

6. ÜNİTE

KİMYASAL TEPKİMELERDE DENGİ

KONU ÖZETİ

Fiziksel ve Kimyasal Değişimlerde Denge:

Birbirlerine etki eden maddeler karıştırıldığında iki tür tepkime gözlenir. Bu tepkimelerden birincisinde, giren maddelerden herhangi biri tükenince tepkime sonlanır. Bu tür tepkimelere **tersinmez (tek yönlü) tepkimeler** denir, tek yönlü ok işareti ($\rightarrow$) ile gösterilir. Tepkimede zamanla girenlerin derişimi azalırken ürünlerin derişimi artar. Buna bağılı olarak da zamanla tepkimenin hızı azalır ve girenlerden herhangi biri tükenince hız sıfır olur. Böyle tepkimelere **tersinir (çift yönlü) tepkimeler** denir.

Fiziksel Denge

Maddelerin iç yapıları değişmeden sadece fiziksel hâlleri arasında ve belirli şartlarda kurulan dengeye **fiziksel denge** denir. Hâl değişimlerindeki dengeler ve çözünürlük dengeleri fiziksel dengelerdir. Doğadaki olayların kendiliğinden oluşabilmesi için sistemlerin

- Düzensizliklerini arttıracak
- Enerjilerini azaltacak

yönde değişime uğramaları gerekir. Bu iki faktör zıt yönde ise denge kurulur, aynı yönde ise dengeden söz edilemez.

Kimyasal Denge

Denge durumu sadece fiziksel olaylarla sınırlı değildir. Kimyasal olaylarda da denge kurulabilir. İleri ve geri yöndeki tepkime hızlarının eşit olduğu ve derişimlerin sabit kaldığı anda kurulan dengeye **kimyasal denge** denir.

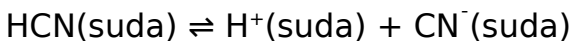
Kimyasal tepkimelerde denge anında

- İleri ve geri tepkime hızları eşitlenir.
- Derişimler; basınç, sıcaklık gibi koşullar değişmediği sürece sabit kalır.
- Gözlenebilen olaylar sabit kalır.
- Gözlenemeyen olaylar devam eder.
- Minimum enerji eğilimi ile maksimum düzensizlik eğilimi uzlaşır.
- Denge, tepkime mekanizmasına bağılı olmayan dinamik bir olaydır.

Kimyasal tepkimelerde yer alan maddelerin aynı ya da farklı fazlarda olmasına göre denge homojen veya heterojen olarak ikiye ayrılır.

Homojen denge: Tepkimeye giren maddelerle ürünlerin aynı fazda bulunduğu denge tepkimeleridir.

$\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$ tepkimesinde tepkimeye girenler ve ürünler aynı fiziksel hâlde olduğundan kurulan denge homojen dentedir.



$2\text{Fe}^{2+}(\text{suda}) + \text{Sn}^{4+}(\text{suda}) \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{3+}(\text{suda}) + \text{Sn}^{2+}(\text{suda})$ tepkimeleri de çözelti ortamında aynı fazda kurulan denge tepkimeleri olduğundan homojen dentedir.

Heterojen denge: Tepkimeye giren maddeler ile ürünlerden en az birinin farklı fiziksel hâlde bulunduğu tepkimelerde kurulan denge heterojen dentedir.

$\text{CaCO}_3(\text{k}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{k}) + \text{CO}_2(\text{g})$ tepkimesinde tepkimeye girenler ile ürünler farklı fiziksel hâllerde olduğundan denge heterojendir.

$\text{Zn}^{2+}(\text{suda}) + \text{Cu}(\text{k}) \rightleftharpoons \text{Zn}(\text{k}) + \text{Cu}^{2+}(\text{suda})$

$\text{SnO}_2(\text{k}) + 2\text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Sn}(\text{k}) + 2\text{CO}_2(\text{g})$ tepkimelerinde de tepkimeye girenler ile ürünler farklı fiziksel hâllerdedir ve bunlar heterojen denge tepkimeleridir.

Denge olayı enerji ve düzensizlik eğilimi açısından iki temel faktöre bağlıdır.

- Bir sistem minimum enerjili hâle sahip olmak ister.
- Bir sistem maksimum düzensiz durumda olmak ister.

Minimum enerji kavramı maddenin düşük enerjili olma isteğidir. Bir sistemde var olan potansiyel enerji ne kadar az ise minimum enerjiye o kadar yaklaşır. Örneğin buzun potansiyel enerjisi aynı miktardaki su ve buharın potansiyel enerjisinden azdır.

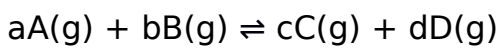
Kimyasal tepkimelerde, enerji tepkimenin hangi tarafında az ise minimum enerji o taraf lehinedir. Endotermik tepkimelerde minimum enerji girenler lehinedir. Ekzotermik tepkimelerde ise minimum enerji ürünler lehinedir.

Maksimum düzensizlik isteği ise maddenin dağınık olma isteğidir. Maksimum düzensizlik eğilimi maddenin daha küçük birimlere bölünme isteğinden kaynaklanır.

DENGE SABİTİ

Dengeye ulaşan sistemlerde ileri tepkime hızı ile geri tepkime hızı birbirine eşit olur.

Denge sabiti, ürünlerin ve girenlerin derişimleri cinsinden yazılıyorsa K_c veya K_d ile gösterilir. Bu durumda denge sabiti bağıntısı



$K_c = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b}$ şeklindedir.

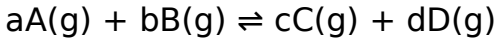
Denge bağıntısı yazılırken

- Derişimler cinsinden denge bağıntısı (K_c); ürünlerin denge derişimleri çarpımının, girenlerin denge derişimleri çarpımına oranıdır.
- Denge bağıntısına gaz veya çözelti hâlde olan maddelerin derişimleri alınır.
- Saf katı ve sıvılar, derişimleri değişmediği için denge bağıntısına yazılmaz.
- Denge tepkimesinde yer alan maddelerin katsayıları denge bağıntısındaki molar derişimlere üs olarak yazılır.
- Denge sabiti sadece sıcaklıkla değişir.

- Denge sabitinin birimi her tepkime için farklı olacağından denge sabitinin birimi yerine sayısal değeri alınır.
- Mekanizmalı tepkimelerde denge bağıntısı toplu tepkimeye göre yazılır.

Derişim ve Basınç Cinsinden Denge Sabiti

Gaz fazında gerçekleşen ya da bileşiminde gaz fazında madde bulunan denge tepkimelerinde kimyasal denge kısmi basınçlar cinsinden de ifade edilebilir. Sabit sıcaklıkta kapalı bir kaptaki gerçekleşen



tepkimesinin kısmi basınçlar cinsinden denge sabiti “K_p” ile ifade edilir.

Kısmi basınçlar cinsinden denge bağıntısı ise

$$K_p = \frac{P_C^c \cdot P_D^d}{P_A^a \cdot P_B^b} \text{ şeklindedir.}$$

K_p ile K_c arasında ;

$$K_p = K_c (R T)^{\Delta n} \text{ eşitliği yazılır.}$$

Le Châtelier İlkesi: Dengedeki bir sisteme dışarıdan bir etki uygulandığında, sistemin, bu etkiyi karşılayacak yöne tepki vererek yeniden dengeye ulaştığını ifade eder. Dengedeki bir sisteme,

- Derişim
- Sıcaklık
- Hacim ve Basınç
- Katalizör

etki eder.

Denge Tepkimesi	Etki		Etki	
	Değişim	Dengenin Yönü	Değişim	Dengenin Yönü
$\text{SO}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{SO}_2\text{Cl}_2(\text{g})$	$\text{SO}_2(\text{g})$ çekme	Girenler ($\leftarrow$)	$\text{Cl}_2(\text{g})$ ekleme	Ürünler ($\rightarrow$)
$\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$	Hacmi azaltma	Denge değişmez	Hacmi artırma	Denge değişmez
$\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$	Hacmi azaltma	Ürünler ($\rightarrow$)	Hacmi artırma	Girenler ($\leftarrow$)
$\text{NaCl}(\text{k}) + \text{ısı} \rightleftharpoons \text{Na}^+(\text{suda}) + \text{Cl}^-(\text{suda})$	Sistemi soğutma	Girenler ($\leftarrow$)	Sistemi ısıtma	Ürünler ($\rightarrow$)
$\text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_5(\text{g}) \quad \Delta H < 0$	Sistemi soğutma	Ürünler ($\rightarrow$)	Basınç artışı	Ürünler ($\rightarrow$)
$\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$	Hacmi artırma	Ürünler ($\rightarrow$)	$\text{NO}_2(\text{g})$ ekleme	Girenler ($\leftarrow$)