



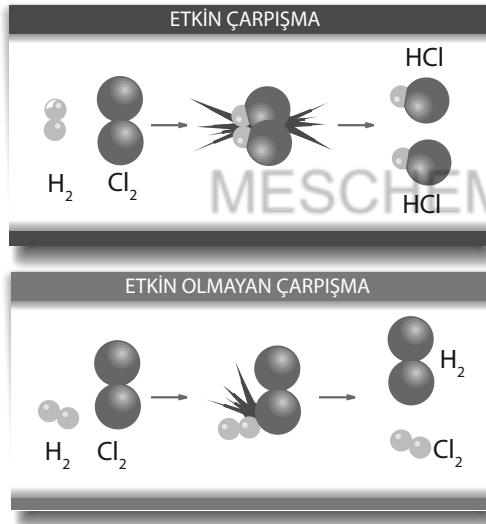
ÇARPIŞMA TEORİSİ

TANIM

Kimyasal tepkimelerin taneciklerin çarpışmaları sonucunda gerçekleştiğini ileri süren teoriye **çarpışma teorisi** denir.

- Çarpışma teorisine göre, tepkimelerin hızı, tepkimeye giren taneciklerin çarpışma sayısı ile orantılıdır. Taneciklerin çarpışma sayısı arttıkça tepkime hızı da artar. Ancak her çarpışma ürün ile sonuçlanmaz. Ürün ile sonuçlanan çarpışmalara **etkin çarpışma** denir.

Örneğin; $H_2(g) + Cl_2(g) \rightarrow 2HCl(g)$ tepkimesinin gerçekleşmesi sırasında meydana gelen çarpışmalardan bazıları aşağıda verilmiştir.



Herhangi bir tepkimenin ürün ile sonuçlanabilmesi için;

- I. Tanecikler uygun geometride ve aynı düzlemde çarpışmalıdır.
- II. Taneciklerin yeterli kinetik enerjiye sahip olması gerekir.
- III. Aktifleşmiş kompleks ürünün oluşması gerekir.

- Reaksiyona girenlerin aktiflenmiş kompleksi oluşturabilmesi için gerekli olan minimum toplam kinetik enerjiye **eşik enerjisi (aktifleşme enerjisi)** denir ve E_a ile gösterilir.
- E_a değeri tepkimeye giren maddelerin türüne bağlıdır.

- Yeterli enerjiye sahip tanecikler uygun geometride çarpıştığında ürüne dönüşme noktasında kararsız bir yapı oluştururlar. Bu yapıya **aktifleşmiş kompleks** denir.
- Reaksiyona girenlerin aktiflenmiş kompleksi oluşturabilmesi için gerekli olan enerjiye **ileri aktivasyon (aktifleşme, eşik) enerjisi** (E_{ai}), ürünlerin aktiflenmiş kompleksi oluşturması için gerekli olan enerjiye de **geri aktivasyon enerjisi** (E_{ag}) denir.
- Tek başına aktifleşme enerjisi terimi kullanıldığında ileri aktifleşme enerjisi kast edilir.
- Reaksiyondaki net enerji değişimi (ΔE veya ΔH) aktivasyon enerjileri farkı ile hesaplanır.

FORMÜL

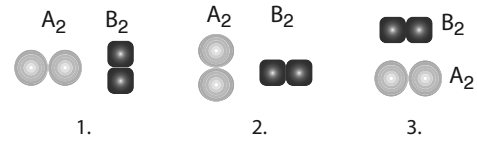
$$\Delta H = \sum H_{(ürünler)} - \sum H_{(girenler)}$$

FORMÜL

$$\Delta H = E_{ai} - E_{ag}$$

- Aktivasyon enerjisinin değeri daima pozitiftir.
- Herhangi bir tepkimde;
 - $E_{ai} > E_{ag}$ ise tepkime **endotermiktir**.
 - $E_{ag} > E_{ai}$ ise tepkime **ekzotermiktir**.

Örnek



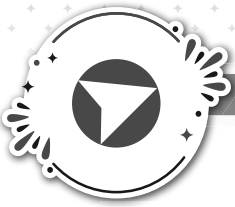
$A_2 + B_2 \rightarrow C$ tepkimesini gerçekleştirmek üzere birbirine yaklaşan tanecikler ile ilgili;

- I. 1. ve 2. durumda tanecikler uygun geometride değildir.
- II. 3. de tanecikler yeterli kinetik enerjiye sahipse çarpışmaları sonucunda ürün oluşabilir.
- III. 1. ve 2. de etkin olmayan, 3. de etkin çarpışma gerçekleşir.

yargılarından hangileri doğrudur?

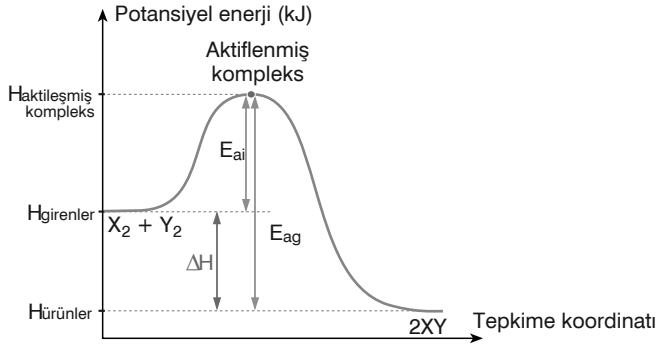
- A) Yalnız II B) I ve II C) I ve III D) II ve III E) I, II ve III

Çözüm..



Tepkime Hızları

EKZOTERMİK TEPKİME

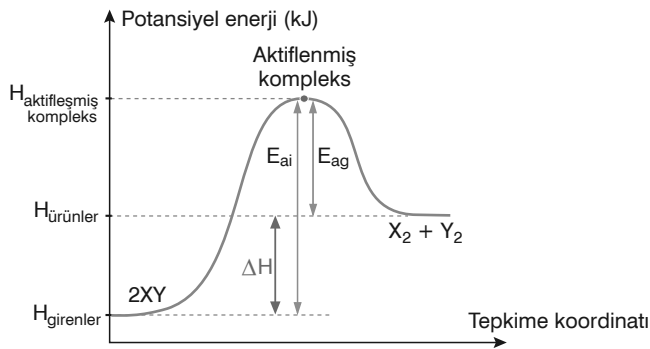


- ΔH değeri negatif olan tepkimelerdir.
- İleri aktivasyon enerjisi, geri aktivasyon enerjisinden küçüktür.

$$E_{ai} < E_{ag} \Rightarrow \Delta H = E_{ai} - E_{ag} \Rightarrow \Delta H < 0 \text{ dir.}$$

- Ekzotermik tepkimeler başladıktan sonra kendiğilinden istemli olarak devam eder.

ENDOTERMİK TEPKİME



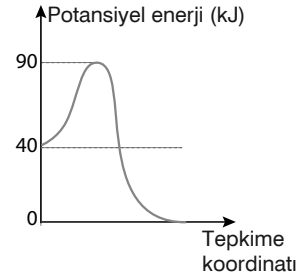
- ΔH değeri pozitif olan tepkimelerdir.
- İleri aktivasyon enerjisi, geri aktivasyon enerjisinden büyüktür.

$$E_{ai} > E_{ag} \Rightarrow \Delta H = E_{ai} - E_{ag} \Rightarrow \Delta H > 0 \text{ dir.}$$

- Endotermik tepkimeler sonlanıncaya kadar dışarıdan enerji alırlar.

Örnek

Kimyasal bir tepkimeye ait yandaki potansiyel enerji – tepkime koordinatı grafiğine göre, tepkime ile ilgili;



- Ekzotermiktir.
- Aktivasyon enerjisi 50 kJ dür.
- Aktifleşmiş kompleks enerjisi 90 kJ dür.

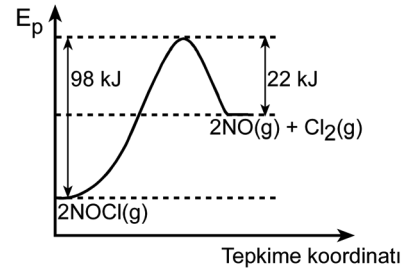
ifadelerinden hangileri doğrudur?

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

Çözüm..

ÖSYM

$2\text{NOCl(g)} \rightarrow 2\text{NO(g)} + \text{Cl}_2\text{(g)}$ tepkimesinin potansiyel enerji (E_p) - tepkime koordinatı grafiği aşağıda verilmiştir.



Buna göre,

- İleri yöndeki tepkimenin aktifleşme enerjisi 98 kJ'dir.
- İleri yöndeki tepkime için $\Delta H = 76$ kJ'dir.
- Geri yöndeki tepkime endotermiktir.

yargılarından hangileri doğrudur?

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

Çözüm..

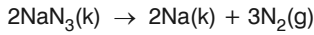


KİMYASAL TEPKİMELERİN HIZLARI

- Mikroskopik veya makroskopik boyutta gerçekleşen birçok kimyasal tepkime vardır. Bunlardan bazıları hızlı, bazıları da oldukça yavaştır.

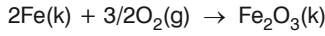
Örneğin;

- Kaza anında arabalarda bulunan hava yastıkları saniyenin yirmi beşte biri sürede aşağıdaki tepkimenin gerçekleşmesi sonucunda açılırlar.



Bunun yanında, havai fişeklerin patlaması, doğal gazın ve kömürün yanması, asitlerin bazların tepkimesi vb. olaylar **hızlı gerçekleşen tepkimelerdir**.

- Yukarıdaki olayların aksine, oldukça yavaş gerçekleşen tepkimeler de vardır. Bunun en iyi örneklerinden biri demirin paslanması olayıdır.



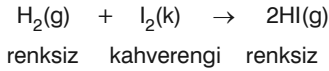
Bunun dışında; besinlerin ve yağların sindirimi, petrolün oluşumu vb. olaylar **yavaş gerçekleşen tepkimelerdir**.

TEPKİME HIZLARININ İZLENMESİ

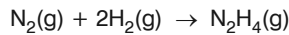
- Tepkime hızları, tepkimedeki bazı niceliklerin değişimi ya da meydana gelen olaylar dikkate alınarak ölçülebilir.

Örneğin; sıcaklık değişimi, basınç değişimi, derişim değişimi, ısı alışverişi, renk değişimi, elektrik akımı iletkenliği, çökme olması, ışık salınması gibi olaylar tepkime süresince değişen olaylardan bazılarıdır.

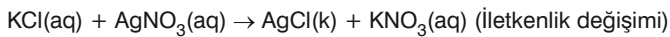
- **Renk değişimi** ile bazı reaksiyonların hızı takip edilebilir.



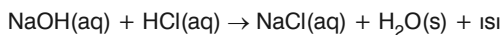
- Sabit hacimli kapalı kapta gaz fazında gerçekleşen tepkimelerde girenlerin ve ürünlerin mol sayıları birbirinden farklı ise, tepkime hızı **basınç değişimi** ile izlenebilir.



- Çözünme – çökme tepkimelerinde **elektrik iletkenliği ölçülerek** veya **pH değişiminden** yararlanılarak reaksiyonun hızı izlenebilir.



- Tepkimenin endotermik veya ekzotermik oluşuna bağlı olarak, **ısı değişiminden** yararlanılarak da tepkime hızı izlenebilir.



HOMOJEN VE HETEROJEN FAZ TEPKİMELERİ

- Kimyasal tepkimelerde maddelerin fiziksel hâllerine göre tepkimeler, homojen veya heterojen şeklinde sınıflandırılır.
- Tepkimede yer alan türlerin hepsi aynı fiziksel hâlde ise, bu tür tepkimelere **homojen faz tepkimesi** denir.
 - $2\text{NH}_3(\text{g}) \rightarrow \text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g})$
 - $\text{SO}_2(\text{g}) + 1/2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{SO}_3(\text{g})$
- Tepkimede yer alan türler farklı fiziksel hâlde ise, bu tür tepkimeler **heterojen faz tepkimesi** denir.
 - $\text{Ca}(\text{k}) + 1/2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CaO}(\text{k})$
 - $\text{Na}(\text{k}) + \text{HNO}_3(\text{suda}) \rightarrow \text{NaNO}_3(\text{suda}) + 1/2\text{H}_2(\text{g})$

Örnek

- $\text{Al}(\text{k}) + 3\text{KOH}(\text{aq}) \rightarrow \text{K}_3\text{AlO}_3(\text{aq}) + 3/2\text{H}_2(\text{g})$: pH değişimi
- $\text{Na}(\text{k}) + \text{H}_2\text{O}(\text{s}) \rightarrow \text{NaOH}(\text{aq}) + 1/2\text{H}_2(\text{g})$: İletkenlik değişimi
- $\text{Cu}(\text{k}) + 1/2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CuO}(\text{k})$: Sabit hacimde basınç değişimi

Yukarıdaki tepkimelerden hangilerinin hızının takip edilmesinde kullanılan yöntem doğru verilmiştir?

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

Çözüm..

Örnek

- $\text{C}(\text{k}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g})$
- $2\text{Fe}(\text{k}) + 3/2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3(\text{k})$

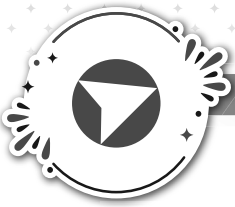
Yukarıda verilen tepkimeler ile ilgili;

1. tepkime, 2. tepkimeden hızlıdır.
- Her iki tepkime heterojendir.
- Sabit hacim ve sıcaklıkta 2. tepkimenin hızı basınç değişimi ile takip edilebilir.

İfadelerinden hangileri doğrudur?

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

Çözüm..



Tepkime Hızları

MADDE MİKTARI VE TEPKİME HIZI

TANIM

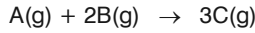
Bir kimyasal tepkimede birim zamanda harcanan veya oluşan madde miktarının değişimine **tepkime hızı** denir.

- Bir kimyasal reaksiyondaki maddelerin derişimdeki değişimini belirtmek için ise ΔC sembolü kullanılabilir.
- Reaksiyon hızı “r”, “RH”, “TH” ya da “9” gibi sembollerle ya da “Hız” “Reaksiyon Hızı” gibi kavramlarla da ifade edilebilir.
- Zamanın birimi saniye olarak alınan bir tepkimede madde derişimlerinin değişimini ifade etmek için M/s (molarite/saniye) kullanılır.
- Tepkimeye giren ve oluşan ürünlerin fiziksel durumuna göre madde miktarı, mol, hacim, atm cinsinden; süre de saniye, dakika, gün cinsinden alınabilir.

Bir reaksiyondaki maddelerin derişimlerinde meydana gelen değişimleri aşağıdaki formül ile belirtilir.

FORMÜL

$$\text{Hız} = \frac{\text{Madde derişimindeki değişim}}{\text{Zaman aralığı}}$$



tepkimesindeki maddelerin hızlarını tepkimede yer alan her bir madde türünden yazalım.

$$A \text{ nın harcanma hızı } r_A = -\frac{\Delta C_A \text{ (mol/L)}}{\Delta t(s)} = r$$

$$B \text{ nin harcanma hızı } r_B = -\frac{\Delta C_B \text{ (mol/L)}}{\Delta t(s)} = 2.r$$

$$C \text{ nin oluşma hızı } r_C = +\frac{\Delta C_C \text{ (mol/L)}}{\Delta t(s)} = 3.r$$

Bağıntılardaki “+” madde oluştuğunu, “-” ise maddenin azaldığını yani harcanıldığını gösterir. (Hız değeri her zaman pozitifdir. Reaktiflerdeki ΔC değeri negatif olduğundan bu değeri pozitif yapmak için önüne – işareti konulur. Ürünlerde ise ΔC değeri pozitifdir.)

- Yazılan hız bağıntılarına göre, tepkimedeki maddelerin harcanma ve oluşma hızları arasındaki ilişki aşağıdaki gibidir.

$$6.r_A = 3.r_B = 2.r_C$$

Örnek

Gaz fazında gerçekleşen bir tepkimenin giren ve ürünlerinin hızları arasındaki ilişki;

$$2.9_X = 9_Y = 3.9_Z$$

şeklinde.

Buna göre, tepkime denklemi aşağıdakilerden hangisi olabilir?

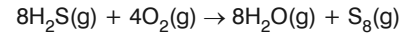
- A) $2X(g) + Y(g) \rightarrow 3Z(g)$
- B) $3X(g) + 6Y(g) \rightarrow 2Z(g)$
- C) $X(g) + 2Y(g) \rightarrow 3Z(g)$
- D) $3Z(g) \rightarrow 2X(g) + Y(g)$
- E) $2Z(g) \rightarrow 3X(g) + Y(g)$

Çözüm..

ÖSYM

Bir kimyasal tepkimenin hızı, tepkimeye girenler veya ürünlerin derişimlerinin birim zamanda değişimleri cinsinden ifade edilebilir.

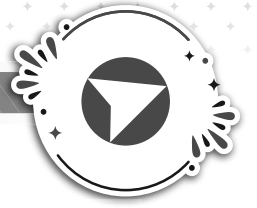
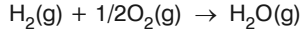
Buna göre,



tepkimesinin hız eşitliği aşağıdakilerden hangisidir?

- A) $-\frac{1}{8} \frac{\Delta[H_2S]}{\Delta t}$
- B) $-\frac{1}{8} \frac{\Delta[H_2O]}{\Delta t}$
- C) $-8 \frac{\Delta[H_2S]}{\Delta t}$
- D) $+8 \frac{\Delta[H_2O]}{\Delta t}$
- E) $+\frac{1}{4} \frac{\Delta[O_2]}{\Delta t}$

Çözüm..

**Örnek**

reaksiyonunda O_2 gazının harcanma hızı $1,5 \times 10^{-2} \text{ M/s}$ dir.

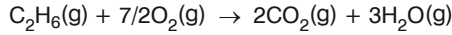
Buna göre, $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ nun oluşma hızı kaç M/s dir?

- A) 0,03 B) 0,04 C) 0,05 D) 0,45 E) 0,6

Çözüm..

Örnek

6 g C_2H_6 gazının tamamı 2 litrelik bir kapta,



denkleminde göre, 50 saniyede tamamen yakılıyor.

Buna göre, H_2O gazının ortalama oluşum hızı kaç mol/L.s dir?

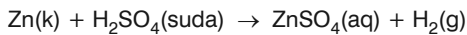
(C = 12 g/mol, H = 1 g/mol)

- A) 2×10^{-3} B) 4×10^{-3} C) 2×10^{-2} D) 6×10^{-3} E) $1,2 \times 10^{-2}$

Çözüm..

Örnek

39 g Zn metali H_2SO_4 çözeltisine atıldığında;



denkleminde göre tamamının çözünmesi 5 dakika sürüyor.

Buna göre, $\text{H}_2(\text{g})$ nin oluşum hızı mol/s dir? (Zn = 65 g/mol)

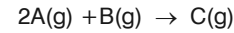
- A) 3×10^{-3} B) 2×10^{-3} C) 4×10^{-3} D) 5×10^{-3} E) 1×10^{-2}

Çözüm..

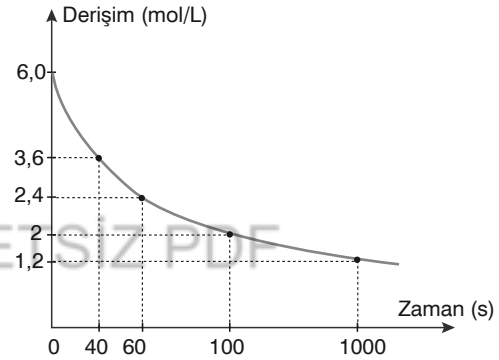
ORTALAMA REAKSİYON HIZLARI**TANIM**

Herhangi bir tepkimenin başlangıç ve bitiş anına kadar harcanan ya da elde edilen madde derişimleri ve tepkimenin toplam süresine göre hesaplanan hız **reaksiyonun ortalama hızı** denir.

- Tepkimenin herhangi bir andaki hızı ile ortalama hız birbirinden farklıdır. Ancak genel olarak ortalama hız yerine reaksiyon hızı ifadesi kullanılır.

Örnek

tepkimesindeki A gazının derişim – zaman grafiğı aşağıda verilmiştir.



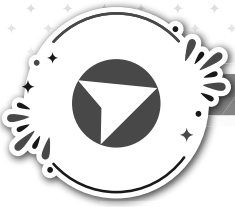
Buna göre,

- I. A(g) nın başlangıçtan itibaren ilk 40 saniyedeki ortalama harcanma hızı 0,06 M/s dir.
- II. C(g) nin ortalama oluşum hızı, A(g) nın harcanma hızının yarısına eşittir.
- III. Tepkimenin ilk 100 saniyedeki ortalama hızı 0,04 M/s dir.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

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

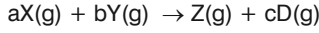
Çözüm..



TEPKİMELERDE HIZ BAĞINTILARI

1. TEK BASAMAKLI TEPKİMELER VE HIZ BAĞINTISI

Tek basamaklı tepkimelerin hız bağıntısı yazılırken, hız sabiti (k) ile reaktif derişimleri çarpılır. Reaktif derişimlerinin katsayıları derişime üs olarak yazılır. Örneğin;



tepkimesinde tepkimenin hız bağıntısı aşağıdaki gibidir.

FORMÜL

$$\text{Hız} = k \cdot [X]^a \cdot [Y]^b$$

- Formüldeki k sabitine **hız sabiti** denir. Her tepkimenin kendine özgü bir hız sabiti vardır. Derişimler ve hız sabiti kullanılarak yazılan bağıntılardaki hız birimi, her zaman **mol/L.s** dir.
- Hız denklemindeki derişim terimlerinin üsleri yani a ve b nin toplamına **tepkimenin mertebesi (derecesi)** denir.
- Tepkime hız bağıntısına sadece sulu çözeltiler (suda = aq) ve gazlar (g) yazılır. Katı ve sıvılar yazılmaz. Çünkü katı ve sıvıların miktarı değiştirildiğinde derişimleri değişmez.

BİLGİ

Pratik olarak hız sabitinin birimi; hız bağıntısında derişimlerin üslerinin toplamı x ise k nın birimi aşağıdaki gibi bulunur.

$$(L/mol)^{x-1} \cdot (1/s)$$

Örnek

Aşağıda verilen tepkimelerin hız bağıntılarını ve tepkime derecelerini yazınız.

Çözüm..

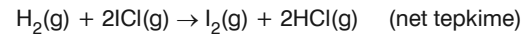
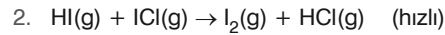
	Tepkime	Hız bağıntısı	Derece
1.	$2H_2O_2(aq) \rightarrow 2H_2O(s) + O_2(g)$		
2.	$N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$		
3.	$KClO_3(k) \rightarrow KCl(k) + 3/2O_2(g)$		
4.	$Cu^{2+}(aq) + S^{2-}(aq) \rightarrow CuS(k)$		

2. ÇOK BASAMAKLI TEPKİMELER VE HIZ BAĞINTISI

TANIM

Birden fazla basamakta gerçekleşen tepkimelere **mekanizmalı (basamaklı) tepkime** denir.

- Mekanizmalı tepkimelerin hızları deneysel yollar ile belirlenir. Hız bağıntıları da toplam tepkimeye göre yazılmaz.
- Tepkimenin hızını, **en yavaş** basamak belirlediği için, hız bağıntısı yavaş basamağın denkleminde yazılır.
- Örneğin, iki basamaklı aşağıdaki tepkimeyi incelersek;

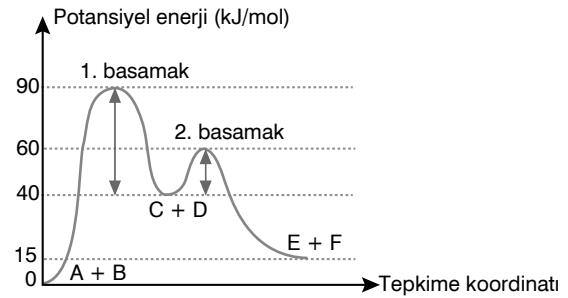


şeklinde olan bir tepkimenin hız bağıntısı aşağıdaki gibidir.

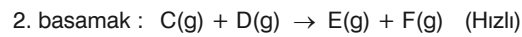
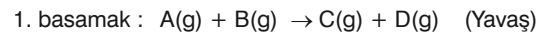
$$\text{Hız} = k \cdot [H_2] \cdot [ICl]$$

Yukarıda, 1. tepkimenin ürünlerinde açığa çıkıp 2. tepkimede kullanılan HI maddesine de **ara ürün** adı verilir.

- Aktifleşme enerjisi ne kadar büyükse tepkime o kadar yavaştır.
- Basamaklı tepkimelerin potansiyel enerji – tepkime koordinatı grafikleri çizilirken, her bir basamağın grafiği birbirini takip edecek şekilde çizim yapılır.

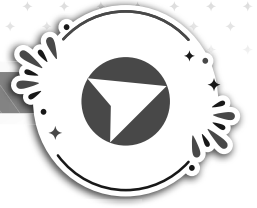


Yukarıdaki grafiğe göre; net tepkime denklemini;

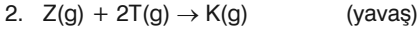
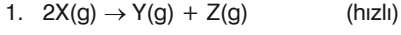


Net tepkime : $A(g) + B(g) \rightarrow E(g) + F(g)$ şeklindedir.

- Grafiğe göre, net tepkime endotermiktir.
- Net tepkimenin hız bağıntısı en yavaş olan 1. basamağın hız bağıntısı ile aynı olup, $\text{Hız} = k \cdot [A] \cdot [B]$ şeklindedir.



Örnek



Basamakları yukarıda verilen tepkime ile ilgili;

- Hız bağıntısı; $r = k \cdot [Z] \cdot [T]^2$ şeklindedir.
- Net tepkime denklemi $2X(g) + 2T(g) \rightarrow Y(g) + K(g)$ şeklindedir.
- $Z(g)$ ara üründür.

yargılarından hangileri doğrudur?

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

Çözüm..

Çok basamaklı tepkimelerde derişim değışimli, deney sonuçlarından yararlanarak da tepkime hızı bulunabilir.

Deney no	[A] (mol/L)	[B] (mol/L)	Başlangıç hızı (mol/L.s)
1	0,4	0,2	2×10^{-3}
2	0,4	0,4	8×10^{-3}
3	0,2	0,2	1×10^{-3}

Hız bağıntısı bulunurken;

- 1. ve 2. deneyler karşılaştırıldığında; A'nın derişimi sabit iken B'nin derişimi 2 katına çıkmıştır. Tepkime hızı ise 4 katına çıkmıştır. Bu nedenle tepkimenin hızı B'nin derişiminin karesi ile doğru orantılıdır. $Hız \propto [B]^2$
- 1. ve 3. deneyler karşılaştırıldığında, B derişimi sabit iken A derişimi yarıya düşmüştür. Tepkime hızı ise yarıya düşmüştür. Bu nedenle tepkimenin hızı A'nın derişimi ile doğru orantılıdır. $Hız \propto [A]$
- Hız bağıntısı $Hız = k \cdot [A] \cdot [B]^2$ şeklinde yazılır.

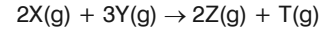
Hız sabiti (k) nın değeri ise;

- Herhangi bir deneydeki veriler kullanılarak hız sabiti bulunabilir. Örneğin; 2. deneydeki verileri kullanarak hesaplama yaptığımızda,

$$Hız = k \cdot [A] \cdot [B]^2 \Rightarrow 8 \times 10^{-3} = k \cdot (0,4) \cdot (0,4)^2 \Rightarrow k = 1/8$$

Örnek

Deney no.	[X] (mol/L)	[Y] (mol/L)	Başlangıç hızı (mol/L.s)
1	0,2	0,2	0,02
2	0,4	0,4	0,16
3	0,2	0,4	0,04



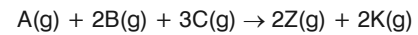
tepkimesindeki X ve Y maddelerinin farklı derişimlerinde yapılan deneylerin sonuçlarına göre, reaksiyon hız bağıntısı hangisidir?

- A) $Hız = k \cdot [X]^2 \cdot [Y]^3$ B) $Hız = k \cdot [X] \cdot [Y]$ C) $Hız = k \cdot [X] \cdot [Y]^2$
D) $Hız = k \cdot [X]^2 \cdot [Y]$ E) $Hız = k \cdot [X] \cdot [Y]^3$

Çözüm..

Örnek

Deney no	[A] (M)	[B] (M)	[C] (M)	Hız (mol/L.s)
1	0,1	0,1	0,1	2×10^{-3}
2	0,1	0,2	0,1	2×10^{-3}
3	0,2	0,5	0,2	8×10^{-3}
4	0,1	0,3	0,2	4×10^{-3}



tepkimesine ait yukarıdaki deney sonuçlarına göre, tepkime hız sabitinin değeri kaçtır?

- A) 0,1 B) 0,2 C) 0,3 D) 0,4 E) 0,8

Çözüm..