

**YKS KİMYA**

- **Kimyasal Tepkimelerde Denge**

## Fiziksel ve Kimyasal Değişimlerde Denge

Birbirlerine etki eden maddeler karıştırıldığında iki tür tepkime gözlenir:



### Tersinmez Tepkime ( tek yönlü )

Giren maddelerden herhangi biri tükenince tepkime sonlanır. (  $\longrightarrow$  ) ile gösterilir.

Örneğin; HCl ve KOH çözeltileri karıştırılırsa  $\text{HCl}(\text{suda}) + \text{KOH}(\text{suda}) \rightarrow \text{KCl}(\text{suda}) + \text{H}_2\text{O}(\text{s})$  tepkimesine göre tepken tükenince tepkime sonlanır .



### Tersinir Tepkime ( çift yönlü )

Girenler tamamen tükenmez. Ortamda ürünlerle birlikte tepkimeye giren türlerin hepsinden bulunur . (  $\rightleftharpoons$  ) ile gösterilir.

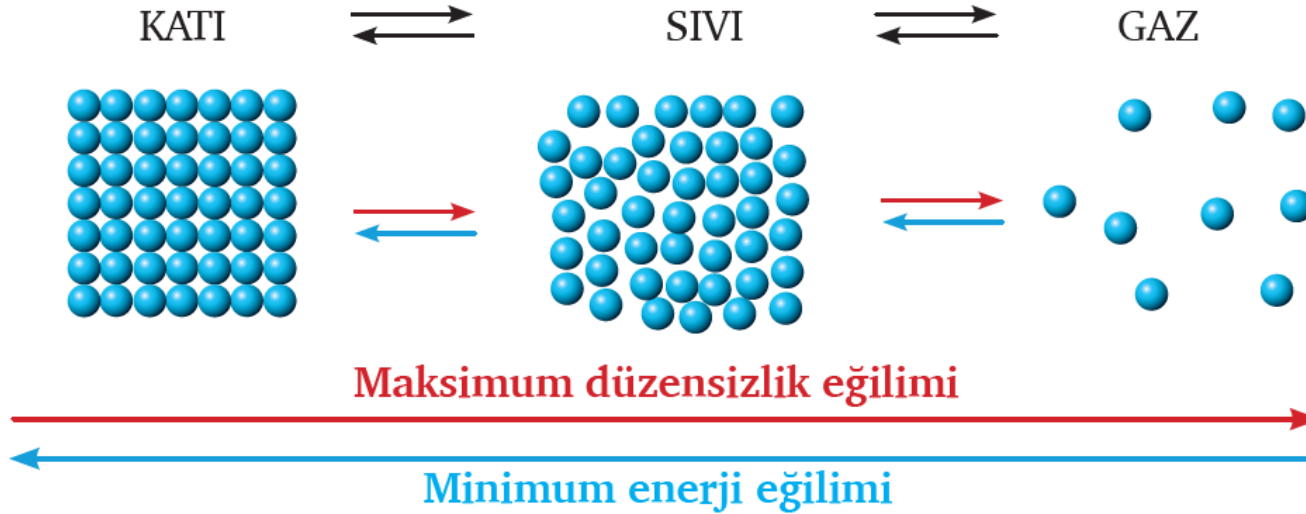
Örneğin; kapalı bir kapta  $\text{N}_2$  ve  $\text{H}_2$  gazları uygun şartlarda  $\text{NH}_3$  gazına dönüşür.  
 $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$   
Bir süre sonra oluşan  $\text{NH}_3$  gazı ayrışarak  $\text{N}_2$  ve  $\text{H}_2$  gazlarına dönüşür .



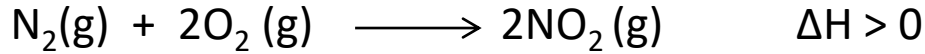
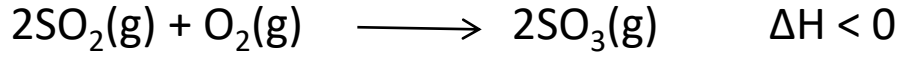
**Fiziksel ve Kimyasal Değişimlerde Denge**

Doğada gerçekleşen her olayda enerjiyi düşürme ve düzensiz olma isteği vardır. Bu durum fiziksel ve kimyasal değişimlerle gerçekleşir.

- Kimyasal türler arasındaki etkileşimin en az olmasına **maksimum düzensizlik** denir.
- Kimyasal türlerin düşük enerjili durumu tercih etmelerine **minimum enerji eğilimi** denir.



- Bir tepkimede minimum enerjili olma ve maksimum düzensizlik eğilimleri zıt yönlerde ise tepkime genellikle denge eğilimindedir.
- Bu iki faktör zıt yönde ise denge kurulur, aynı yönde ise dengeden söz edilemez.



## Denge tepkimeleri,

- ❑ Tersinir tepkimelerdir. Çift yönlü ok işareti ( $\rightleftharpoons$ ) ile gösterilir.
- ❑ Girenlerin ve ürünlerin miktarının sabit kalabilmesi için sistem kapalı, sıcaklık sabit olmalıdır.

## Kimyasal tepkimelerde denge anında,

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



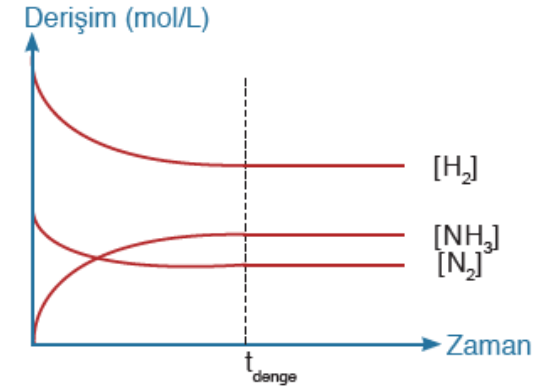
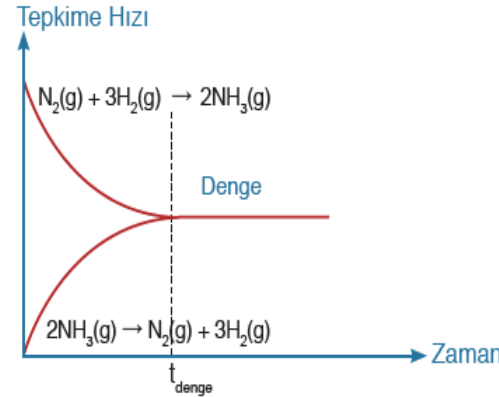
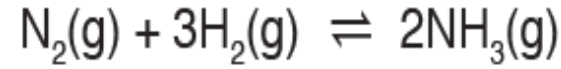
## Fiziksel Denge

Belirli koşullarda maddenin iç yapısı değişmeden farklı fiziksel hâlleri arasında kurulan dengeye **fiziksel denge** denir.

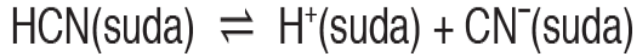


## Kimyasal Denge

Belirli koşullarda kimyasal bir tepkimede tepkimeye girenlerin ve ürünlerin derişimlerinin zamanla net değişim göstermediği duruma **kimyasal denge** denir.

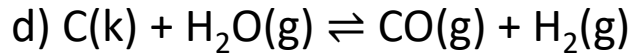
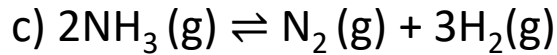
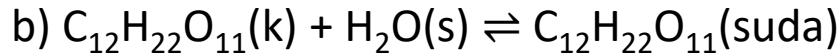
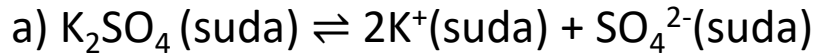


Kimyasal tepkimelerde yer alan maddelerin aynı ya da farklı fazlarda olmasına göre denge homojen veya heterojen olarak ikiye ayrılır.

**Homojen denge****Heterojen denge**

**SORU :**

Aşağıda verilen denge tepkimelerinden hangileri hem heterojen hem de kimyasal dengeye örnek olarak verilebilir?





**Denge Sabiti**

$aA(g) + bB(g) \rightleftharpoons cC(g) + dD(g)$  denge tepkimesinde  $r_i = r_g$  dir.

ileri tepkime hızı,  $r_i = k_i [A]^a [B]^b$  = geri tepkime hızı,  $r_g = k_g [C]^c [D]^d$

$$k_i [A]^a [B]^b = k_g [C]^c [D]^d$$

$$k_i / k_g = K_c = K_{denge} =$$

Derişimler cinsinden denge bağıntısı



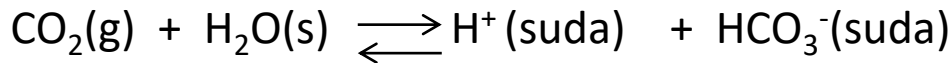
$$K_c = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

Kısmi basınçlar cinsinden denge bağıntısı



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

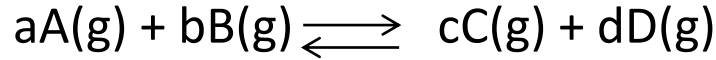
- Mekanizmalı tepkimelerde denge bağıntısı net tepkimeye göre yazılır.
- Saf katı ve sıvılar, derişimleri değişmediği için denge bağıntısına yazılmaz.



$K_c =$

$K_p =$

## K<sub>c</sub> ile K<sub>p</sub> Denge Sabitleri Arasındaki İlişki

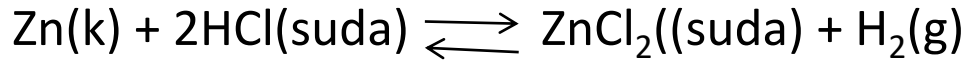


$$K_p = K_c (RT)^{[(c+d)-(a+b)]}$$

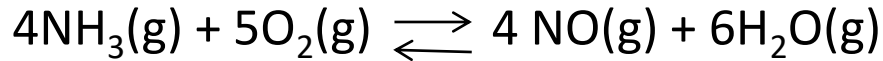
$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$$

$$\Delta n = n_{\text{ürünler}} - n_{\text{girenler}}$$

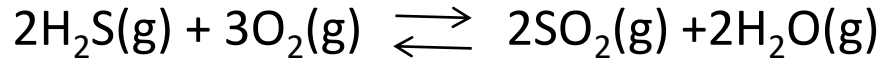
$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$$



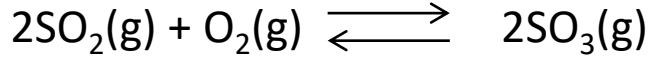
.....



.....



.....

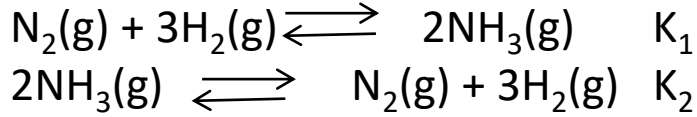
**SORU :****2012 LYS**

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

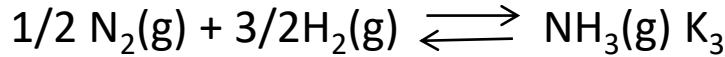
- A)  $\frac{2,8 \times 10^2}{82}$       B)  $2,8 \times 10^2 \times 82$       C)  $\frac{2,8 \times 10^2}{(82)^2}$       D)  $2,8 \times 10^2 \times (82)^2$       E)  $2,8 \times 10^2$

**Kimyasal Tepkimeler İle Denge Sabiti Arasındaki İlişki**

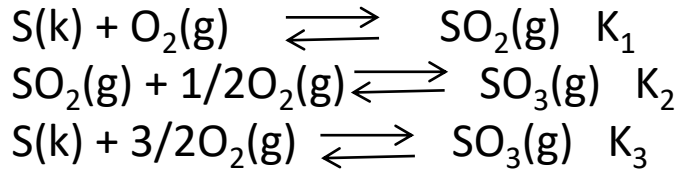
- Kimyasal tepkime ters çevrildiğinde denge sabitinin çarpmaya göre tersi alınır.

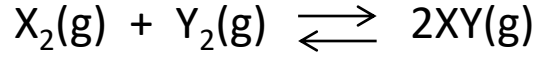


- Tepkime denklemi herhangi bir katsayı ile çarpılır ya da bölünürse, çarpılan ya da bölünen sayı denge sabitine üs olarak yazılır.



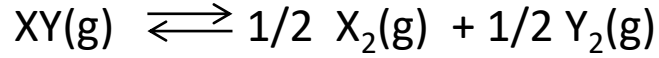
- Bir kimyasal tepkime birden fazla tepkimenin toplamı şeklinde yazılabiliyorsa, net tepkimenin denge sabiti toplanan tepkimelerin denge sabitlerinin çarpımına eşittir.



**SORU :****2010 LYS/AYT**

Tepkimesinin T sıcaklığında denge sabiti  $K'$  dir.

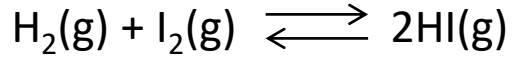
**Buna göre aynı sıcaklıkta;**



**tepkimesinin denge sabiti  $K$  cinsinden nedir?**

- A)  $1/4K$     B)  $1/2K$     C)  $1/\sqrt{K}$     D)  $K$     E)  $K^2$

## Denge Sabiti Hesaplamaları

**SORU :****2015 LYS/AYT**

Denge tepkimesine göre, belirli bir sıcaklıkta 1 L'lik tepkime kabına 0,1 mol H<sub>2</sub> ve 0,1 mol I<sub>2</sub> gazları konularak sistemin dengeye gelmesi bekleniyor ve dengedeki sistemde 0,04 mol HI gazı gözleniyor.

**Buna göre tepkimenin K<sub>c</sub> değeri aşağıdakilerden hangisidir?**

A) 0,02

B) 0,25

C) 0,50

D) 2,50

E) 5,00

**Denge Sabiti Hesaplamaları****SORU :**

Sabit sıcaklıkta kapalı bir kaptaki  $A(g) + 3B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$  tepkimesi, 3 mol A ve 2 mol B gazları ile başlamaktadır. Sistem dengeye ulaştığında kaptaki bulunan toplam 4 mol gazın basıncı 2 atm olmaktadır.

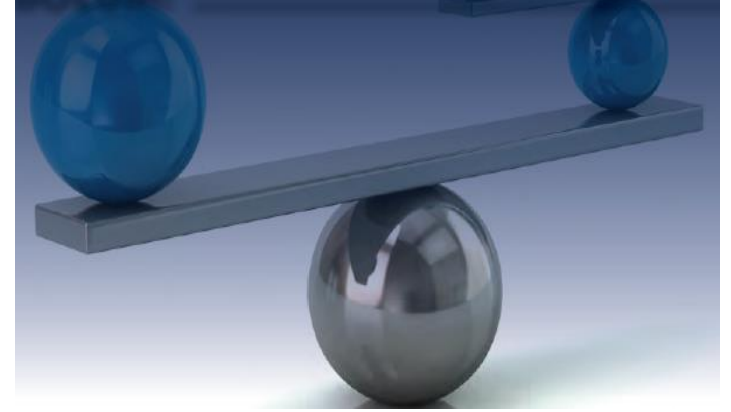
**Buna göre kısmî basınçlara bağlı denge sabiti kaçtır?**

## Dengeyi Etkileyen Faktörler

Dengedeki bir sistemin ileri ve geri yöndeki hızlarının eşitliği bir dış etkenle bozulabilir. Denge, bozuluş biçimine göre ileri veya geri yöne kayar.

### ❑ Sistemlerde dengeyi bozan etkenler

- **Değişim**
- **Sıcaklık**
- **Hacim**
- **Basınç**
- **Katalizör**



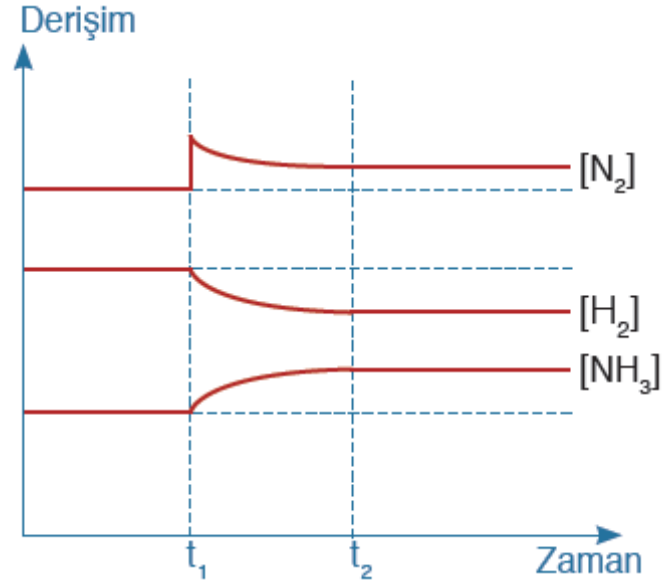
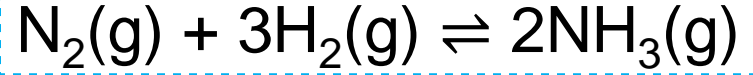
### Le Chatelier İlkesi

Dengedeki sisteme etki edildiğinde sistem tekrar dengeye ulaşıncaya kadar etkiyi azaltacak yönde eğilim gösterir.



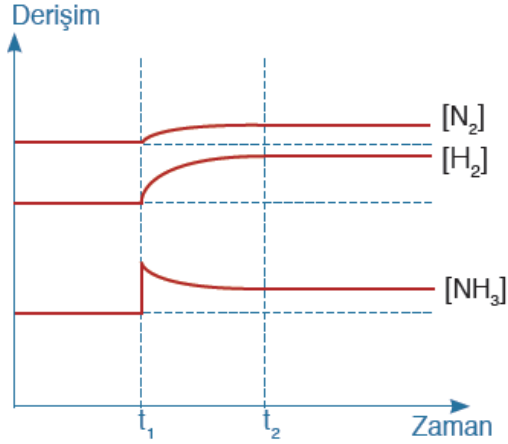
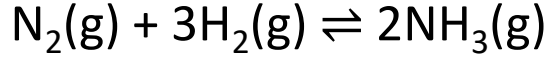
**Derişimin Dengeye Etkisi**

Kapalı bir kapta bulunan dengedeki bir sisteme, girenler veya ürünlerdeki maddelerden biri eklenir ya da çıkarılırsa sistem uygulanan işlemi azaltacak yönde tepki verir. Belli bir süre sonra sistem yeniden dengeye ulaşır.  $K_c$ 'nin değeri değişmez.

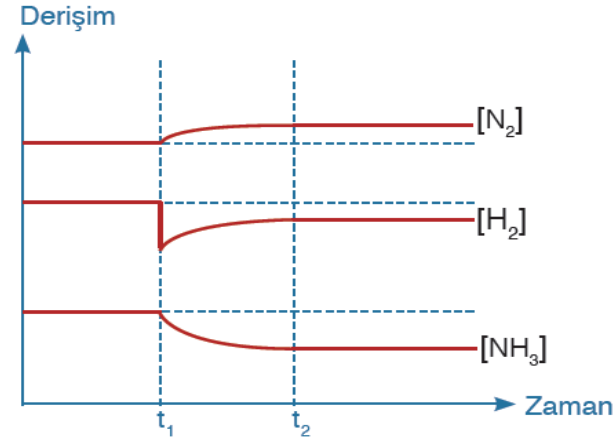
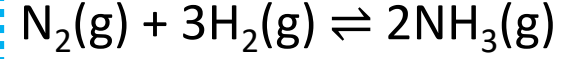


**Denge tepkimesine  $\text{N}_2$  gazı eklenmesi**

## Derişimin Dengeye Etkisi



Sabit sıcaklıkta denge tepkimesine  $\text{NH}_3$  gazı eklenmesi



Sabit sıcaklıkta denge tepkimesinden  $\text{H}_2$  gazı uzaklaştırılması

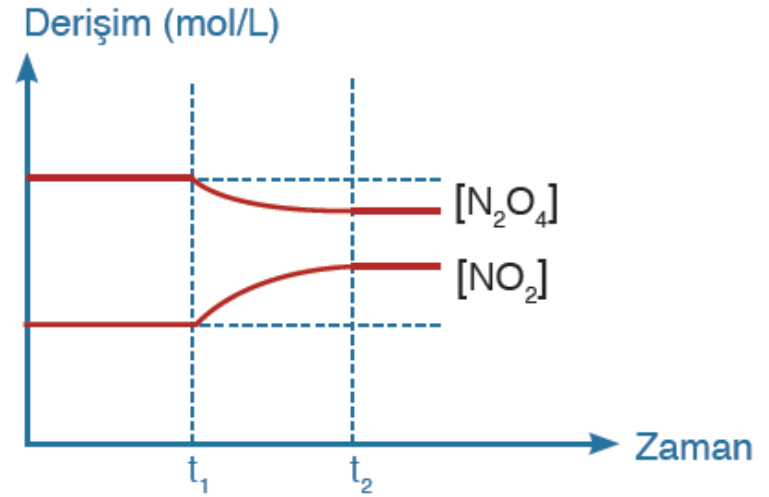
**Değişimin Dengeye Etkisi****SORU :**

$\text{CO}_2(\text{g}) + \text{NO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{NO}_2(\text{g}) + \text{CO}(\text{g})$  denge tepkimesinde sabit sıcaklıkta 1 litrelik kaptaki 0,4 mol  $\text{CO}_2$ , 0,9 mol  $\text{NO}$ , 0,6 mol  $\text{NO}_2$  ve 0,6 mol  $\text{CO}$  gazları dengededir.

**Kaba 0,5 mol  $\text{CO}_2$  gazı eklenince sistem aynı sıcaklıkta dengeye geldiğinde kaptaki kaç mol  $\text{NO}_2$  bulunur?**

**Sıcaklığın Dengeye Etkisi****Endotermik denge tepkimelerinde,**

- Sıcaklık arttırılırsa denge, ürünler yönüne kayarak sıcaklığı azaltmaya çalışır.
- $K_c$  değeri artar.
- $\text{NO}_2$  derişimi artarken  $\text{N}_2\text{O}_4$  derişimi azalır.

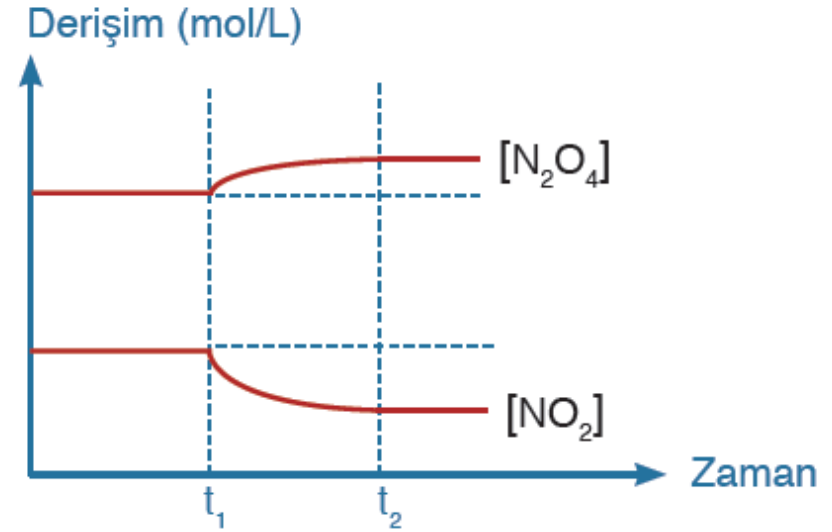


**Denge tepkimesinde sıcaklık artışıyla derişim değışimi**

**Sıcaklığın Dengeye Etkisi****Endotermik denge tepkimelerinde,**

- Sıcaklık azaltılırsa denge, girenler yönüne kayarak sıcaklığı arttırmaya çalışır.
- $K_c$  değeri azalır.
- $\text{NO}_2$  derişimi azalırken  $\text{N}_2\text{O}_4$  derişimi artar.

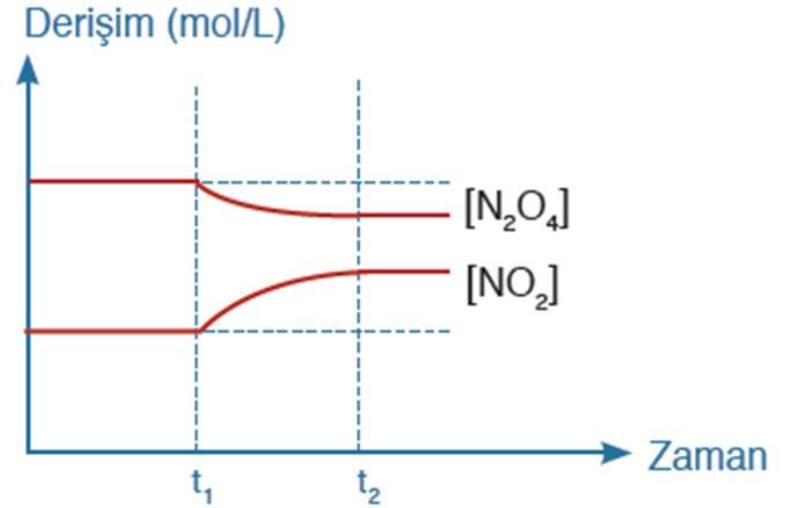
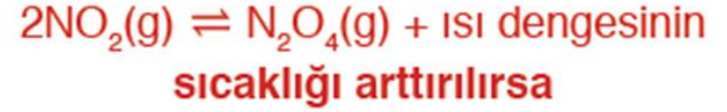
$\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) + \text{ısı} \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$  dengesinin sıcaklığı azaltılırsa



**Denge tepkimesinde sıcaklık azalmasıyla derişim değışimi**

**Sıcaklığın Dengeye Etkisi****Ekzotermik denge tepkimelerinde,**

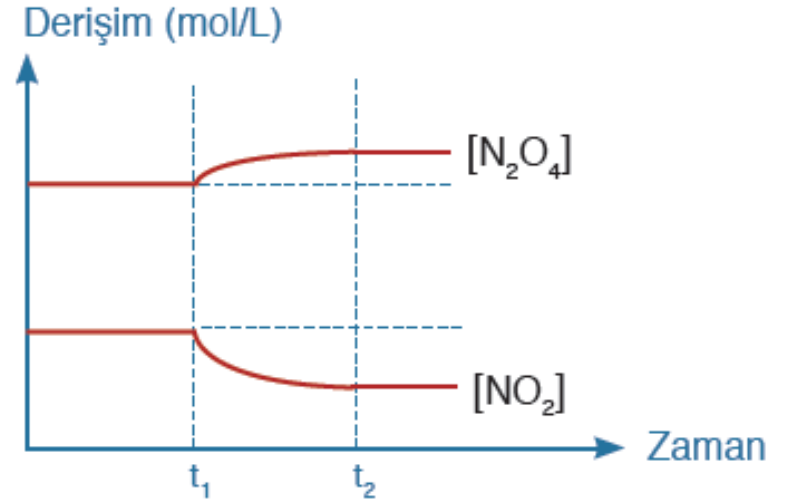
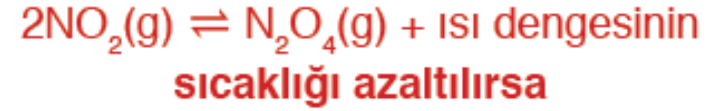
- Sıcaklık arttırılırsa denge, girenler yönüne kayarak sıcaklığı azaltmaya çalışır.
- $K_c$  değeri azalır.
- $\text{NO}_2$  derişimi artarken  $\text{N}_2\text{O}_4$  derişimi azalır.



**Denge tepkimesinde sıcaklık artışıyla derişim değışimi**

**Sıcaklığın Dengeye Etkisi****Ekzotermik denge tepkimelerinde,**

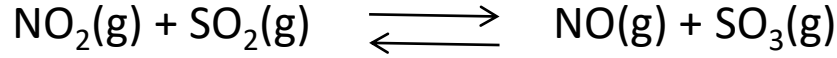
- Sıcaklık azaltılırsa denge, ürünler yönüne kayarak sıcaklığı arttırmaya çalışır.
- $K_c$  değeri artar.
- $\text{NO}_2$  derişimi azalırken  $\text{N}_2\text{O}_4$  derişimi artar.



**Denge tepkimesinde sıcaklık azalmasıyla derişim değışimi**

**Hacim Değişiminin Dengeye Etkisi**

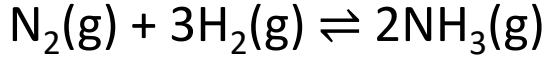
- Gaz hâlindeki denge tepkimeleri hacim değişikliğinden girenlerin ve ürünlerin mol sayıları eşit olmadığı durumlarda etkilenir.



- Sabit sıcaklıktaki bir tepkimenin hacmi azaltıldığında basıncı artar. Tepkime basınç artışını azaltmak için gazların mol sayısının azaldığı tarafa doğru hareket eder.
- Hacim artırılırsa basınç azalır. Azalan basıncı artırmak için tepkime gazların mol sayısının fazla olduğu tarafa doğru hareket eder.  $K_c$  değeri değişimden etkilenmez.

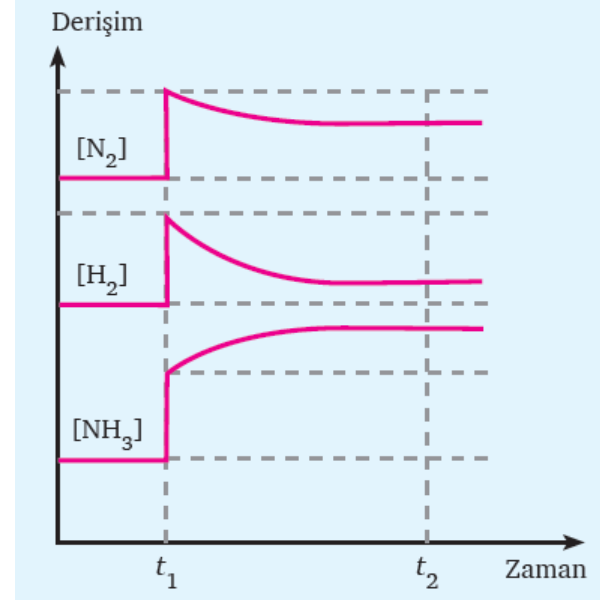


## Hacim Değişiminin Dengeye Etkisi

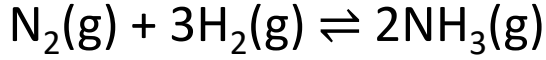


## Dengedeki sistemin hacmi azaltılırsa,

- Tepkimedeki taneciklerin birim hacimdeki miktarı artar ve gaz basıncı da artar.
- Tepkime, basıncını azaltmak için gazların mol sayısının az olduğu tarafa doğru ilerler. Denge ürünlere kayar.
- $\text{NH}_3(\text{g})$  derişimi artarken,  $\text{N}_2(\text{g})$  ve  $\text{H}_2(\text{g})$  derişimi azalır.
- $K_c$  değeri değişmez.

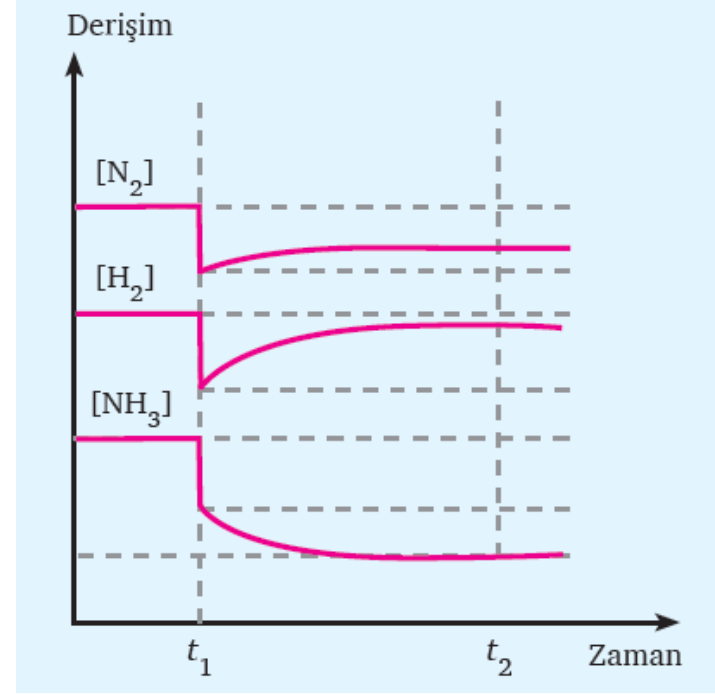


## Hacim Değişiminin Dengeye Etkisi



## Dengedeki sistemin hacmi artırılırsa,

- Birim hacimdeki tanecik sayısı ve gaz basıncı azalır.
- Azalan basıncı artırmak için tepkime gazların mol sayısının fazla olduğu yöne hareket eder. Denge girenlere kayar.
- $\text{NH}_3(\text{g})$  derişimi azalırken,  $\text{N}_2(\text{g})$  ve  $\text{H}_2(\text{g})$  derişimi artar.
- Kc değeri değişmez.

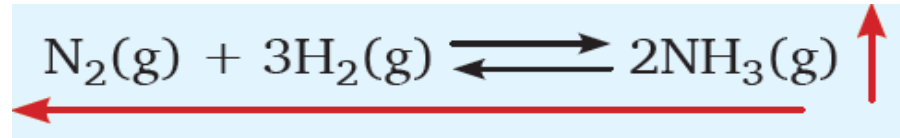
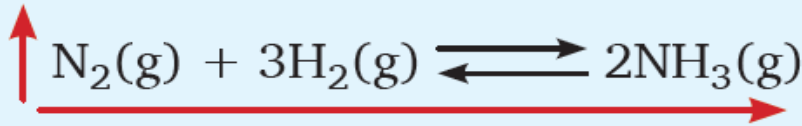


**Basıncın Dengeye Etkisi**

Gaz hâlinde bir veya daha fazla bileşen içeren denge tepkimelerinde sabit sıcaklıkta basınç değiştirildiğinde **Le Chatelier İlkesi**'ne göre tepkime basınç değişikliğini giderecek yönde hareket eder.

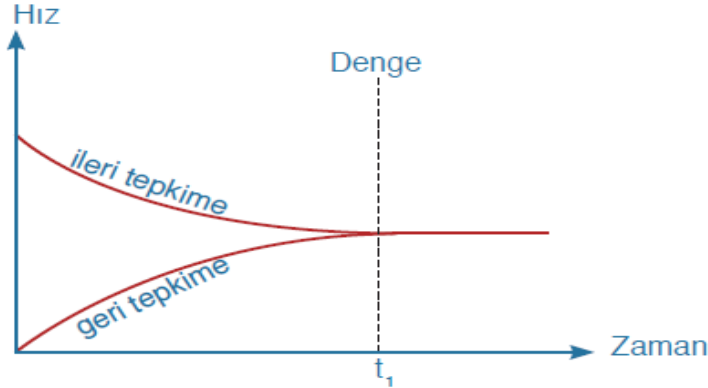
Dengedeki tepkimede  $N_2$  gazının kısmi basıncı artırılırsa tepkime girenler tarafındaki basıncı azaltmak için ürünler yönüne hareket eder.

Dengedeki tepkimede  $NH_3$  gazının kısmi basıncı artırılırsa tepkime ürünler tarafındaki basıncı azaltmak için girenler yönüne hareket eder.

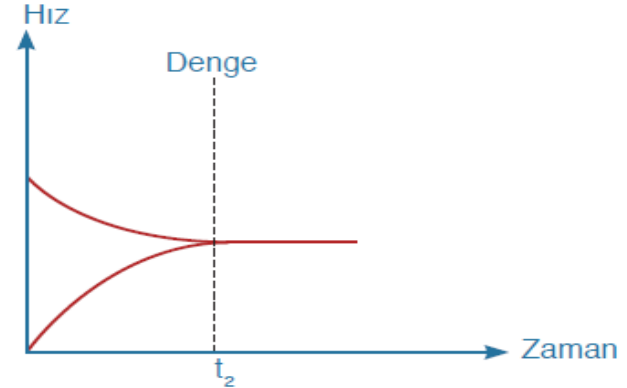


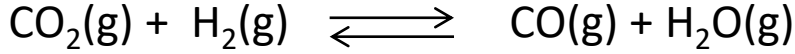
**Katalizörün Dengeye Etkisi**

- İleri ve geri yöndeki tepkimelerin aktivasyon enerjisini değiştirirler.
- İleri ve geri tepkimenin hızlarını ve hız sabitlerini aynı oranda değiştirdikleri için denge sabitinin değeri değişmez.
- Denge sistemindeki maddelerin derişimleri değişmediği için dengeye etki etmez.
- Sistemin dengeye varma süresini kısaltır.



$$t_1 > t_2$$



**SORU :****2016 LYS/AYT**

**denge tepkimesinde  $\Delta H > 0$  olduğuna göre aşağıdakilerden hangisi yanlıştır ?**

- A) Ürünler yönündeki tepkime endotermiktir.
- B) Sıcaklık artırıldığında denge, ürünler yönüne kayar.
- C) Basınç artırıldığında denge, ürünler yönüne kayar.
- D) Ortama  $\text{H}_2$  gazı ilave edildiğinde denge, ürünler yönüne kayar.
- E) Tepkimede  $K_p = K_c$  dir.

**Denge Kesri**

Tepkimenin herhangi bir anındaki derişimler denge bağıntısında yerine yazıldığında elde edilen değere **denge kesri** denir.

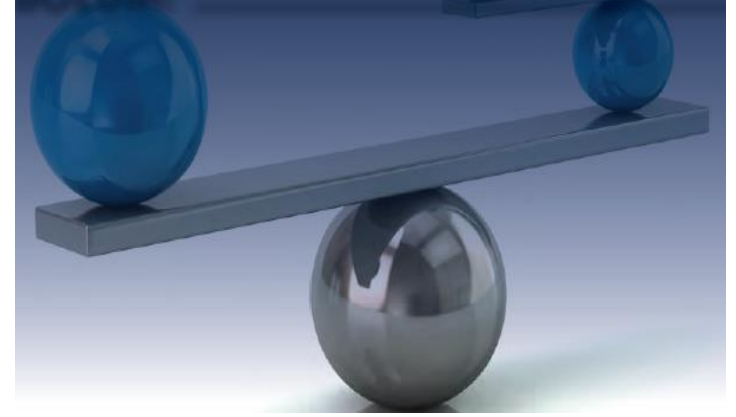
Denge kesri  $Q_c$  ile ifade edilir. **Elde edilen  $Q_c$  ile  $K_c$  karşılaştırılır.**

- $K_c = Q_c$  ise tepkime dengededir.
- $K_c > Q_c$  ise tepkime dengede değildir.

Sistemin dengeye ulaşabilmesi için tepkime ürünler yönüne hareket eder.

- $K_c < Q_c$  ise tepkime dengede değildir.

Sistemin dengeye ulaşabilmesi için tepkime girenler yönüne hareket eder.



**Denge Kesri****SORU :**

$\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$  tepkimesinin  $500\text{ }^\circ\text{C}$ 'taki denge sabiti  $K_c = 4$ 'tür.

Aynı sıcaklıkta 1 litrelik kaba  $0,2\text{ mol H}_2$ ,  $0,4\text{ mol I}_2$  ve  $0,2\text{ mol HI}$  gazları konuyor.

**a) Buna göre tepkime dengede midir?**

**b) Dengede değilse dengeye ulaşması için ne yöne hareket etmelidir?**