
- **Yükseltgenme ve indirgenme mutlaka birlikte olur;**

**$\text{Fe}^{3+}$ , metalik demire indirgenir.**

**$\text{CO}(\text{g})$ , karbon dioksit'e yükseltgenir.**



- Yükseltgenme basamaklarını belirleyin;



**Fe<sup>3+</sup>**, metalik demire indirgenir.

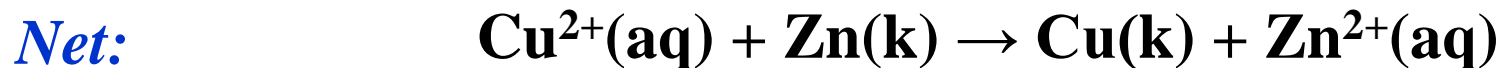
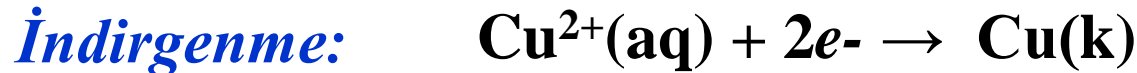
**CO(g)**, karbon diokside yükseltgenir.

# Yükseltgenme ve İndirgenme

- Yükseltgenme;
  - Bazı elementlerin Y.B. reaksiyonda *artar*,
  - Elektronlar eşitliğin *sağ* tarafındadır.
- İndirgenme;
  - Bazı elementlerin Y.B. reaksiyonda *azalır*,
  - Elektronlar eşitliğin *sol* tarafındadır.

# Yarı Tepkimeler

- Reaksiyon iki yarı tepkime ile gösterilir;



# İndirgenme Yükseltgenme (Redoks) Eşitliklerinin Denkleştirilmesi

Bir kimyasal tepkimede kaybedilen elektron sayısı ile kazanılan e- sayısı birbirine eşit olmalıdır. Bu amaçla, elementlerin ve bileşiklerin içindeki atomların yükseltgenme sayıları saptanır.

**Bunun için;**

**1)** Element halindeyken tüm atomların yükseltgenme sayıları sıfırdır ( $H_2$ , Cu, C).

**2)** Basit iyonlardaki (tek atomlu) atomların yükseltgenme sayısı, iyonun yüküne eşittir.

$Mg^{2+}$  (+2),  $Cl^{1-}$  (-1).

**3)** Bileşiklerin büyük çoğunluğunda hidrojenin yükseltgenme sayısı (+1)'dir.

( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HNO}_3$ ).

Elektron kaybetme eğilimleri hidrojeninkinden büyük olan atomlarla yaptığı az sayıda bileşikte, hidrojenin yükseltgenme sayısı (-1)'dir.

( $\text{NaH}$ ,  $\text{MgH}_2$ ,  $\text{CaH}_2$  gibi metal hidrürler).

**4)** Oksijenin bileşiklerinde yükseltgenme sayısı (-2)'dir.

( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}_5$ ).

Ancak peroksitlerinde yükseltgenme sayısı (-1)'dir.

( $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{BaO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}_2$ ).

5) Bütün bileşiklerinde alkali metallerin yükseltgenme sayısı (+1)'dir. ( $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KBr}$ ).

Toprak alkalilerinde ise (+2)'dir.

( $\text{BeO}$ ,  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{BaSO}_4$ ).

6) Bileşiklerde, elementlerin yükseltgenme sayılarının toplamı sıfırdır.

$\text{KMnO}_4$  ;  $(+1) + x + 4(-2) = x (\text{Mn}) = +7$

7) Çok atomlu iyonlarda, atomların yükseltgenme sayıları toplamı, iyonun yüküne eşittir.

$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  ;  $2\text{Cr} + (-2).7 = -2$  ,  $\text{Cr} = +6$

**Redoks denklemleri denkleştirilirken; I. Elektron alışveriş denkliği II. İyon yükleri denkliği III. Atom sayıları denkliği sağlanır.**



## Örnek 2

### Yükseltgenme Basamaklarının Belirlenmesi

Aşağıda altı çizilmiş elementlerin yükseltgenme basamaklarını bulunuz ?

a) P<sub>4</sub>   b) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>   c) MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>   d) NaH

a) P<sub>4</sub> serbest elementtir. **P'nin Y.B. = 0**

b) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: O<sub>3</sub> -6'dır. (+6)/2=(+3), **Al'nin Y.B. = +3**

c) MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>: net Y.B. = -1, O<sub>4</sub> -8'dir. **Mn'nin Y.B. = +7**

d) NaH: net Y.B. = 0, **Na +1**'dir ve **H'nin Y.B.= -1**

# İndirgenme Yükseltgenme (Redoks) Eşitliklerinin Denkleştirilmesi

## Elektron Transfer Yöntemi

Kural olarak alınan verilen elektron sayılarının eşit olması gerekir.

1. Her atomun yükseltgenme sayısını belirleyiniz.
2. Yükseltgenme sayısı değişen atomları bulup (yükseltgen, indirgen) bulup atom başına alınan verilen e- sayısını bulunuz
3. Bileşikte element atomu sayısı birden fazlaysa bileşik formülü başına verilen ve alınan e- sayısını bulunuz.
4. Alınan ve verilen e- sayısını yükseltgen ve indirgen atomlara uygun katsayılar yazarak eşitleyiniz.
5. Kütlenin korunumu kanununa göre diğer katsayıları bulunuz.

# İndirgenme Yükseltgenme (Redoks) Eşitliklerinin Denkleştirilmesi

## 1) Yarı Reaksiyon Yöntemi (İyon-Elektron Yöntemi)

1. Yükseltgenme-indirgenme yarı-eşitliklerini ayrı ayrı yazınız ve denkleştiriniz.
2. Her iki yarı eşitlikteki katsayıları her ikisinde **aynı sayıda elektron** bulunacak şekilde ayarlayınız.
3. Denkleştirilmiş net eşitliği elde etmek için iki yarı tepkimeyi toplayınız (elektronlar birbirini götürsün).
4. **İyon yüklerinin denklliğini** sağlayınız.
5. **Atom sayılarının denklliğini** sağlayınız.

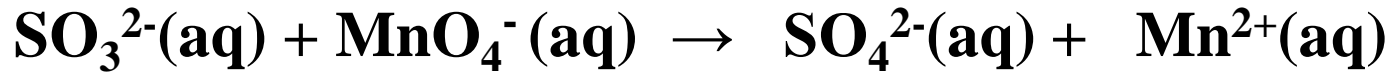
# 1.a) Asidik Çözeltide Redoks Eşitliklerinin Denkleştirilmesi

- Yükseltgenme ve indirgenme yarı-tepkimeleri ile ilgili eşitlikleri yazınız.
- Elektron alışveriş denkliğini sağlayınız.
- Eşitlikleri alt alta toplayınız.
- İyon yükleri denkliğini sağlamak için asidik ortamdaki denkleme  $H^+$  iyonu ekleyiniz.
- Atom sayılarını denkleştirmek için, denklemin gerekli yanına yeterli sayıda  $H_2O$  ekleyiniz (H ve O atomları esas alınabilir).

## Örnek 3

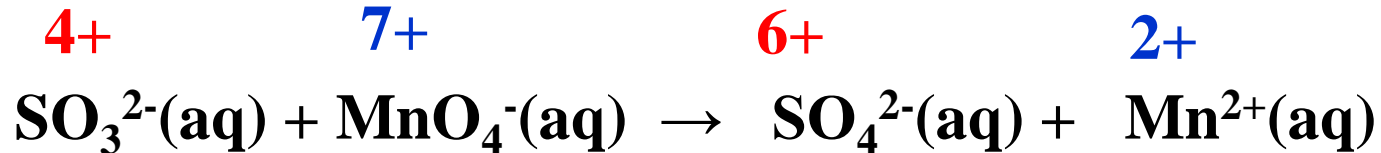
### Redoks Tepkimelerinin Asidik Çözeltide Denkleştirilmesi

Aşağıdaki tepkime kağıt sanayi artık sularında sülfite iyonunun saptanmasında kullanılır. Bu tepkime için asidik çözeltide denkleştirilmiş eşitliği yazınız.

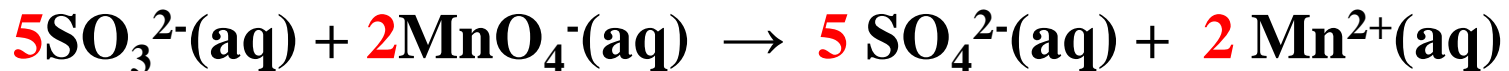
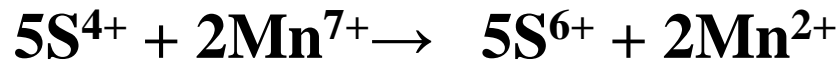
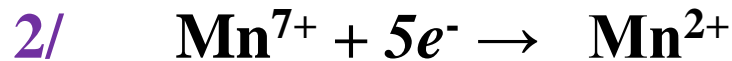
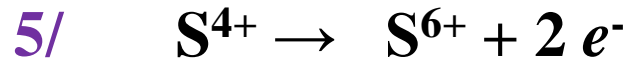


# Örnek 3

*Yükseltgenme Basamaklarını Belirleyin:*



*Yarı-Tepkimeleri Yazın:*



Tep. Giren iyon yükleri toplamı:  $5(-2) + 2(-1) : -12$

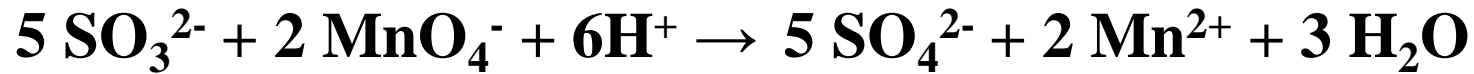
Ürünlerin iyon yükleri toplamı:  $5(-2) + 2(+2) : -6$

# Örnek 3

*Yük denklği için asidik ortam olduğundan H<sup>+</sup> ekleyin:*



*Atom sayılarını denkleştirmek için H<sub>2</sub>O ekleyin:*



*Doğrulayın:*

	R: -6	Ü: -6
S	5	5
O	23	23
Mn	2	2
H	6	6

## 1.b) Bazik Çözeltide Redoks Eşitliklerinin Denkleştirilmesi

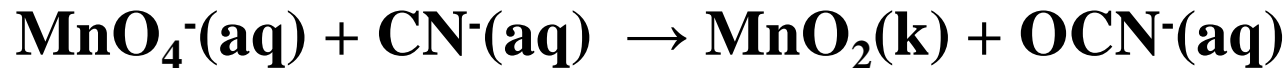
- Yükseltgenme ve indirgenme yarı-tepkimeleri ile ilgili eşitlikleri yazınız.
- Elektron alışveriş denkliğini sağlayınız.
- Eşitlikleri alt alta toplayınız.
- İyon yükleri denkliğini sağlamak için asidik ortamdaki denkleme  $\text{OH}^-$  iyonu ekleyiniz.
- Atom sayılarını denkleştirmek için, denklemin gerekli yanına yeterli sayıda  $\text{H}_2\text{O}$  ekleyiniz (H ve O atomları esas alınabilir).



# Örnek 4

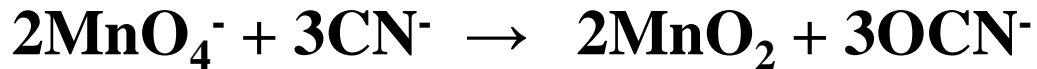
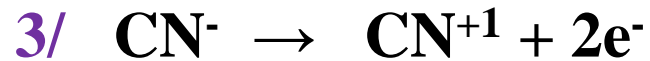
## Redoks Tepkimelerinin Bazik Çözeltide Denkleştirilmesi

Bazik bir çözeltide siyanür iyonunun permanganatla siyanata yükseltgenme tepkimesi eşitliğini denkleştiriniz. Bu tepkimede permanganat iyonu,  $\text{MnO}_2(\text{k})$ 'ye indirgenmektedir.



# Örnek 4

*Yarı-Tepkimeleri Yazın:*



*Yük denklği için bazik ortam olduğundan OH<sup>-</sup> ekleyin:*



*Atom sayılarını denkleştirmek için H<sub>2</sub>O ekleyin:*



*Doğrulayın:* R: -1    Ü: -1

# Yükseltgenler-İndirgenler

- **Yükseltgen (Yükseltgeyen):**
  - Redoks tepkimesinde yükseltgenme basamağı azalan bir element içerir.
  - Elektron kazanır (yarı-eşitliğin sol yanında elektronlar bulunur).
- **İndirgen (İndirgeyen):**
  - Redoks tepkimesinde yükseltgenme basamağı artan bir element içerir.
  - Elektron kaybeder (yarı-eşitliğin sağ yanında elektronlar bulunur).

# Azotun Yükseltgenme Basamakları

Bileşik veya İyon	Yükseltgenme Basamağı
$\text{NO}_3^-$	+5
$\text{N}_2\text{O}_4$	+4
$\text{NO}_2^-$	+3
$\text{NO}$	+2
$\text{N}_2\text{O}$	+1
$\text{N}_2$	0
$\text{NH}_2\text{OH}$	-1
$\text{N}_2\text{H}_4$	-2
$\text{NH}_3$	-3

Bu türler daha fazla yükseltgenemez

Bu türler daha fazla indirgenemez

Yükseltgenme yarı-tepkimesi (indirgen)

İndirgenme yarı-tepkimesi (yükseltgen)