

KİMYASAL REAKSİYONLARDA DENGE

KİMYASAL DENGE

Her istemli olayda evrenin toplam entropisi artar ve evren zaman geçtikçe bir denge haline yaklaşır.

→ Doğada gerçekleşen her olayda enerjiyi düşürme ve düzensiz olma isteği vardır.

Dengeye ulaşan sistemlerde şu iki eğilim zıt yönlerde uzlaşma halindedir:

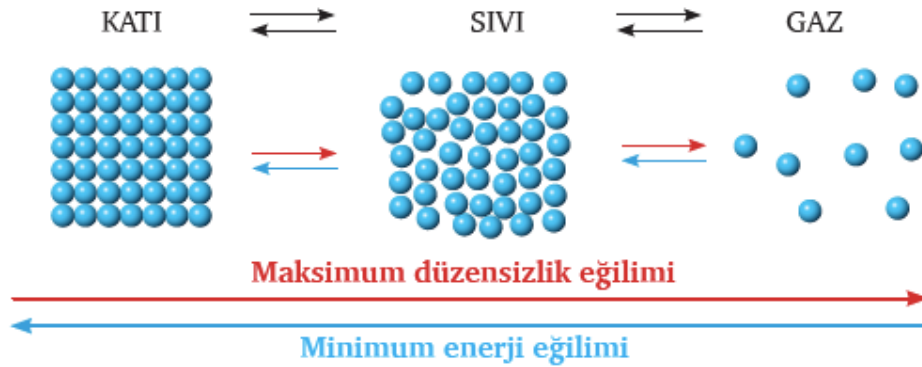
- Maksimum düzensizlik eğilimi
- Minimum enerji eğilimi

Örnek: $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} + \text{ısı}$ tepkimesinde,

→ Min. enerji eğilimi

← Max. düzensizlik eğilimi

- ☞ Minimum enerji eğilimi ısının yazıldığı yöne doğrudur.
- ☞ Maksimum düzensizlik eğilimi ise;
 - Gaz fazındaki tepkimelerde gazın mol sayısının çok olduğu yönde,
 - Katı ve sıvıların suda çözünmesinde, çözünme (suda) yönünde,
 - Gazların suda çözünmesinde, gaz yönündedir.



Soru: Aşağıdaki tepkimeler tersinir olduğuna göre, her bir tepkime için;

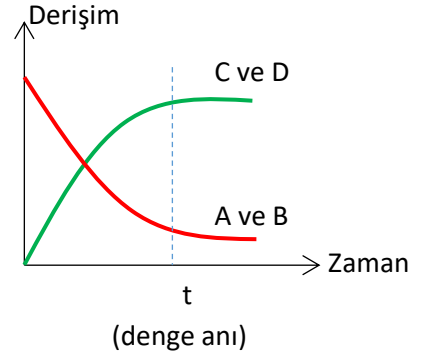
- $H_2O(s) \rightleftharpoons H_2O(g)$
- $K_2SO_4(\text{suda}) \rightleftharpoons 2K^+(\text{suda}) + SO_4^{2-}(\text{suda})$
- $C_{12}H_{22}O_{11}(k) + H_2O(s) \rightleftharpoons C_{12}H_{22}O_{11}(\text{suda})$
- $2NH_3(g) \rightleftharpoons N_2(g) + 3H_2(g)$
- $2HBr(g) \rightleftharpoons H_2(g) + Br_2(g)$
- $C(k) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO(g) + H_2(g)$
- $2S(k) + 2O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_2(g)$

- Maksimum düzensizliğe eğilimin yönünü belirtiniz.
- Minimum enerji eğilimi yönünü belirterek tepkimenin endotermik mi, ekzotermik mi olduğunu yazınız.

- ★ Kimyasal reaksiyonlar koşullar uygun olduğunda hem ileri hem de geri yönde gerçekleşirler. Böyle tepkimelere *tersinir ya da denge tepkimeleri* denir.

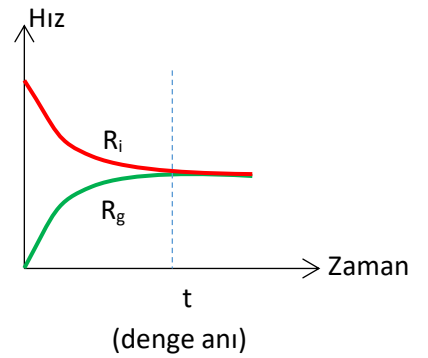


- ★ Denge tepkimelerinden girenlerin derişimleri zamanla azalırken ürünlerin derişimleri zamanla arta ve bir düre sonra sabitlenir.



- ★ Derişimlere bağlı olarak ileri yöndeki tepkimede girenlerin derişimleri zamanla azaldığından ileri tepkime hızı da azalır. Benzer şekilde, geri yöndeki tepkimede ürünleri derişimleri zamanla arttığından geri tepkime hızı da artar.

Böylece bir süre sonra iki yöndeki tepkimenin hızları eşitlenir. Bu ana *denge anı* denir.



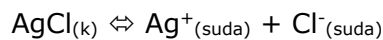
- ★ Dengeye gelen tepkimelerde tepkime kabında hem giren hem de ürünlerden belli miktarda bulunmak zorundadır.

- ★ **Fiziksel ya da kimyasal olaylarda dengeye ulaşılabilmesi için;**

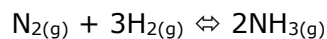
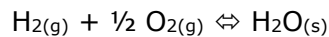
- 1- Tepkime kabı kapalı olmalıdır.
- 2- Sıcaklık sabit olmalıdır.
- 3- Giren ve ürünlerin derişimleri sabitlenmelidir.
- 4- İleri ve geri yöndeki tepkimelerin hızları eşit olmalıdır.

NOT: Dengeye ulaşan sistemlerde gözle görülebilir (makro) olaylar durur, gözle görülemeyen (mikroskobik) olaylar gerçekleşmeye devam eder. Bu yüzden *denge hali*, statik (durgun) değil, *dinamik bir haldir*.

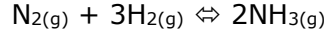
Fiziksel Denge: Hal değişimi, suda çözünme gibi fiziksel olayların gerçekleştiği denge tepkimeleridir.



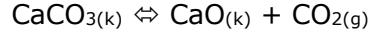
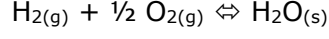
Kimyasal Denge: Kimyasal tepkimelerin gerçekleştiği denge tepkimeleridir.



- **Homojen denge:** Tepkimede yer alan tüm maddelerin aynı fiziksel halde olduğu denge tepkimeleridir.



- **Heterojen denge:** Tepkimede yer alan maddelerin farklı fiziksel hallerde olduğu denge tepkimeleridir.



DENGE BAĞINTISI VE DENGE SABİTİ



DENGE ANI: **R_i = R_g**

$$k_i \cdot [\text{A}]^a [\text{B}]^b = k_g \cdot [\text{C}]^c [\text{D}]^d$$

$$\frac{k_i}{k_g} = \frac{[\text{C}]^c [\text{D}]^d}{[\text{A}]^a [\text{B}]^b}$$

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

K_c = Derişimler cinsinden denge sabiti

Soru: Aşağıdaki tepkimelerin derişimler cinsinden denge bağıntılarını yazınız.

- CaCO_{3(k)}} ⇌ CaO_(k) + CO_{2(g)}
- H_{2(g)} + 1/2 O_{2(g)} ⇌ H_{2O(s)}
- N_{2(g)} + 3H_{2(g)} ⇌ 2NH_{3(g)}
- AgCl_(k) ⇌ Ag⁺_(suda) + Cl⁻_(suda)
- 2Fe⁺²_(suda) + Sn⁺⁴_(suda) ⇌ 2Fe⁺³_(suda) + Sn⁺²_(suda)
- NH₄Cl_(k) ⇌ NH_{3(g)} + HCl_(g)
- 2CO_(g) + O_{2(g)} ⇌ 2CO_{2(g)}

- ★ Gaz fazında gerçekleşen tepkimelerin denge bağıntıları kısmi basınçlar cinsinden de yazılabilir:



$$K_P = \frac{(P_C)^c (P_D)^d}{(P_A)^a (P_B)^b}$$

K_c İLE K_p ARASINDAKİ İLİŞKİ:

$$K_p = K_c(RT)^{\Delta n} \quad (\Delta n: \Sigma n_{\text{ürün(gaz)}} - \Sigma n_{\text{giren(gaz)}})$$

Soru: Aşağıdaki tepkimeler için K_c ile K_p arasındaki ilişkiyi yazınız.

- a) $\text{H}_2(\text{g}) + \text{F}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HF}(\text{g})$
b) $2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$
c) $\text{CaCO}_3(\text{k}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{k}) + \text{CO}_2(\text{g})$

Soru: $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Br}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HBr}(\text{g})$ tepkimesinin 25°C'de denge sabiti $K_c = 2 \cdot 10^{19}$ dur. Aynı sıcaklıkta tepkimenin kısmi basınçlara bağlı denge sabiti (K_p) kaçtır?

(2.10¹⁹)

Soru: 27°C sıcaklıkta 0,6 mol NO₂ gazı 2 litrelik bir kaptaki $2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ dengesini oluşturduğunda kaptaki 0,4 mol NO gazı bulunmaktadır. Buna göre tepkimenin aynı sıcaklıkta kısmi basınçlar türünden denge sabiti kaçtır?

(9,84)

★ **Mekanizmalı tepkimelerde DENGE BAĞINTISI NET TEPKİMEYE GÖRE YAZILIR!!!**

Örnek: $2\text{N}_2\text{O}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{NO}$ (yavaş)
 $4\text{NO}(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{NO}_2(\text{g})$ (hızlı)

tepkimesinin denge bağıntısı:

Net tepkime: $2\text{N}_2\text{O}(\text{g}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{NO}_2(\text{g})$

$$K_c = \frac{[\text{NO}_2]^4}{[\text{N}_2\text{O}]^2[\text{O}_2]^3}$$

DENGE İLE İLGİLİ PROBLEMLER:

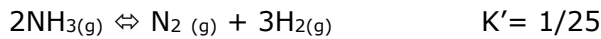
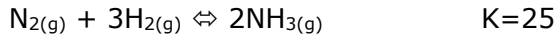
1. $2\text{XY}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{X}_2(\text{g}) + \text{Y}_2(\text{g})$ tepkimesi 250°C'ta 2 litrelik bir kaptaki 0,8 mol XY gazı ile başlatılıyor. Tepkime dengeye ulaştığında kaptaki 0,2 mol Y₂ gazı bulunduğuna göre aynı sıcaklıktaki K_c değerini hesaplayınız.
2. $2\text{HI}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g})$ tepkimesinin belli bir sıcaklıktaki denge sabiti 16 dır. Bir tepkime kabına konulan bir miktar HI gazının bozunma tepkimesinin dengeye ulaşması bekleniyor. HI gazının denge derişimi 0,25 mol/L olduğuna göre, H₂ ve I₂ gazlarının denge derişimlerini hesaplayınız.
3. 450°C'ta 2 litrelik kaptaki 10 mol NH₃ gazı $2\text{NH}_3(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g})$ tepkimesine göre ayrışıyor. Tepkime dengeye ulaştığında amonyak gazının %40'nun ayrıştığı gözleniyor. Tepkimenin 450°C'taki K_c değerini hesaplayınız.

4. $2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ tepkimesi 350°C 'deki denge durumunda her bir gazın kısmi basıncı 0,5 atmosfer olduğuna göre K_p değerini hesaplayınız.
5. Başlangıçta 300 K 'de PCl_5 gazının 4 atmosfer basınç yaptığı bir kapta, sabit sıcaklıkta $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ tepkimesine göre, dengeye geldiğinde PCl_3 gazının kısmi basıncı 2 atmosfer olarak ölçülüyor. Buna göre tepkimenin K_p değerini hesaplayınız.
6. $t^\circ\text{C}$ sıcaklıkta 0,5 litrelik bir kapta $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$ tepkimesi 2 mol SO_2 ve 3 mol O_2 gazları ile başlatılıyor. Sistem aynı sıcaklıkta dengeye ulaştığında kapta 1 mol SO_3 gazı bulunduğuna göre tepkimenin derişimler cinsinden denge sabiti kaçtır?
7. Sabit sıcaklıkta kapalı bir kapta gaz fazında $\text{A} + 3\text{B} \rightleftharpoons 2\text{C}$ tepkimesi 3 mol A ve 2 mol B ile başlatılıyor. Sistem dengeye ulaştığında kapta bulunan toplam 4 mol gazın basıncı 2 atm olduğuna göre, tepkimenin kısmi basınçlar cinsinden denge sabiti kaçtır?

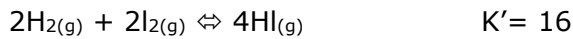
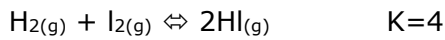
Cevaplar: 1. 0,25, 2. 1,00 mol/L, 3. 3, 4. 0,5, 5. 2, 6. 5, 7. 12.8

DENGE SABİTİNİN DEĞİŞİMİ

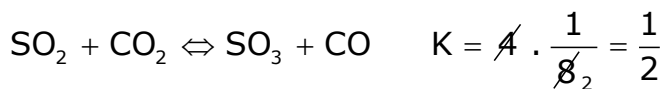
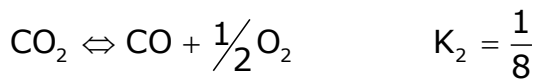
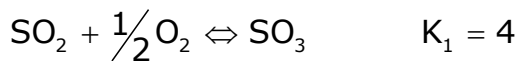
- 1) Bir denge reaksiyonu ters çevrilirse, denge sabiti $1/K$ olur.



- 2) Bir denge reaksiyonu n gibi bir rakamla genişletilirse, denge sabiti K^n olur.



- 3) Mekanizmalı tepkimelerde toplam tepkimenin denge sabiti **ayrı-ayrı tepkimelerin denge sabitleri çarpımına eşittir.**



Soru: $\frac{1}{2}\text{N}_2(\text{g}) + \frac{3}{2}\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{NH}_3(\text{g})$ tepkimesinin denge sabiti 0,3 olduğuna göre aynı sıcaklıktaki $\text{NH}_3(\text{g}) \rightleftharpoons \frac{1}{2}\text{N}_2(\text{g}) + \frac{3}{2}\text{H}_2(\text{g})$ tepkimesinin denge sabitini bulunuz.

(10/3)

Soru: I. $\text{XY}_3(\text{g}) \rightleftharpoons \text{XY}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{Y}_2(\text{g})$ $K_{C1} = 1/5$
II. $2\text{ZY}(\text{g}) + \text{Y}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{ZY}_2(\text{g})$ $K_{C2} = 16$

tepkimleri bilindiğine göre

$\text{XY}_2(\text{g}) + \text{ZY}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{ZY}(\text{g}) + \text{XY}_3(\text{g})$ tepkimesinin denge sabiti kaçtır?

(5/4)

Soru: I. $\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}(\text{g})$ $K_{C1} = 4$
II. $2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ $K_{C2} = 2$
III. $2\text{NO}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_5(\text{g})$ $K_{C3} = 1/10$

Yukarıda bazı tepkimeler ve denge sabitleri verilmiştir.

Aynı sıcaklıkta $2\text{N}_2(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{N}_2\text{O}_5(\text{g})$ tepkimesinin denge sabiti K_c kaçtır?

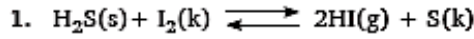
(1/25)

Soru: $\text{C}(\text{k}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g})$ $K_{C1} = 4$
 $2\text{C}(\text{k}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_2(\text{g})$ $K_{C2} = 12$
 $4\text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{C}_2\text{H}_2(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g})$ $K_{C3} = 25$

Tepkimelerinin t sıcaklığındaki denge sabitleri yukarıdaki gibidir. Buna göre aynı sıcaklıkta gerçekleşen $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ tepkimesinin derişimlere bağı denge sabiti kaçtır?

(3/20)

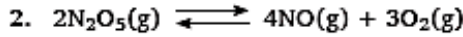
NELER KAZANILDI? (MEB – Ders Kitabı, s.232)



tepkimesi için

a) Denge bağıntısını yazınız.

b) 350 K'de 1 litrelik kapalı bir kaptaki sistem dengeye ulaştığında 0,4 mol H_2S ; 0,2 mol I_2 ; 0,4 mol HI ve 0,3 mol S bulunuyor. Buna göre tepkimenin aynı sıcaklıktaki derişimler cinsinden denge sabitini hesaplayınız.



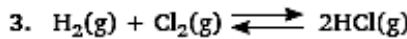
tepkimesi dengede iken kısmi basınçları

$$P_{\text{N}_2\text{O}_5} = 3 \text{ atm}$$

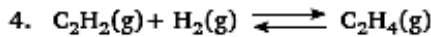
$$P_{\text{NO}} = 1 \text{ atm}$$

$$P_{\text{O}_2} = 1 \text{ atm}$$

olduğuna göre K_p 'yi hesaplayınız.

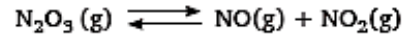


tepkimesinin 546 K'deki K_c değeri 3×10^{-2} olduğuna göre aynı sıcaklıktaki K_p değerini hesaplayınız.



tepkimesinin 127 °C'taki denge sabiti 4×10^{-2} 'dir. Aynı sıcaklıktaki K_p değerini bulunuz.

5. 1 litrelik kapalı bir kaba 4 atm basınçta N_2O_3 gazı konarak başlatılan

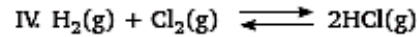
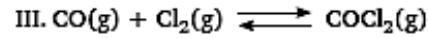
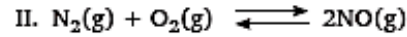
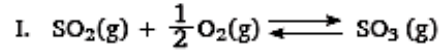


tepkimesi dengeye ulaştığında N_2O_3 'ün %50'sinin ayrıştığı görülüyor.

K_p denge sabitinin değeri aşağıdakilerden hangisidir?

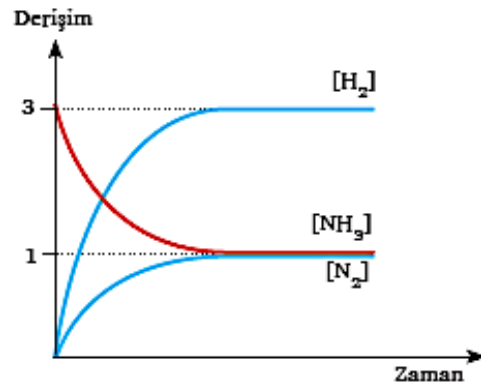
- A) 1 B) 2 C) 3
D) 4 E) 5

6. Aşağıda verilen tepkimelerin hangisinde K_p ile K_c değeri birbirine eşittir?



- A) I ve II B) II ve III C) I ve III
D) II ve IV E) I, II, III ve IV

7.



Yukarıda NH_3 gazının ayrışmasına ait derişim-zaman grafiği verilmiştir.




Bu tepkimeye ait derişimler cinsinden denge sabiti aşağıdakilerden hangisidir?

- A) 2 B) 3 C) 9
D) 27 E) 81

1. a) $K_c = [\text{HI}]^2$, b) 16×10^{-2} , 2. $1/9$, 3. 3×10^{-2} 4. $0,12 \times 10^{-2}$ 5. B, 6. D, 7. D

DENGENİN KONTROLÜ (Denge Kesri, Q)

Herhangi bir tepkimenin, her hangi bir zamanda dengede olup olmadığının kontrol etmek için istenilen zamandaki maddelerin derişimleri dikkate alınarak bir **Q** geçici denge sabiti bulunur. Bulunan bu değer denge sabitiyle karşılaştırılır.

-  $Q = K_c$ ise sistem dengededir.
-  $Q < K_c$ ise sistem dengede değildir. Dengeye ulaşması için tepkimenin **ileri yönde** devam etmesi gerekmektedir.
-  $Q > K_c$ ise sistem dengede değildir. Dengeye ulaşması için tepkimenin **girenler lehine** kayması gerekmektedir.

Soru: $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \leftrightarrow 2NH_{3(g)}$ tepkimesinin 298 K'deki denge sabiti 50'dir. 1 litrelik kapalı bir kaptaki 298 K'de bulunan N_2 , H_2 ve NH_3 gazlarının derişimleri sırasıyla 0,1; 0,2 ve 0,2 mol/L dir.

Bu an için,

- I. Sistem dengededir.
- II. İleri ve geri tepkimenin hızları eşittir.
- III. Sistem dengeye gelince H_2 gazı 0,2 molden daha çok bulunur.

yargılarından hangileri doğrudur?

(I ve II)

Soru: $CO_2(g) + H_2(g) \rightleftharpoons CO(g) + H_2O(g)$ tepkimesinin 25°C'de denge sabiti $K_c=1$ 'dir. Herhangi bir anda 2 litrelik bir kaptaki aynı sıcaklıkta 0,2 mol CO_2 , 0,3 mol H_2 , 0,4 mol CO ve 0,6 mol H_2O bulunmaktadır.

- a) Tepkime dengede midir?
- b) Dengedeki sistemde H_2 gazının mol sayısı kaç olur?

(a) değildir, b) 0,42)

Soru: $PCl_5(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons POCl_3(g) + 2HCl(g)$ tepkimesi için sabit sıcaklıkta $K_c=0,5$ 'tir. Aynı sıcaklıkta 1 litrelik kapalı kaptaki gerçekleşen tepkimede kaptaki 0,6 mol PCl_5 , 0,4 mol H_2O , 0,8 mol $POCl_3$ ve 0,3 mol HCl gazları bulunduğuna göre tepkime dengede midir? Tepkime dengede değilse hangi yönde ilerler?

(değildir, ileri yönde ilerler)

Soru: $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$ denge tepkimesinin 25°C'de denge sabiti $K_c=4 \cdot 10^{-2}$ dir. 2 litrelik kaba 0,2 mol SO_2 , 0,4 mol O_2 ve 4 mol SO_3 konuyor. Buna göre,

- a) Sistem dengede midir?
- b) Dengeye SO_3 gazının kısmi basıncı nasıl değişir?

(değildir, azalır)

DENGEYE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

“Denge halindeki bir sisteme dışardan bir etki yapılırsa sistem bu etkiyi azaltacak yönde hareket eder.” Bu prensibe Le-Chatelier Prensibi denir.

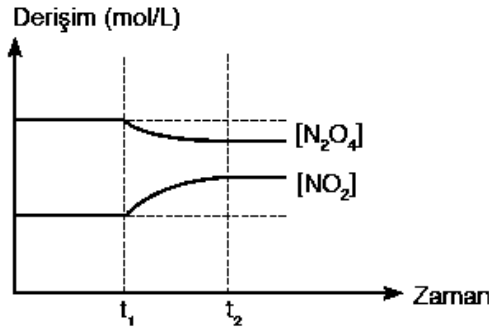
1. SICAKLIK ETKİSİ:

Denge halindeki bir sistemin sıcaklığı artırıldığında sistem bu etkiyi azaltacak yönde hareket eder.

- 👉 Ekzotermik tepkimelerde sıcaklık artırılırsa, denge girenler tarafına kayar, K denge sabiti küçülür.
- 👉 Endotermik tepkimelerde sıcaklık artırılırsa denge ürünler tarafına kayar, K denge sabiti büyür.

Örnek: $N_2O_4(g) + ısı \rightleftharpoons 2NO_2(g)$ denge tepkimesinde sıcaklık arttırılırsa;

- tepkime ürünler yönüne kayar.
- $[N_2O_4]$ azalır.
- $[NO_2]$ artar.
- K değeri artar.



Soru: $N_2(g) + 3H_2(g) \leftrightarrow 2NH_3(g) \quad \Delta H = -22 \text{ kkal}$

Kapalı bir kapta gaz fazında gerçekleşen denge tepkimesiyle ilgili olarak;

- I. Kabin hacmini artırmak
- II. Ortama H_2 eklemek
- III. Sıcaklığı artırmak

işlemlerinden hangileri K' denge sabitinin değerini değiştirir?

(Yalnız III)

Soru: I. $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g) + 200,8 \text{ kJ}$
II. $CaCO_3(k) + 178 \text{ kJ} \rightleftharpoons CaO(k) + CO_2(g)$

Yukarıda verilen denge tepkimelerinin sıcaklığı düşürüldüğünde,

- a) Tepkimeler hangi yönde hareket eder?
- b) Denge sabiti nasıl değişir?
- c) Tepkimelere ait derişim-zaman grafiklerini çiziniz.

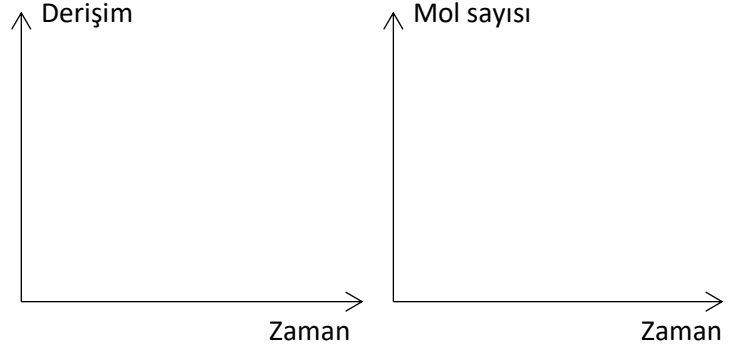
2. DERİŞİM ETKİSİ:

Denge halindeki bir sistemdeki maddelerden herhangi birinin derişimi artırıldığında, sistem bu etkiyi azaltmak için sağa ve sola kayar.

Örnek: $H_{2(g)} + I_{2(g)} \leftrightarrow 2HI_{(g)}$ tepkimesi kapalı ve sabit hacimli bir kapta ve sabit sıcaklıkta dengedeiken;

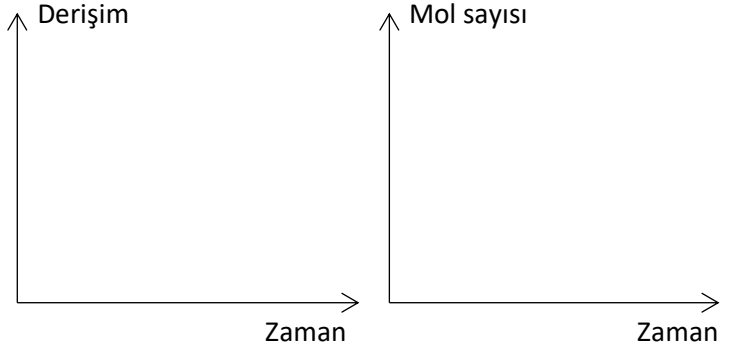
Ortama H_2 eklenirse:

- Tepkime ürünler yönüne kayar.
- **HI**'nın derişimi artar.
- **H₂** derişimi azalır ama başlangıca göre yine de artmış durumdadır, **I₂** derişimi azalır.
- **K** denge sabiti değişmez.



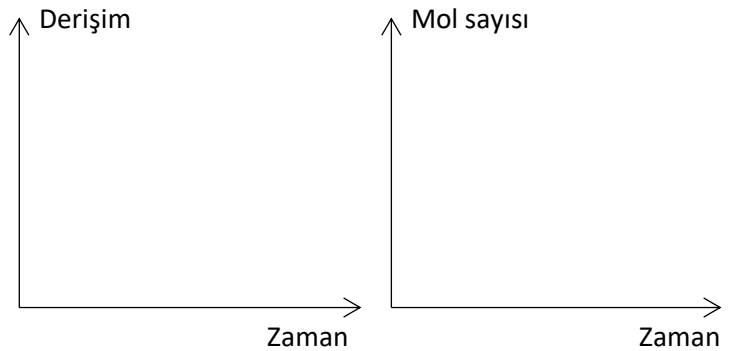
Ortamdan I_2 gazı çekilirse:

- Tepkime girenler yönüne kayar.
- **HI**'nın derişimi azalır.
- **H₂** derişimi artar, **I₂** derişimi artar ama başlangıç değerine ulaşamaz, başlangıca göre azalmış olur.
- **K** denge sabiti değişmez.



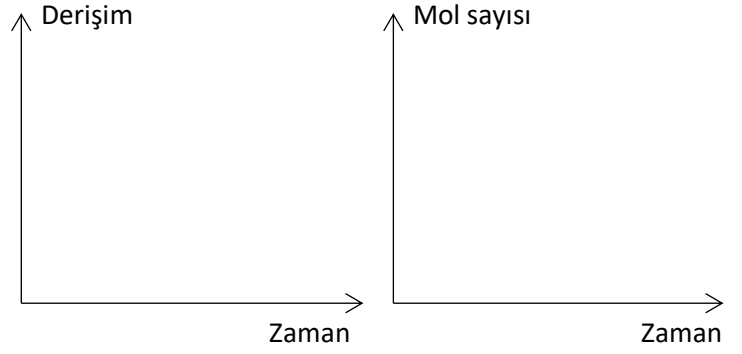
Ortama HI eklenirse:

- Tepkime yönüne kayar.
- **HI**'nın derişimi ama
- **H₂** derişimi, **I₂** derişimi
- **K** denge sabiti



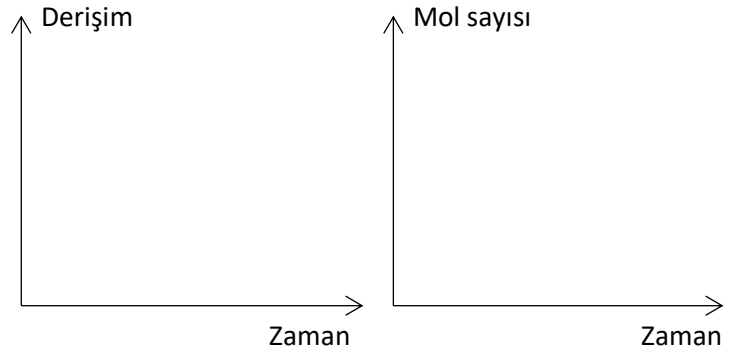
Ortamdan H₂ gazı çekilirse:

- Tepkime yönüne kayar.
- **HI**'nın derişimi
- **H₂** derişimi ama
-, **I₂** derişimi
- **K** denge sabiti



Ortama I₂ gazı eklenirse:

- Tepkime yönüne kayar.
- **HI**'nın derişimi
- **H₂** derişimi, **I₂** derişimi ama
-
- **K** denge sabiti



Soru: H₂(g) + Cl₂(g) ⇌ 2HCl(g) tepkimesi 500°C'ta 1 litrelik kapalı bir kaptan dengededir ve denge anında 4x10⁴ mol HCl gazı, 2x10⁻⁵er mol H₂ ve Cl₂ gazları bulunmaktadır.

- Tepkimenin derişimler cinsinden denge sabitini bulunuz.
- Sisteme H₂ gazı eklenirse tepkime hangi yönde ilerler? Açıklayınız.
- Sisteme bir miktar HCl gazı eklenerek tepkimenin tekrar dengeye gelmesi sağlanıyor. Sistem tekrar dengeye geldiğinde ortamdaki H₂ gazının mol sayısı 4,0x10⁻⁵ mol olduğuna göre sisteme kaç mol HCl gazı eklenmiştir?

(a) 4x10¹⁸, b) ileri, c) 4x10⁴)

Soru: H₂(g) + Cl₂(g) ⇌ 2HCl(g) tepkimesinde sabit sıcaklıkta 2 litrelik kaptan 0,2 mol H₂, 0,4 mol Cl₂ ve 0,4 mol HCl gazları dengededir. Tepkime ortamına kaç mol Cl₂ gazı eklenirse HCl'nin denge mol sayısı 0,6 olur?

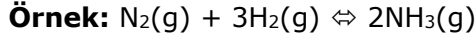
(1,5)

Soru: CO₂(g) + NO(g) ⇌ NO₂(g) + CO(g) denge tepkimesinde sabit sıcaklıkta 1 litrelik kaptan 0,4 mol CO₂, 0,9 mol NO, 0,6 mol NO₂ ve 0,6 mol CO gazları dengededir. Kaba 0,5 mol CO₂ gazı eklenince sistem aynı sıcaklıkta dengeye geldiğinde kaptan kaç mol NO₂ bulunur?

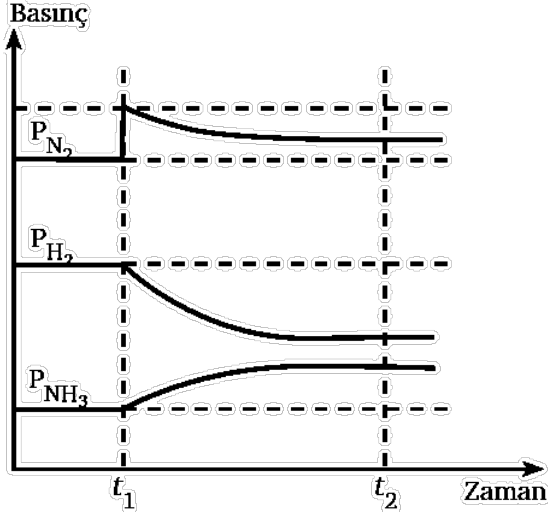
(0,75)

3. BASINÇ ETKİSİ:

Tepkimeye giren veya ürünlerden herhangi birinin kısmi basıncı artırıldığında/azaltıldığında tepkime derişimde olduğu gibi bu basıncı azaltacak/artıracak yönde hareket eder.



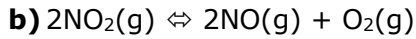
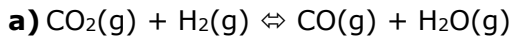
Dengedeki tepkimede N_2 gazının kısmi basıncı artırılırsa tepkime girenler tarafındaki basıncı azaltmak için ürünler yönüne hareket eder.



Toplam basınc çeşitli şekillerde değistirilebilir:

1) Kap hacmini artırmak/azaltmak: Hacim değişikliği tepkimede bulunan her bir gazın kısmi basıncını etkileyeceği için tepkime basınc değişikliğini giderecek yönde hareket eder.

Soru: Aşağıda verilen denge tepkimelerinin bulunduğu kapların hacmi azaltılarak basınc artırılıyor. Tepkimelerin hangi yöne doğru ilerleyeceğini açıklayınız.



(I. denge bozulmaz, II. girenler yönüne, III. girenler yönüne)

Soru: $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ denge tepkimesinde,

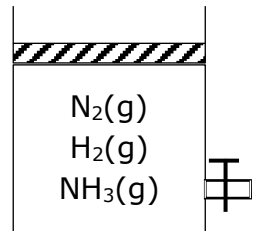
- a) H_2 gazının kısmi basıncı artırılırsa dengenin hangi yöne doğru ilerleyeceğini açıklayınız. Bu duruma ait derişim-zaman grafiğini çiziniz.
- b) H_2 gazının kısmi basıncı azaltılırsa dengenin hangi yöne doğru ilerleyeceğini açıklayınız. Bu duruma ait derişim-zaman grafiğini çiziniz.
- c) HI gazının kısmi basıncı azaltılırsa dengenin hangi yöne doğru ilerleyeceğini açıklayınız. Bu duruma ait derişim-zaman grafiğini çiziniz.
- d) Kap hacmi yarıya indirilirse dengenin hangi yöne doğru ilerleyeceğini açıklayınız. Bu duruma ait derişim-zaman grafiğini çiziniz.

(a) ürünler yönüne, b) girenler yönüne, c) ürünler yönüne, d) denge bozulmaz.)

2) Sabit basınçlı (sürtünmesiz pistonlu) sisteme sabit sıcaklıkta inert bir gaz eklemek: Hacim artar. Dengedeki gazların kısmi basınçları azalır. Sistem *basıncı* artırmak için mol sayısı çok olan tarafa doğru hareket eder.

Soru: Şekilde sürtünmesiz pistonlu kaptta N_2 , H_2 ve NH_3 gazları $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ tepkimesine göre dengedeyken kaba sabit sıcaklıkta bir miktar He gazı ekleniyor. **Buna göre,**

- I. $N_2(g)$ 'nin kısmi basıncı azalır.
- II. Toplam basınç artar.
- III. Tepkime girenler yönüne kayar.



yargılarından hangileri doğrudur?

(I ve III)

4. HACİM ETKİSİ

- ☞ Gaz fazında gerçekleşen bir tepkime için sabit sıcaklıkta kap hacmi azaltıldığında ya da artırıldığında gaz basınçları artar ya da azalır. Tepkime basıncındaki değişimleri en aza indirecek şekilde yukarıda açıklandığı gibi sağa ya da sola kayarak yeniden dengeye ulaşmaya çalışır.

Soru: Sabit sıcaklıkta gerçekleşen $\text{SO}_3(\text{g}) + \text{NO}(\text{g}) \leftrightarrow \text{SO}_2(\text{g}) + \text{NO}_2(\text{g})$ denge tepkimesiyle ilgili olarak;

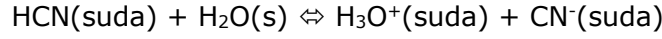
- I. Hacim artırılırsa NO'nun derişimi azalır.
- II. Hacim küçültülürse NO'un derişimi artar.
- III. Hacim küçültülürse denge sabiti artar.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

(I ve II)

- ☞ Sulu çözeltilerin yer aldığı tepkimelerde tepkime kabına sabit sıcaklıkta su eklenirse, çözeltiler derişimleri azalır. Tepkime bu azalmayı gidermek için sağa ya da sola doğru ilerleyerek yeniden dengeye gelmeye çalışır.

Soru: HCN zayıf bir asittir ve suda çözünme/iyonlaşma denklemi



şeklindedir. İyonlarıyla dengede bulunan HCN çözeltilisine aynı sıcaklıkta bir miktar su eklenirse;

- a) [HCN] nasıl değişir?
- b) [H⁺] nasıl değişir?
- c) [CN⁻] nasıl değişir?
- d) Tepkime hangi yöne kayar?
- e) Denge sabiti nasıl değişir?
- f) İyonlaşma yüzdesi nasıl değişir? *

(a) azalır, b) azalır, c) azalır, d) sağa, e) değişmez, f) artar.)

KATALİZÖR DENGE İLİŞKİSİ

Katalizör;

- İleri ve geri tepkimelerin aktifleşme enerjilerini eşit miktarda azaltır.
- İleri ve geri tepkimelerin hızlarını eşit oranda etkiler.
- Tepkimenin dengeye gelme süresini kısaltır.
- Ancak sistemdeki maddelerin derişimlerine etki etmediği için dengeye etki etmez. Denge sabitini değiştirmez.

Soru: Batuhan, bilim insanlarının yaptığı çalışmalara göre 2100 yılında mevsim sıcaklıklarında 3°C'lik bir artış beklendiğini, bu artışın deniz seviyesinde yaklaşık 70 cm'lik bir yükselmeye neden olacağını okuyor. Batuhan, kimya dersinden suyun katı hâlden gaz hâle geçişinin $H_2O(k) + ? \text{ kJ} \rightleftharpoons H_2O(g)$ şeklinde bir denge tepkimesi olduğunu ve bir tepkimenin denge sabitinin

$$K_c = \frac{[\text{ürünler}]}{[\text{girenler}]}$$

bağıntısıyla hesaplandığını biliyor.

Denge tepkimeleri iki yönlü olduğuna göre bilim insanları neden durmadan bu tip açıklamalar yapıyor?

Bu açıklamaların nedenini kavrayabilmek için dengeye etki eden faktörleri araştıran Batuhan, Le Chatelier İlkesi'ne göre dengedeki sisteme dışarıdan bir etki yapıldığında sistemin bu etkiyi azaltacak yönde hareket edeceği bilgisine ulaşıyor.

Batuhan yaptığı araştırmalar sonucunda buzulların erimesinin nedenini açıklıyor.

Aşağıdakilerden hangisi ya da hangileri Batuhan'ın açıklamasında yer almış olamaz?

- I. Suyun katı hâlden sıvı hâle geçişinin endotermik oluşu olayın yönünü etkilemektedir.
- II. Sıcaklık artışı denge sabitinin artmasına neden olmaktadır.
- III. Sistem yeniden dengeye ulaştığında başlangıçtakine göre buz kütlesi azalmış olacaktır.
- IV. Sıcaklık artışı durdurulduğunda sistem başlangıç durumuna geri döner.

(Yalnız IV)

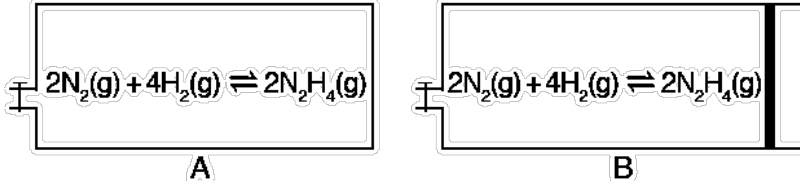
Alıştırma Soruları:



Sabit sıcaklıktaki denge tepkimesi ile ilgili aşağıdaki soruları cevaplayınız.

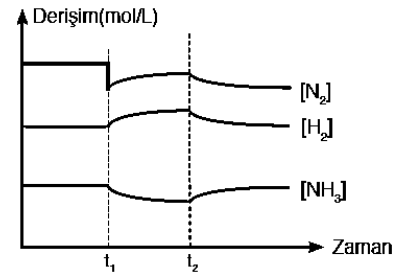
- a) Dengedeki sisteme O_2 gazı eklendiğinde dengenin yönü; yeni denge kurulduğunda denge derişimleri ve denge sabiti nasıl değişir?
 - b) Dengedeki sistemden O_2 gazı çekilirse dengenin yönü; yeni denge kurulduğunda denge derişimleri ve denge sabiti nasıl değişir?
 - c) Hacim arttırılırsa dengenin yönü; yeni denge kurulduğunda denge derişimleri ve denge sabiti nasıl değişir?
 - d) Sıcaklık arttırılırsa dengenin yönü; yeni denge kurulduğunda denge derişimleri ve denge sabiti nasıl değişir?
 - e) Dengedeki sisteme PbS katısı eklenirse dengenin yönü; yeni denge kurulduğunda denge derişimleri ve denge sabiti (K_c) nasıl değişir?
2. $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$ denge tepkimesinde hacim azaltılırsa,
- a) N_2O_4 gazının derişimi, N_2O_4 gazının mol sayısı nasıl değişir?
 - b) NO_2 gazının derişimi, NO_2 gazının mol sayısı nasıl değişir?

3. Şekilde gösterilen denge sistemlerinde sabit sıcaklıkta her iki kaba He gazı ekleniyor. A ve B kaplarındaki N_2 gazlarının derişimleri ve mol sayılarındaki değişim nasıl olur?



4. Şekildeki pistonlu kapta sabit sıcaklıkta sistem dengededir. Tepkime endotermik olduğuna göre,
- Pistonun üzerine ağırlık konulursa
 - Kaba bir miktar He gazı eklenirse
 - Piston sabit tutularak sıcaklık artırılırsa denge nasıl değişir?

5. $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ $\Delta H < 0$ tepkimesine ait derişim-zaman grafiği yanda verilmiştir. Dengedeki sisteme t_1 ve t_2 anlarında yapılan etkiler nelerdir?



6. Sabit hacimli bir kapta gerçekleşen $2BrCl(g) \rightleftharpoons Br_2(g) + Cl_2(g)$ tepkimesi için $227^\circ C$ 'de $K_c = 32$; $727^\circ C$ 'de $K_c = 5$ olduğuna göre,
- Denge tepkimesi endotermik mi yoksa ekzotermik midir?
 - Sıcaklık azaltılırsa maddelerin denge derişimleri nasıl değişir?

Cevaplar:

1.

- Denge, ürünler yönüne kayar. O_2 gazının derişimi, başlangıca göre artar. SO_2 'in derişimi artar. PbS ve PbO derişimleri ve K_c değişmez.
- Denge, girenler yönüne kayar. O_2 ve SO_2 derişimi, başlangıca göre azalır. PbS, PbO derişimleri ve K_c değişmez.
- Denge girenler yönüne kayar. O_2 gazının ve SO_2 'in derişimi, başlangıca göre azalır. PbS ve PbO derişimleri ve K_c değişmez.
- Denge girenler yönüne kayar. O_2 derişimi, başlangıca göre artar. SO_2 'in derişimi azalır. PbS ve PbO derişimleri değişmez. K_c azalır.
- Katı madde eklenmesi dengenin yönünü, denge derişimlerini ve K_c 'yi değiştirmez.

2. a) Hacim azaltıldığında denge, girenler yönüne kayar. N_2O_4 gazının derişimi ve mol sayısı artar.
b) NO_2 gazının derişimi artar, mol sayısı azalır.

3. A kabında: N_2 gazının derişimi ve mol sayısı değişmez.

B kabında hacim artar. Dengedeki gazların kısmi basınçları azalır. Denge girenler yönüne kayar. N_2 gazının derişimi başlangıca göre azalır, mol sayısı artar.

4. a) ürünler yönüne kayar. b) girenler yönüne kayar. c) ürünler yönüne kayar.

5. t_1 anında sistemden N_2 gazı çekilmiş, t_2 anında sistemin sıcaklığı azaltılmıştır.

6. a) ekzotermiktir. b) BrCl gazının derişimi azalır, Br_2 ve Cl_2 gazlarının derişimi artar.