



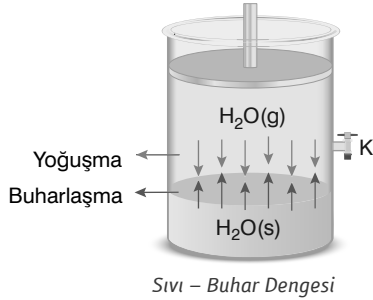
KİMYASAL TEPKİMELERDE DENGİ

Kimyasal Denge

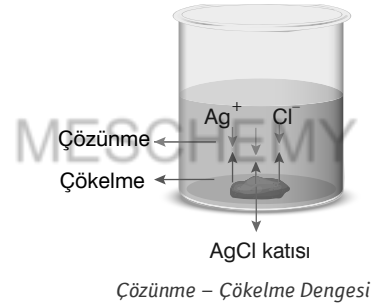
FİZİKSEL VE KİMYASAL DENGİ

Fiziksel ve kimyasal olaylarda zıt yönlü gerçekleşebilen olayların her iki yöndeki hızlarının eşit olması durumu dinamik denge olarak tanımlanmaktadır.

- Kapalı bir kaba konan su bir süre sonra sıvı – buhar dengesine ulaşır. İlk anda buharlaşma hızı, yoğuşma hızından fazladır. Zamanla yoğuşma hızı artar. Bir süre sonra yoğuşma hızı ile buharlaşma hızı eşitlenir.



- Suyu aşırı miktarda AgCl tuzu atıldığında tuz çözünmeye başlar ve bu arada çökme olayı da geriye doğru başlar. Başlangıçtaki çözünme hızı, çökme hızından fazladır. Ancak çözeltideki iyon derişimleri arttıkça çökme hızı artar ve bir süre sonra çözünme hızı ile çökme hızı eşitlenir.



Kimyasal tepkimelerde de aynı şekilde bir dinamik denge oluşabilmesi için tepkimenin çift yönlü gerçekleşebiliyor olması gereklidir.

- Tam verimli gerçekleşen tepkimelerde reaktif maddelerden en az biri bir süre sonra tamamen tükenir ve dinamik denge oluşmaz. Bu tür tepkimeler tek yönlü olduklarından geriye doğru bir reaktif oluşumu gerçekleşmez.

Birçok tepkimede tam verim olmaz. Yani ortamda daha tepkimeye girebilecek reaktifler olmasına rağmen tepkimedeki ürün miktarı değişmez. Bu tür tepkimelere **tersinir (çift yönlü olaylar) tepkimeler** denir. Bu tür reaksiyonlar çift yönlü ok " $\rightleftharpoons$ " sembolü ile gösterilir. Bu şekilde kapalı bir kapta sabit sıcaklıkta gerçekleşen çift yönlü reaksiyonlara **kimyasal denge reaksiyonu** denir.

Kimyasal denge durumunda ileri ve geri tepkime hızları eşit olduğundan sistemdeki madde miktarlarında bir değişim olmaz. Bu durum **dinamik denge** olarak tanımlanır.

TEPKİMELERDE TERSİNİRLİK

Bir tepkimenin tersinir (çift yönlü) olup olmadığının anlaşılabilmesi için,

- Maksimum Düzensizlik Eğilimi
- Minimum Enerji Eğilimi

faktörlerinin karşılaştırılması gereklidir.

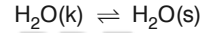
BİLGİ

Maksimum düzensizlik ve minimum enerji eğilimi zıt yönlerde doğru olan tepkimeler çift yönlü gerçekleşebilen tepkimelerdir. Bu eğilimleri aynı yöne doğru olan tepkimeler genellikle tek yönlüdür.

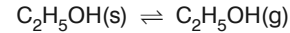
Maksimum Düzensizlik Eğilimi

Belirlenmesinde maddelerin fiziksel hâlleri ve mol sayıları önemlidir.

- Gazlar sıvılara göre ve sıvılar katılara göre daha düzensizdir.

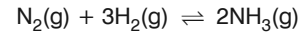


(Maksimum düzensizlik eğilimi ürünler yönündedir.)



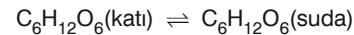
(Maksimum düzensizlik eğilimi ürünler yönündedir.)

- Mol sayısı fazla olan gaz, az olan gaza göre düzensizdir.

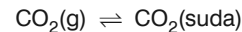


(Maksimum düzensizlik eğilimi girenler yönündedir.)

- Bir katı bir sıvıda çözünürse düzensizliği artar. Bir gaz bir sıvıda çözünürse düzensizliği azalır.

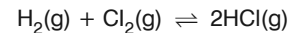


(Maksimum düzensizlik eğilimi ürünler yönündedir.)



(Maksimum düzensizlik eğilimi girenler yönündedir.)

- Atomlar, tek cins atomdan oluşan moleküllere göre daha düzensiz, bu moleküller de bileşiklere göre daha düzensizdir.

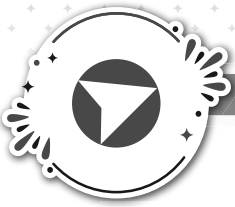


(Maksimum düzensizlik eğilimi girenler yönündedir.)

Minimum Enerji Eğilimi

Belirlenmesinde tepkimenin entalpi değişimi önemlidir.

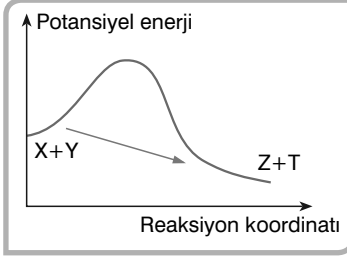
- Ekzotermik tepkimelerde ürünlerin potansiyel enerjisi daha düşük olduğundan minimum enerji eğilimi ürünler yönündedir.
- Endotermik tepkimelerde girenlerin potansiyel enerjisi daha düşük olduğundan minimum enerjiye eğilim girenler yönündedir.



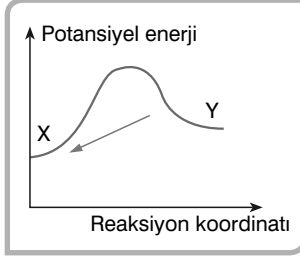
Kimyasal Denge

$X + Y \rightleftharpoons Z + T + \text{Isı}$ (Minimum enerji eğilimi ürünler yönündedir.)

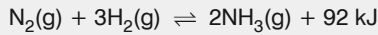
$X + \text{Isı} \rightleftharpoons Y$ (Minimum enerji eğilimi girenler yönündedir.)



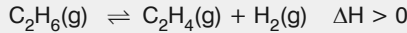
Ekzotermik tepkimelerde minimum enerjiye eğilim ürünler tarafını destekler.



Endotermik tepkimelerde minimum enerjiye eğilim girenleri destekler.



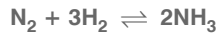
denklemine göre; maksimum düzensizlik girenler doğru eğilimli ve minimum enerji ürünlere doğru eğilimlidir.



denklemine göre; maksimum düzensizlik ürünlere doğru eğilimli ve minimum enerji girenler doğru eğilimlidir.

Yukarıdaki tepkimelerin her ikisi de tersinirdir ve kapalı kapta bir denge oluştururlar.

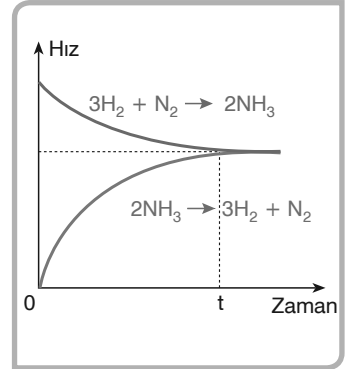
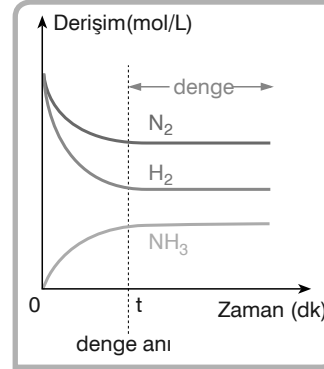
DENGİ SABİTİ



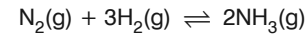
Zaman (dk)	N_2	+	3H_2	$\rightleftharpoons$	2NH_3
0	10 mol		40 mol		-
5	7 mol		31 mol		6 mol
10	5 mol		25 mol		10 mol
15	4 mol		22 mol		12 mol
20	4 mol		22 mol		12 mol
25	4 mol		22 mol		12 mol

► Başlangıçta 10 mol N_2 ve 40 mol H_2 gazları varken tepkime süresince bu değerler tepkimedeki katsayılar ile orantılı olarak azalmış ve belirli zamanlardaki ortamda bulunan reaktif ve ürün miktarları tabloya yazılmıştır. Tablodaki değişime göre 15. dk da tepkimedeki derişimler sabitlenmiştir.

- 15. dk ve sonrasında madde miktarları değişmediği için tepkime denge durumuna ulaşmıştır.
- Madde miktarlarının sabit olduğu bu dinamik durum **kimyasal denge** anı olarak adlandırılır.



Tepkime dengeye ulaştığında madde miktarları sabit kalır. Denge anında ileri hız ile geri hız birbirine eşittir.



tepkimesine göre ileri ve geri reaksiyonların hız ifadelerini yazalım.

$$r_{\text{ileri}} = k_{\text{ileri}} \cdot [\text{N}_2] \cdot [\text{H}_2]^3 \quad r_{\text{geri}} = k_{\text{geri}} \cdot [\text{NH}_3]^2$$

Denge anında hızlar birbirine eşit olacağından.

$$r_{\text{ileri}} = r_{\text{geri}} \Rightarrow k_{\text{ileri}} \cdot [\text{N}_2] \cdot [\text{H}_2]^3 = k_{\text{geri}} \cdot [\text{NH}_3]^2$$

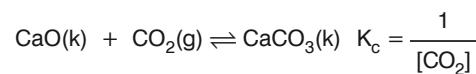
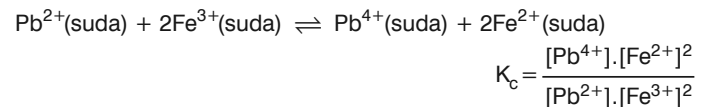
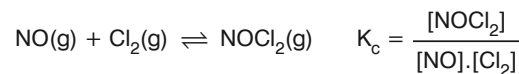
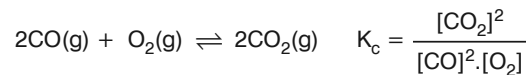
İleri ve geri hız sabitlerinin oranı yeni bir sabit olan denge sabitine (K_c) eşittir.

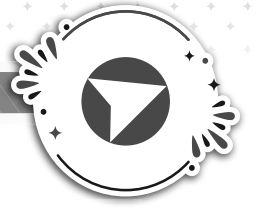
FORMÜL

$$K_c = \frac{k_{\text{ileri}}}{k_{\text{geri}}} = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2] \cdot [\text{H}_2]^3} = \frac{\text{Ürünler}}{\text{Girenler}}$$

► Sabit sıcaklıkta $k_{\text{ileri}}/k_{\text{geri}}$ nin değeri de sabittir. Bu sabit değer **derişimler türünden denge sabiti** olarak adlandırılır ve K_c ile gösterilir.

1. Denge bağıntılarında katılar ve sıvılar yazılmaz.
2. Denge bağıntılarına gazlar, sıvıda çözünmüş moleküller ve iyonlar yazılır.
3. Bir tepkimenin denge sabiti sadece sıcaklık etkisiyle değişir.

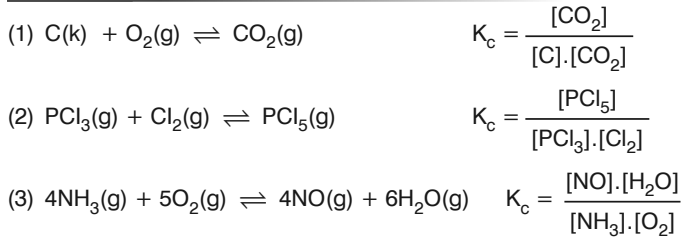




BİLGİ

- Birden fazla basamak sonucu gerçekleşen tepkimelerin denge bağıntıları **net tepkime** denklemine göre yazılır.
- Reaksiyona girenlerin ve ürünlerin aynı fazda olduğu denge reaksiyonlarına **homojen denge** denir.
- Reaktif ve ürünlerden farklı fazlarda olanların bulunduğu reaksiyonlar **heterojen denge** olarak adlandırılır.

Örnek



Yukarıda verilen denge tepkimeleri ve denge bağıntıları ile ilgili;

1. ve 3. tepkimelerin denge bağıntıları hatalı yazılmıştır.
 - Yalnızca 2. tepkime homojen denge tepkimesidir.
 - Tepkimelerin üçünde de denge anında madde miktarları değişmez.
- yargılarından hangileri doğrudur?**

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve III
D) I ve II E) II ve III

Çözüm..

KİSMİ BASINÇLAR TÜRÜNDEN DENGİ SABİTİ (K_p)

- Gaz fazında gerçekleşen denge tepkimelerinde molar derişimler ile kısmi basınçlar doğru orantılıdır.
- Denge bağıntısı maddelerin kısmi basınç değerleri kullanılarak yazılabilir. Buna **kısmi basınçlar türünden denge sabiti** adı verilir.

$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ için K_c ve K_p bağıntıları aşağıdaki gibidir.

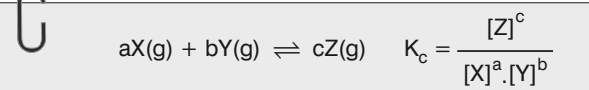
FORMÜL

$$K_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2] \cdot [H_2]^3} \text{ ve } K_p = \frac{(P_{NH_3})^2}{(P_{N_2}) \cdot (P_{H_2})^3}$$

- K_p değeri de sabit sıcaklık altında K_c değeri gibi değişmez.
- K_p bağıntısında sadece gazlar, K_c bağıntısında ise gazlar ve su- lu çözeltiler yer alır.

 K_p ile K_c İLİŞKİSİ

- İdeal gaz denkleminde yola çıkarak kısmi basınç yerine bulunan değerler denklemden kullanılırsa K_p ile K_c arasında bir bağıntı oluşturulur.



Yukarıdaki tepkimede gazlar için,

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \Rightarrow P = \frac{n}{V} \cdot R \cdot T \Rightarrow P = M \cdot R \cdot T$$

$$P_X = [X] \cdot R \cdot T \quad P_Y = [Y] \cdot R \cdot T \quad P_Z = [Z] \cdot R \cdot T$$

$$K_p = \frac{(P_Z)^c}{(P_X)^a \cdot (P_Y)^b} \Rightarrow K_p = \frac{([Z] \cdot R \cdot T)^c}{([X] \cdot R \cdot T)^a \cdot ([Y] \cdot R \cdot T)^b}$$

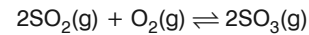
$$K_p = \frac{[Z]^c}{[X]^a \cdot [Y]^b} \cdot \frac{(R \cdot T)^c}{(R \cdot T)^a \cdot (R \cdot T)^b} \quad K_p = K_c \cdot (R \cdot T)^{(c-a-b)}$$

FORMÜL

$$K_p = K_c \cdot (R \cdot T)^{\Delta n}$$

Δn : Ürünlerdeki gazların katsayıları toplamından, girenlerdeki gazların katsayıları toplamı çıkarılarak bulunur.

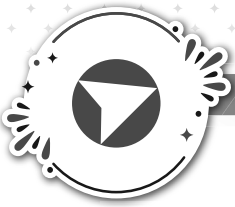
ÖSYM



tepkimesinin 1000 K'de K_c değeri $2,8 \times 10^2$ olduğuna göre, aynı sıcaklıktaki K_p değeri nedir?

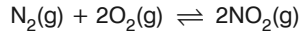
- A) $\frac{2,8 \times 10^2}{82}$ B) $2,8 \times 10^2 \times 82$ C) $\frac{2,8 \times 10^2}{(82)^2}$
D) $2,8 \times 10^2 \times (82)^2$ E) $2,8 \times 10^2$

Çözüm..



Kimyasal Denge

Örnek



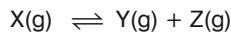
denge tepkimesinin 273 °C'deki K_p değeri 3 tür.

Bu tepkimenin aynı sıcaklıktaki K_c değeri kaçtır?

- A) 134,4 B) 89,6 C) 67,2 D) $\frac{1}{22,4}$ E) $\frac{1}{134,4}$

Çözüm..

Örnek



Yukarıdaki denkleştirilmemiş tepkimenin 0 °C sıcaklığında K_c değeri $\frac{1}{11,2}$ ve K_p değeri 44,8 olduğuna göre Δn değeri kaçtır?

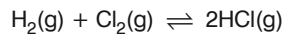
- A) 0 B) 1 C) 2 D) 3 E) 4

Çözüm..

DENGE HESAPLAMALARI

Kimyasal tepkimelerde hesaplardan yararlanılarak başlangıç miktarları ile harcanan ve oluşan miktarlar arasında ilişkiler kurularak denge anındaki miktar bulunabilir. Bu durumun tersinden de gidilebilen sorular olacaktır.

Örnek

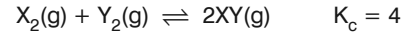


tepkimesi 27 °C'de dengedeyken kapta 0,4 M H_2 , 0,2 M Cl_2 ve 0,8 M HCl gazları bulunduğuna göre tepkimenin denge sabiti K_c değeri kaçtır?

- A) 1 B) 2 C) 4 D) 8 E) 12

Çözüm..

Örnek



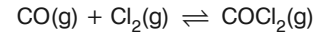
reaksiyonuna göre 1 L hacme sahip bir kaba 4 mol X_2 ve 4 mol Y_2 gazları konularak dengeye gelmesi sağlanıyor.

Buna göre, denge anında kapta kaç mol XY gazı bulunur?

- A) 0,4 B) 1 C) 2 D) 4 E) 16

Çözüm..

Örnek



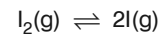
tepkimesine göre t °C'de denge sabiti (K_c) 3 tür.

t °C'de denge anında CO gazının mol sayısı 4, Cl_2 ve COCl_2 gazlarının mol sayısı 8 ise tepkimenin olduğu kabın hacmi kaç litredir?

- A) 4 B) 8 C) 12 D) 16 E) 20

Çözüm..

ÖSYM

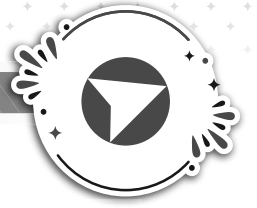


tepkimesinin 1000 C'deki denge sabiti

$$K_c = 1,2 \times 10^{-2} \text{ dir.}$$

Buna göre dengede 1 mol $\text{I}_2(\text{g})$ ve 0,24 mol $\text{I}(\text{g})$ bulunması için tepkimenin yer aldığı kabın hacmi kaç litre olmalıdır?

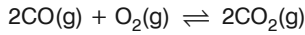
- A) 1,2 B) 2,4 C) 3,6 D) 4,8 E) 6,00



Çözüm..

Örnek

t °C sıcaklıkta 3 litrelik kapalı bir kaba 0,8 mol CO ile 0,8 mol O₂ konuyor. Kapta toplam 1,4 mol gaz bulunduğu anda,



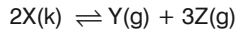
dengesine ulaşıyor.

Buna göre, reaksiyonun bu sıcaklıktaki denge sabiti (K_c) kaçtır?

- A) 1 B) 2 C) 3 D) 5 E) 8

Çözüm..

Örnek



tepkimesine göre kapalı bir kaba 27 °C de bir miktar X katısı eklenip dengeye ulaştığında kaba yapılan toplam basınç 4 atm olduğuna göre tepkimenin derişimler türünden denge sabiti (K_c) kaçtır?

- A) 27 B) 27.(24,6)⁻³ C) 27.(24,6)⁴ D) 108.(8,2)³ E) 108

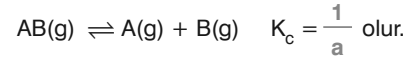
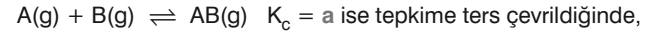
Çözüm..

TEPKİME DENKLEMİ İLE DENGİ SABİTİ ARASINDAKİ İLİŞKİ

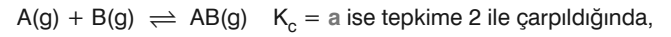
Bir tepkimenin denge sabitinin sayısal değeri tepkime denklemi ve katsayıları ile doğrudan ilişkilidir. Tepkime denkleminin yönü ve katsayıları değiştirilirse denge sabiti de değişir.

Bu durum aşağıdaki kurallara göre belirlenir.

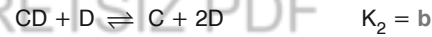
- Bir denge reaksiyonu ters çevrilirse, K_c denge sabiti $\frac{1}{K_c}$ olur



- Bir tepkimenin katsayıları n ile çarpılırsa K_c denge sabiti (K_c)ⁿ olur.

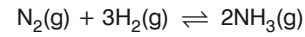


- Herhangi bir tepkime diğer tepkimelerin toplamından oluşuyorsa, bu tepkimenin K_c değeri diğer tepkimelerin K_c değerlerinin çarpımına eşittir.



$$K_3 = a \cdot b$$

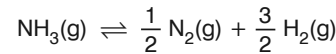
ÖSYM



denge tepkimesinin belirli bir sıcaklıktaki denge sabiti

$$K_p = 49 \text{ 'dur.}$$

Buna göre,



denge tepkimesinin aynı sıcaklıktaki K_p değeri, aşağıdakilerden hangisidir?

- A) $\frac{1}{49}$ B) $\frac{1}{7}$ C) 7 D) 14 E) 49

Çözüm..