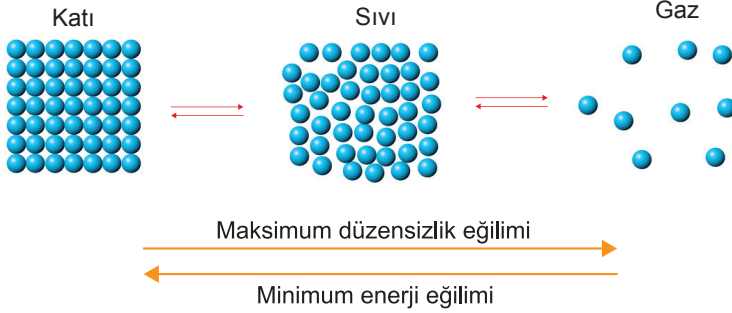




6. ÜNİTE
Kimyasal
Tepkimelerde
Denge

1. Fiziksel ve Kimyasal Değişimlerde Denge

- Doğada gerçekleşen her olayda enerjiyi düşürme ve düzensiz olma isteği vardır. Bu durum fiziksel ve kimyasal değişimlerle gerçekleşir.
- Kimyasal türler aralarındaki etkileşimin en az olmasına maksimum düzensizlik, düşük enerjili durumu tercih etmelerine ise minimum enerji eğilimi denir.
- Maddeler enerji alarak katı hâlden sıvı ve gaz hâle geçerken maksimum düzensizlik eğilimi, gaz hâlden sıvı ve katı hâle geçerken de minimum enerji eğilimi gösterir.



- 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.

Bilgi Uygulama 1

Aşağıdaki tepkimelerde minimum enerji eğilimi hangi tarafadır?

- | | Girenler/Ürünler |
|---|------------------|
| 1. $H_{2(g)} + 1/2O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(g)}$ $\Delta H_f^\circ = -242 \text{ kJ}$ | |
| 2. $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)} + \text{ısı}$ | |
| 3. $2Al(k) + Fe_2O_3(k) \rightarrow Al_2O_3(k) + 2Fe(k) + 856 \text{ kJ}$ | |
| 4. $N_2(g) + 2O_2(g) + 66,18 \text{ kJ} \rightarrow NO_2(g)$ | |
| 5. $C_6H_{12}O_6(k) + H_2O(s) + \text{Enerji} \rightarrow C_6H_{12}O_6(\text{suda})$ | |
| 6. $F(g) + e^- \rightarrow F^-(g) + \text{Enerji}$ | |
| 7. $2H_2O(s) + \text{Enerji} \rightarrow 2H_2(g) + O_2(g)$ | |

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

Bilgi Uygulama 2

Aşağıdaki tepkimelerde maksimum düzensizlik eğilimi hangi tarafadır?

- | | Girenler/Ürünler |
|--|------------------|
| 1. $H_{2(g)} + 1/2O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(g)}$ | |
| 2. $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$ | |
| 3. $C(k) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$ | |
| 4. $NH_3(g) \rightarrow NH_3(\text{suda})$ | |
| 5. $CaCO_3(k) \rightarrow CaO(k) + CO_2(g)$ | |



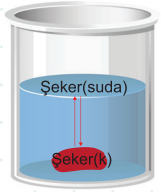


Not:

- ◊ Bir çok tepkime çift yönlü gerçekleşir.
 - ✓ Tek yönlü gerçekleşen tepkimelere **tersinmez tepkimeler** denir. Tek yönlü ok (→) kullanılır.
 - ✓ Çift (hem ileri hem geri) yönlü gerçekleşen tepkimelere **tersinir tepkimeler** denir. Çift yönlü ok (⇌) kullanılır.
- ◊ Tepkimeye giren maddelerin tamamen tükenmediği tersinir tepkimeler **denge tepkimeleridir**.
- ✓ Reaktifler tamamen tükenmediğinden bu tepkimeler tam verimli tepkimeler değildirler.
- ◊ Bir tepkimede minimum enerjiye eğilim denkleminin bir tarafa, maksimum düzensizliğe eğilim diğer tarafa destekliyorsa, tepkime denge tepkimesidir. İkisi de aynı yönü destekliyorsa tepkime genellikle tek yönlüdür.

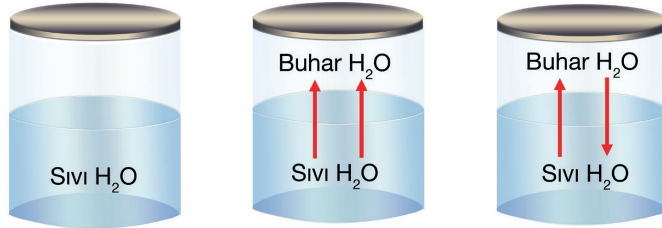
a. Fiziksel Denge

- ◊ Maddelerin iç yapıları değişmeden sadece fiziksel hâleri arasında ve belirli şartlarda kurulan dengeye fiziksel denge denir.
- ◊ Hâl değişimindeki dengeler ve çözünürlük dengeleri fiziksel dengelerdir.



Katısı ile dengede olan şeker çözeltisi

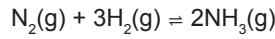
Yakup DEMİR



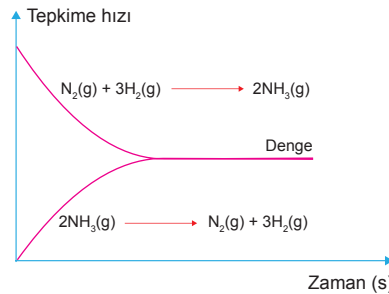
Kapalı kaplardaki su ve buharı arasındaki fiziksel denge oluşumu

b. Kimyasal Denge

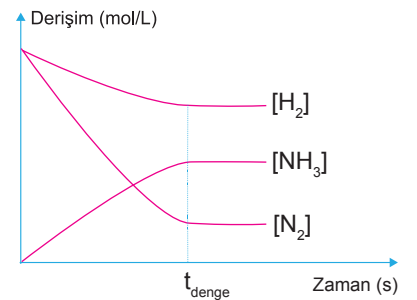
- ◊ İleri ve geri yöndeki tepkime hızlarının eşit olduğu ve derişimlerin sabit kaldığı anda kurulan dengeye kimyasal denge denir.
- ◊ Örneğin kapalı bir kaba konulan N_2 ve H_2 gazlarının tepkimesiyle NH_3 gazı oluşur. Oluşan NH_3 gazının bir kısmı tekrar N_2 ve H_2 gazlarına ayrışır. Tepkimenin ileri yöndeki hızı ile geri yöndeki hızı eşitlendiğinde kimyasal denge kurulur. Bu denge-nin tepkime denklemi



şeklinde yazılır.



İleri ve geri tepkime hızları eşit olduğunda denge kurulur.



Denge tepkimesinde derişimlerin zamanla değişimi



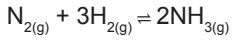
Kimyasal tepkimelerde denge anında:

- İleri ve geri tepkime hızları eşitlenir.
- Derişimler; basınç, sıcaklık gibi koşullar değişmediği sürece sabit kalır.
- Denge, gözlenebilir (makroskobik) olayların sabit kaldığı ancak mikroskobik olayların devam ettiği dinamik bir olaydır. Denge anında hız sıfır olmaz.
- Minimum enerji eğilimi ile maksimum düzensizlik eğilimi uzlaşır.
- Denge, tepkime mekanizmasına bağlı olmayan dinamik bir olaydır.

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

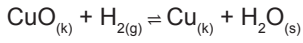
Homojen Denge

- Reaktiflerin ve ürünlerin aynı fazda bulunduğu denge tepkimesine homojen denge denir.



Heterojen Denge

- Tepkimedeki maddelerden herhangi birinin farklı fazda bulunduğu denge tepkimesine heterojen denge denir.

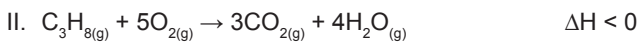


Bilgi Uygulama 3

Aşağıda verilen denge tepkimeleri kimyasal/fiziksel ve homojen denge/heterojen olarak sınıflandırınız.

1. $2\text{HBr}(g) \rightleftharpoons \text{H}_2(g) + \text{Br}_2(g)$
2. $\text{C}(k) + \text{H}_2\text{O}(g) \rightleftharpoons \text{CO}(g) + \text{H}_2(g)$
3. $2\text{S}(k) + 2\text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{SO}_2(g)$
4. $\text{H}_2\text{O}(s) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(g)$
5. $\text{K}_2\text{SO}_4(\text{suda}) \rightleftharpoons 2\text{K}^+(\text{suda}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{suda})$
6. $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}(k) + \text{H}_2\text{O}(s) \rightleftharpoons \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}(\text{suda})$
7. $2\text{NH}_3(g) \rightleftharpoons \text{N}_2(g) + 3\text{H}_2(g)$
8. $2\text{NOCl}(g) \rightleftharpoons 2\text{NO}(g) + \text{Cl}_2(g)$
9. $\text{C}(k) + \text{H}_2\text{O}(g) \rightleftharpoons \text{CO}(g) + \text{H}_2(g)$
10. $\text{Zn}(k) + 2\text{Fe}^{3+}(\text{suda}) \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+}(\text{suda}) + 2\text{Fe}^{2+}(\text{suda})$

Bilgi Uygulama 4



Yukarıdaki tepkimelerden hangilerinin denge tepkimesi olması beklenir?

(Yalnız I)



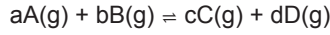
Yakup DEMİR



Not:

c) İleri ve Geri Tepkime Hızları Üzerinden Denge Bağıtısı

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



tepkimesinde ileri tepkimenin hızı r_{ileri} , geri tepkimenin hızı r_{geri} ile gösterilirse;

$$\text{ileri tepkime hızı: } r_{\text{ileri}} = k_{\text{ileri}} \cdot [A]^a \cdot [B]^b$$

$$\text{geri tepkime hızı: } r_{\text{geri}} = k_{\text{geri}} \cdot [C]^c \cdot [D]^d \text{ şeklinde yazılır.}$$

- Sistem dengeye ulaştığında ileri tepkime hızı geri tepkime hızına eşit ($r_i = r_g$) olacağından

$$k_{\text{ileri}} \cdot [A]^a \cdot [B]^b = k_{\text{geri}} \cdot [C]^c \cdot [D]^d \text{ eşitliği yazılabilir.}$$

- Sabit sıcaklıkta ileri tepkimenin hız sabiti (k_{ileri}) ve geri tepkimenin hız sabiti (k_{geri}) ile gösterilir.

- k_{ileri} ve k_{geri} sabit olduğundan $k_{\text{ileri}}/k_{\text{geri}}$ oranı da sabit olur.

- $k_{\text{ileri}}/k_{\text{geri}}$ sabit oranına denge sabiti denir ve K_{denge} şeklinde gösterilir.



$$\frac{k_{\text{ileri}}}{k_{\text{geri}}} = K_{\text{denge}} = K_c$$



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

Yakup DEMİR

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.

Bilgi Uygulama 5

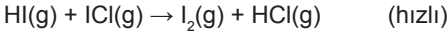
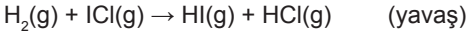
Aşağıda verilen denge tepkimelerinin derişimler cinsinden denge bağıntısını yazınız.

- $2\text{HBr}(g) \rightleftharpoons \text{H}_2(g) + \text{Br}_2(g)$
- $\text{C}(k) + \text{H}_2\text{O}(g) \rightleftharpoons \text{CO}(g) + \text{H}_2(g)$
- $2\text{S}(k) + 2\text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{SO}_2(g)$
- $2\text{NH}_3(g) \rightleftharpoons \text{N}_2(g) + 3\text{H}_2(g)$
- $2\text{NOCl}(g) \rightleftharpoons 2\text{NO}(g) + \text{Cl}_2(g)$
- $\text{C}(k) + \text{H}_2\text{O}(g) \rightleftharpoons \text{CO}(g) + \text{H}_2(g)$
- $\text{Zn}(k) + 2\text{Fe}^{3+}(\text{suda}) \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+}(\text{suda}) + 2\text{Fe}^{2+}(\text{suda})$



Bilgi Uygulama 6

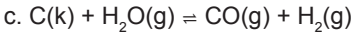
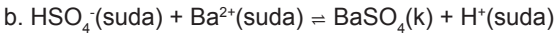
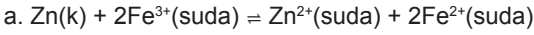
Mekanizması,



şeklinde olan bir tepkimenin derişimler türünden denge bağıntısı nedir?

Bilgi Uygulama 8

Aşağıdaki tepkimelerin derişimler türünden denge sabiti (K_c)'nin birimi nedir?



Bilgi Uygulama 10

Bir kimyasal tepkimenin denge tepkimesi olabilmesi için,

- I. Tepkimenin tersinir olması
- II. Kapalı bir kaptaki olması
- III. Dinamik olması
- IV. Sıcaklığın sabit olması

ifadelerinden hangileri gerekir?

Bilgi Uygulama 7

Kapalı sabit hacimli 1 litrelik kaptaki 4 mol X gazının %50 si $2\text{X} = 3\text{Y} + \text{Z}$

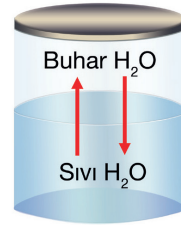
tepkimesine göre harcanarak dengeye ulaşıyor.

Buna göre denge anında,

a. İleri ve geri tepkime hızı - zaman grafiğini çiziniz.

b. Derişim - zaman grafiğini çiziniz.

Bilgi Uygulama 9



Şekildeki sistemde oda koşullarında; $\text{H}_2\text{O}(\text{s}) = \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ dengesi kuruluyor.

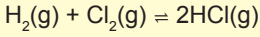
Buna göre, denge durumu ile ilgili aşağıdaki ifadeleri doğru yada yanlış olarak işaretleyiniz.

- Kimyasal denge kurulmuştur.
- Yoğuşma hızı buharlaşma hızına eşittir.
- Sıvı ve buhar tanecikleri sayısı değişmez.
- Buharlaşma durmuştur.
- Makroskobik olaylar gözlemlenir.
- Denge heterojendir.
- Maksimum düzensizlik eğilimi ürünler yönündedir.
- Minimum enerji eğilimi girenler lehinedir.



Step - 1

Bilgi uygulama 1

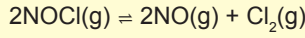


tepkimesine ait 800 °C'teki denge derişimleri

$$[\text{H}_2] = [\text{Cl}_2] = 2 \cdot 10^{-2} \text{ M}, [\text{HCl}] = 4 \cdot 10^{-2} \text{ M}$$

olduğuna göre aynı sıcaklıktaki K_c değeri kaçtır?

Bilgi uygulama 2



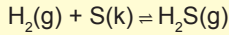
tepkimesine ait 500 °C'teki denge derişimleri

$$[\text{NOCl}] = [\text{NO}] = 0,3 \text{ M}, [\text{Cl}_2] = 0,13 \text{ M}$$

olduğuna göre aynı sıcaklıktaki K_c değeri kaçtır?

Bilgi uygulama 3

Kapalı bir kapta 0,5 M $\text{H}_2(\text{g})$, ve 1 M $\text{H}_2\text{S}(\text{g})$ sabit sıcaklıkta,

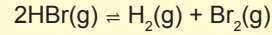


denklemine göre dengededir.

Buna göre, reaksiyonun aynı sıcaklıkta derişimler cinsinden denge sabiti (K_c) kaçtır?

Bilgi uygulama 4

Kapalı bir kapta 0,3 M $\text{HBr}(\text{g})$, 0,15 M $\text{H}_2(\text{g})$ ve 0,15 M $\text{Br}_2(\text{g})$ sabit sıcaklıkta,



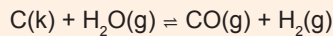
denklemine göre dengededir.

Buna göre, reaksiyonun aynı sıcaklıkta derişimler cinsinden denge sabiti (K_c) kaçtır?



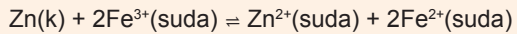
Step - 2

Bilgi uygulama 5



tepkimesi dengedeiken kapta 0,4 M $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ve 0,2 M $\text{H}_2(\text{g})$ vardır. Tepkimenin denge sabiti (K_c) 1 olduğuna göre denge anında kapta kaç molar $\text{CO}(\text{g})$ vardır?

Bilgi uygulama 6



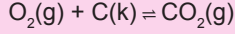
tepkimesi dengedeiken Fe^{3+} ve Fe^{2+} derişimleri eşittir. Tepkimenin denge sabiti (K_c) 0,6 olduğuna göre denge anında kapta kaç molar $\text{Zn}^{2+}(\text{suda})$ vardır?



Step - 3

Bilgi Uygulama 7

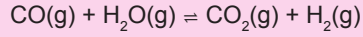
2 litrelik kapalı bir kaptta 4 mol $O_2(g)$, 2 mol $C(k)$ ve 6 mol $CO_2(g)$ sabit sıcaklıkta,



denkleminde dengededir.

Buna göre, aynı sıcaklıkta denge sabiti (K_c) kaçtır?

Bilgi Uygulama 8



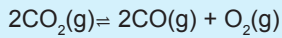
500 mL kapalı sabit hacimli bir kaba 1 mol $CO_2(g)$, 3 mol $H_2(g)$, 2 şer mol CO ve H_2O gazları yukarıdaki denkleme göre dengede olduğuna göre, tepkimenin denge sabiti (K_c) kaçtır?



Step - 4

Bilgi Uygulama 9

2 litrelik bir kaptta 8 mol $CO_2(g)$ ile başlatılan,



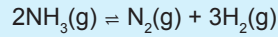
tepkimesi belirli bir sıcaklıkta dengeye ulaştığında kaptta 2 mol O_2 gazının bulunduğu belirleniyor.

Buna göre, aynı sıcaklıkta reaksiyonun derişimlere bağlı denge sabiti (K_c) kaçtır?

Bilgi Uygulama 10

1 litrelik kapalı bir kaptta 10 mol NH_3 gazı bulunmaktadır

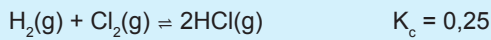
Bir süre sonra;



dengesi kurulduğunda kaptta 2 mol $N_2(g)$ bulunduğuna göre, tepkimenin denge sabiti (K_c) kaçtır?

Bilgi Uygulama 11

Sabit hacimli kapalı kaba eşit mollerde H_2 ve Cl_2 gazları konuyor. Bir süre sonra sabit sıcaklıkta,



denkleminde denge kuruluyor.

Buna göre, H_2 gazının molce yüzde kaç harcanmıştır? (K_c : derişimlere bağlı denge sabiti)

Bilgi Uygulama 12

2 litrelik sabit hacimli kaba 2 şer mol $C(k)$ ve $O_2(g)$ maddeleri konuyor. Bir süre sonra,



dengesi kuruluyor.

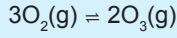
Buna göre, dengede O_2 gazının derişimi kaç moldür? (K_c : derişimlere bağlı denge sabiti)



Step - 4

Bilgi Uygulama 13

2 litrelik sabit hacimli kapalı bir kapa 10 mol O_2 gazı konuyor. O_2 gazının %60 ı O_3 gazına dönüştüğünde;

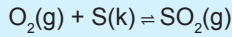


dengesi kuruluyor.

Buna göre, reaksiyonun derişimlere bağılı denge sabiti (K_c) kaçtır?

Bilgi Uygulama 15

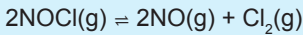
1 litrelik kapalı bir kapta, belli bir sıcaklıkta 5 mol $S(k)$ ve 7 mol $O_2(g)$ konularak,



tepkimesi gerçekleştiriliyor. Sistem dengeye ulaştığında $S(k)$ nın % 60 ının tepkimeye girdiği gözleniyor.

Buna göre, reaksiyonun derişimlere bağılı denge sabiti (K_c) kaçtır?

Bilgi Uygulama 17

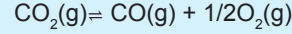


tepkimesinin ileri yöndeki yöndeki hız sabiti $1,2 \cdot 10^{-3}$, geri yöndeki hız sabiti $4 \cdot 10^{-4}$ olduğuna göre tepkimenin derişimlere bağılı denge sabiti (K_c) kaçtır?

Bilgi Uygulama 14

1 litrelik kapalı bir kapta 10 mol CO_2 gazı bulunmaktadır

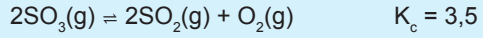
Bir süre sonra;



dengesi kurulduğunda kaptaki toplam mol sayısı 14 mol ise reaksiyonun denge sabiti (K_c) kaçtır?

Bilgi Uygulama 16

Gaz fazında sabit hacimli kapalı bir kapta;

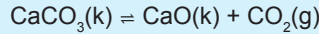


tepkimesi dengede iken ortamda 6 mol SO_3 , 6 mol SO_2 ve 7 mol O_2 gazları bulunmaktadır.

Buna göre,tepkimenin gerçekleştiği kabın hacmi kaç L dir?

Bilgi Uygulama 18

Oda koşullarında 2 L lik sabit hacimli bir kaba %20 saflıktaki 400 gram $CaCO_3(k)$ konularak



tepkimesine göre dengeye geliyor.

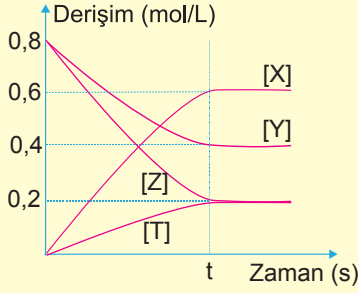
Tepkimenin denge sabiti (K_c) 0,2 olduğuna göre, tepkime dengeye gelene kadar kaç gram $CaCO_3(k)$ harcanmıştır? (^{12}C , ^{16}O , ^{40}Ca)





Step - 5

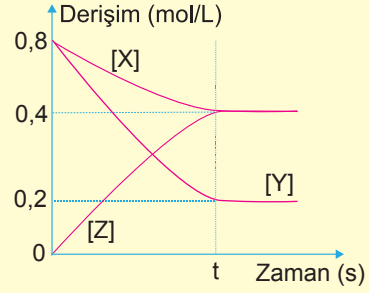
Bilgi Uygulama 19



Yukarıda belli sıcaklıkta sabit hacimde gaz fazında gerçekleşen bir tepkimenin grafiği verilmiştir.

Buna göre bu tepkimenin derişimler türünden denge sabiti (K_c) kaçtır?

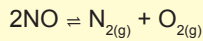
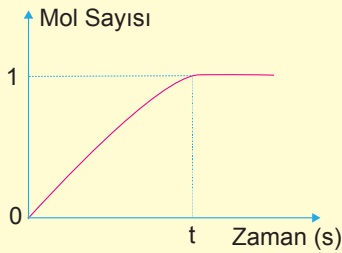
Bilgi Uygulama 20



Yukarıda derişim - zaman grafiği verilen tamamı gaz fazında maddelerden oluşan reaksiyonun derişimlere bağı denge sabiti (K_c) kaçtır?

Bilgi Uygulama 21

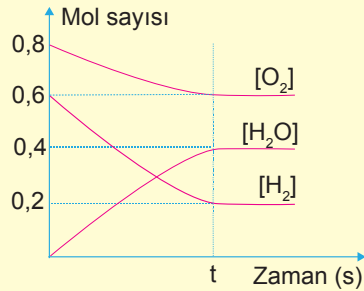
Sabit hacimli kapalı bir kaptaki başlangıçta 2 molar NO gazı bulunmaktadır. Sabit sıcaklıkta NO gazının parçalanarak N_2 ve O_2 oluşturması sırasında O_2 nin mol sayısındaki değişim aşığıdaki grafikte verilmiştir.



Reaksiyonun derişimlere bağı denge sabiti (K_c) 4 olduğuna göre, kabın hacmi kaç litredir?

Bilgi Uygulama 22

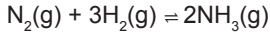
2 litrelik sabit hacimli bir kaptaki H_2 , O_2 ve H_2O gazlarının yer aldığı bir denge tepkimesine ait mol sayısı - zaman grafiği aşığıdaki gibidir.



Buna göre tepkimenin denge anında derişimler türünden denge sabiti (K_c) kaçtır?

Kısmi Basınçlar Cinsinden Denge Sabiti (K_p)

- Reaksiyonların hız bağıntıları kısmi basınçlar cinsinden yazılabildiği gibi denge sabitide kısmi basınçlar cinsinden yazılabılır.



$$K_p = \frac{(P_{\text{NH}_3})^2}{(P_{\text{N}_2}) \cdot (P_{\text{H}_2})^3}$$



Step - 6

Bilgi Uygulama 23

Sabit sıcaklıkta;

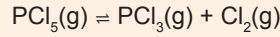


dengesi kurulduğunda $\text{COF}_{2(\text{g})}$ nin kısmi basıncı 2 atmosfer CO_2 ve CF_4 gazlarının kısmi basınçları 1 er atmosfer olduğuna göre reaksiyonun kısmi basınçlar cinsinden denge sabiti (K_p) kaçtır?

Bilgi Uygulama 24

Sabit hacimli bir kaba $^\circ\text{C}$ de konulan PCl_5 gazının basıncı 5 atmosferdir.

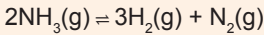
Kapta sabit sıcaklıkta;



tepkimesi gerçekleştirilip denge sağlandığında toplam basınç 9 atmosfer olduğuna göre, bu tepkimenin K_p değeri kaçtır?

Bilgi Uygulama 25

22,4 litrelik sabit hacimli bir kapta 0°C sıcaklıkta 8 mol NH_3 gazının % 25 si,

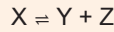


tepkimesine göre ayrıştığında aynı sıcaklıkta denge kuruyor.

Buna göre, tepkimenin aynı sıcaklıkta kısmi basınçlar cinsinden denge sabitinin (K_p) değeri kaçtır?

Bilgi Uygulama 26

127°C de 0,25 şer mol X, Y ve Z gazları 8,2 litrelik kapta



denkleminde göre dengededir.

Buna göre, kısmi basınçlar cinsinden denge sabitinin (K_p) değeri kaçtır?

Bilgi Uygulama 27

0°C de 11,2 litrelik kapalı kapta 4 mol $\text{SO}_{3(\text{g})}$ ün %50 si

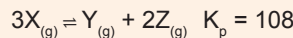


denkleminde göre ayrıştığında denge kuruyor.

Buna göre reaksiyonun kısmi basınçlar cinsinden denge sabiti (K_p) kaçtır?

Bilgi Uygulama 28

Sabit hacimli kapalı bir kaba 0,4 atm basınca sahip $\text{X}_{(\text{g})}$ konuyor.



Yukarıdaki denge kurulduğunda kaptaki $\text{Z}_{(\text{g})}$ nin kısmi basıncı kaç atmosferdir?



K_c ile K_p İlişkisi



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

T: Mutlak sıcaklık (K)
R: İdeal gaz sabiti



$$\Delta n = \text{Gaz fazındaki ürünlerin katsayıları toplamı} - \text{Gaz fazındaki girenlerin katsayıları toplamı}$$



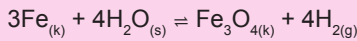
Step - 7

Bilgi Uygulama 29

Aşağıda verilen denge tepkimeleri için K_p ile K_c arasındaki ilişkiyi veren bağlantıyı yazınız.

Tepkime	K _c ile K _p arasındaki ilişki
1. $2\text{SO}_3(\text{g}) = 2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$
2. $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}(\text{k}) + \text{H}_2\text{O}(\text{s}) = \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}(\text{suda})$
3. $2\text{NH}_3(\text{g}) = \text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g})$
4. $2\text{NOCl}(\text{g}) = 2\text{NO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$
5. $\text{C}(\text{k}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$
6. $\text{Zn}(\text{k}) + 2\text{Fe}^{3+}(\text{suda}) = \text{Zn}^{2+}(\text{suda}) + 2\text{Fe}^{2+}(\text{suda})$

Bilgi Uygulama 30

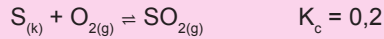


tepkimesinin, derişimler cinsinden denge sabiti (K_c) ile kısmi basınçlar cinsinden denge sabiti (K_p) arasındaki

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

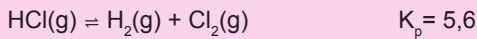
bağıntısında Δn nin değeri kaçtır?

Bilgi Uygulama 31



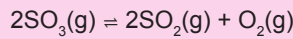
27 °C de dengede olan yukarıdaki reaksiyonun kısmi basınçlar cinsinden denge sabiti (K_p) kaçtır?

Bilgi Uygulama 32



denge tepkimesinin 0 °C'deki derişimler türünden denge sabitinin sayısal değeri aşağıdakilerden hangisidir?

Bilgi Uygulama 33



tepkimesinin belirli bir sıcaklıkta derişimler türünden denge sabiti K_c = 1/41 ve kısmi basınçlar türünden denge sabiti ise K_p = 0,6'dır.

Buna göre, ortamın sıcaklığı kaç °C'dir?

Dengede Hess Prensibi

- ◊ Bir denge tepkimesi ters çevrildiğinde denge sabiti de ters çevrilir.



- ◊ Bir denge tepkimesi herhangi bir katsayı (n) ile çarpılırsa bu sayı (n), denge bağıntısında yer alan maddelerin derişimlerine ve dolayısıyla denge sabitine üs olarak geçer.

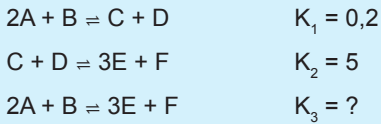


- ◊ Mekanizmalı tepkimelerde, net tepkimenin denge sabiti ara basamakların denge sabitleri çarpımına eşittir.



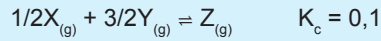
Step - 8

► Bilgi uygulama 34

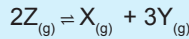


Birinci ve ikinci reaksiyonların derişimlerine bağılı denge sabitleri K_1 ve K_2 yukarıda verildiğine göre, üçüncü reaksiyonun denge sabitinin (K_3) sayısal değeri kaçtır?

► Bilgi uygulama 35

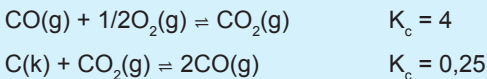


Yukarıdaki tepkimeye göre aynı sıcaklıkta,



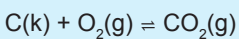
tepkimesinin denge sabiti (K_c) kaçtır?

► Bilgi uygulama 36



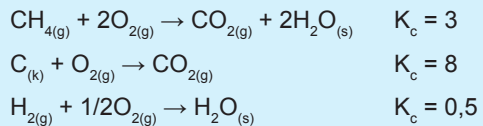
denge tepkimeleri ve aynı sıcaklıktaki denge sabitleri veriliyor.

Buna göre,



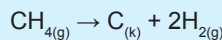
tepkimesinin aynı sıcaklıktaki denge sabitinin değeri kaçtır?

► Bilgi uygulama 37



denge tepkimeleri ve aynı sıcaklıktaki denge sabitleri veriliyor.

Buna göre,



tepkimesinin aynı sıcaklıktaki denge sabitinin değeri kaçtır?

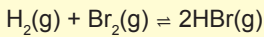
Denge Kesri

- ◊ Kapalı bir sistemde gerçekleşen denge tepkimesinin herhangi bir andaki bileşenlerinin derişimleri tepkimenin dengede olup olmadığı hakkında bilgi verir.
 - ◊ Tepkimenin herhangi bir anında [Ürünler]/[Girenler] oranı denge kesrini verir.
 - ✓ Denge kesri Q_c ile gösterilir.
- $A(g) + 2B(g) \rightleftharpoons C(g)$ denge tepkimesi için
- $$Q_c = \frac{[C]}{[A].[B]^2} \quad (\text{Herhangi bir anda hesaplanan derişimler oranı})$$
- $$K_c = \frac{[C]}{[A].[B]^2} \quad (\text{Denge anında hesaplanan derişimler oranı})$$
- ◊ $Q_c < K_c$ ise tepkime dengede değildir.
 - ✓ İleri tepkime hızı geri tepkime hızından büyüktür.
 - ✓ Sistemin dengeye ulaşabilmesi için tepkime ürünler yönüne hareket eder.
 - ✓ $Q_c = K_c$ olunca tepkime dengeye gelir.
 - ◊ $Q_c > K_c$ ise tepkime dengede değildir.
 - ✓ Geri tepkime hızı ileri tepkime hızından büyüktür.
 - ✓ Sistemin dengeye ulaşabilmesi için tepkime girenler yönüne hareket eder.
 - ✓ $Q_c = K_c$ olunca tepkime dengeye gelir.
 - ◊ $Q_c = K_c$ ise tepkime dengededir. İleri ve geri tepkime hızları eşittir.



Step - 9

Bilgi Uygulama 38

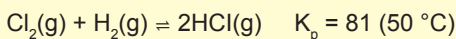


tepkimesinin 800 °C'teki denge sabiti $K_c = 1$ 'dir. Aynı sıcaklıkta 1 litrelik kaba 0,2 mol H_2 , 0,4 mol Br_2 ve 0,2 mol HBr gazları konuyor.

Buna göre tepkime dengede midir?

Bilgi Uygulama 40

Kapalı bir kaptaki gerçekleşen tepkime ve denge sabiti verilmiştir.



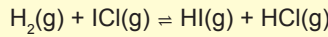
50 °C'teki tepkimede maddelerin kısmi basınçları $P_{Cl_2} = 0,1$ atm. $P_{H_2} = 0,1$ atm. ve $P_{HCl} = 0,35$ atm. olarak ölçülüyor.

Buna göre,

a. Bu tepkime dengede midir?

b. Denge sisteminde HCl nin kısmi basıncı kaçtır?

Bilgi Uygulama 39



tepkimesinin 100 °C'de denge sabiti $K_c = 1$ 'dir. Herhangi bir anda 2 litrelik bir kaptaki aynı sıcaklıkta 0,2 mol H_2 , 0,3 mol ICl, 0,4 mol HI ve 0,6 mol HCl gazları bulunmaktadır.

a) Tepkime dengede midir?

b) Denge sistemde H_2 gazının mol sayısı kaç olur?

d. Dengeye Etki Eden Faktörler

- ◊ Dengeye etki eden faktörler Le Chatelier prensibine göre yorumlanır.
- ◊ Le Chatelier prensibine göre, denge halindeki bir sisteme dışarıdan bir etki yapıldığında sistem bu etkiyi azaltarak yeniden dengeye gelecek şekilde tepki gösterir.
- ◊ Dengeye etki eden faktörler,
 - ✓ Değişim
 - ✓ Basınç - hacim
 - ✓ Sıcaklık
 - ✓ Katalizör

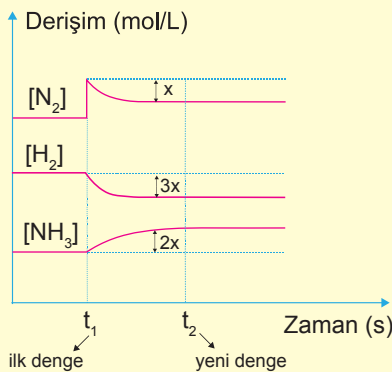
1. Değişim Etkisi

- ◊ Bir denge reaksiyonunda sabit sıcaklıkta maddelerden birinin derişimi artırılırsa denge artırılan derişimi azaltacak yönde ilerler. Ya da maddelerden birinin derişimi azaltılırsa denge azaltılan derişimi artıracak yönde ilerler.
- ◊ Değişim etkisi ile denge sabiti (K_c) değeri değişmez.
- ◊ Katı ve sıvıların derişimleri değişmediğinden denge üzerinde bir etkileri yoktur.

Sabit hacimli kapalı bir kaptaki, sabit sıcaklıkta $N_2(g) + 3H_2(g) = 2NH_3(g)$ tepkimesi dengede iken

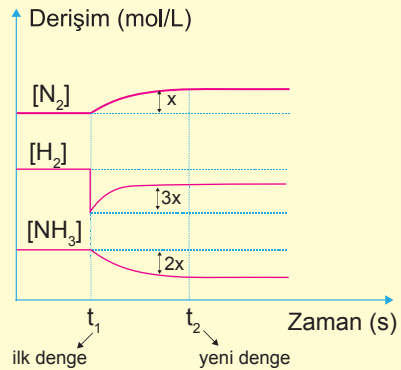
- ◊ Bir miktar $N_2(g)$ ilave edildiğinde;

- ✓ N_2 eklendiğinden derişimi anında artar. Tekrar denge oluşana kadar azalır. Ancak azalma miktarı eklenen miktarın bir kısmıdır. Bu yüzden son derişim, ilk derişime göre daha fazladır.
- ✓ NH_3 ün derişimi artar.
- ✓ H_2 nin derişimi azalır.
- ✓ Denge ürünler yönüne hareket eder.
- ✓ İleri ve geri yöndeki hızlar artar.
- ✓ K_c değişmez.



- ◊ Bir miktar $H_2(g)$ çekildiğinde;

- ✓ $NH_3(g)$ nın derişimi azalır.
- ✓ Denge girenler yönüne hareket eder.
- ✓ $N_2(g)$ nin derişimi artar.
- ✓ H_2 çekildiğinden derişimi anında azalır. Tekrar denge oluşana kadar artar. Ancak artma miktarı, çekilen miktarın bir kısmıdır. Bu yüzden son derişim ilk derişime göre daha azdır.
- ✓ İleri ve geri yöndeki hızlar azalır.
- ✓ K_c değişmez.



- ◊ Kaba helyum gazı ilave edilirse;

- ✓ Dengedeki H_2 , N_2 , ve NH_3 gazlarının mol sayıları değişmeyeceğinden helyum gazının dengeye etkisi olmaz.
- ✓ $He(g)$ ilavesinde toplam basınç artar, ancak gazların kısmi basınçlarında değişiklik olmaz.
- ✓ Denge bağıntısının tek maddeye bağlı olduğu bazı denge reaksiyonlarında istisnalar vardır.

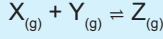




Step - 10

Bilgi uygulama 41

Sabit sıcaklıkta 1 litrelik kapalı kaptaki 0,6 mol X, 0,4 mol Y ve 0,8 mol Z gazları;

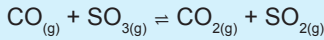


denkleminde dengededir. Sabit sıcaklıkta kaba bir miktar Z_(g) ilave ediliyor. Bir süre sonra yeniden denge kurulduğunda kaptaki 0,8 mol X_(g) bulunmaktadır.

Buna göre denge sistemine kaç mol Z_(g) ilave edilmiştir?

Bilgi uygulama 43

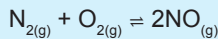
Sabit sıcaklıkta,



tepkimesine göre 1 litrelik bir kaptaki denge anında 8 mol CO_(g), 8 mol SO_{3(g)}, 4 mol CO_{2(g)} ve 4 mol SO_{2(g)} bulunmaktadır.

Buna göre kaptan kaç mol CO_(g) çekilirse aynı sıcaklıkta yeni kurulan dengede 3 mol SO_{2(g)} bulunur?

Bilgi uygulama 45

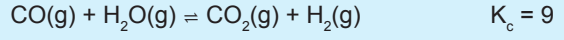


tepkimesi dengede iken kaptaki 0,2 mol N₂, 0,8 mol O₂ ve 0,8 mol NO gazları vardır.

Sabit sıcaklıkta 1 litrelik kaba 0,6 mol N_{2(g)} eklenip sistemin tekrar dengeye ulaşması sağlandığında kaptaki kaç mol NO gazı bulunur?

Bilgi uygulama 42

1 litrelik kaptaki,



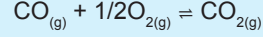
tepkimesi dengede iken kaptaki bir miktar H₂, 3 mol CO, 3 mol H₂O ve 2v7 mol CO₂ gazları vardır.

Bu kaba sabit sıcaklıkta 24 mol H₂ gazı eklenerek tekrar denge durumuna geliyor.

Buna göre son durumda kaptaki kaç mol H₂O gazı vardır?

Bilgi uygulama 44

1 litrelik kapalı bir kaptaki sabit sıcaklıkta, 0,08 mol CO, 0,04 mol O₂ ve 0,04 mol CO₂ gazları



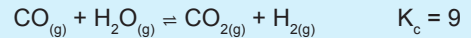
tepkimesine göre dengededir.

Aynı sıcaklıkta kaba kaç mol daha O_{2(g)} eklenirse yeni kurulan dengede CO₂ gazının mol sayısı 0,06 olur?

Bilgi uygulama 46

2 litrelik kapalı bir kaptaki 0,4 mol atom içeren CO gazı ve 3,6 gram H₂O gazı bulunmaktadır.

Bu gazlar sabit sıcaklıkta

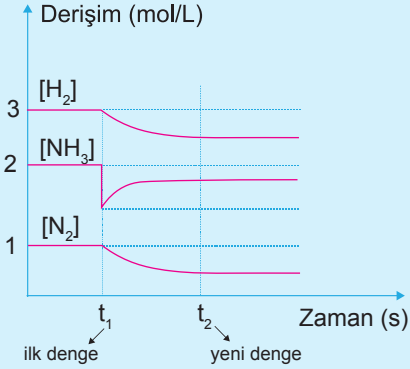


denkleminde dengeye geçildiğinde, denge anında kaç kaptaki kaç gram H₂ gazı vardır? (H:1, C:12, O:16)

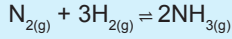


Step - 10

Bilgi uygulama 47



Sabit sıcaklıkta sabit hacimli kapalı kaptaki dengedeki;



tepkimesine bir etki uygulandığında tekrar denge (2. denge) kuruluyor.

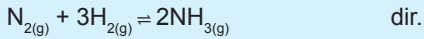
Bu etki;

- I. Kaptan $\text{NH}_{3(g)}$ çekmek.
- II. Kaba $\text{N}_{2(g)}$ eklemek.
- III. Kaba $\text{He}_{(g)}$ eklemek

hangileri olabilir?

Bilgi uygulama 49

Belirli bir sıcaklıkta N_2 , H_2 ve NH_3 gazlarının sabit hacimdeki denge tepkimesi,



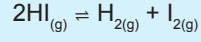
Dengedeki bu sisteme aynı sıcaklıkta uygulanan,

- I. Bir miktar N_2 gazı eklemek.
- II. Ortamdan bir miktar H_2 gazı çekmek.
- III. Ortamdan bir miktar NH_3 gazı çekmek

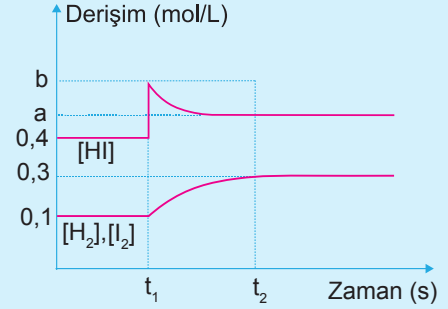
işlemlerden hangilerinde denge ürünlerin olduğu tarafa kayar?

Bilgi uygulama 48

Sabit hacimli kapalı bir kaptaki sabit sıcaklıkta



tepkimesi dengededir. t_1 anında kaba $\text{HI}_{(g)}$ eklenerek denge bozulmuş, t_2 anında tekrar kurulmuştur.

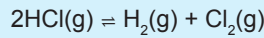


Buna göre,

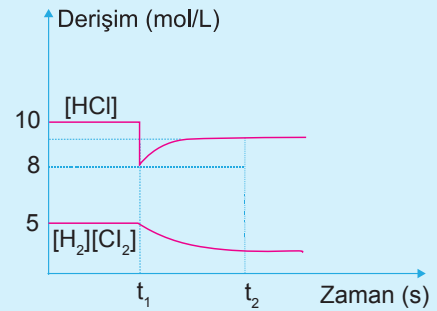
- I. Kaba 1,2 molar HI gazı eklenmiştir.
- II. a değeri 0,8 dir.
- III. b değeri 1,2 dir.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

Bilgi uygulama 50



Denge tepkimesinde t_1 anında sabit sıcaklıkta yapılan etki sonucunda denge bozulmuş ve t_2 anında tekrar denge kurulmuştur. Olayın derişim-zaman grafiği aşağıda verilmiştir.



Buna göre yeni dengede HCl nin derişimi kaç molar-dır?



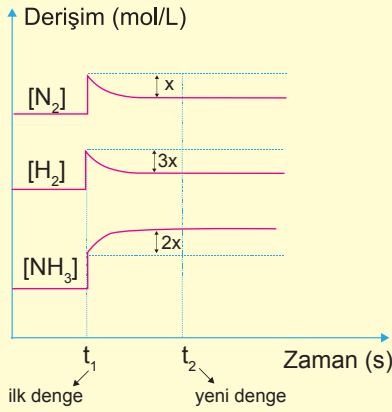
2. Basınç ve Hacim Etkisi

- ◊ Dengedeki bir tepkimenin gerçekleştiği kabın hacmi değiştirildiğinde gaz halindeki maddelerin basınçlarında değişir.

Sabit sıcaklıkta dengedeki $N_2(g) + 3H_2(g) = 2NH_3(g)$ tepkimesi için;

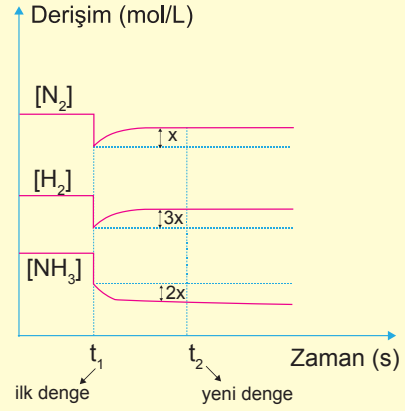
- ◊ Denge tepkimesindeki kabın hacmi azaltılırsa:

- ✓ Kaptaki basınç artar ve denge bozulur. Sistem basıncı azaltacak yönde tepki gösterir.
- ✓ Basınç ile mol sayısı doğru orantılıdır. Artan basıncın azalması için gaz fazının mol sayısı azaltılmadır. Denge gaz katsayılarının toplamının az olduğu tarafa kayar.
- ✓ Her iki yönde de tepkime hızı artar.
- ✓ H_2 ve N_2 gazlarının mol sayısı azalır. NH_3 ün mol sayısı artar.
- ✓ Tüm maddelerin derişimi artar.
- ✓ K_c değişmez.



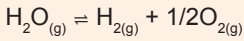
- ◊ Denge tepkimesindeki kabın hacmi artırılırsa:

- ✓ Toplam gaz basıncı azalacağından denge sistemi basıncı artıracak yöne yani gazların mol sayısının çok olduğu yöne kayar.
- ✓ Her iki yönde de tepkime hızı azalır.
- ✓ Tüm maddelerin derişimi azalır.
- ✓ NH_3 ün mol sayısı azalır. N_2 ve H_2 nin mol sayısı artar.
- ✓ K_c değişmez.



Step - 11

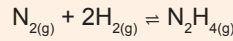
Bilgi Uygulama 51



Tepkimesine göre 8 mol H_2O , 2 mol H_2 ve 1 mol O_2 gazları 1 litrelik kapalı kaptta dengededir. Kabın hacmi değiştirilip tekrar denge kurulduğunda kaptta 2 mol H_2O gazı bulunmaktadır.

Buna göre, kabın son hacmi kaç litredir?

Bilgi Uygulama 52



Tepkimesi dengededir.

Sabit sıcaklıkta kabın hacmi artırılıyor.

Buna göre,

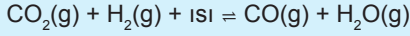
- I. Toplam moleköl sayısı artar.
- II. H_2 gazının mol sayısı azalır.
- III. Denge sabiti (K_c) küçülür.

yargılarından hangileri doğrudur?

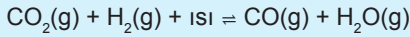
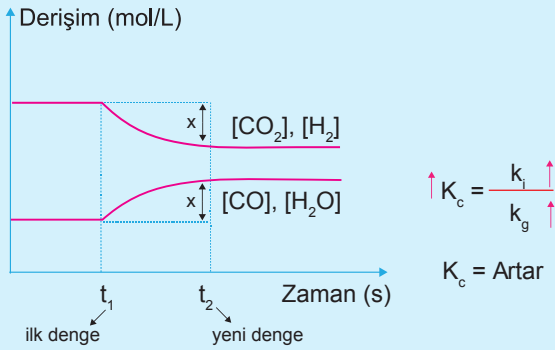
3. Sıcaklık

- Sıcaklık etkisiyle reaksiyon ürünler yönüne kayarsa K_c artar, girenler yönüne kayarsa K_c azalır.

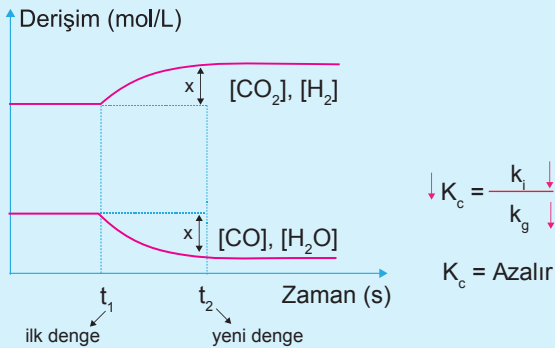
Endotermik Tepkimelerde



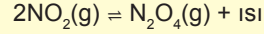
- Yukarıda verilen dengedeki tepkimenin sıcaklığı artırıldığında denge sıcaklığı azaltacak yönde tepki verir.
 - ✓ Denge ürünler tarafına kayar.
 - ✓ CO ve H₂O gazlarının derişimi artar.
 - ✓ CO₂ ve H₂ gazlarının derişimleri azalır.
 - ✓ İleri (k_f) ve geri (k_g) yöndeki hız sabitleri artar. Ancak ileri yöndeki tepkime hız sabiti daha çok artacağından K_c de artar.



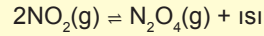
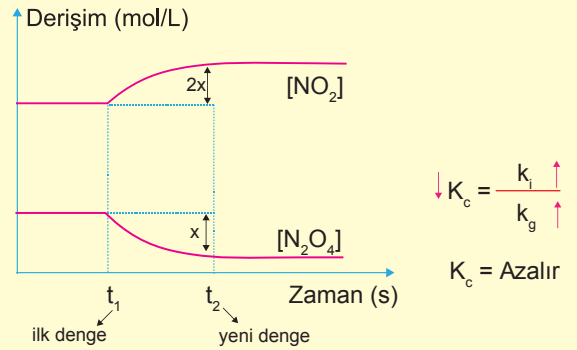
- Yukarıda verilen dengedeki tepkimenin sıcaklığı azaltıldığında denge sıcaklığı artıracak yönde tepki verir.
 - ✓ Denge girenler tarafına kayar.
 - ✓ CO₂ ve H₂ gazlarının derişimi artar.
 - ✓ CO ve H₂O gazlarının derişimi azalır.
 - ✓ İleri (k_f) ve geri (k_g) yöndeki hız sabitleri azalır. Ancak ileri yöndeki tepkime hız sabiti daha çok azalacağından K_c azalır.



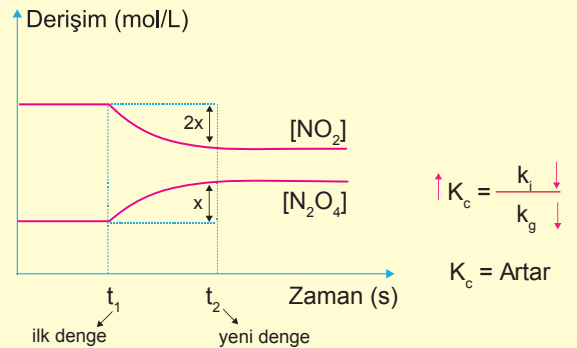
Ekzotermik Tepkimelerde



- Yukarıda verilen dengedeki tepkimenin sıcaklığı artırıldığında denge sıcaklığı azaltacak yönde tepki verir.
 - ✓ Denge girenler tarafına kayar.
 - ✓ N₂O₄(g) derişimi azalır.
 - ✓ NO₂(g) derişimi artar.
 - ✓ İleri (k_f) ve geri (k_g) yöndeki hız sabitleri artar. Ancak geri yöndeki tepkime hız sabiti daha çok artacağından K_c de azalır.



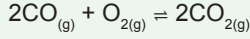
- Yukarıda verilen dengedeki tepkimenin sıcaklığı azaltıldığında denge sıcaklığı artıracak yönde tepki verir.
 - ✓ Denge ürünler tarafına kayar.
 - ✓ N₂O₄(g) derişimi artar.
 - ✓ NO₂(g) derişimi azalır.
 - ✓ İleri (k_f) ve geri (k_g) yöndeki hız sabitleri azalır. Ancak geri yöndeki tepkime hız sabiti daha çok azalacağından K_c artar.





Step - 12

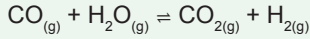
Bilgi Uygulama 53



Denklemine göre 1 litrelik kapalı bir kaptaki 1,2 mol CO, 0,8 mol O₂ ve 1,2 mol CO₂ gazları dengededir. Sıcaklık artırılıyor. Yeniden denge kurulduğunda kaptaki gazların toplam mol sayısı 3,6'dır.

Buna göre, yeni denge için derişimlere bağı denge sabiti (K_c) kaçtır?

Bilgi Uygulama 55



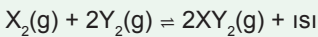
Dengesinin,

- 30 °C taki K_c = 4 ve
- 80 °C taki K_c = 9 dur.

1 litrelik kaptaki 30 °C sıcaklıkta denge durumunda 0,2 şer mol CO ve H₂O gazları ile 0,4 er mol H₂ ve CO₂ gazları dengededir.

Sıcaklık 80 °C'a çıkartılırsa kaptaki kaç gram H₂O gazı bulunur? (H, ¹⁶O)

Bilgi Uygulama 57



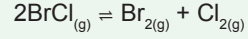
Tepkimesinin 127 °C sıcaklıkta denge sabiti (K_c) 5'dir.

Buna göre,

- I. Sıcaklık artarsa ileri ve geri tepkime hızı aynı miktarda artar.
- II. Denge sabiti 8 iken sıcaklık 300 K olabilir.
- III. 400 K sıcaklıkta denge sabiti 5'den büyüktür.

yargılarından hangileri doğrudur?

Bilgi Uygulama 54



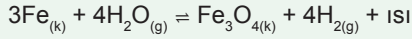
Denge tepkimesinin sabit hacimde sıcaklığı arttıkça denge sabiti büyümektedir.

Buna göre,

- I. Tepkime ekzotermiktir.
- II. Düşük sıcaklıkta girenler daha karardır.
- III. Denge tekrar kurulduğunda ileri tepkime hızı geri tepkime hızından büyüktür.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

Bilgi Uygulama 56



Tepkimesi dengededir.

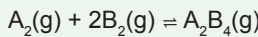
Sabit hacimde sıcaklık artırılıyor.

Buna göre,

- I. İleri ve geri yöndeki reaksiyonlar hızlanır.
- II. H₂O_(g) basıncı artar.
- III. Denge girenler yönüne kayar.

yargılarından hangileri doğrudur?

Bilgi Uygulama 58



denge tepkimesi için,

- 25 °C ta K_c = 0,5
- 75 °C ta K_c = 10⁻³

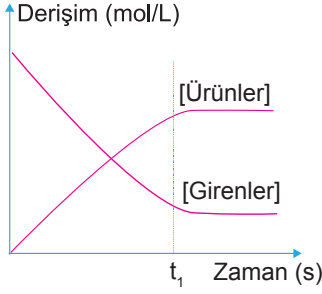
Buna göre,

- I. İleri aktifleşme enerjisi geri aktifleşme enerjisinden düşüktür.
- II. Sabit hacimde sıcaklık artırılırsa K_c değeri küçülür.
- III. Sabit sıcaklıkta hacim azaltılırsa A₂B₄ ün mol sayısı artar.

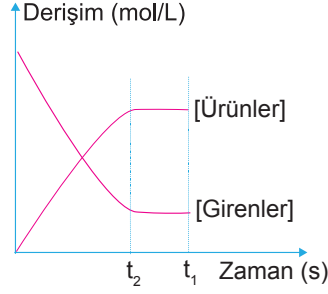
yargılarından hangileri doğrudur?

4. Katalizör Denge İlişkisi

- ◊ Katalizör ilavesi dengeyi bozamaz.
- ◊ Tepkimenin dengeye daha hızlı gelmesini sağlar.
- ◊ Dengedeki tepkimelerin ileri ve geri yöndeki hızlarını aynı oranda artırır.
- ◊ Denge sabiti (K_c) değerine etki etmez.
- ◊ Tepkime verimini değiştirmez.



Katalizör kullanılmadan denge



Katalizör kullanıldığında denge



Step - 13

Bilgi Uygulama 59

Bir denge reaksiyonunda,

- Aktifleşme enerjisi
- Maddelerin denge miktarları
- Dengeye ulaşma süresi
- Geri yöndeki reaksiyon hız sabiti

ifadelerinden hangileri katalizör kullanılması ile etkilenir?

Bilgi Uygulama 61

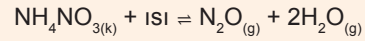
- Değişim
- Katalizör
- Sıcaklık

Yukarıdakilerden hangileri kısmi basınçlar cinsinden denge sabitinin değerini değiştirir?

Bilgi Uygulama 60

Sabit hacimli kapalı bir kaptaki bir miktar NH_4NO_3 katısı bulunmaktadır.

Bir süre sonra;



denkleminde dengededir.

Sistemin daha kısa sürede dengeye ulaşması için;

- Sabit sıcaklıkta bir miktar daha $\text{NH}_4\text{NO}_{3(k)}$ eklemek.
- Katalizör ilave etmek.
- Sıcaklığı artırmak.

işlemlerinden hangileri tek başına uygulanabilir?

