

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

KİMYA TEKNOLOJİSİ

KİMYASAL TEPKİMELEERDE HIZ VE DENGE

Ankara, 2011

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- PARA İLE SATILMAZ.

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR.....	iii
GİRİŞ.....	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1.....	2
1. KİMYASAL TEPKİMELERDE HIZ.....	2
1.1. Tepkime Hızlarının İncelenmesi.....	2
1.2. Tepkime Hızının Ölçülmesi.....	5
1.3. Çarpışma Teorisi.....	6
1.4. Aktifleşme Enerjisi.....	7
1.5. Potansiyel Enerji Grafikleri.....	8
1.6. Tepkime Mekanizması.....	10
1.7. Tepkime Hız İfadesi.....	11
1.8. Tepkime Derecesi.....	13
1.9. Tepkime Hızına Etki Eden Faktörler.....	16
1.9.1. Tepkime Hızına Madde Cinsinin Etkisi.....	16
1.9.2. Tepkime Hızına Konsantrasyonun Etkisi.....	17
1.9.3. Tepkime Hızına Sıcaklığın Etkisi.....	18
1.9.4. Tepkime Hızına Katalizörün Etkisi.....	19
1.9.5. Tepkime Hızına Temas Yüzeyinin Etkisi.....	20
UYGULAMA FAALİYETİ.....	21
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	36
ÖĞRENME FAALİYETİ-2.....	39
2. KİMYASAL REAKSİYONLARDA DENGE.....	39
2.1. Tersinir Olaylar.....	40
2.2. Tersinir Olmayan Olaylar.....	40
2.3. Denge Hâli.....	41
2.4. Fiziksel Denge.....	41
2.5. Kimyasal Denge.....	42
2.5.1. Heterojen denge.....	43
2.5.2. Homojen denge.....	43
2.6. Dengenin Görünümü.....	43
2.6.1. Nitel Görünümü.....	43
2.6.2. Nicel Görünümü.....	44
2.7. Kd ve Kp Sabitleri Arasındaki İlişki.....	48
2.8. Denge Durumu.....	49
2.9. Kimyasal Dengeye Etki Eden Faktörler.....	50
2.9.1. Konsantrasyonun Etkisi.....	50
2.9.2. Sıcaklığın Etkisi.....	50
2.9.3. Basıncın Etkisi.....	51
2.10. Denge Sabitini Etkileyen Faktörler.....	52
2.10.1. Sıcaklığın Etkisi.....	52
2.10.2. Denklemlerin ve Kat Sayıların Değiştirilmesi.....	53
UYGULAMA FAALİYETİ.....	56
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	62
ÖĞRENME FAALİYETİ-3.....	64
3. ÇÖZÜNÜRLÜK DENGELERİ.....	64

3.1. Çözünme.....	64
3.2. Çözünme Olayında Düzensizlik Faktörü.....	65
3.3. Sulu Çözeltiler	66
3.4. Çözünürlük ve Çözünürlük Çarpımı	67
3.5. Çözünürlük Dengesine Etki Eden Faktörler	71
3.6. Çözünürlük Çarpımı ve Çökme	73
3.7. Seçimli Çöktürme	74
UYGULAMA FAALİYETİ.....	76
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	80
MODÜL DEĞERLENDİRME.....	82
CEVAP ANAHTARLARI.....	85
KAYNAKÇA	87

AÇIKLAMALAR

KOD	
ALAN	Kimya Teknolojisi
DAL/MESLEK	Kimya Laboratuvarı
MODÜLÜN ADI	Kimyasal Tepkimelerde Hız ve Denge
MODÜLÜN TANIMI	Bu modül, kimyasal tepkimelerde hız kontrolünü, denge kontrolünü ve kimyasal tepkimelerde çözünürlük dengeleri kontrolünü kuralına uygun yapabilme ile ilgili bilgi ve becerilerin kazandırıldığı bir öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/32
ÖN KOŞUL	
YETERLİK	Kimyasal tepkimelerde hız ve denge kontrolü yapmak
MODÜLÜN AMACI	Genel Amaç Gerekli ortam sağlandığında, kuralına uygun kimyasal tepkimelerde hız ve denge kontrolünü yapabileceksiniz. Amaçlar <ol style="list-style-type: none">1. Kimyasal tepkimelerde hız kontrolünü kuralına uygun yapabileceksiniz.2. Kimyasal tepkimelerin denge kontrolünü kuralına uygun yapabileceksiniz.3. Kimyasal tepkimelerde çözünürlük dengeleri kontrolünü kuralına uygun yapabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Ortam: Temel kimyasal işlemlerini yapmak için gerekli donanım ve tüm donanımın bulunduğu laboratuvar, kütüphane, internet, atölye, teknoloji sınıfı, bireysel öğrenme ortamları vb. Donanım: İlk yardım malzemeleri, laboratuvar önlüğü, koruyucu malzemeler, lavabo, kâğıt havlu, personel odası, beher, balon joje, potasyum iyodat, nişasta, sülfürik asit, sodyum bisülfid, saf su, demir (III) klorür, potasyum tiyo siyanür, sülfürik asit, erlen, mantar, karbonat tablet, deney tüpü, AgNO ₃ , HCl, karbon tetra klorür, etil alkol
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Gençler,

Kimya bilimi ile uğraşan insanların temel görevi ve amacı gerek tabiatta gerekse laboratuvar koşullarında oluşan reaksiyonların gerçekleşmesinde etkili faktörleri belirlemek ve bu faktörleri isteğe uygun biçimde yönlendirmektir. Kimyacılar, genellikle çalıştıkları kimyasal reaksiyonun olabildiğince hızlı gerçekleşmesini ve sonuçlanmasını ister. Bu durumda kimyacıların iyi bilmesi gereken konuların başında tepkimelerde hız ve denge konusu gelir.

Kimyasal tepkimelerin ne kadar sürede gerçekleştiğini bilmek, günlük yaşantımızda oldukça önemlidir. Metallerin paslanmasının önlenmesi, odun kömür gibi yanıcı maddelerin hangi ortamlarda güvenle saklanabileceğinin bilinmesi, bu olayların hızlarının ölçülebilmesi ve kontrol edilebilmesi ile mümkündür.

Bu modülü bitirdiğinizde kimyasal reaksiyonların hız ve denge kontrolünü yapabilecek bilgi ve beceriye sahip olacaksınız. Bu bilgiyi kullanarak da her gün evinizde, çevrenizde gerçekleşen ve laboratuvarda oluşturduğunuz tepkimeleri istediğiniz gibi yönlendirebileceksiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Gerekli ortam sağlandığında kuralına uygun olarak kimyasal tepkimelerde hız kontrolü yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Odunları tutuşturmak için büyük odun parçaları yerine, küçük odun parçaları seçmemizin nedenini araştırınız.
- Yiyecek maddelerinin, oda koşullarında kısa sürede bozulduğu hâlde, buzdolabında daha uzun süre bozulmadan kalmasının nedenini araştırınız.
- Mutfakta kullanılan gaz tüpleri açık unutulduğunda kendiliğinden patlamaz. Patlama için kıvılcıma ihtiyaç vardır. Nedenini açıklayınız.

1. KİMYASAL TEPKİMELERDE HIZ

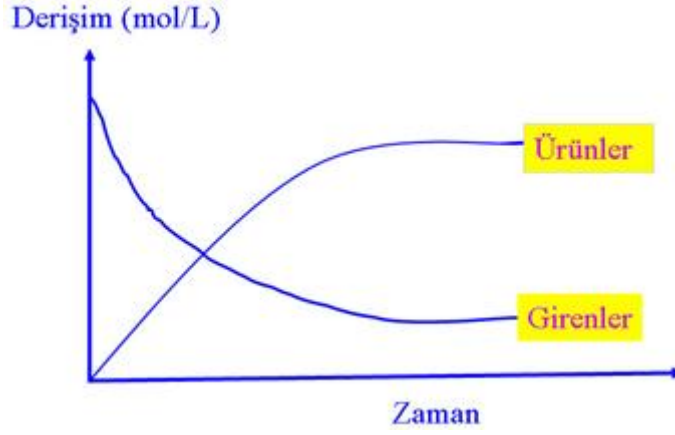
Kimyasal tepkimelerin ne kadar sürede gerçekleştiğini bilmek, günlük yaşamımızda oldukça önemlidir. Metallerin paslanmasının önlenmesi odun, kömür gibi yanıcı maddelerin hangi ortamlarda güvenle saklanabileceğinin bilinmesi, bu olayların hızlarının ölçülebilmesi ve kontrol edilebilmesi ile mümkündür.

Bir kimyasal olayda, olaya giren maddeler zaman içinde tükenirken olaydan çıkan ürünler artar. Bazı kimyasal olaylarda olaya girenler (reaktifler) hızlı azalırken bazı olaylarda yavaş azalır. Günlük yaşamımızda gözlemediğimiz birçok olayda bunu görmek mümkündür. Toz şeker, kesme şekerden daha çabuk suda çözünür. Benzin, kömürden daha çabuk yanar.

Kimyasal reaksiyonların hızlarını ölçen, mekanizmalarını inceleyen kimya dalına **kimyasal kinetik** denir.

1.1. Tepkime Hızlarının İncelenmesi

$A_{(g)} + B_{(g)} \rightarrow C_{(g)} + D_{(g)}$ gibi kimyasal tepkimelerde, tepkime süresince girenlerin miktarı azalırken ürünlerin miktarı artar. Bu artma ve azalma ne kadar hızlı oluyorsa tepkime de o kadar hızlıdır.



Şekil 1.1: Bir tepkimeye ait hız-zaman grafiği

Tepkime hızı (TH), birim zamanda madde miktarındaki değişmedir (Şekil 1.1). Madde miktarı olarak gram, mol ve en çok da molar derişim alınır.

$$\text{Tepkime hızı} = \frac{\text{Madde derişimindeki azalma}}{\text{Zaman aralığı}}$$

$$TH = \frac{\Delta M}{\Delta t} \text{ eşitliği yazılabilir.}$$

Burada ΔM , molar derişimdeki değişme; Δt , zamandaki değişmedir.

$A_{(g)} + B_{(g)} \rightarrow C_{(g)} + D_{(g)}$ tepkimesinde hız bağıntısı girenler ve ürünler türünden ayrı ayrı yazılabilir.

$$TH_A = \frac{[A]'ndeki azalma}{\Delta t}$$

$$TH_B = \frac{[B]'ndeki azalma}{\Delta t}$$

$$TH_C = \frac{[C]'ndeki artma}{\Delta t}$$

$$TH_D = \frac{[D]'ndeki artma}{\Delta t}$$

Tepkime denkleminde bütün maddelerin kat sayıları eşit olduğundan hız bağıntıları arasında,

$TH_A = TH_B = TH_C = TH_D$ eşitliği yazılabilir. Ancak bu eşitlik her zaman mümkün olmaz.

Örneğin;

$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$ tepkimesinin hızı, girenlerin derişimindeki azalma ve ürünlerin derişimindeki artma türünden yazılırsa;

$$TH_{N_2} = \frac{[N_2]'ndeki\ azalma}{\Delta t}, TH_{H_2} = \frac{[H_2]'ndeki\ azalma}{\Delta t},$$

$$TH_{NH_3} = \frac{[NH_3]'ndeki\ artma}{\Delta t}$$

Tepkime denklemindeki kat sayılardan N_2 'nin tükenme hızı, H_2 'nin tükenme hızının $1/3$ 'ü ve NH_3 'ün oluşma hızının $1/2$ 'si olduğu görülmektedir.

$$TH_{N_2} = \frac{1}{3}TH_{H_2} = \frac{1}{2}TH_{NH_3} \text{ bağıntısı yazılabilir.}$$



Aşağıdaki hızlar birbirine eşittir.

$$hu = \frac{\Delta[ClO_3^-]}{\Delta t} = \frac{\Delta[Cl^-]}{2\Delta t} = \frac{-\Delta[ClO^-]}{3\Delta t}$$



Örnek: $2\text{NOCl}_{(g)} \longrightarrow 2\text{NO}_{(g)} + \text{Cl}_{2(g)}$ tepkimesine göre NOCl'nin derişimi 200 saniyede 0,6 mol/L'den 0,4 mol/L'ye düştüğüne göre NO ve Cl₂ gazlarının ortalama oluşma hızları kaç mol/L sn.dir?

Çözüm

$$TH_{\text{NOCl}} = TH_{\text{NO}} = \frac{1}{2}TH_{\text{Cl}_2}$$

$$\Delta M = 0,6 - 0,4 = 0,2 \text{ M}$$

$$TH_{\text{NOCl}} = \frac{\Delta M}{\Delta t} \Rightarrow TH_{\text{NOCl}} = \frac{0,2}{200} = 1.10^{-3} \text{ mol / L.s}$$

$$TH_{\text{NO}} = TH_{\text{NOCl}} \Rightarrow TH_{\text{NO}} = 1.10^{-3} \text{ mol / L.s}$$

$$TH_{\text{NO}} = \frac{1}{2}TH_{\text{NOCl}}$$

$$TH_{\text{NO}} = \frac{1}{2} \times 1.10^{-3} \Rightarrow TH_{\text{NO}} = 5.10^{-4} \text{ mol / L.s}$$

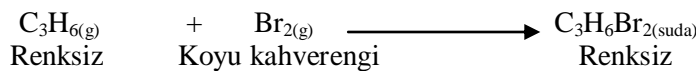
1.2. Tepkime Hızının Ölçülmesi

Tepkime gerçekleşirken seçilecek zaman aralığı, tepkimenin niteliğine göre değişir. Yavaş yürüyen tepkimelerde büyük zaman aralığı, hızlı yürüyen tepkimelerde küçük zaman birimleri kullanılır. Örneğin; patlama ile gerçekleşen tepkimelerde mikro saniye, beyaz fosforun havada kendiliğinden tutuşarak yanmasında saniye, kömürün yanmasında dakika, demirin paslanmasında gün, uygun zaman birimleridir.

Tepkime hızlarını izleyebilmek için değişen bir özellik göz önüne alınır. Örneğin; basınç, hacim, renk, iletkenlik ve çökeltme gibi özelliklerdeki değişimlere bakılarak tepkime hızı ölçülebilir.

➤ Renk değişiminden hız ölçme

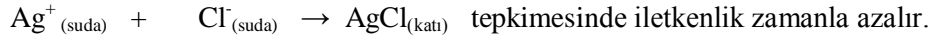
Bir tepkimede renk değişimi oluyorsa bu tepkimenin hızı renk değişiminden ölçülür. Renk ne kadar hızlı değişiyorsa tepkime de o kadar hızlı oluyor demektir.



tepkimesinde renk ne kadar hızlı açılıyorsa tepkime o kadar hızlı oluyor demektir.

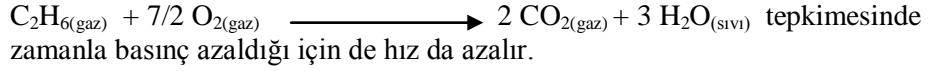
➤ **Elektrik iletkenliğinin artması ya da azalması ile hız ölçme**

Bir tepkimede iyonlar oluşuyorsa zamanla iletkenlik artar; iyonlar kayboluyorsa iletkenlik düşer. Ortamda iyon olan tepkimelerde hız iletkenliğin değişmesinden takip edilir.

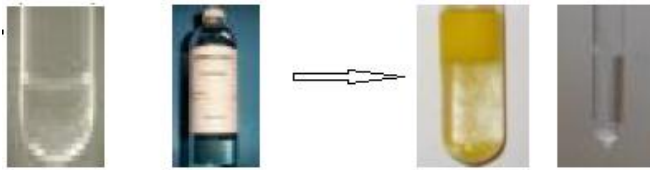
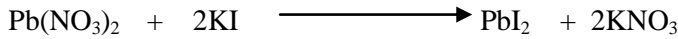


➤ **Basınç ya da hacim değişiminden hız ölçme**

Tepkimeye girenler gaz ise kapalı bir kapta basınç değişebilir ya da hareketli pistonu olan bir kapta hacim artabilir ya da azalabilir. Burada gazları saymak gerekir mol sayısı artan bir tepkime ise zamanla kapalı bir kapta basınç artar. Örneğin;



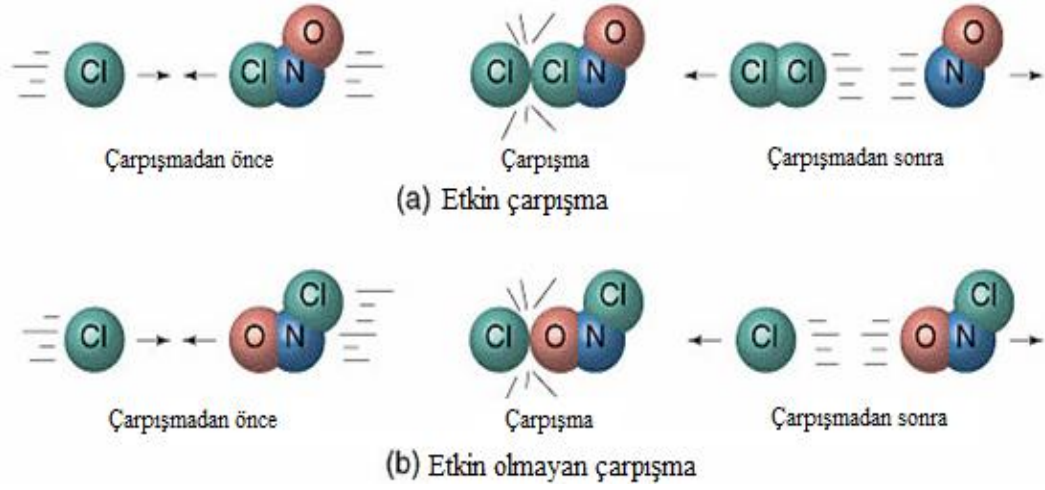
➤ **Çökelek oluşumundan hız ölçme**



Tepkimesinde çöken maddeye ve çökme hızına bakılarak hız ölçülebilir.

1.3. Çarpışma Teorisi

Bir kimyasal tepkimenin oluşabilmesi için tepkimeye giren taneciklerin (atom, iyon veya moleküllerin) birbirleriyle çarpışması gerekir. Tepkimelerin, taneciklerin çarpışmasıyla gerçekleştiğini varsayan teoriye çarpışma teorisi denir. Ancak her çarpışma her zaman tepkimeyle sonuçlanamaz. Çarpışmaların tepkimeyle sonuçlanabilmesi için çarpışan taneciklerin yeterli enerji ve uygun doğrultuda olmaları gerekir. Bu tür çarpışmalara **etkin çarpışma** denir. Tanecikler yeterli enerji ve uygun doğrultuda değilse çarpışma tepkime ile sonuçlanmaz. Bu tür çarpışmalara da **etkin olmayan çarpışma** denir.



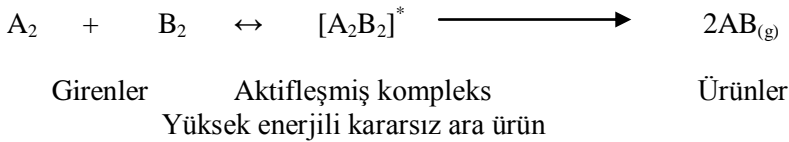
Şekil 1.2: $2\text{NOCl} \longrightarrow 2\text{NO} + \text{Cl}_2$ tepkimesinde çarpışma olasılıkları,
 (a) Uygun doğrultuda çarpışma (etkin çarpışma)
 (b) Uygun olmayan doğrultuda çarpışma (etkin olmayan çarpışma)

1.4. Aktifleşme Enerjisi

Çarpışma teorisine göre kimyasal tepkimenin gerçekleşmesi için belirli kinetik enerjiye sahip taneciklerin uygun doğrultuda etkin çarpışma yapmaları gerekir. Taneciklerin çarpışarak ürüne dönüşebilmesi için gerekli olan minimum enerjiye eşik enerjisi ya da **aktifleşme enerjisi** denir. Aktifleşme enerjisi E_a sembolü ile gösterilir. Birimi kcal (kilo kalori) dir.

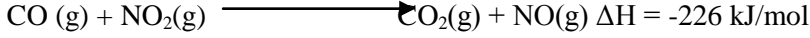
Aktifleşme enerjisi ne kadar küçükse bu enerjiye ulaşabilecek tanecik sayısı o kadar fazladır. Dolayısıyla etkin çarpışma sayısı da o kadar fazla olur ve tepkime hızlı gerçekleşir. Aktifleşme enerjisi büyük olan tepkimelerde, taneciklerin çok az bir kısmının kinetik enerjisi aktifleşme enerjisine yetecek değere ulaşır ve tepkime yavaş gerçekleşir.

Eşik enerjiye sahip tanecikler çarpıştığında moleküller birbiri içine girer ve atomlar yeni bir düzenlemeye girebilecek biçimde karmaşık hâle gelir. Bu arada taneciklerin hızı yani kinetik enerjisi azalır, potansiyel enerji de en yüksek seviyesine ulaşır. Bu durumda yüksek enerjili ve kararsız bir ara ürün oluşur. Oluşan bu ürüne aktifleşmiş kompleks denir. Aktifleşmiş kompleks kararsızdır. Enerji vererek potansiyel enerjisini düşürmek ister ve parçalanır.



1.5. Potansiyel Enerji Grafikleri

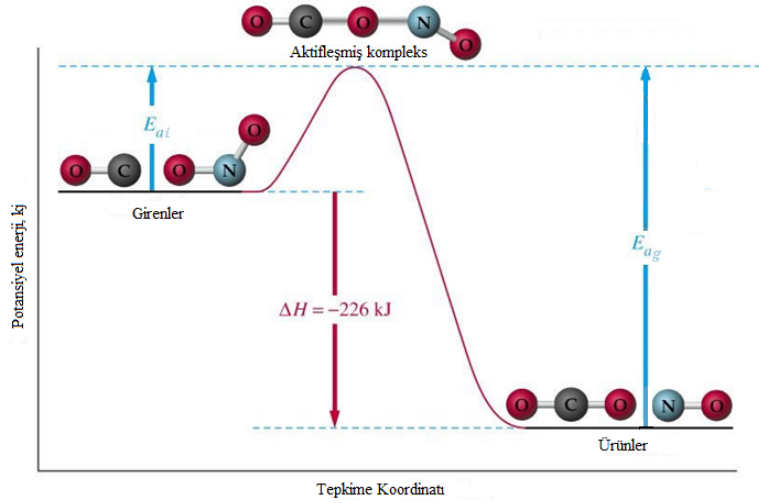
Kimyasal tepkimelerde potansiyel enerji değişimini;



tepkimesi üzerinde inceleyelim. Şekil 1.3'te bu ekzotermik tepkimenin potansiyel enerjisinin tepkime koordinatına (TK) karşı değişimi görülmektedir.

Tepkime, CO ve NO₂ moleküllerinin çarpışmasını gerektirir. Bu moleküller birbirine yaklaştıkça elektron bulutlarının birbirini itmesi sonucunda potansiyel enerji artar. Sonunda iki molekülün çarpışmaları sonucu elektron bulutları birbiri içine girer. Bir geçiş hâli (aktifleşmiş kompleks) oluşur. Başlangıçtaki potansiyel enerji düzeyi ile aktifleşmiş kompleks arasındaki enerji **ileri aktifleşme enerjisidir (E_{ai})**.

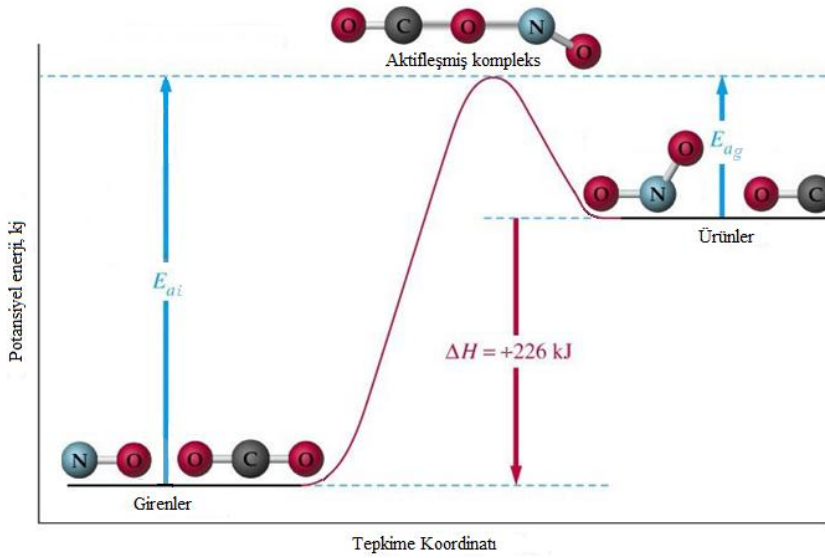
İleri Aktifleşme Enerjisi = Aktifleşmiş Kompleksin Pot.Enerjisi – Reaktiflerin Pot.Enerjisi



Şekil 1.3: Ekzotermik bir tepkimenin potansiyel enerji - tepkime koordinatı grafiği

CO ve NO₂ molekülleri uygun doğrultuda, yetersiz bir enerji ile çarpışmışlar ise aktifleşmiş kompleks yine oluşur. Ancak aktifleşmiş kompleks molekülleri arasındaki itme kuvvetleri, ürün oluşumunu engeller ve aktifleşmiş kompleks geri yöndeki tepkimenin ürünlerine (CO ve NO₂) dönüşür. Geri yöndeki bu tepkime Şekil 1.4'te görüldüğü gibi endotermiktir. Tepkimeye girenlerin entalpileri toplamı, ürünlerin entalpileri toplamından küçüktür. Ürünlerle, aktifleşmiş kompleks arasındaki enerji farkı, **geri tepkimenin aktifleşme enerjisidir (E_{ag})**.

Geri Aktifleşme Enerjisi = Aktifleşmiş Kompleksin Pot.Enerjisi – Ürünlerin Pot.Enerjisi



Şekil 1.4: Endotermik bir tepkimenin potansiyel enerji-tepkime koordinatı grafiği

İleri yöndeki ekzotermik tepkimenin, aktifleşme enerjisinin geri yöndeki endotermik tepkimenin aktifleşme enerjisinden küçük olduğu Şekil 1.3 ve Şekil 1.4'te görülmektedir. Bu durum ileri yöndeki ekzotermik tepkimenin, daima geri tepkimesi olan endotermik tepkimeden hızlı olacağını gösterir. O hâlde aynı şartlarda gerçekleşen tepkimelerde, aktifleşme enerjisi düşük olanın daha hızlı gerçekleşeceği genellemesi yapılabilir.

Bir tepkimenin ileri aktifleşme enerjisi (E_{ai}) ile geri aktifleşme enerjisi (E_{ag}) arasındaki fark, tepkime ısısını verir.

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

Bir tepkimede; $E_{ai} > E_{ag}$ ise tepkime ekzotermiktir.

$E_{ai} < E_{ag}$ ise tepkime endotermiktir.

Ayrıca tepkime ısısı, girenlerin ve ürünlerin potansiyel enerjileri kullanılarak da hesaplanabilir. Tepkime ısısı, ürünlerin toplam potansiyel enerjisi ile girenlerin toplam potansiyel enerjileri arasındaki farka eşittir.

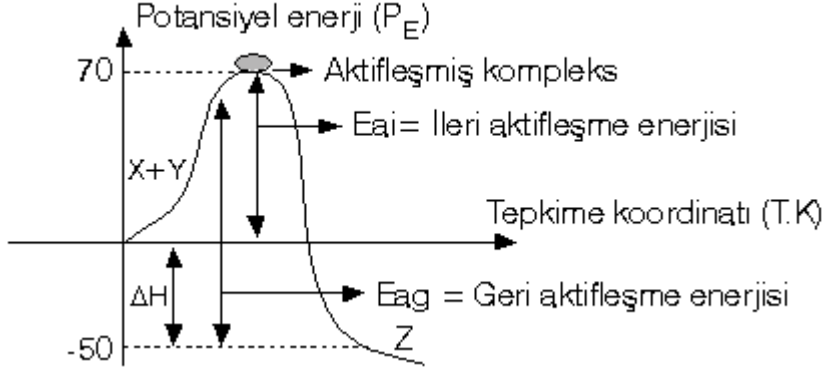
$$\Delta H = \Delta H_{\text{ürünler}} - \Delta H_{\text{girenler}} \quad \text{veya} \quad \Delta H = E_{\text{pürünler}} - E_{\text{pgirenler}} \quad \text{şeklinde gösterilir.}$$

Örnek:

$X_{(g)} + Y_{(g)} \rightarrow Z_{(g)}$ tepkimesine ait $E_p - TK$ grafiği şekilde verilmiştir. Bu grafiğe göre aşağıdaki soruları cevaplayınız.

- Girenlerin potansiyel enerjisi nedir?
- Ürünlerin potansiyel enerjisi nedir?
- Aktifleşmiş kompleksin potansiyel enerjisi nedir?

- d) İleri tepkimenin aktifleşme enerjisi nedir?
 e) Geri tepkimenin aktifleşme enerjisi nedir?
 f) Tepkime ısısı nedir?



Çözüm:

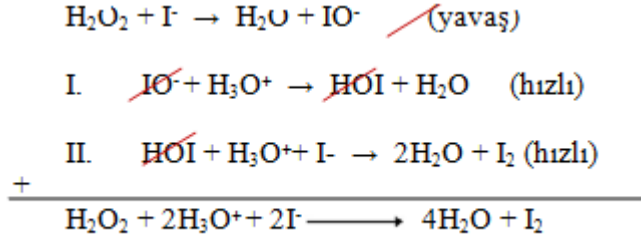
- a) Reaksiyona girenlerin enerjisi = 0 k.kal'dir.
 b) Ürünlerin enerjisi = -50 k.kal'dir.
 c) Aktifleşmiş kompleksin enerjisi = $70 - (-50) = 120$ kkal
 d) $E_{ai} = 70$ k.kal
 e) $E_{ag} = 120$ k.kal'dir.
 f) $\Delta H = E_{ai} - E_{ag}$
 $\Delta H = -50$ k.kal'dir.

1.6. Tepkime Mekanizması

Tepkimelerin, tepkimeye giren taneciklerin çarpışması ile gerçekleştiği çarpışma teorisinde anlatılmıştı. İki veya üç molekülün çarpışma olasılığı yüksek iken üçten fazla molekülün çarpışma olasılığı oldukça düşüktür.

$H_2O_2 + 2H_3O^+ + 2I^- \longrightarrow 4H_2O + I_2$ tepkimesinin deneylerle belirlenen hızının, H_2O_2 ve I^- derişimleriyle doğru orantılı olduğu, H_3O^+ derişimine ise bağlı olmadığı saptanmıştır. Hâlbuki tepkimenin girenler kısmında H_2O_2 , $2H_3O^+$ ve I^- tanecikleri vardır. I^- iyonunun kat sayısının iki olmasına rağmen hızı H_2O_2 ile aynı derecede etki etmesi, H_3O^+ iyonunun ise etki etmemesi, tepkimenin daha basit adımlar üzerinden yürüdüğünü düşündürmektedir. Öyleyse tepkimenin bir adımda değil de birkaç adımda oluştuğunu düşünmek gerekir. Bir tepkimeyi oluşturan bir dizi adımlar sırasına **tepkime mekanizması** denir.

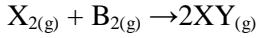
Gerçekten, beş taneciğin aynı anda çarpışma olasılığı pratikte oldukça zordur. Tepkimenin, aşağıdaki bir dizi adımlardan oluştuğu belirlenmiştir.



Mekanizmadaki I. adım yavaş yürürken, II. ve III. adımların hızlı olması H_2O_2 ve I^- iyonunun tepkime hızına neden aynı derecede etkili olduklarını açıklar. Kısaca, tepkime hızını mekanizmadaki yavaş adım belirler. Mekanizmadaki her adım için bir aktifleşme enerjisi vardır. Yavaş adımın aktifleşme enerjisi en düşüktür.

1.7. Tepkime Hız İfadesi

X_2 ve Y_2 moleküllerinin bulunduğu bir kaptaki X_2 ile Y_2 arasında,



tepkimesi gerçekleşiyor. Kaba bir miktar daha X_2 molekülü eklenirse Y_2 molekülleri ile çarpışma olasılığı ve dolayısıyla tepkime hızı artar. Yani hız, X_2 moleküllerinin derişimi ile orantılıdır.

Tepkime hızı $\propto [\text{X}_2]$,

Kaptaki Y_2 moleküllerinin sayısı artırılırsa, bu defa X_2 molekülleri, çarpışmak üzere daha fazla sayıda Y_2 molekülü bulabilecekler ve böylece tepkime hızı Y_2 'nin derişimi ile orantılı olacaktır.

Tepkime hızı $\propto [\text{Y}_2]$,

tepkime hızı hem $[\text{X}_2]$ hem de $[\text{Y}_2]$ ile orantılı olduğundan,

tepkime hızı $\propto [\text{X}_2] [\text{Y}_2]$

yazılabilir. Bir orantı katsayısı (k) kullanılırsa,

tepkime hızı = $k [\text{X}_2] [\text{Y}_2]$ olur.

Bu eşitliğe **hız denklemi** ve eşitlikteki orantı kat sayısı k ye **hız sabiti** denir. Hız sabiti (k); sıcaklığa, katalizöre ve tepkimenin cinsine bağlıdır. Hız sabitinin birimi tepkimenin derecesine bağlıdır.

$aA_{(g)} + bB_{(g)} \rightarrow cC_{(g)} + dD_{(g)}$ şeklindeki genel bir tepkimenin hız denklemi şu şekilde ifade edilir. Tepkimenin tek basamaklı olması şartı ile girenlerin kat sayıları hız denkleminde derişimlere üs olarak yazılır. Buna göre;

$$TH = k [A]^a [B]^b$$

şeklindedir.

Gaz fazında gerçekleşen tepkimelerde gazların derişimleri kısmi basınçları ile doğru orantılı olduğundan hız bağıntısında derişimler yerine kısmi basınçlarda alınabilir.

$$TH = k' (PA)^a (PB)^b \quad (\text{kısmi basınçlar türünden hız denklemi})$$

k' kısmi basınçlar türünden hız sabitidir. k ile k' değerleri birbirinden farklıdır.

Hız denklemi yazılırken yalnızca tepkime denklemindeki gazlar ve suda çözülmüş maddelerin derişimleri alınır. Saf katıların ve sıvıların derişimleri değışmediğinden hız bağıntısına alınmaz.

Mekanizmalı tepkimelerde hız denklemi, mekanizmadaki en yavaş adımın girenlerine göre yazılır. Katalizör bu adıma etki eder. Eğer bir adımda giren ve başka adımda çıkan bir madde var ise **katalizör**, oluşup kaybolan var ise **ara üründür**.

Örneğın;



+



tepkimesinde hız bağıntısı,

$TH = k[C].[D]$ dir. B katalizör C ise ara üründür.

Örnek 1: $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$ tepkimesinin hız denklemini yazınız.

Çözüm

Hız denklemi tepkimeye giren maddelerin derişimleri ile orantılıdır. Girenlerin kat sayıları varsa onlar da derişimlere üs olarak yazılır. O hâlde,

$$TH = k [N_2] [H_2]^3 \text{ şeklindedir.}$$

Örnek 2: $S_{(k)} + O_{2(g)} \rightarrow SO_{2(g)}$ tepkimesinin hız bağıntısını yazınız.

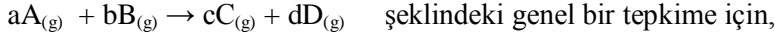
Çözüm

Hız denklemi yazılırken yalnızca tepkime denklemindeki gazlar ve suda çözülmüş maddelerin derişimleri alınır. Saf katıların ve sıvıların derişimleri değişmediğinden hız bağıntısına alınmaz. O hâlde,

$$TH = k [O_2] \text{ şeklindedir.}$$

1.8. Tepkime Derecesi

Hız denklemlerinde girenlerin derişimlerinin üstleri toplamı, **o tepkimenin derecesini** verir.



$$TH = k [A]^a [B]^b$$

Tepkime derecesi = a + b'dir.

Örnek 1: $Zn_{(k)} + 2HCl_{(suda)} \rightarrow ZnCl_{2(suda)} + H_{2(g)}$ tepkimesinin hız denklemini yazarak derecesini bulunuz.

Çözüm

Hız denklemi yazılırken yalnızca tepkime denklemindeki gazlar ve suda çözülmüş maddelerin derişimleri alınır. Saf katıların ve sıvıların derişimleri değişmediğinden hız bağıntısına alınmaz. O hâlde hız denklemi,

$$TH = k [HCl]^2 \text{ şeklindedir.}$$

Hız denklemlerinde girenlerin derişimlerinin üstleri toplamı, o tepkimenin derecesini verdiğiinden derecesi de 2'dir.

Örnek 2: $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$ tepkimesinin derecesini bulunuz.

Çözüm

$$TH = k [N_2] [H_2]^3$$

Tepkime derecesi = 1 + 3 = 4'tür.

Örnek 3: 25 °C sıcaklıkta gerçekleşen $2X_{2(g)} + Y_{2(g)} \rightarrow 2X_2Y_{(g)}$ tepkimesinde aşağıdaki deney sonuçları elde ediliyor. Bu deney sonuçlarına göre;

a) Tepkimenin hız denklemi nasıldır?

- b) Tepkimenin hız sabitinin (k) sayısal değeri kaçtır?
c) Tepkime tek basamaklı mıdır, yoksa belirli bir mekanizması mı vardır? Neden?
d) Tepkime derecesi kaçtır?

DENEY	REAKTİF DERİŞİMLERİ →		TEPKİME HIZI (mol/L.s)
	[X ₂] mol/L	[Y ₂] mol/L	
1	0,2	0,2	6.10 ⁻³
2	0,2	0,4	12.10 ⁻³
3	0,2	0,6	18.10 ⁻³
4	0,4	0,6	72.10 ⁻³
5	0,6	0,6	162.10 ⁻³

Çözüm

a) 1. ve 2. deneylerde X₂'nin derişimi sabit kalmıştır. Bu durumda Y₂'nin derişimi 2 kat artmıştır. 1. ve 2. deneylerde tepkime hızının da 2 kat arttığı görülmektedir. O hâlde; TH \propto [Y₂]

3. ve 4. deneylerde Y₂'nin derişimi sabit kalırken X₂'nin derişimi 2 kat artmıştır. Hız ise 4 kat artmıştır. O hâlde; TH \propto [X₂]²

Bu durumda hız denklemi;

TH = k . [Y₂] . [X₂]² şeklindedir.

b) Tepkimenin hız sabitini bulmak için herhangi bir deneyde bulunan derişim ve hız değerlerini kullanabiliriz. 1. deneydeki verileri kullanalım.

$$\begin{aligned} \text{TH} &= k \cdot [\text{Y}_2] \cdot [\text{X}_2]^2 \\ 6 \cdot 10^{-3} &= k \cdot [0,2] \cdot [0,2]^2 \\ k &= 0,75 \quad \text{olur.} \end{aligned}$$

c) Tepkime tek basamaklıdır çünkü deney sonuçları ile elde ettiğimiz hız denklemi ile tepkimeyi kullanarak yazdığımız hız denklemi aynıdır. Sadece tek basamaklı tepkimelerde tepkimeye bakılarak hız ifadesi yazılabilir.

d) Tepkime derecesi hız ifadesindeki reaktif derişimlerinin üsleri toplamıdır. Bu durumda tepkime derecesi 2+1 = 3'tür.

Örnek 4:

$X + 3Y \rightarrow 2Z$ tepkimesinde derişim ve hız ilişkileri şöyledir:

Deney no	A	B	Hız
1	0.10	0.10	4.0×10^{-3}
2	0.10	0.20	4.0×10^{-3}
3	0.20	0.10	16.0×10^{-3}

Tabloya göre;

- Hız denklemi nedir?
- Tepkime derecesi nedir?
- Hız sabiti k kaçtır?
- $[A] = 0,02 \text{ M}$ ve $[B] = 0,04 \text{ M}$ iken tepkime hızı kaç mol/L sn. olur?

Çözüm:

a) 1 ve 2'de A derişimi sabit tutulup B derişimi 2 katına çıkarıldığında hızın değişmediği gözlemleniyor. Dolayısıyla B maddesi hızı etki etmiyor demektir. 1 ve 3'te B sabit tutulup A'nın derişimi 2 katına çıkarıldığında hızın 4 kat arttığı gözlemleniyor. Dolayısıyla A'nın derişimi hızı kare ile etkiliyor. O hâlde hız bağıntısı,

$$TH = k [A]^2 \text{ şeklindedir.}$$

b) Tepkime derecesi= 2

c) Herhangi bir satır seçilir ve hız bağıntısında yerine yazılır. Örneğin 1. satır seçilirse

$$TH = k [A]^2$$

$$4.0 \times 10^{-3} = k \cdot [0,1]^2$$

$$k = 0,4 \text{ olur.}$$

d) Hız bağıntısında verilenler yerine yazılırsa $TH = 0,4 * [0,02]^2$

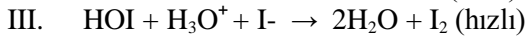
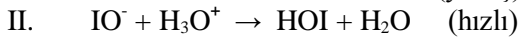
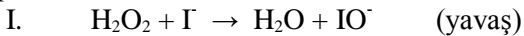
$$TH = k [A]^2$$

$$TH = 0,4 \cdot [0,02]^2 \quad (\text{B alınmadı çünkü B hızı etki etmiyor.})$$

$$TH = 16 \times 10^{-5} \text{ mol/L sn.}$$

Örnek 5:

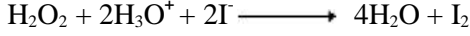
Bir tepkimenin mekanizması;



- Ana tepkimeyi yazınız.
- Ara ürün ve katalizör var mıdır? Var ise hangi taneciklerdir?
- Hız bağıntısı nedir?
- Tepkime kaçınıcı derecedendir?

Çözüm

- a) Mekanizmadaki adımların taraf tarafa toplanması ana tepkimeyi verir. Zıt tarafta olan tanecikler birbirini götürür.



- b) Ara ürün IO^- ve katalizör HOI 'dir.

c) $\text{TH} = k [\text{H}_2\text{O}_2] [\text{I}^-]$

- d) Tepkime 2. derecedendir. Hız bağıntısındaki üslerin toplamı dereceyi verir.

1.9. Tepkime Hızına Etki Eden Faktörler

Kimyasal bir tepkimenin hızının, girenlerin moleküllerinin yeterli enerji ve uygun doğrultuda çarpışmalarına bağlı olduğu belirtilmişti. Bu tepkimenin hızı, birim zamandaki etkin çarpışma sayısına bağlı olduğuna göre etkin çarpışma sayısını artıran faktörler de hızı artırır.

Yapılan deneyler;

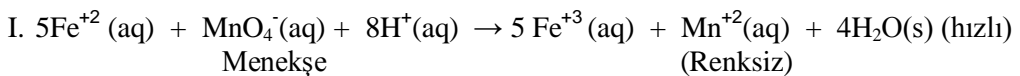
- Madde cinsinin,
- Konsantrasyonun,
- Sıcaklığın,
- Katalizörün,
- Temas yüzeyinin tepkime hızına etki ettiğini göstermiştir.

1.9.1. Tepkime Hızına Madde Cinsinin Etkisi

Tepkime hızı, tepkimeye girenlerin cinsine bağlıdır. Tepkime denkleminde bakarak tepkimenin hızlı veya yavaş olduğunu tahmin etmek oldukça zordur. Ancak birtakım basit gözlem ve deneyler yapılarak tepkimenin hızlı veya yavaş olduğu tahmin edilebilir. Hızın sayısal değeri, ancak deneylerle bulunabilir.

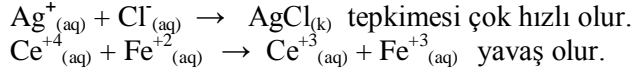
- Çok sayıda bağın koptuğu ve yeni bağların oluştuğu tepkimeler genellikle yavaş yürür. Kopan bağ sayısı ne kadar çok ise tepkime o kadar yavaş olur. Bir kimyasal tepkimede girenlerin tanecik sayısı ne kadar çoksa (bunların aynı anda çarpışma olasılıkları da o kadar az olacağından) tepkimenin hızı o kadar yavaş olur.

Buna göre;



I. tepkimede 14; II. tepkimede ise 23 taneciğin çarpışması söz konusudur. Bu iki tepkimede demir iyonu ve okzalal iyonu dışındaki maddeler aynı olduğu hâlde ilk tepkime hızlı, ikincisi ise yavaş yürür. İki tepkime arasındaki hız farkı, Fe^{+2} iyonun basit bir iyon, okzalal iyonunun ise kovalent bağlar içeren kompleks bir iyon olmasına dayanır. Yani ikinci tepkimede daha çok bağ kırılmakta ve oluşmaktadır.

- Zıt yüklü iyonlar arasında gerçekleşen tepkimeler, elektrostatik çekim kuvvetinin olmasından dolayı genellikle çok hızlıdır. Örneğin;



Örnek: Oda koşullarında aşağıdaki tepkimelerin hızlarını karşılaştırınız.

- I. $H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(k)}$
- II. $H_{2(g)} + F_{2(g)} \rightarrow 2HF_{(g)}$
- III. $CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$

Çözüm:

I. tepkime, zıt yüklü iyonların elektriksel çekimine dayanan ve yeniden düzenleme gerektirmeyen bir tepkime olduğundan en hızlıdır. II. ve III. tepkimede bağlar kopmakta ve yeni bağlar oluşmaktadır. III. tepkimede daha fazla bağ kopmaktadır. Bu nedenle üçüncü tepkime en yavaştır.

1.9.2. Tepkime Hızına Konsantrasyonun Etkisi

Bir tepkimede girenlerin derişimini artırmak tepkimeyi hızlandırır. Çünkü girenlerin derişiminin artması demek çarpışma sayısının artması demektir. Bu durumda tepkimelerin hızı, tepkimeye giren maddelerin derişimleri ile orantılıdır. Teorik olarak bulunan hız denklemi ile deney sonucu bulunan hız denklemi her zaman aynı olmaz. Hızın sayısal değeri ancak deneyle bulunabilir.

Örnek: $2H_{2(g)} + 2NO_{(g)} \rightarrow N_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$ tepkimesinde NO derişimi iki katına çıkarıldığında hızın dört katına çıktığı gözleniyor. H_2 ve NO derişimleri birlikte ikişer katına çıkarılınca hızın 8 katına çıktığı saptanıyor. Tepkimenin hız bağıntısını ve derecesini belirtiniz.

Çözüm: Sayılar arasındaki matematiksel ilişkilerden şu düşünce kolayca üretebilir: Her ikisi de 2 katına çıkınca hız 8 katına çıktığına göre tepkime 3. dereceden olmalıdır. Çünkü ancak 2'nin üçüncü kuvvetiyle 8 sayısına varılır. Öte yandan NO'nun derişimi 2 katına çıkınca hız 4 katına çıktığına göre bu madde hız bağıntısında kare olarak yani ikinci dereceden yer alır. Öyleyse,

$$\text{Tepkime hızı} = k [H_2] [NO]^2$$

şeklinde yazılabilir.

Tepkime, H_2 'ye göre birinci, NO'ya göre ikinci, toplam olarak üçüncü derecedendir.

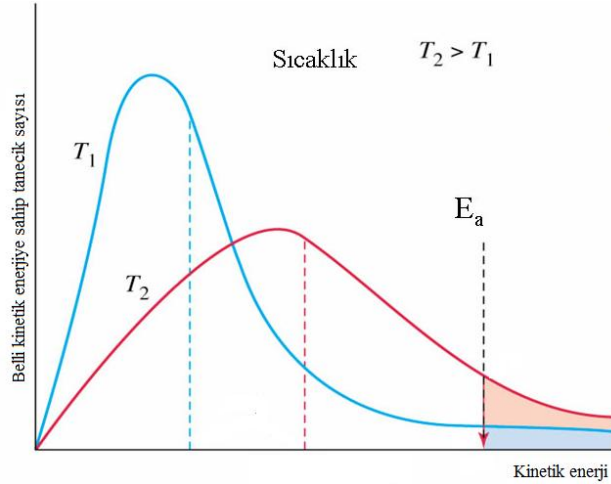
1.9.3. Tepkime Hızına Sıcaklığın Etkisi

Sıcaklığın artırılması, taneciklerin kinetik enerjilerinin artmasına neden olur. Tepkimeye giren taneciklerin kinetik enerjisinin artması, hızlarının artmasına daha sık ve etkin çarpışmalar yapmalarına neden olur. Böylece aktişemiş kompleks oluşturan tanecik sayısı ve tepkime hızı artar.

Sıcaklık artışı, E_a eşik enerjisini aşan tanecik kesrini çoğaltır. Sıcaklığın tepkime hızına etkisini Şekil 1.5'te verilen Maxwell-Boltzmann enerji dağılım eğrileri ışığında da incelenebilir. Bu eğrilerde E_a 'ya eşit veya daha büyük enerjiye karşı gelen bölgenin altında kalan alan, kinetik enerjisi E_a 'ya eşit veya E_a 'dan daha yüksek enerjili molekül yüzdesine karşılıktır. Sıcaklık arttıkça bu alan da artmaktadır. E_a dağılım eğrisinin bitimine yakın bir yerde sıcaklığın değişmesi bu alanı büyük ölçüde değiştirir. Yani birbiriyle çarpışan moleküllerden yalnız enerjileri belli bir "eşik enerjisi"nin üstünde olanlar tepkime verebilir. Bu nedenle tepkime hızları sıcaklığa karşı toplam çarpışma sayısından daha duyarlıdır.

- Sonuç olarak sıcaklık artışı;
 - E_a eşik enerjisini aşan tanecik sayısını artırır.
 - Hem çarpışma sayısını hem de etkin doğrultuda çarpışma sayısını artırır.

Bu iki etken, hız sabitinde artış olarak kendini gösterir.



Şekil 1.5: T_1 ve T_2 sıcaklıklarındaki taneciklerin kinetik enerji dağılımı

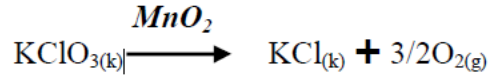
Hız sabiti (k) sıcaklık arttıkça artar. k ile T arasındaki ilişki üsteldir. Bu nedenle T 'deki küçük bir değişme, k 'de oldukça büyük bir değişmeye neden olur. Hız sabitindeki bu değişme, tepkime hızına da yansır.

1.9.4. Tepkime Hızına Katalizörün Etkisi

Bir kimyasal olayın başlaması ve yürümesi için zorunlu olmadığı hâlde, tepkime ortamına girince hızı değiştiren maddelere **katalizör** denir. Katalizörler, tepkime sonunda kimyasal olarak değişmeden kalan ve yeniden kullanılabilen maddelerdir. Tepkime hızını artıranlara pozitif; azaltanlara da negatif katalizör (**inhibitör**) adı verilir. Katalizörün etkisine ise, **kataliz** denir.

Vücudumuzda ve yaşamımızda önemli bir yer tutan enzimler, biyolojik katalizörlerdir. Tükürükte bulunan ptyalin, mide öz suyunda bulunan pepsin, protein ve nişasta gibi büyük moleküllü maddelerin daha küçük parçalara ayrılmasını hızlandırır. Mayalanma olayında da enzimler işbaşındadır.

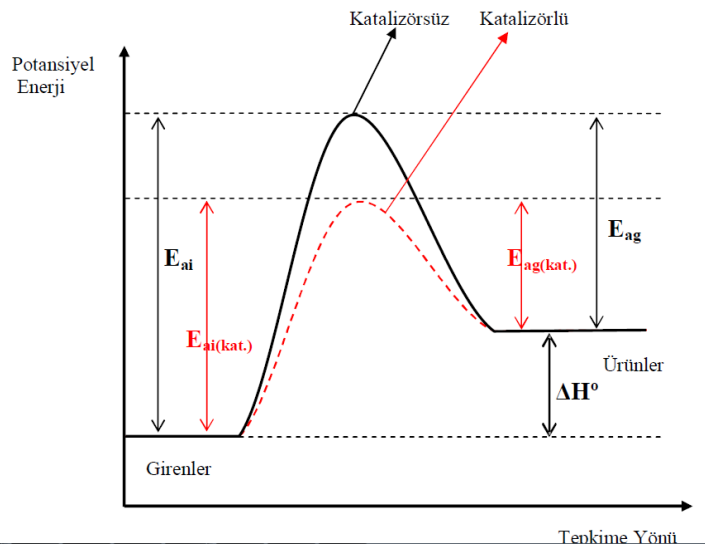
Katalizörler, tepkimede değişikliğe uğramadıklarından net tepkime denklemlerinde gösterilmez. Tepkime okunun üzerine yazılır.



Yukarıdaki tepkimede MnO₂ katalizördür. Katalizörler, başlaması mümkün olmayan tepkimeleri başlatamaz ve her tepkimenin katalizörü farklıdır.

Katalizörler, aktifleşme enerjisini küçültür, girenlerle daha düşük enerjili yeni bir aktifleşmiş kompleks oluşturur. Böylece aktifleşme enerjisini aşabilen tanecik sayısı ve tepkime hızı artar.

Katalizör hem ileri hem de geri yöndeki aktivasyon enerjisini aynı oranda düşürür. Bu yüzden katalizör kullanmak bir tepkimenin ΔH° değerini değiştirmez.



Şekil 1.6: Bir tepkimenin katalizörlü ve katalizörsüz potansiyel enerji grafiği

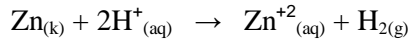
1.9.4.1. Katalizörlerin Genel Özellikleri

- Gerçekleşmesi mümkün olmayan tepkimeleri başlatamaz.
- Her tepkimenin kendine özgü katalizörü vardır.
- Tepkime mekanizmasını ve hız sabitini değiştirir.
- Tepkimelerin aktifleşme enerjisini düşürerek enerji engelini aşan tanecik sayısını artırıp tepkimeyi hızlandır.
- Tepkimelerin ileri ve geri aktifleşme enerjisini eşit ölçüde azaltarak tepkime ısısının işaretini ve sayısal değerini değiştirmez.
- Aktifleşmiş kompleksin enerjisini düşürür.
- Tepkimelerin yönünü, ürün miktarını ve türünü değiştirmez.
- Katalizörler net denklemlerde yer almaz. Tepkime okunun üzerine yazılır.
- Katalizör sadece mekanizmadaki en yavaş adımın aktifleşme enerjisini düşürür. Diğer adımları etkilemez.

1.9.5. Tepkime Hızına Temas Yüzeyinin Etkisi

Tepkimeye giren maddeler, aynı fiziksel durumda değilse (tepkime heterojen fazlar arasında oluyorsa) temas yüzeyinin büyüklüğü tepkime hızını etkiler. Söz gelimi odunun ya da kömürün yanmasının hızı, yüzey büyüdükçe artar. Bu da örneğin oduna göre talaşın, parça kömüre göre toz kömürün neden daha hızlı yandığını açıklar. Benzer biçimde roketlerde kullanılan katı ateşleme maddelerinin yüzeyleri büyüdükçe itme gücü de büyür. Patlamanın hızı, patlama ilerledikçe ateşleme maddesinin yüzeyinin ne kadarlık bir bölümünün havayla ilişkiye olduğuna bağlıdır.

İki beherden birine çinko parçası, diğerine de aynı kütlede toz hâline getirilmiş çinko konulur ve üzerine bir asit çözeltisinden eşit miktarda eklenirse çinko tozunun bulunduğu beherde hidrojen gazı çıkışının çok daha hızlı olduğu görülür. Toz çinkoda çarpışma yüzeyi daha büyüktür. Her iki beherde şu tepkime olur:



Örnek:

- I. $\text{Zn}_{(k)} + \text{H}_2\text{SO}_{4(aq)} \rightarrow \text{ZnSO}_{4(aq)} + \text{H}_{2(g)}$
- II. $2\text{H}_{2(g)} + 2\text{NO}_{(g)} \rightarrow \text{N}_{2(g)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(g)}$
- III. $\text{Ce}^{+4}_{(aq)} + \text{Fe}^{+2}_{(aq)} \rightarrow \text{Ce}^{+3}_{(aq)} + \text{Fe}^{+3}_{(aq)}$

Yukarıdaki tepkimelerden hangisi ya da hangilerinde giren maddelerin yüzeyinin artırılması hızı artırır?



Çözüm:




Tepkime heterojen fazlar arasında oluyorsa temas yüzeyinin büyüklüğü tepkime hızını etkiler. Bu nedenle I. tepkimede giren maddelerin yüzeyinin artırılması hızı artırır. II. ve III. homojen tepkimeler olduğundan temas yüzeyinin artırılması hızı etkilemez.





UYGULAMA FAALİYETİ





Kimyasal tepkimelerde hız kontrolü yapınız.




Kullanılan araç ve gereçler: Beher, balon joje, potasyum iyodat, nişasta, sülfürik asit, sodyum bisülfid, saf su




İşlem Basamakları	Öneriler
Konsantrasyonla hız kontrolü yapmak için:	
<p>➤ 2 gram potasyum iyodat tartarak bir litre çözelti (A çözeltisi) hazırlayınız.</p> 	<ul style="list-style-type: none">➤ Laboratuvar önlüğünüzü giyerek çalışma ortamınızı hazırlayınız.➤ İş güvenliği önlemlerinizi alınız.➤ Kullanacağınız malzemeleri önce çeşme suyu sonra saf su ile temizleyiniz. Malzemelerin kurummasını sağlayınız.➤ Tarttığınız potasyum iyodatı önce behere koyup az miktarda saf su ile çözünüz.
<p>➤ 100 ml nişasta çözeltisi hazırlayınız.</p> 	<ul style="list-style-type: none">➤ Nişasta çözeltisini hazırlamak için öncelikle 2 gram nişasta tartıp 5 ml su ile bulamaç yapınız.➤ Hazırladığınız karışımı 100 ml kaynar suya ekleyiniz ve bir dakika kaynatınız.
<p>➤ 50 ml nişasta çözeltisi alarak içerisine 5 ml 1 M sülfürik asit ve 0,4 gram sodyum bisülfid ekleyerek saf su ile çözeltiyi (B çözeltisi) bir litreye tamamlayınız.</p>	<ul style="list-style-type: none">➤ Nişasta çözeltisini soğuduktan sonra kullanınız.➤ Sülfürik asit çok kuvvetli bir asittir. Çekme işlemini yaparken dikkatli olunuz.





	
<p>➤ Temiz bir behere 20 ml A çözeltisi alınız.</p> 	<p>➤ Etrafa dökülmemesi için çözeltiyi bir huni yardımı ile mezüre aktarınız.</p>
<p>➤ Başka bir behere 20 ml B çözeltisi alınız.</p> 	<p>➤ Huni yardımı ile mezüre aktarınız.</p>
<p>➤ A ve B çözeltisini karıştırarak kronometreyi başlatınız.</p>	<p>➤ Kronometreyi sıfırladığınızdan emin olunuz.</p>




	
<p>➤ Renk değişimi gözlenince kronometreyi durdurunuz.</p> 	<p>➤ Oluşan rengi gözlemleyiniz.</p>
<p>➤ Tepkimenin oluşum süresini kaydediniz.</p>	<p>➤ Süreyi not etmeyi unutmayınız.</p>
<p>➤ Temiz bir beher alarak içerisine 10 ml A çözeltilisi ve 10 ml saf su koyunuz.</p> 	<p>➤</p> <p>Çözeltiliyi ve saf suyu mezürle ölçünüz.</p>
<p>➤ Başka bir behere 20 ml B çözeltilisi koyunuz.</p> 	<p>➤ Huni yardımı ile mezüreye aktarınız.</p>





<p>➤ İki beherdeki maddeyi karıştırarak kronometreyi çalıştırınız.</p> 	<p>➤ Kronometreyi sıfırladığınızdan emin olunuz.</p>
<p>➤ Renk değişimi gözlenince kronometreyi durdurunuz.</p> 	<p>➤ Oluşan rengi gözlemleyiniz.</p>
<p>➤ Her iki sonucu karşılaştırınız.</p> 	<p>➤ Renkleri karşılaştırınız.</p>
<p>Sıcaklıkla hız kontrolü yapmak için</p>	
<p>➤ 2 gram potasyum iyodat tartarak bir litre çözelti (A çözeltisi) hazırlayınız.</p> 	<p>➤ Tarttığımız potasyum iyodatı önce behere koyup az miktarda saf su ile çözüünüz.</p>
<p>➤ 100 ml nişasta çözeltisi hazırlayınız.</p>	<p>➤ Nişasta çözeltisini hazırlamak için</p>




	<p>öncelikle 2 gram nişasta tartıp 5 ml su ile bulamaç yapınız.</p> <p>➤ Hazırladığınız karışımı 100 ml kaynar suya ekleyiniz ve bir dakika kaynatınız.</p>
<p>➤ 50 ml nişasta çözeltisi alarak içerisine 5 ml 1 M sülfürik asit ve 0,4 gram sodyum bisülfid ekleyerek saf su ile çözeltiyi (B çözeltisi) bir litreye tamamlayınız.</p> 	<p>➤ Nişasta çözeltisini soğuduktan sonra kullanınız.</p> <p>➤ Sülfürik asit çok kuvvetli bir asittir. Çekme işlemini yaparken dikkatli olunuz.</p>
<p>➤ Temiz bir behere 20 ml A çözeltisi alınız.</p> 	<p>➤ Etrafa dökülmemesi için çözeltiyi bir huni yardımı ile mezüre aktarınız.</p>
<p>➤ Başka bir behere 20 ml B çözeltisi alınız.</p>	<p>➤ Etrafa dökülmemesi için çözeltiyi bir huni yardımı ile mezüre aktarınız.</p>





	
<p>➤ A ve B çözeltilisini karıştırarak kronometreyi başlatınız.</p> 	<p>➤ Kronometreyi sıfırladığınızdan emin olunuz.</p>
<p>➤ Renk değişimi gözlenince kronometreyi durdurunuz.</p> 	<p>➤ Oluşan rengi gözlemleyiniz.</p>
<p>➤ Tepkimenin oluşum süresini kaydediniz. ➤ Temiz bir behere 20 ml A çözeltisi almız.</p>	<p>➤ Süreyi not etmeyi unutmayınız. ➤ Etrafa dökülmemesi için çözeltiyi bir huni yardımı ile mezüre aktarınız.</p>





	
<p>➤ Başka bir behere 20 ml B çözeltisini mezürle ölçerek koyunuz.</p> 	<p>➤ Etrafa dökülmemesi için çözeltiyi bir huni yardımı ile mezüre aktarınız.</p>
<p>➤ Her iki beheri de ayrı ayrı su banyosunda 60 °C'ye kadar ısıtınız.</p> 	<p>➤ Su banyosunda ısıtma işlemini dikkatli yapınız.</p> <p>➤ Yanıklara karşı önlem alınız.</p>
<p>➤ İki beherdeki çözeltileri karıştırarak kronometreyi çalıştırınız.</p> 	<p>➤ Karıştırma esnasında çözeltilerin etrafa dökülmemesine dikkat ediniz.</p>
<p>➤ Renk değişimi tamamlanınca kronometreyi durdurunuz.</p>	<p>➤ Oluşan rengi gözlemleyiniz.</p>


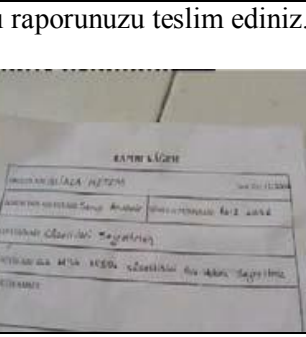
	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Reaksiyonun oluşum süresini kaydediniz. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Süreyi not etmeyi unutmayınız.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Her iki sonucu karşılaştırınız. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Sonuçları, rapora eklemek üzere saklayınız.
Katalizör etkisiyle hız kontrolü yapmak için	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Temiz behere 0,1 M potasyum permanganat çözeltisinden 25 ml alınız. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Kullanacağınız malzemeleri önce çeşme suyu sonra saf su ile temizleyiniz. Malzemelerin kurumasını sağlayınız.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bir behere sülfürik asitle asitlendirilmiş 0,1 M oksalik asit çözeltisinden 25 ml mezürle alınız. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Asit çözeltisi hazırlarken balon jojeye önce suyu sonra asidi koymanız gerektiğini unutmayınız. ➤ Tarttığınız oksalik asidi hazırladığınız sülfürik asit çözeltisi ile tamamlayınız.

	
<p>➤ İki çözeltiyi karıştırarak kronometreyi çalıştırınız.</p> 	<p>➤ Kronometreyi sıfırlamayı unutmayınız.</p>
<p>➤ Renk değişimi bitince kronometreyi durdurmak ve süreyi kaydediniz.</p> 	<p>➤ Süreyi not etmeyi unutmayınız.</p>
<p>➤ Temiz behere 0,1 M potasyum permanganat çözeltisinden mezürle 25 ml alınız.</p> 	<p>➤ Çözeltinin etrafa dökülmemesi için bir huni yardımı ile mezüre aktarınız.</p>
<p>➤ Bir behere sülfürik asitle asitlendirilmiş 0,1 M oksalik asit çözeltisinden mezürle 25 ml alınız.</p>	<p>➤ Çözeltinin etrafa dökülmemesi için bir huni yardımı ile mezüre aktarınız.</p>

		
<p>➤ İki çözeltiyi karıştırınız.</p>		<p>➤ Karıştırma esnasında çözeltilerin etrafa dökülmemesine dikkat ediniz.</p>
<p>➤ Karşımın üzerine spatül ucuyla katı mangan II sülfat ekleyiniz ve kronometreyi çalıştırınız.</p>		<p>➤ Katıyı dikkatli alınız ve katının etrafa dökülmemesine dikkat ediniz.</p>
<p>➤ Renk değişimi bitince kronometreyi durdurunuz ve süreyi kaydediniz.</p>		<p>➤ Oluşan rengi gözlemleyiniz.</p>

	
<p>➤ Her iki sonucu karşılaştırınız.</p>	<p>➤ Sonuçları rapora eklemek üzere saklayınız.</p>
<p>Temas yüzeyinin etkisiyle hız kontrolü yapmak için</p>	
<p>➤ 1 g çinko granül tartıp temiz bir behere koyunuz.</p> 	<p>➤ Çalışma ortamınızı hazırlayınız.</p> <p>➤ Kullanacağınız malzemeleri önce çeşme suyu sonra saf su ile temizleyiniz. Malzemelerin kurummasını sağlayınız.</p>
<p>➤ Üzerine 50 ml, 1 M HCl koyup kronometreyi çalıştırınız.</p> 	<p>➤ Balon jöjeye önce saf su koyup üzerine asidi ilave ediniz.</p>
<p>➤ Çinkonun tükendiği süreyi kaydediniz.</p> 	<p>➤ Çinko üzerine çeker ocakta asit ilavesini yapınız. Çeker ocakta alev ile çalışılmamasına dikkat ediniz.</p>
<p>➤ 1 g toz çinko tartıp temiz bir behere</p>	

<p>koyunuz.</p> 	
<p>➤ Üzerine 50 ml, 1 M HCl koyup kronometreyi çalıştırınız.</p> 	<p>➤ Asit eklerken dikkatli olunuz.</p>
<p>➤ Çinkonun tükendiği süreyi kaydediniz.</p> 	<p>➤ Gaz çıkışını gözlemleyiniz.</p>
<p>➤ Her iki sonucu karşılaştırınız.</p> 	<p>➤ Tepkime hızlarını gözlemleyiniz.</p>
<p>➤ Malzemeleri temizleyerek teslim ediniz.</p>	<p>➤ Laboratuvarında temizlik çok önemlidir. Kullandığınız tüm malzemeleri önce çeşme suyu sonra saf su ile yıkayınız. Kuruduktan sonra malzemeleri yerlerine kaldırınız.</p>

		
<p>➤ Sonuçları raporunuzu teslim ediniz.</p>		<p>➤ Rapor hazırlamak çok önemlidir. Amacınızı, işlem basamaklarınızı, sonucunuzu içeren bir rapor hazırlayınız.</p>

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanmadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. İş güvenliği önlemlerinizi aldınız mı?		
2. 2 gram potasyum iyodat tartarak bir litre çözelti (A çözeltisi) hazırladınız mı?		
3. 100 ml nişasta çözeltisi hazırladınız mı?		
4. 50 ml nişasta çözeltisi alarak içersine 5 ml 1 M sülfürik asit ve 0,4 gram sodyum bisülfid ekleyerek (B çözeltisi) saf su ile bir litreye tamamladınız mı?		
5. Temiz bir behere 20 ml A çözeltisi aldınız mı?		
6. Başka bir behere 20 ml B çözeltisi aldınız mı?		
7. A ve B çözeltisi karıştırılarak kronometreyi başlattınız mı?		
8. Renk değişimi gözlenince kronometreyi durdurdunuz mu?		
9. Tepkimenin oluşum süresini kaydettiniz mi?		
10. Temiz bir beher almak ve içersine 10 ml A çözeltisi ve 10 ml saf su koydunuz mu?		
11. Başka bir behere 20 ml B çözeltisi koydunuz mu?		
12. İki beherdeki maddeyi karıştırarak kronometreyi çalıştırdınız mı?		
13. Renk değişimi gözlenince kronometreyi durdurdunuz mu?		
14. Her iki sonucu karşılaştırdınız mı?		
Sıcaklıkla hız kontrolü yapmak için		
15. 2 gram potasyum iyodat tartarak bir litre çözelti (A çözeltisi) hazırladınız mı?		
16. 100 ml nişasta çözeltisi hazırladınız mı?		
17. 50 ml nişasta çözeltisi alarak içersine 5 ml 1 M sülfürik asit ve 0,4 gram sodyum bisülfid ekleyerek saf su ile (B çözeltisi) bir litreye tamamladınız mı?		
18. Temiz bir behere 20 ml A çözeltisi aldınız mı?		
19. Başka bir behere 20 ml B çözeltisi aldınız mı?		
20. A ve B çözeltisi karıştırılarak kronometreyi başlattınız mı?		
21. Renk değişimi gözlenince kronometreyi durdurdunuz mu?		
22. Tepkimenin oluşum süresini kaydettiniz mi?		
23. Temiz bir behere 20 ml A çözeltisi aldınız mı?		
24. Başka bir behere 20 ml B çözeltisini mezürle ölçerek koydunuz mu?		
25. Her iki beheri de ayrı ayrı su banyosunda 60 °C'ye kadar ısıttınız mı?		
26. İki beherdeki çözeltileri karıştırarak kronometreyi çalıştırdınız mı?		

27. Renk değişimi tamamlanınca kronometreyi durdurdunuz mu?		
28. Reaksiyonun oluşum süresini kaydettiniz mi?		
29. Her iki sonucu karşılaştırdınız mı?		
Katalizör etkisiyle hız kontrolü yapmak için		
30. Temiz behere 0,1 M potasyum permanganat çözeltisinden 25 ml aldınız mı?		
31. Bir behere sülfürik asitle asitlendirilmiş 0,1 M oksalik asit çözeltisinden 25 ml mezürle aldınız mı?		
32. İki çözeltiyi karıştırarak kronometreyi çalıştırdınız mı?		
33. Renk değişimi bitince kronometreyi durdurmak ve süreyi kaydettiniz mi?		
34. Temiz behere 0,1 M potasyum permanganat çözeltisinden mezürle 25 ml aldınız mı?		
35. Bir behere sülfürik asitle asitlendirilmiş 0,1 M oksalik asit çözeltisinden 25 ml mezürle aldınız mı?		
36. İki çözeltiyi karıştırdınız mı?		
37. Karşımın üzerine spatül ucuyla katı mangan II sülfat eklemek ve kronometreyi çalıştırdınız mı?		
38. Renk değişimi bitince kronometreyi durdurmak ve süreyi kaydettiniz mi?		
39. Her iki sonucu karşılaştırdınız mı?		
Temas yüzeyinin etkisiyle hız kontrolü yapmak için		
40. 1 g çinko granül tartıp temiz bir behere koydunuz mu?		
41. Üzerine 50 ml, 1 M HCl koyup kronometreyi çalıştırdınız mı?		
42. Çinkonun tükendiği süreyi kaydettiniz mi?		
43. 1 g toz çinko tartıp temiz bir behere koydunuz mu?		
44. Üzerine 50 ml, 1 M HCl koyup kronometreyi çalıştırdınız mı?		
45. Çinkonun tükendiği süreyi kaydettiniz mi?		
46. Her iki sonucu karşılaştırdınız mı?		
47. Malzemeleri temizleyerek teslim ettiniz mi?		
48. Sonuçları raporunuzu teslim ettiniz mi?		

DEğERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “**Hayır**” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “**Evet**” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

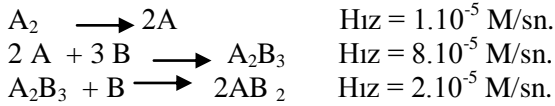
Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

- $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$
Tepkimesinin hızı aşağıdakilerden hangisi uygulandığında artmaz?
A) Katalizör kullanmak
B) Sıcaklığı artırmak
C) N_2 derişimini artırmak
D) Tepkime kabının hacmini artırmak
- Bir kimyasal tepkimede aşağıdakilerden hangisi sıcaklığa bağlı değildir?
A) Aktifleşme enerjisi
B) Moleküllerin çarpışma sayısı
C) Moleküllerin kinetik enerjisi
D) Eşik enerjisine sahip molekül sayısı
- $A_2 + B_2 \longrightarrow 2AB$ reaksiyonunun hızını aşağıdakilerden hangisi artırmaz?
A) Uygun katalizör ilave etmek
B) Reaksiyon kabının hacmini artırmak
C) Reaksiyon kabına A_2 ilave etmek
D) Reaksiyon kabına B_2 ilave etmek
- Bir reaksiyonda sıcaklığın artması aşağıdakilerden hangisine yol açmaz?
A) Kinetik enerji artar.
B) Moleküllerin çarpışma sayısı artar.
C) Aktifleşmiş kompleks sayısı artar.
D) Reaksiyonun aktifleşme enerjisi artar.
- I. Yeterli aktiflenme enerjisi
II. Uygun geometrik düzlemde çarpışma
III. Katalizör
Gaz fazındaki genel bir reaksiyonun gerçekleşebilmesi için yukarıdakilerden en az hangisi ya da hangilerine ihtiyaç vardır?
A) Yalnız I B) I ve II C) Yalnız III D) II ve III

6. I. $A + B \longrightarrow C$ (hızlı)
 II. $C + 2A \longrightarrow E$ (yavaş)
 III. $D + B \longrightarrow 2E$ (çok hızlı) Yukarıda verilen mekanizmaya göre basamakların aktiflenme enerjilerinin sıralanışı aşağıdakilerden hangisinde doğru verilmiştir?

A) $I > II > III$ B) $II > I > III$ C) $III > I > II$ D) $II > III > I$

7. $2A + 4B \longrightarrow 2AB_2$ tepkimesi aşağıdaki basamaklar sonucu meydana gelmektedir.



Bu tepkimenin hız denklemi nedir?

A) $TH = k.[A_2]$ B) $TH = k.[A]^2.[B]^3$ C) $TH = k.[A_2B_3].[B]$ D) $TH = k.[A]^2.[B]^4$

8. Tek kademede gerçekleşen bir reaksiyonda A ve B maddelerinden C ve D ürünleri elde edilmektedir. A'nın derişiminin 2 kat, B'nin derişiminin 4 kat artması sonucu reaksiyon hızı 16 katna çıkmıştır. Bu reaksiyon aşağıdakilerden hangisidir?

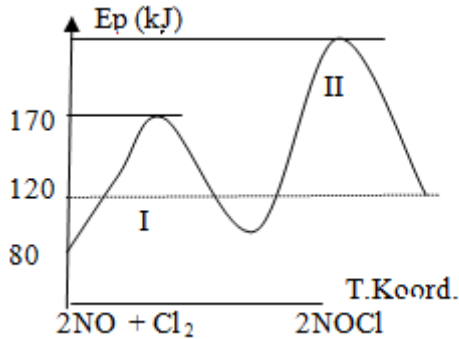
A) $2A + B \rightarrow C + D$
 B) $2A + 2B \rightarrow C + 2D$
 C) $A + B \rightarrow C + D$
 D) $A + 2B \rightarrow 2C + D$

9.	Deney	[X]	[Y]	Hız
1	0,1	0,2	2.10^{-3}	
2	0,2	0,1	4.10^{-3}	
3	0,2	0,2	8.10^{-3}	

X ve Y arasında oluşan bir reaksiyon için yukarıda verilen deney sonuçlarına göre bu reaksiyonun hız sabiti k'nin değeri kaçtır?

A) 0,2 B) 2 C) 1 D) 0,5

10.



Tepkimesinin enerji diyagramı yukarıda verilmiştir. Bu tepkime için aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?

- A) Tepkime iki basamaklıdır.
- B) Hızı ikinci adım belirler.
- C) Katalizör ikinci adımın aktiflenme enerjisi küçültmelidir.
- D) Katalizör entalpi değerini küçültür.

11. Açık havada bırakılan demirin paslanmasıyla ilgili olarak;

- I. Demiri ege tozu hâlinde kullanmak,
- II. Deney ortamının ısını arttırmak,
- III. Deney ortamındaki oksijeni arttırmak,

işlemlerinden hangisi veya hangileri uygulanırsa reaksiyon hızı artar?

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

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

Gerekli ortam sağlandığında kuralına uygun kimyasal tepkimelerde denge kontrolü yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Nitel ve nicel kavramlarını araştırınız.
- Açık sistem ve kapalı sistem nedir? Açık sistem ve kapalı sistemin kimyasal denge ile ilişkisini araştırınız.
- Aerosollerin doğal dengeye olumsuz etkilerini araştırınız.

2. KİMYASAL REAKSİYONLARDA DENGE

Kimyasal tepkimeler konusunda, tepkimeye giren maddelerin tamamen ürüne dönüştüğü kabul edilmiştir. Oysa yapılan gözlemler bunun her zaman doğru olmadığını, bazı tepkimelerin tam verimle gerçekleşmediğini göstermiştir.

Örnek olarak sabit sıcaklıkta kapalı bir kaptaki tepkimeye giren maddelerin ve ürünlerin gaz hâlinde olduğu $X_{(g)} + Y_{(g)} \longrightarrow Z_{(g)} + T_{(g)}$ gibi bir genel kimyasal tepkime düşünelim.

Başlangıçta tepkime kabında yalnızca X ve Y bulunsun. Zamanla X ve Y'nin reaksiyona girmesinden dolayı miktarı azalacak, Z ve T'nin miktarı artacaktır. Oluşan Z ve T reaksiyona girip tekrar X ve Y oluşturacaktır. Bir müddet sonra X ve Y'den Z ve T oluşma hızı ile Z ve T'den X ve Y oluşma hızı birbirine eşit olur. Bu duruma **denge durumu** denir. Bu sırada maddelerin konsantrasyonu değişmemekle birlikte her iki yönde reaksiyon eşit hızda (**dinamik denge**) sürmektedir. Denge tepkimelerinin çift okla gösterilmesinin sebebi budur.



Evrende özelliklerini incelemek istediğimiz bölgeye **sistem** denir. Sistemin dışında kalan ortama da **çevre** denir.

Çevre ile sistem arasında enerji ve madde alışverişi olursa söz konusu sistem açık sistemdir. Kapalı sistemlerde ise çevre ile sistem arasında madde alışverişi yoktur. Sadece enerji alışverişi vardır.

Denge, kapalı bir sistemde ve sabit sıcaklıkta gözlenebilir özelliklerin sabit kaldığı, gözlenemeyen olayların devam ettiği dinamik bir olaydır.

Dengeyi belirten faktörlerden birisi de enerjidir. Denge en az enerjili hâle doğru eğilim gösterir.

Dengeyi belirten başka bir faktör de sıcaklığın sebep olduğu düzensizliktir. Denge en büyük düzensizliğe doğru eğilim gösterir.

Çok düşük sıcaklıklarda enerji daha önemli bir faktördür. Bu durumda denge en düşük enerjili maddelerden yanadır. Çok yüksek sıcaklıklarda düzensizlik artmaya başlar.

2.1. Tersinir Olaylar

Teorik olarak hiçbir kimyasal olayda reaktifler ürünlere tam olarak dönüşmez. Bunun nedeni reaktiflerden ürünler oluşukça oluşan ürünlerin de tekrar reaktifleri oluşturma eğiliminde olmasıdır. Bunun sonucunda hem ileri tepkime hem de geri tepkimenin aynı anda gerçekleştiği durum ortaya çıkar. Bir tepkime hem ileriye hem geriye doğru gerçekleşiyorsa bu tepkimeye **tersinir tepkime** denir.

Geriye dönebilen olaylar denklemlerle ifade edilirken reaktifler ile ürünlerin arasına tepkimenin her iki yönde de gerçekleştiğini ifade etmek amacı ile \rightleftharpoons şeklinde çift ok konur. Örneğin maddenin hâl değiştirmesi olayları tersinirdir.

Maddenin hâl değiştirmesi olaylarından erime olayı örnek verilirse; bir buz parçası eritilip su hâline getirildiğinde, su tekrar soğutulup buz hâline getirilebilir. Bu tersinir bir işlemdir.

2.2. Tersinir Olmayan Olaylar

Tepkimelerin bir kısmında (geri tepkimenin çok yavaş olduğu tepkimeler) verim çok yüksektir. Bu tepkimelerde dengeden söz etmek bir anlam ifade etmez. Böyle tepkimelere **tersinmez (tersinir olmayan) tepkimeler** adı verilir. Tersinmez tepkimelerde reaktiflerle ürünler arasında \rightarrow şeklinde tek yönlü tepkime oku kullanılabilir.

Örneğin; $\text{HCl}_{(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(s)} \longrightarrow \text{H}_3\text{O}^+_{(suda)} + \text{Cl}^-_{(suda)}$ tepkimesi tersinir değildir.

Bir tepkimenin tersinir olabilmesi için ya çok büyük miktarda ısı almalı ya da çok büyük miktarda ısı vermelidir.

2.3. Denge Hâli

Bir kimyasal olayın denge hâlinin takip edilebilmesi için kimyasal olayın değişmeler şeklinde izlenebilmesi gerekir. Bunlar renk değişimi, basınç değişimi ve elektriksel iletkenlik değişimi gibi değişiklikler şeklinde ifade edilebilir.

Bu değişmelere örnek olarak aşağıdaki tepkimeler verilebilir.

- $H_2(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons 2HCl(g)$ klor gazının renginin açılması ile sistemin dengeye geldiği anlaşılabilir.
- $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$ denkleminde girenlerin mol sayısı ürünlerinkinden daha fazladır. Reaksiyon sağa doğru yürüdükçe sisteme bağlanacak bir manometrede basınç düşmesi gözlenebilir. Basınç düşmesi sabit kaldığı an sistemde denge kurulmuş olur.
- $H_2(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons 2HCl(g)$ giren ve çıkan mol sayısı eşit olan dengelerde asla basınç (ya da hacim) değişmesi olmaz. Bu nedenle denge hâli bu çeşit tepkimelerle anlaşılabilir.
- $Ag^+(aq) + Cl^-(aq) \rightleftharpoons AgCl(s)$ tepkimesinde iyon sayısı azaldığı için iletkenlik gittikçe azalır ve durakladığı anda denge kurulmuş olur. İyonlu tepkimelerde denge hâli, elektriksel iletkenliğin sabit kalması ile anlaşılır.

Sonuç olarak denge;

- Sabit sıcaklıkta, kapalı sistemlerde geçerlidir.
- İleri ve geri tepkime hızlarının eşit olması hâlidir.
- Maksimum düzensizlik ile minimum enerji arasındaki uzlaşmadır.
- Gözlenebilir olayların durduğu fakat mikroskobik (gözlenemeyen) olayların hâlen devam ettiği dinamik bir olaydır.

Denge, maddelerin özelliklerinde meydana gelen değişikliklere bağlı olarak ikiye ayrılır.

2.4. Fiziksel Denge

Bir cam kabın içine 20 °C'de su konulur ve ağzı kapatılırsa bir kısım su molekülleri sıvı fazdan gaz fazına geçer. Su molekülleri gaz fazına geçtikçe suyun kısmi basıncı yükselir. Öte yandan bazı su buharı molekülleri enerji kaybederek sıvı faza geçer. Sonunda basınç yükselmesi durur ve suyun buhar basıncı sabit olur. Bu durumda sistem dengeye erişmiş olur.

Dengede bile olsa sıvıdan su molekülleri buharlaşabilir. Gaz fazında rastgele hareket eden moleküller devamlı olarak sıvı yüzeyine çarpar ve yoğunlaşır. Ancak su seviyesi ve buhar basıncı değişmez.

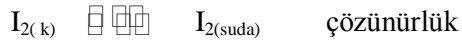
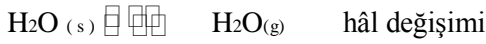
Sıvı-buhar dengesi kurulduğunda gözle görülmeyen olayların (buharlaştırma-yoğunlaşma) devam ettiği; gözle görülebilen olayların (su seviyesindeki değişiminin) devam etmediği görülür. Bu nedenle denge dinamiktir denir.

Maddelerin yapısını değiştirmeden fiziksel hâllerinde değişikliklerle kurulan dengeye **fiziksel denge** denir.

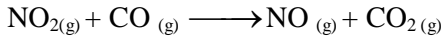
Suyun buharlaşması ve yoğunlaşması her iki yönde de gerçekleşebilen tersinir bir olaydır. Çift yönlü okla gösterilir.

Kapalı sistemlerdeki hâl değişimleri ve çözünürlük olayları fiziksel dengeye örnektir.

Örnek:



2.5. Kimyasal Denge



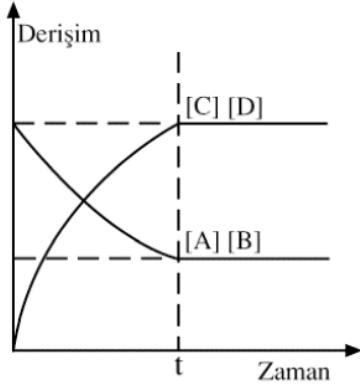
Kapalı bir kaptaki kırmızımsı-kahverengi NO_2 gazı ve renksiz CO gazı tepkimeye girerse tepkime olurken renk gittikçe açılır. En sonunda öyle bir an gelir ki renk değişimi artık durur. Bu, sistemin dengeye erişmesi demektir.

Sistem dengeye ulaşırken önce çok miktarda olan NO_2 ve CO 'dan belirli bir hızla NO ve CO_2 oluşur. Fakat sistemdeki NO ve CO_2 derişiminin gittikçe artışı, ters yöndeki tepkimenin gittikçe hızlanmasına neden olur. Bir süre sonra iki yöndeki tepkime hızları eşitlenip kimyasal dengeye varılır.

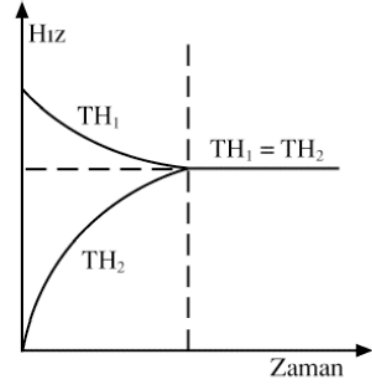
Dengedeki bu tepkime,



şeklinde yazılır. Madde derişimlerinin sabit olması, tersinir tepkimelerde ileri tepkime hızının, geri tepkime hızına eşit olduğunu ve kimyasal dengeye ulaşıldığını gösterir. Şekil 2.1'de gösterildiği gibi dengeye ulaşan bir sistemde madde derişimleri sabittir. Madde derişimlerinin sabit olması, tersinir tepkimelerde ileri tepkime hızının geri tepkime hızına eşit olduğunu ve kimyasal dengeye ulaşıldığını gösterir.



Şekil 2.1: Kimyasal tepkimelerde derişim zaman grafiği



Şekil 2.2: Hız-zaman grafiği

Kimyasal denge homojen ve heterojen olmak üzere ikiye ayrılır:

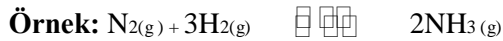
2.5.1. Heterojen denge

Bir kimyasal tepkimede tepkimeye giren ve çıkan maddeler farklı fazda ise kurulan dengeye heterojen denge denir.



2.5.2. Homojen denge

Tepkimede yer alan maddelerin hepsi aynı fazda ise bu tür tepkimelerin dengesine homojen denge denir.

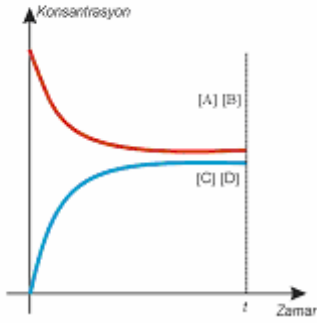


2.6. Dengenin Görünümü

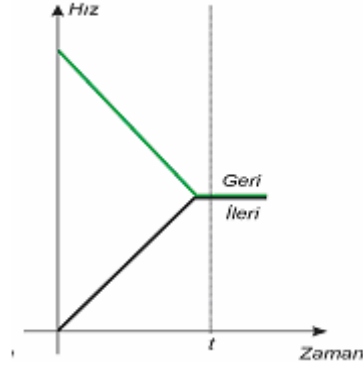
Denge nitel ve nicel olmak üzere iki yönde incelenir:

2.6.1. Nitel Görünümü

$\text{A}(\text{g}) + \text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}(\text{g}) + \text{D}(\text{g})$ kapalı bir sistemde gerçekleştirilen genel tepkimesinde başlangıçta A ve B'lerin derişimi büyüktür. A ve B gazları çarpışarak C ve D oluştururken C ve D gazları da çarpışarak A ve B gazlarına dönüşür. Zamanla girenler azalırken ürünler artar. Başlangıçta girenlerin derişimleri büyük olduğundan ileri tepkimenin hızı da büyüktür. Tepkime gerçekleştikçe ileri tepkimenin hızı azalır ve geri tepkimenin hızı artar. İleri ve geri yöndeki tepkime hızları eşitlendiğinde denge kurulmuş olur.



Şekil 2.3: Konsantrasyon -zaman değişim grafiği



Şekil 2.4: Hız – zaman değişim grafiği

2.6.2. Nicel Görünümü

Bir tepkimede ürünlerin ve girenlerin derişimleri verilirse denge bağıntısından K_d (denge sabiti) değeri hesaplanabilir. Denge sabitinin belli bir birimi yoktur. Dengedeki maddelerin stokiyometrik kat sayılarına göre değişik birimler alabilir.

$aA_{(g)} + bB_{(g)} \rightleftharpoons cC_{(g)} + dD_{(g)}$ genel denge bağıntısında ileri tepkimenin hız bağıntısı;

Hız(İleri) = $k_1 [A]^a \cdot [B]^b$ şeklinde yazılır. Geriye tepkimenin hız bağıntısı ise,

Hız (Geri) = $k_2 [C]^c \cdot [D]^d$ şeklinde olur.

Burada, k_1 ve k_2 sabit sıcaklıkta ileri ve geri tepkimenin hız sabitleridir.

Denge anında $T_{H1} = T_{H2}$ olduğundan;

$k_1 [A]^a \cdot [B]^b = k_2 [C]^c \cdot [D]^d$ yazılabilir. Bu ifade düzenlenirse,

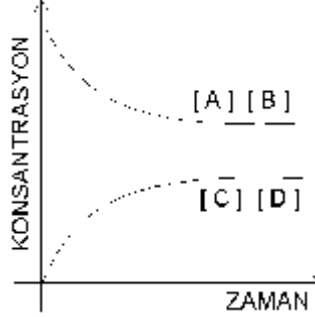
$$K_d = \frac{k_1}{k_2} = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b} = \text{sabit}$$

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

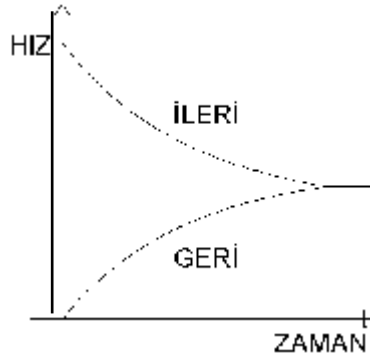
bağıntısı elde edilir. Bu bağıntıya derişimler türünden denge bağıntısı denir.

Eşitlikte görüldüğü gibi denge bağıntısında ürünlerin derişimlerinin çarpımı, girenlerin derişimlerinin çarpımına bölünür. Tepkimedeki maddelerin stokiyometrik kat sayıları, denge

bağıntısında derişimlere üs olarak yazılır. Hız denkleminde olduğu gibi denge bağıntısında saf katı ve sıvıların derişimleri yer almaz. Sadece gazların, iyonların çözeltilerin derişimleri yer alır. Mekanizmalı tepkimelerde denge bağıntısı toplam tepkimeye göre yazılır.



Şekil 2.5: Konsantrasyon – zaman değişim grafikleri



Şekil 2.6: Hız – zaman değişim grafikleri

Örnek 1: $\text{CaCO}_3(\text{k}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{k}) + \text{CO}_2(\text{g})$ tepkimesinin denge bağıntısını yazınız.

Çözüm

$$K_d = [\text{CO}_2] \text{ olur.}$$

Denge bağıntısı yazılırken saf katı ve sıvıların derişimleri sabit olduğundan denge bağıntısında gösterilmez. Sadece gaz ve iyon olan türler alınır.

K_d 'nin farklı birimlerde olabileceği aşığıdaki örneklerde gösterilmiştir.

Örnek 1: $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$ tepkimesinin denge bağıntısının birimini bulunuz.

Çözüm

$$K_d = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2[O_2]} \Rightarrow K_d = \frac{(mol/L)^2}{(mol/L)^2 \times (mol/L)} \Rightarrow K_d = L/mol$$

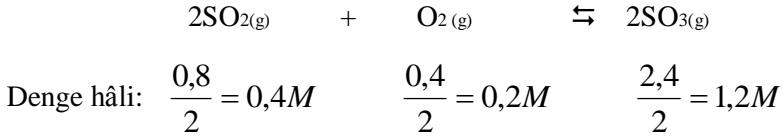
Örnek 2: $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$ tepkimesinin denge bağıntısının birimini bulunuz.

Çözüm

$$K_d = \frac{[PCl_3][Cl_2]}{[PCl_5]} \Rightarrow K_d = \frac{(mol/L)(mol/L)}{(mol/L)} \Rightarrow K_d = mol/L$$

Örnek 3: $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$ tepkimesi belirli bir sıcaklıkta dengeye ulaştığında 2 litrelik kaptaki 0,8 mol SO_2 , 0,4 mol O_2 ve 2,4 mol SO_3 gazları belirleniyor. Tepkimenin denge sabitinin sayısal değerini hesaplayınız.

Çözüm



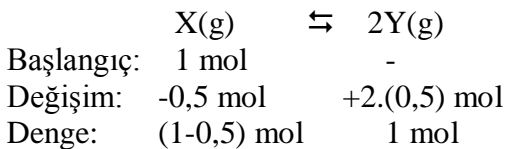
$$K_d = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2[O_2]} \Rightarrow K_d = \frac{(1,2)^2}{(0,4)^2 \times (0,2)} \Rightarrow K_d = 45L/mol$$

Örnek 5: $X(g) \rightleftharpoons 2Y(g)$ tepkimesine göre 1 L kaba konulan 1 mol X gazının % 50'si ayrıştığında sistem sabit sıcaklıkta dengeye ulaşıyor. Aynı sıcaklıkta tepkimenin denge sabiti nedir?

Çözüm

1 mol gazın % 50'si ayrışacağından,

$$1 \times \frac{50}{100} = 0,5mol \text{ ayrışır.}$$



V= 1 L olduğundan n = M

$$K_d = \frac{[Y]^2}{[X]} \Rightarrow K_d = \frac{(1)^2}{(0,5)} \Rightarrow K_d = 0,5$$

Örnek 5: $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$ tepkimesinin belli sıcaklıktaki denge sabiti 16'dır. 1 L kapta 0,4 mol H_2 ve 0,4 mol I_2 ile başlayan tepkime dengeye ulaştığında her maddenin derişimi ne olur?

Çözüm

Başlangıçtaki $H_{2(g)}$ ve $I_{2(g)}$ un mol sayıları 0,4, $HI_{(g)}$ ün mol sayısı ise sıfırdır. Denkleşmiş denklemin kat sayılarından 1 mol H_2 nin, 1 mol I_2 ile birleşip 2 mol HI oluşturduğunu görüyoruz. Eğer dengeye ulaşmak için X mol H_2 , X mol I_2 ile birleşirse 2X mol HI oluşur. Bu bilgileri denklemi de içeren bir tablo hâlinde gösterebiliriz.

	$H_{2(g)}$	+ $I_{2(g)}$	$2HI_{(g)}$
Başlangıç:	0,4	0,4	0
Değişim:	- X	- X	+ 2X
Denge:	(0,4-X)	(0,4-X)	2X

$$K_d = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} \Rightarrow K_d = \frac{(2X)^2}{(0,4 - X) \times (0,4 - X)}$$

$$\sqrt{16} = \sqrt{\frac{(2X)^2}{(0,4 - X)^2}}$$

$$4 = \frac{2X}{(0,4 - X)}$$

$$1,6 - 4X = 2X \Rightarrow 1,6 = 6X \Rightarrow X = 0,26 \text{ mol/L}$$

$$[H_2] = [I_2] = (0,4 - X) = 0,4 - 0,26 = 0,14 \text{ mol/L}$$

$$[HI] = 2X = 2 \cdot 0,26 = 0,52 \text{ mol/L}$$

2.7. K_d ve K_p Sabitleri Arasındaki İlişki

K_d derişimler türünden denge sabiti olup sayısal değeri sadece sıcaklıkla değışir. K_d'nin sayısal değerinin büyük olması, k₁ değerin k₂ değerinden büyük olduğunu gösterir. K_d'nin sayısal değerinin küçük olması ise, k₁ değerin k₂ değerinden küçük olduğunu gösterir.

Gazlar arasında yürüyen tepkimelerde, gazların derişimleri yerine kısmi basınçları alınarak denge bağıntısı yazılabilir. Kısmi basınçlar cinsinden denge bağıntısı (K_p) ile gösterilir.

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

Bu bağıntıya kısmi basınçlar türünden denge bağıntısı denir.

Kimyasal tepkimelerde reaksiyona girenlerle çıkanların mol sayıları birbirine eşitse iki denge sabitinin sayısal değeri aynı olur.

$$K_d = K_p$$

Mol sayılarının farklı olması hâlinde denge sabitleri farklıdır. Bu durumda bağıntı;



$$K_d = K_p \cdot \left(\frac{1}{RT} \right)^{\Delta n} \quad \text{veya} \quad K_p = K_d \cdot (RT)^{\Delta n}$$

şeklinde olur. Burada,

$\Delta n = (c+d) - (a+b)$ ($\Delta n = \text{ürünlerin mol sayısı} - \text{Girenlerin mol sayısı farkına eşittir.}$)

T= Sıcaklık (Kelvin)

R = Genel gaz sabitidir.

Örnek 1: $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$ denkleminde K_d ile K_p arasındaki bağıntıyı yazınız.

Çözüm:

Ürünlerin toplam mol sayısı 2, girenlerin toplam mol sayısı 4'tür.

$$\Delta n = 2 - 4 = -2$$

$$K_d = K_p \cdot \left(\frac{1}{RT} \right)^{\Delta n} \quad \text{ise} \quad K_d = K_p \cdot \left(\frac{1}{RT} \right)^{-2}$$

$$K_d = K_p \cdot (RT)^2$$

Örnek 2: $\text{H}_{2(g)} + \text{I}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{HI}_{(g)}$ K_p ile K_d ilişkisi yazınız.

Çözüm

$$\Delta n = 2 - 2 = 0$$

$$K_d = K_p \cdot \left(\frac{1}{RT}\right)^{\Delta n} \text{ ise } K_d = K_p \cdot \left(\frac{1}{RT}\right)^0 \Rightarrow K_d = K_p \text{ dir.}$$

2.8. Denge Durumu

Herhangi bir anda, kapalı bir kaptaki tepkimenin dengede olup olmadığını veya hangi yönde ilerlediğini denge kesri ile açıklayabiliriz.

$a\text{A}(g) + b\text{B}(g) \rightleftharpoons c\text{C}(g) + d\text{D}(g)$ genel tepkimesinde kat sayılar üs alınarak ürünlerin molar derişimlerinin, girenlerin molar derişimlerine oranına **denge kesri Q** denir.

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

Eğer $Q = K_d$ ise sistem dengededir.

Denge kesri Q, denge sabitinden (K_d) farklı ise sistem denge durumuna gelmemiştir.

$Q > K_d$ ya da $Q < K_d$ olabilir. Bu durumda tepkimenin hangi yönde ilerlediğini anlayabiliriz.

- $Q > K_d$ ise; ürünlerin derişimleri daha fazladır.
 $Q = K_d$ olana kadar tepkime, girenlerin derişimini artıracak yönde daha hızlı ilerlemelidir.
- $Q < K_d$ ise; girenlerin derişimleri daha fazladır.
 $Q = K_d$ olana kadar tepkime, ürünlerin derişimini artıracak yönde daha hızlı ilerlemelidir.

Örnek: $\text{A}(g) + \text{B}(g) \rightleftharpoons 2\text{C}(g) + \text{D}(g)$ tepkimesi için belli sıcaklıkta denge sabiti $K=16$ 'dır. Bu sıcaklıkta 1 litrelik kaptaki 0,04 mol A, 0,1 mol B, 0,2 mol C ve 0,6 mol D bulunduğuna göre tepkime dengede midir?

Çözüm:

Denge kesrini buluruz. $V = 1 \text{ L}$ olduğundan $n = M$ 'dir.

$$Q = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b} \Rightarrow \frac{(0,2)^2 \cdot (0,6)}{(0,04) \cdot (0,1)} = 6$$

$$Q = 6, K_d = 16$$

$Q < K_d$ olduğundan sistem dengede değildir. Sistemin dengeye ulaşması için tepkimenin ürünler lehine daha hızlı ilerlemesi gerekir.

2.9. Kimyasal Dengeye Etki Eden Faktörler

Dengedeki bir sisteme, dışarıdan bir etki yapılmadığı sürece denge bozulmaz. Derişim, sıcaklık ve basınç değişimi gibi dış etkenlerle denge bozulursa tepkime tekrar dengeye ulaşmıca kadar ileri ve geri yönde ilerler. Dengeye etki eden faktörler Le Chatelier (Lö Şatölye) Prensibi ile açıklanabilir.

- **Le Chatelier Prensibi:** Dengedeki bir sisteme dışarıdan bir etki yapıldığında sistem bu etkiyi azaltacak yönde tepki gösterir.

2.9.1. Konsantrasyonun Etkisi

Denge hâlinde tepkimede yer alan maddelerin derişimleri sabittir. Dışarıdan madde ekleyerek ya da dengedeki maddelerden birini sistemden uzaklaştırarak maddelerin derişimleri değiştirilirse sistem bu etkiyi azaltacak yönde davranış gösterir.

Örneğin, $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$ tepkimesinde, sistem belirli sıcaklıkta dengede iken bir miktar N_2 veya H_2 ilave edilirse denge bozulur. Sistem bu etkileri azaltacak yönde davranış gösterir. Tepkime, ürünler yönüne daha hızlı ilerler.

Eğer NH_3 derişimi artırılırsa sistem bu kez NH_3 'ün derişimini azaltmak için girenler yönünde daha hızlı ilerler.

2.9.2. Sıcaklığın Etkisi

Sıcaklıktaki değişme hem dengeyi hem de K_d (denge sabiti) nin sayısal değerini değiştirir. Kimyasal bir tepkimede sıcaklığın etkisiyle dengenin hangi yönde bozulacağını aşağıdaki örnekte inceleyelim:



Yukarıdaki ekzotermik tepkimede sıcaklığın artışı, dengeyi girenler lehine bozar. Çünkü ekzotermik tepkimeler gerçekleşirken dışarıya ısı verilir. Bu durum ortamın sıcaklığının artmasına neden olur. Sıcaklığı artırarak sisteme etki yapıldığında sistem Le Chatelier Prensibi'ne göre sıcaklığı azaltacak yönde tepki göstermelidir.



Yukarıdaki endotermik tepkimede sıcaklığın artışı, dengeyi ürünler lehine bozar. Çünkü endotermik tepkimeler ısı alarak gerçekleşir. Endotermik bir tepkimede sistemin sıcaklığı azaltılırsa Le Chatelier Prensibi'ne göre tepkime, sıcaklığı artıracak yönde tepki göstermelidir.

Genellikle endotermik tepkimelerde sıcaklığın artması K_d değerini artırır. Ekzotermik tepkimelerde ise K_d değeri azalır.

2.9.3. Basıncın Etkisi

Daha önceki konularda gazların basıncının hacim ile ters orantılı olarak değiştiğini öğrenmişsiniz.

Denge hâlindeki bir sistemde kabın hacmi azaltılırsa kaptaki toplam basınç artar ve denge bozulur. Artan basıncı azaltmak için tepkime gazların mol sayısının az olduğu yöne doğru daha hızlı ilerler.

Örneğin;

$\text{N}_{2(g)} + 3\text{H}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{NH}_{3(g)}$ denge tepkimesinde kabın hacmi yarıya indirilirse gazların basıncının iki katına çıkması beklenir ve Le Chatelier Prensibi'ne göre sistem, basıncı azaltacak yönde davranış gösterir ve tepkime gazların mol sayısının az olduğu yöne yani ürünler tarafına doğru daha hızlı ilerler.

Kabın hacmi artırılırsa basınç düşeceğinden yine denge bozulur. Bu kez tepkime, basıncı artırmak için gazların mol sayısının çok olduğu yöne yani girenler tarafına doğru daha hızlı ilerler.

Giren ve ürün mol sayılarının eşit olduğu tepkimelerde hacim değişikliği dengeyi etkilemez.

Örneğin;

$\text{H}_{2(g)} + \text{I}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{HI}_{(g)}$ Bu tepkimede hacim değişikliği dengeyi etkilemez.
1 mol 1mol 2 mol

Örnek: $92,6 \text{ kJ} + 2\text{NH}_{3(g)} \rightleftharpoons \text{N}_{2(g)} + 3\text{H}_{2(g)}$ denge tepkimesinde aşağıdaki değişimler yapılırsa denge nasıl değişir?

- | | |
|---------------------------------------|--------------------------------|
| a) $\text{NH}_{3(g)}$ eklenmesi | e) Toplam basıncın artırılması |
| b) $\text{N}_{2(g)}$ uzaklaştırılması | f) Sisteme ısı verilmesi |
| c) $\text{H}_{2(g)}$ eklenmesi | g) Sıcaklığın düşürülmesi |
| d) Kabın hacminin artırılması | k) Katalizör eklenmesi |

Çözüm



- $\text{NH}_3(\text{g})$ eklenirse girenlerin derişimi artacağından tepkime ürünler lehinde ilerler.
- $\text{N}_2(\text{g})$ uzaklaştırılırsa ürünlerin derişimi azalacağından tepkime ürünler yönünde ilerler.
- H_2 ilavesi ürünlerin derişimini artıracığından sistem bunu azaltmaya çalışır ve tepkime, girenler lehinde ilerler.
- Hacmin artırılması basıncı düşürür. Sistem dengeyi kurabilmek için mol sayısının fazla olduğu yöne yani ürünler lehine ilerler.
- Basınc artırıldıktan sonra yeni dengenin kurulması için tepkime mol sayısı çok olan yönden, az olan yöne yani girenler lehine ilerler.
- Sisteme ısı verilirse tepkime endotermik olduğundan, tepkime ürünler yönüne ilerler.
- Sıcaklık düşürülürse sistem, düşen sıcaklığı artırmak için ekzotermik (ısı veren) tepkimeleri hızlandırır. Yani tepkime, girenler yönüne daha hızlı ilerler.
- Denge katalizörden etkilenmez. Sadece dengeye ulaşma süresini kısaltır.

2.10. Denge Sabitini Etkileyen Faktörler

Denge sabitine etki eden iki faktör vardır:

2.10.1. Sıcaklığın Etkisi

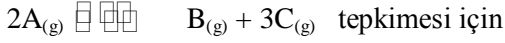
$\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) + \text{ısı}$ tepkimesi ısıtılırsa Le Chatelier Prensibi'ne göre sistem fazladan verilen ısıyı yok etmek için girenler yönünde ilerler. Girenlerin derişimi artarken ürünlerin derişimi azalır, K_d küçülür.

$$K_d = \frac{[\text{CO}_2][\text{H}_2]}{[\text{CO}][\text{H}_2\text{O}]}$$

$\text{Isı} + \text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}(\text{g})$ tepkimesi ısıtılırsa Le Chatelier Prensibi'ne göre tepkime ürünler yönünde ilerler. Ürün derişimi ve K_d artar.

$$K_d = \frac{[\text{NO}]^2}{[\text{N}_2][\text{O}_2]}$$

Sıcaklık artırıldığında K_d 'nin değeri, ekzotermik tepkimelerde küçülür; endotermik tepkimelerde büyür.

Örnek 1:

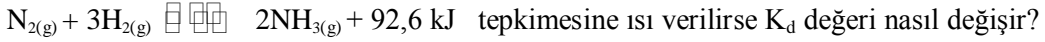
100 °C'de $K_{d1} = 3$

200 °C'de $K_{d1} = 5$

Buna göre tepkime ekzotermik mi endotermik midir?

Çözüm:

Sıcaklık arttıkça K_d artıyor, K_d 'nin artmasından dolayı tepkime endotermiktir.

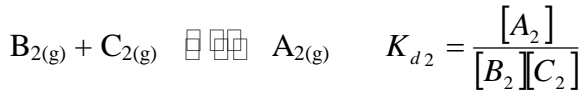
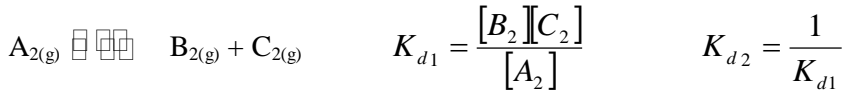
Örnek 2:**Çözüm**

$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} + 92,6 \text{ kJ}$ tepkimesinde ısı verecek olursak sistem, ters tepki göstererek girenler lehine olur ve K_d değeri azalır, ısı çekilirse çıkanlar lehine kayar ve K_d değeri artar.

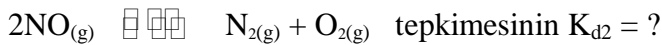
2.10.2. Denklemlerin ve Kat Sayıların Değiştirilmesi

Denklemlerin ve kat sayıların değiştirilmesinin K_d 'ye etkisi aşağıda örnekler üzerinde açıklanmıştır.

➤ Tepkime ters çevrilirse K_d 'nin de tersi alınır.



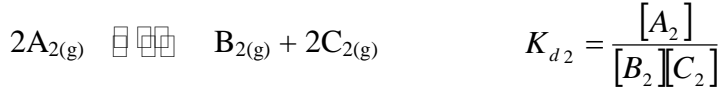
Örnek: $N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)}$ tepkimesinin $K_{d1} = 4$ ise

**Çözüm**

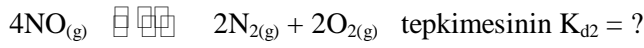
Tepkime ters çevrilirse K_d 'nin de tersi alınır. O hâlde,

$$K_{d2} = \frac{1}{K_{d1}} = \frac{1}{4} = 0,25$$

- Tepkime herhangi bir kat sayısı ile çarpıldığında bu kat sayısı K_d ye üs olarak gelir.



Örnek: $N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)}$ tepkimesinin $K_{d1} = 4$ ise;

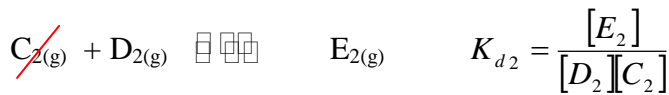
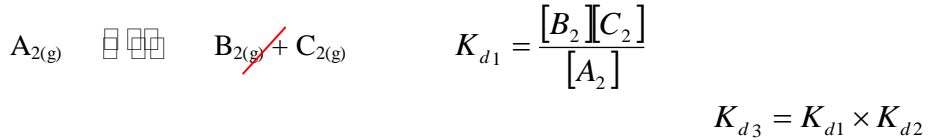


Çözüm:

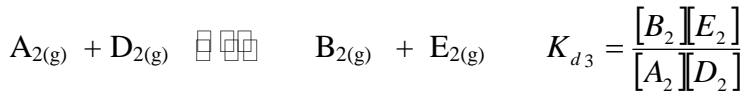
Tepkime herhangi bir kat sayısı ile çarpıldığında bu kat sayısı K_d ye üs olarak gelir.

$$K_{d2} = K_{d1}^2 \Rightarrow K_{d2} = 4^2 = 16$$

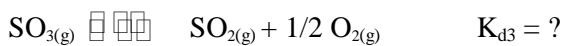
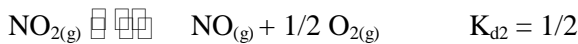
- Tepkime birden fazla tepkimenin toplanması ile elde edilirse toplam tepkimenin denge sabiti, toplanan tepkimelerin denge sabitlerinin çarpımına eşittir.



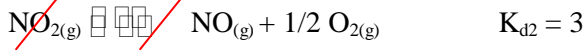
+



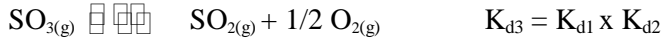
Örnek:



Çözüm:



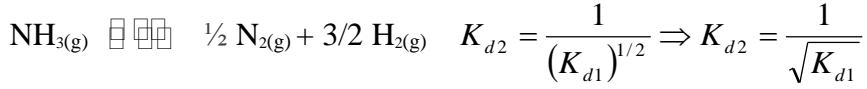
+



$$K_{d3} = 5 \times 3 = 15$$

Örnek: $\text{N}_{2(g)} + 3\text{H}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{NH}_{3(g)}$ tepkimesinin denge sabitinin 4 olduğu sıcaklıkta, $\text{NH}_{3(g)} \rightleftharpoons \frac{1}{2} \text{N}_{2(g)} + \frac{3}{2} \text{H}_{2(g)}$ tepkimesinin denge sabiti ne olur?

Çözüm:












$$K_{d2} = \frac{1}{\sqrt{4}} = \frac{1}{2} = 0,5$$





UYGULAMA FAALİYETİ





Kimyasal tepkimelerde denge kontrolü yapınız.


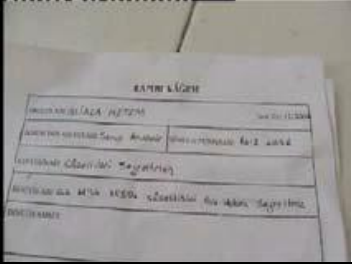
Kullanılan araç ve gereçler: Beher, demir III klorür, potasyum tiyo siyanür, sülfürik asit, erlen, mantar, karbonat

İşlem Basamakları	Öneriler
Konsantrasyonun etkisi ile denge kontrolü yapmak için	
<p>➤ Temiz iki beher alınız.</p> 	<p>➤ İş önlüğünüzü giyiniz, maskenizi takınız.</p> <p>➤ Çalışma ortamınızı hazırlayınız.</p>
<p>➤ Bir tanesinin içerisine 5 ml demir III klorür koyunuz.</p>  	<p>➤ İçinde kullanacağımız çözelti bulunan erleni alınız ve temiz bir pipet ile behere gerekli miktarda çözelti aktarınız.</p>
<p>➤ Diğer beher içine 5 ml potasyum tiyo siyanür koyunuz.</p>  	<p>➤ Çözelti zehirli olduğundan eldivenlerinizi takınız ve başka temiz bir beher alınız.</p>
<p>➤ Her iki behere ikiyeşer ml sülfürik asit ekleyiniz.</p>	<p>➤ İçinde çözelti bulunan beherleri çeker ocağa alınız. Daha sonra temiz bir pipetle gerekli olan miktar kadar asidi bunların üzerine ilave ediniz.</p>
<p>➤ Çözeltileri karıştırınız ve kırmızı rengi gözlemleyiniz.</p>	<p>➤ Dikkatli bir şekilde iki beheri birbirine karıştırınız. Oluşan renk değişimine dikkat ediniz.</p>

	
<p>➤ Karışım üzerine kırmızı renk kaybolup sarı renk oluşuncaya kadar saf su ekleyiniz.</p> 	<p>➤ Kırmızı renk oluşmalıdır. Şayet kırmızı renk oluşmamış ise öğretmenimize başvurunuz. Kırmızı renk oluştuğundan sonra renk sarıya dönüşüncüye kadar saf su ilave ediniz.</p>
<p>➤ Karışımın yarısını başka bir behere aktararak içine demir III klorür eklemek kaydıyla tekrar kırmızı rengi gözlemleyiniz.</p> 	<p>➤ Başka bir temiz beher ve temiz bir mezür alarak çözeltinin yarısını behere aktarınız. Bu beherin üzerine gerekli olan çözelti ilave edilerek meydana gelen renk değişimi gözlenir. Renk tekrar kırmızı olmalıdır. Kırmızı olmuyorsa çözelti tekrar çeker ocağa alınarak ortam asitlendirilmelidir.</p>
<p>➤ Karışımın diğer yarısını başka bir behere aktararak içine potasyum tiyo siyanür ekleyerek kırmızı rengi gözlemleyiniz.</p> 	<p>➤ Kalan çözelti temiz bir behere alınır. Bu çözeltinin üzerine gerekli olan çözelti ilave edilerek meydana gelen renk tespit edilir. Renk kırmızı olmalıdır. Kırmızı olmuyorsa çözelti tekrar çeker ocağa alınarak ortam asitlendirilmelidir.</p>

<p>➤ Her iki sonucu değerlendiriniz.</p>	<p>➤ Bulduğunuz sonuçları arkadaşlarınızla karşılaştırınız.</p>
<p>Basınç etkisiyle denge kontrolü yapmak için</p>	
<p>➤ Temiz bir erlen alınız.</p> 	<p>➤ Temiz bir erlen alınız.</p>
<p>➤ Erlenin ağzına uyacak bir mantar seçiniz.</p> 	<p>➤ Erlenin ağzına uyacak deliksiz bir mantar alınız ve erlene uyup uymadığını kontrol ediniz. Şayet gaz kaçağını önleyemeyecek özellikte ise mantarınızı ya değiştiriniz ya da bir miktar macun temin ediniz.</p>
<p>➤ Erlene hacminin 2/3'ü kadar saf su koyunuz.</p> 	<p>➤ Erlene yaklaşık 2/3 oranında saf su koyunuz. Çünkü daha fazla saf su ilave ederseniz oluşacak gazın toplanacağı yer azalır ve gaz basıncı artar. Bunun sonucunda ya mantar açılır gaz dışarı çıkar ya da uygulama için kullandığımız erlen çatlar ve tehlike oluşturur.</p>
<p>➤ Bir adet karbonat tablet alınız.</p> 	<p>➤ Uygulama için değişik şekillerde bulunan tabletler kullanılabilir. Bunlardan kolay elde edilebileni eczanelerde satılan ilaç tabletleridir. Ancak bu deneyde kullanılmak üzere laboratuvarında da tablet hazırlayabiliriz.</p>
<p>➤ Karbonat tabletini suya atınız ve hemen erlenin ağzını mantarla kapatınız.</p>	<p>➤ Karbonat tablet suya atılır atılmaz hemen mantarla erlenin ağzı</p>

	<p>kapatılmalıdır. Çünkü oluşan gaz dışarıya çıkar ve istediğimiz sonucu gözleyemeyebiliriz. Bunun yanında ani gaz çıkışı ve basıncından dolayı oluşacak olumsuzluklardan kendimizi ve arkadaşlarımızı korumalıyız.</p>
<p>➤ Meydana gelen olayı gözlemleyiniz.</p> 	<p>➤ Meydana gelen gaz çıkışını dikkatli bir şekilde gözlemleyiniz.</p>
<p>➤ Erlenin ağzındaki mantarı kısa bir süre için açıp tekrardan kapatınız.</p> 	<p>➤ Mantarın ağzını açarken ani gaz çıkışının meydana getirebileceği olumsuzluktan kendimizi ve çevremizi koruyunuz.</p>
<p>➤ Meydana gelen olayı gözlemleyiniz.</p> 	<p>➤ Erlenin ağzını mantarla kapattıktan sonra erlende meydana gelen değişmelere dikkat ediniz.</p>
<p>➤ Gözlemleri kaydediniz.</p>	<p>➤ Gözlemlerinizi çok dikkatli not alarak sonuçları rapor ediniz. Bulduğunuz değerleri arkadaşlarınızla karşılaştırınız.</p>
<p>➤ Malzemelerinizi temizleyerek teslim ediniz.</p>	<p>➤ Laboratuvarda temizlik çok önemlidir. Kullandığınız tüm malzemeleri önce çeşme suyu sonra saf su ile yıkayınız.</p>

	<p>Kuruduktan sonra malzemeleri yerlerine kaldırınız.</p>
<p>➤ Raporunuzu teslim ediniz.</p> 	<p>➤ İşlem basamakları ve aldığınız notlardan faydalanarak raporunuzu hazırlayınız.</p> <p>➤ Raporunuzu öğretmeninize teslim ediniz.</p>

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri **Evet**, kazanamadığınız becerileri **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. İş önlüğünüzü giyip çalışma masanızı düzenlediniz mi?		
2. Temiz iki beher aldınız mı?		
3. Bir tanesinin içerisine 5 ml demir III klorür koydunuz mu?		
4. Diğer beher içine 5 ml potasyum tiyo siyanür koydunuz mu?		
5. Her iki behere ikişer ml sülfürik asit eklediniz mi?		
6. Çözeltileri karıştırmak ve kırmızı rengi gözlemlediniz mi?		
7. Karışım üzerine kırmızı renk kaybolup sarı renk oluşuncaya kadar saf su eklediniz mi?		
8. Karışımın yarısını başka bir behere aktararak içine demir III klorür eklemek kaydıyla tekrar kırmızı rengi gözlemlediniz mi?		
9. Karışımın diğer yarısını başka bir behere aktararak içine potasyum tiyo siyanür ekleyerek kırmızı rengi gözlemlediniz mi?		
10. Her iki sonucu değerlendirdiniz mi?		
Basınc etkisiyle denge kontrolü yapmak için		
11. Temiz bir erlen aldınız mı?		
12. Erlenin ağzına uyacak bir mantar seçtiniz mi?		
13. Erlene hacminin 2/3'ü kadar saf su koydunuz mu?		
14. Bir adet karbonat tablet aldınız mı?		
15. Karbonat tabletini suya attınız ve hemen erlenin ağzını mantarla kapattınız mı?		
16. Meydana gelen olayı gözlemlediniz mi?		
17. Erlenin ağzındaki mantarı kısa bir süre için açıp tekrar kapattınız mı?		
18. Meydana gelen olayı gözlemlediniz mi?		
19. Gözlemleri kaydettiniz mi?		
20. Malzemelerinizi temizleyerek teslim ettiniz mi?		

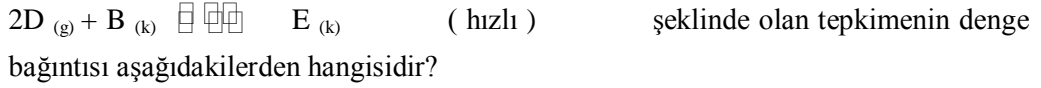
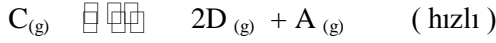
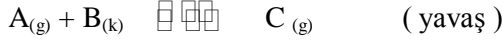
DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarımızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme” ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Tepkime mekanizması



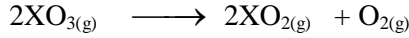
A) $K_d = \frac{[C]}{[A]}$ B) $K_d = \frac{[D]^2 [A]}{[C]}$ C) $K_d = 1$ D) $K_d = \frac{[E]}{[B]^2}$

2. $C_{(k)} + CO_{2(g)} \xrightarrow{\text{5}^\circ\text{C}} 2CO_{(g)}$ reaksiyonunun belli bir sıcaklık için denge sabiti 5'tir.

Bu şartlarda denge durumunda ortamdaki CO'nun derişimi nedir?

A) $X^2/5$ B) $\sqrt{5}X$ C) $5/2 X$ D) $5X$

3. Bir litrelik bir kaba 1 mol XO_3 konularak 500°C 'ye kadar ısıtılıyor ve ısıtma sonucunda XO_3 'ün % 50'si



denkleminde bozunmaktadır. Reaksiyon dengeye geldiği zaman aynı sıcaklıktaki denge sabiti nedir?

A) 0,15 B) 0,25 C) 0,30 D) 0,48

4. $2O_{3(g)} \rightleftharpoons 3O_{2(g)}$ tepkimesinin denge sabiti K ise aşağıdaki tepkimenin denge sabiti kaçtır?



A) $K/3$ B) K C) K^3 D) $1/K^{1/3}$

5. $CO_{2(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + H_2O_{(g)}$

Tepkimesinin 1300°K 'deki denge sabiti $K_d = 0,7$ olduğuna göre aynı sıcaklıktaki K_p 'si aşağıdakilerden hangisidir?

A) 0,7 B) 0,058 C) 910 D) 15,68

6. I. Buharın yoğunlaşması
II. X_2 molekülünün X atomuna dönüşmesi
III. Buzun erimesi
Yukarıda verilen denge olaylarının hangilerinde maksimum düzensizlik ürünler lehinedir?
- A) Yalnız I B) II ve III C) I ve II D) I ve III
7. Dengedeki bir tepkime için;
I. Zıt yönlü olaylar eşit hızla devam etmektedir.
II. Maddelerin mol sayıları eşitlenmiştir.
III. İleri tepkimenin hız sabitinin geri tepkimenin hız sabitine oranı K_d 'ye eşittir.
Yargılarından hangileri doğrudur?
- A) Yalnız I B) I ve II C) I ve III D) I, II ve III
8. $A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftharpoons C_{(g)} + D_{(g)} \quad \Delta H < 0$
Reaksiyonu için belli sıcaklıktaki denge sabitinin değeri K'dir. Aşağıdaki işlemlerden hangisinin yapılması denge sabitinin değerini artırır?
- A) Sıcaklığı yükseltmek
B) Ortama A ilave etmek
C) Katalizör kullanmak
D) Basıncı arttırmak
9. $2AB_{(g)} \rightleftharpoons A_{2(g)} + B_{2(g)}$ tepkimesi 1 litrelik bir kaptaki denge hâlinde iken 0,4 mol AB, 0,2 mol A_2 ve 0,8 mol B_2 gazları vardır. Tepkime kabına 0,6 mol A_2 gazı eklenirse yeni dengede AB gazının derişimi ne olur?
- A) $\frac{1}{2}$ B) $\frac{1}{3}$ C) $\frac{2}{3}$ D) $\frac{2}{15}$
10. $X_{(g)} + Y_{(g)} \rightleftharpoons Z_{(g)} + 2T_{(g)}$ tepkimesi dengede iken kaptaki 1 mol X, 2 mol Y ve 1'er mol Z ve T bulunmaktadır. Toplam basınç 4 atm olduğuna göre K_p kaçtır?
- A) 0,25 B) 0,4 C) 0,8 D) 1,6

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-3

AMAÇ

Gerekli ortam sağlandığında kuralına uygun kimyasal tepkimelerde çözünürlük dengeleri kontrolünü yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

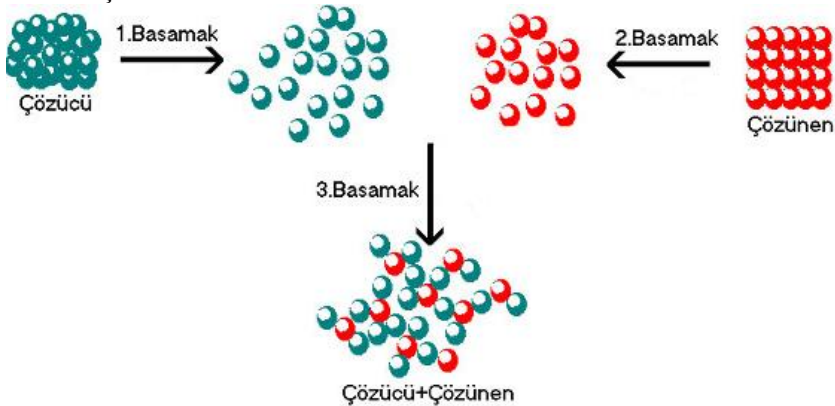
- Pamukkale'deki travertenlerin oluşumu ile çözünme ve çökme arasında nasıl bir ilişki olduğunu araştırınız.
- Çözünme-çözünürlük, kristalleşme-çökme arasındaki farkı açıklayınız.

3. ÇÖZÜNÜRLÜK DENGELERİ

3.1. Çözünme

Bir maddenin başka bir madde içinde atom iyon veya molekül büyüklüğünde dağılmasına **çözünme**; elde edilen homojen karışıma da **çözelti** denir. Çözeltide maddelerin dağıldığı ortama **çözücü**, dağılan maddeye ise **çözünen** denir.

Çözünme olayı sırasında örneğin, yemek tuzu (NaCl) suda Na^+ , Cl^- iyonlarına ayrılır ve bu iyonlar su içinde homojen olarak dağılır. Çay şekeri suda iyon oluşturmadan moleküller hâlinde çözünür.



Şekil 3.1: Çözünme olayı

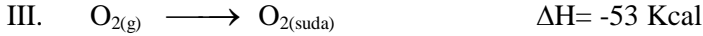
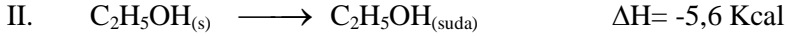
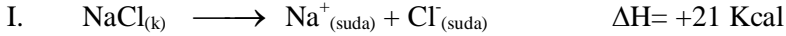
3.2. Çözünme Olayında Düzensizlik Faktörü

Düzensizlik kavramı, taneciklerin serbest hareket edebilmesi ve enerjisinin yüksekliğini ifade eder. Ancak, düzensizlik atom, iyon veya molekül düzeyinde, yani mikroskobik düzeydedir. Düzensizlik katı>sıvı>gaz sırasıyla görülür. Buna göre en düzensiz yapı gaz yapısıdır. Bir katının hiçbir etken yokken enerjisi düşük olduğundan düzensizliği en düşük seviyededir. Bu nedenle, katının çözünmesi düzensizliği artıracaktır. Ancak düzensizliğin artışında enerjinin de etkisi vardır.

Tepkimeler enerjinin azaldığı, düzensizliğin arttığı yöne doğru olma eğilimindedir. Denge, enerjide en aza; **minimum enerji** ve düzensizlikte en çoğa, **maksimum düzensizliğe** gitme eğilimleri arasında denkleşmeyle sağlanır.

Çözünme de bu iki eğilim doğrultusunda gerçekleşir. Çözünme olayında minimum enerjiyle maksimum düzensizlik faktörü birbiriyle uzlaşır.

Aşağıdaki bazı çözünme tepkimeleri incelediğinde düzensizliğin yönü belirlenebilir.

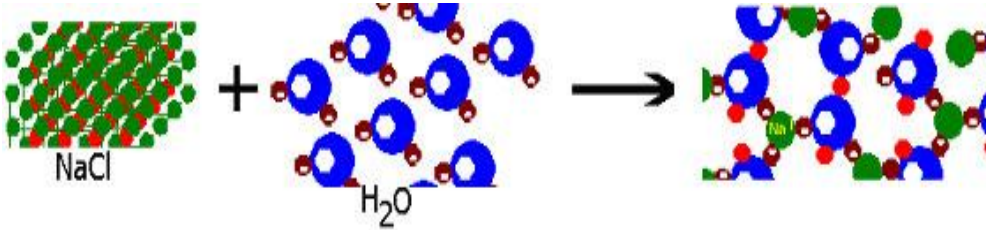


I. tepkimede katı NaCl'nin suda çözünmesi endotermiktir. Dolayısıyla NaCl çözünürken sistemin enerjisi artar. Bu ise minimum enerji eğiliminin çözünmenin aleyhine, çökmeyen lehine olduğunu gösterir. O hâlde ısı verilmediği sürece çözünme olmayacaktır. Ancak, katının çözünmesi düzensizliği artıracığından burada maksimum düzensizlik eğilimi çözünmenin lehine davranır.

II. tepkimede alkolün suda çözünmesi için bir denge söz konusu değildir. Çünkü alkol-su karışımı her oranda karışarak birbiri içinde çözünür. Bu çözünme olayı ekzotermik olduğundan minimum enerji eğilimi çözünme lehine davranır. Aynı şekilde maksimum düzensizlik eğilimi de çözünme lehine davranır. Benzer yapıda fakat suda tam çözünmeyen dieterler gibi bir madde suda endotermik olarak çözünür. Bu durumda minimum enerji çözünmenin aleyhine davranır.

III. tepkimede oksijen gazı suda çözününce enerji açığa çıkmaktadır. Bu durumda minimum enerji eğilimi çözünme lehine davranırken düzensizliği azalacağından maksimum düzensizlik çözünmenin aleyhine davranır.

3.3. Sulu Çözeltiler



Şekil 3.2: NaCl'nin suda çözünmesi

Katı, sıvı ve gaz hâlindeki maddelerin suda çözünmesiyle oluşan çözeltilere **sulu çözeltiler** denir.

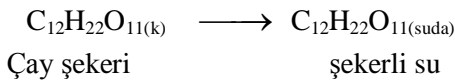
Maddelerin taneciklerini bir arada tutan kuvvetler farklı olduğuna göre bunların sudaki çözünürlükleri ve çözeltilerinin özellikleri de farklıdır.

Suyun moleküler yapısı onun birçok madde için çok iyi bir çözücü olmasına neden olur. Özellikle polar yapılı olan su, iyon yapılı maddelerin çözünmesine etki eder. Çözündüğünde iyon verebilen maddeler suda kolay çözünür. Bu tür maddelerin çözünmesine etki eden en önemli faktör, elektrostatik çekim kuvvetidir. Bununla birlikte bazı molekül yapılı maddeler de suda çözünür. Bunun asıl nedeni suyun yapısında bulunan hidrojen bağının varlığıdır.

Suda çözünmeyen veya az çözünen maddeler ya apolar yapıdır ya da önemli ölçüde iyonlarına ayrılmamaktadır. Maddelerin suda çözünme şekilleri oluşan çözeltinin elektriksel iletkenliğini belirler. Buna göre çözeltiler elektrolit veya elektrolit olmayan çözeltiler olarak ikiye ayrılır.

➤ **Elektrolit olmayan çözeltiler**

Suda çözündüğünde iyon oluşturmayan maddelerin çözeltileri elektrik akımını iletmez. Bu maddeler elektrolit olmayan maddelerdir. Elektrik akımını iletmeyen çözeltilere **elektrolit olmayan çözeltiler** denir.



➤ Elektrolit çözeltiler

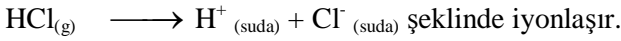
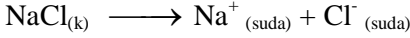
Suda çözüldüklerinde iyonlarına ayrışabilen maddelerin çözeltileri elektrik akımını iletir. Bu maddelere elektrolit maddeler denir.

Elektrik akımını ileten çözeltilere **elektrolit çözeltiler** denir.

Genel olarak asit, baz ve tuzların sulu çözeltileri elektrik akımını iletir. İletkenlik çözeltilerdeki iyon sayısı ile artar.

Na^+ , K^+ , NH_4^+ , H^+ , NO_3^- gibi iyonlar içeren bileşikler suda çok çözünür. Bu bileşiklerin suda çözünme tepkimeleri tek yönlüdür.

Örneğin; yemek tuzu ve hidrojen klorür suda



% 100'e yakın iyonlaşabilen bileşikler kuvvetli elektrolitlerdir.

Suda çözüldüğünde az iyonlaşabilen maddelerin çözeltileri zayıf elektrolitlerdir. Ag^+ , Cu^+ , Pb^{+2} , Zn^{+2} iyonlarının klorür, bromür ve iyodürleri, Fe^{+2} , Cu^{+2} , Zn^{+2} iyonlarının hidroksitleri suda az çözünür. Bu nedenle bunların çözeltileri zayıf elektrolitlerdir. İyonlaşma tepkimeleri çift yönlüdür.



3.4. Çözünürlük ve Çözünürlük Çarpımı

Çözünürlük, bir maddenin başka bir maddenin belirli bir miktarı içerisinde belirli koşullarda çözünebilir miktarı olarak tanımlanabilir.

Belli bir sıcaklıkta 100 g veya 100 cm³ suda doymuş bir çözelti oluşturmak için çözünebilir madde miktarına çözünürlük denir.

Çözünürlüğün birimi g madde/100 g çözücü veya g madde/100cm³ çözücü olarak ifade edilir.

Bu konuda da çözünürlüğü az olan maddelerin doymuş sulu çözeltilerinin dengelerini inceleyeceğiz.

Aynı miktar çözücüde, aynı sıcaklıkta değişik maddeler farklı miktarlarda çözünebilir.

Bir maddenin bir litrelik doymuş çözeltisinde 0,1 molden daha az madde çözünürse böyle maddelere genellikle az çözünür denir.

Bazı bileşiklerin sudaki çözünürlükleri Tablo 3.1’de görülmektedir.

BİLEŞİK	K _{çc}	BİLEŞİK	K _{çc}
BaCO ₃	4,9x10 ⁻⁹	CuS	6,5x10 ⁻³⁷
PbCO ₃	7,9x10 ⁻¹⁴	Ag ₂ S	8,0x10 ⁻⁵¹
SrSO ₄	8,0x10 ⁻⁷	CaF ₂	4,0x10 ⁻¹¹
Ag ₂ SO ₄	1,4x10 ⁻⁵	SrF ₂	8,0x10 ⁻¹⁰
Ag ₃ PO ₄	1,8x10 ⁻¹⁸	AgCl	1,8x10 ⁻¹⁰
Ca ₃ (PO ₄) ₂	1,5x10 ⁻³²	PbCl ₂	1,8x10 ⁻⁵
Al(OH) ₃	4,8x10 ⁻³³	AgBr	5,0x10 ⁻¹³
Fe(OH) ₂	4,0x10 ⁻¹⁵	PbBr ₂	5,0x10 ⁻⁶

Tablo 3.1: Bazı bileşiklerin sudaki çözünürlük çarpımları (25 °C’de)

Anyon	Verilen anyonla az çözünen tuz oluşturan katyonlar
CO ₃ ²⁻	NH ₄ ⁺ dışındakilerin hepsi
PO ₄ ³⁻	NH ₄ ⁺ dışındakilerin hepsi
S ²⁻	NH ₄ ⁺ ile 1A ve 2A grubu katyonlarının dışındakilerin hepsi
OH ⁻	NH ₄ ⁺ , Sr ²⁺ , Ba ²⁺ ile 1A grubu katyonların dışındakilerin hepsi
SO ₄ ²⁻	Ba ²⁺ , Sr ²⁺ , Ca ²⁺ , Pb ²⁺ , Hg ⁺ , Ag ⁺
Cl ⁻ , Br ⁻ , I ⁻	Ag ⁺ , Cu ⁺ , Hg ⁺ , Hg ²⁺ , Pb ²⁺

Tablo 3.2: Bazı anyonların katyonlarla verdiği bileşiklerin suda çözünüp çözünmedikleri

Az çözünen bir madde belli bir miktar suya ilave edilirse bir süre sonra doymuş bir çözelti elde edilir. Doymuş çözeltide az çözünen katı ile katıyı oluşturan iyonlar denge hâlinindedir. Örneğin az çözünen bir madde olan Ag suya ilave edilirse katı AgCl; Ag⁺, ve Cl⁻ iyonlarına ayrılır. Kısa süre sonra çözelti doymuş hâle gelir. AgCl’nin Ag⁺ ve Cl⁻ iyonlarına ayrışma hızı (çözünme), Ag⁺ ve Cl⁻ iyonlarının birleşerek katı AgCl oluşturma hızına (çökeltme) eşit olur.

Bu durumda;



dengesi kurulur. Dengeye çözünen katı miktarı ve iyonların derişimi sabittir. Bu kurulan dengeye **çözünürlük dengesi** denir.

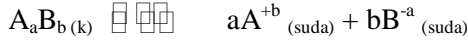
Kurulan denge için denge bağıntısı,

$$K_d = \frac{[Ag^+][Cl^-]}{[AgCl]} \quad \text{şeklinde yazılabilir.}$$

Bu denge heterojen olup AgCl'nin derişimi sabittir ve denge sabiti K_d ile çarpımı da sabittir. Elde edilen bu sabite **çözünürlük denge sabiti** veya **çözünürlük çarpımı** denir ve $K_ç$ ile gösterilir.

$$K_d \times [AgCl] = \text{sabit} \Rightarrow K_ç = [Ag^+][Cl^-]$$

A_aB_b formülü ile gösterilebilen ve çözünürlüğü az olan iyonik bir katı için çözünürlük denge tepkimesinin denklemi ve çözünürlük denge bağıntısı aşağıdaki gibi yazılabilir.

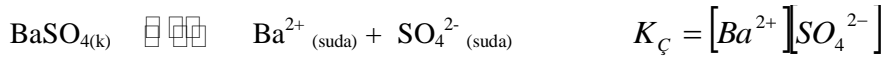


$$K_ç = [A^+]^a \cdot [B^-]^b$$

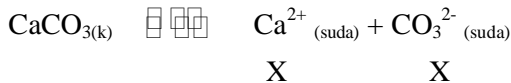
O hâlde, suda az çözünen tuzların çözünürlük çarpımı, doymuş çözeltilde iyon derişimlerinin çarpımına eşittir. Çözünme denkleminde iyonların kat sayıları varsa derişimlerin üzerine üs olarak yazılır.

Örnek: $PbCl_2$ ve $BaSO_4$ tuzlarının sudaki iyonlaşma denge tepkimelerini ve çözünürlük çarpımı bağıntılarını yazınız.

Çözüm

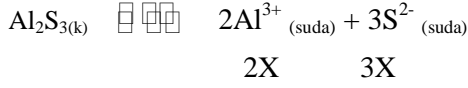


Aşağıda bazı bileşiklerin sudaki iyonlaşma denge tepkimeleri ve çözünürlük çarpımı bağıntıları verilmiştir (Çözünürlük = X mol/L).



$$K_ç = [Ca^{2+}][CO_3^{2-}]$$

$$K_ç = (X)(X) \Rightarrow K_ç = X^2$$



$$K_{\text{ç}} = [\text{Al}^{3+}]^2 \cdot [\text{S}^{2-}]^3$$

$$K_{\text{ç}} = (2X)^2 (3X)^3 \Rightarrow K_{\text{ç}} = 4X^2 \cdot 27X^3 \Rightarrow K_{\text{ç}} = 108X^5$$

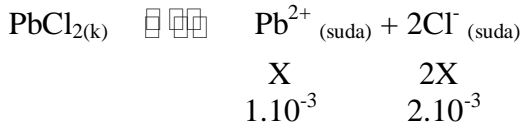
$K_{\text{ç}}$ 'nin sayısal değeri ancak deneyle bulunabilir. $K_{\text{ç}}$ değerleri maddelerin çözünürlükleri hakkında fikir verebilir. $K_{\text{ç}}$ değeri büyük olan maddeler daha çok iyonlarına ayrışır.

Katıların çözünürlüğü sıcaklıkla değiştiğinden $K_{\text{ç}}$ 'nin değeri de sıcaklıkla değişir.

Örnek 1: PbCl_2 'nin saf suda belirli bir sıcaklıkta çözünürlüğü 1×10^{-3} mol/L'dir. Buna göre PbCl_2 'nin çözünürlük çarpımını hesaplayınız.

Çözüm:

PbCl_2 'nin çözünme denklemi;



$$K_{\text{ç}} = [\text{Pb}^{2+}] \cdot [\text{Cl}^{-}]^2$$

$$K_{\text{ç}} = [1 \cdot 10^{-3}] \cdot [2 \cdot 10^{-3}]^2 \Rightarrow K_{\text{ç}} = 4 \cdot 10^{-9} \text{ şeklindedir.}$$

Örnek 2: BaSO_4 'ün 5 litrelik doymuş çözeltisinde $5 \cdot 10^{-4}$ mol iyon vardır. Buna göre BaSO_4 'ün çözünürlük çarpımı kaçtır?

Çözüm:

BaSO_4 'ün molar derişimi

$$M = \frac{n}{V} \Rightarrow M = \frac{5 \cdot 10^{-4}}{5} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$$

BaSO_4 'ün çözünme denklemi,



$$\frac{X}{1.10^{-4}} \quad \frac{X}{1.10^{-4}}$$

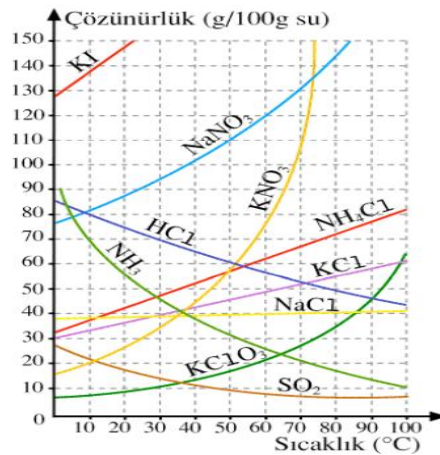
$$K_{\zeta} = [Ba^{2+}] \cdot [SO_4^{2-}]$$

$$K_{\zeta} = [1.10^{-4}] \cdot [1.10^{-4}] \Rightarrow K_{\zeta} = 1.10^{-8} \text{ şeklindedir.}$$

3.5. Çözünürlük Dengesine Etki Eden Faktörler

Çözünürlük dengesi, fiziksel bir denge olmasına rağmen kimyasal denge de olduğu gibi bazı faktörlerin etkisi ile değişebilir. Bu faktörler;

- **Çözücünün türü:** Çözünürlük, çözücü ve çözünen maddenin türüne bağlıdır. Örneğin; su (H₂O) polar bir çözücüdür. İyonik bir madde olan yemek tuzu (NaCl) suda çok çözünür, apolar bir çözücü olan karbon tetraklorürde (CCl₄) çözünmez. Apolar olan moleküller apolar olan çözücülerde çok çözünür. Örneğin, apolar iyot (I₂), yine apolar karbon tetraklorür içinde oldukça çok çözünür.
- **Sıcaklığın etkisi:** Maddelerin çözünürlükleri sıcaklıkla değişir. Çözünme olayının ekzotermik veya endotermik oluşuna göre sıcaklık çözünürlüğe etki eder. Isı alarak çözünen maddelerin çözünürlüğü sıcaklıkla artar.
- Katıların çözünürlüğü genellikle endotermik olduğundan çözünürlükleri sıcaklıkla artar. Gazların sudaki çözünmeleri ise ekzotermiktir. Sıcaklık artınca Le Chatelier ilkesine göre çözünürlük azalır.
- Maddelerin çözünürlüklerinin sıcaklıkla değişimini gösteren eğrilere çözünürlük eğrileri denir (Şekil 3.1).



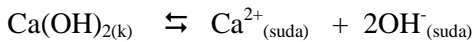
Şekil 3.3: Çözünürlük eğrileri

- **Ortak iyon etkisi:** Saf suda az çözünen bir katı madde, yapısındaki iyonlardan birini içeren bir başka çözelti içerisinde, saf sudaki çözünme miktarından daha az çözünür. Bu duruma “ortak iyon etkisi” denir.

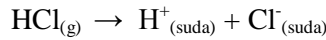
Örneğin, AgBr tuzu suda az çözünür. Çözündüğü miktara bağlı olarak da çözeltiye Ag⁺ ve Br⁻ iyonlarını verir. Eğer, KBr tuzu içeren bir çözelti içerisinde AgBr tuzu atılır ve çözünmesi istenirse AgBr, saf sudakinden daha az Ag⁺ ve Br⁻ iyonlarını verecektir. Bunun başlıca nedeni, çözücü moleküllerinin daha önceden doyurulmuş olması ve az çözünen tuzun kristal örgüsünü kırmaya yetecek serbest moleküllerin az olması ve enerjinin de azalmasıdır.

Ortak iyonun derişimi ne kadar büyükse çözünürlük o kadar azalır.

- **Yabancı maddelerin etkisi:** Az çözünen bir bileşimin çözeltisinde, çözünen maddelerin iyonlarından başka iyonların varlığı da tuzun çözünürlük dengesine etki eder. Örneğin, Ca(OH)₂ az çözünen bir maddedir.

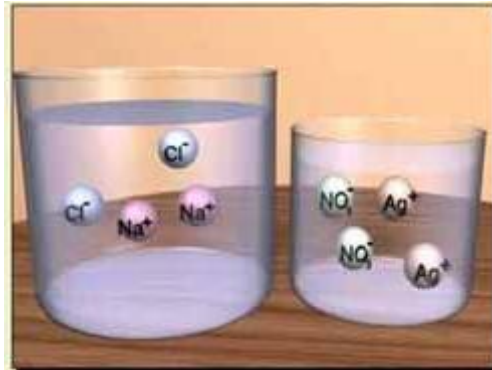


Eğer Ca(OH)₂'nin doymuş çözeltisine HCl çözeltisi eklenirse Ca(OH)₂'nin çözünürlüğü artar. Çünkü, HCl gazı aşağıdaki gibi iyonlaşır.



Ortamdaki H⁺ iyonları Ca(OH)₂'den gelen OH⁻ iyonlarıyla birleşerek H₂O_(s) moleküllerini oluşturur ve dolayısıyla Ca(OH)₂'nin çözünmesine destek oluşturur.

İçinde çözünmüş madde bulunan bir çözeltiye, az çözünen ve ortak iyon bulundurmayan bir maddeyi ilave edersek bu maddenin çözünürlüğü maddeler arasında etkileşim oluyorsa artar.



Şekil 3.4: Çözünürlüğe yabancı madde etkisi

3.6. Çözünürlük Çarpımı ve Çökme

İki veya daha fazla çözelti birbiri ile karıştırıldığında katı bir maddenin oluşması ve sıvı fazdan ayrılmasına **çökme**; kabın dibindeki katı maddeye de **çökelti (çökelek)** denir. Yapılan işleme de **çöktürme** adı verilir.

Çözünürlük çarpımı, $K_{\text{ç}}$, iki çözelti karıştırıldığında bir çökme olup olmayacağını tahmin etmede kullanılabilir. Böyle çözeltiler karıştırıldığında üç değişik durum meydana gelir.

1. Az çözünen maddeye ait iyonların derişimleri çarpımı K_{iyon} çözünürlük çarpımı $K_{\text{ç}}$ ye eşit olabilir. Bu durumda sistem dengede olup çözelti doymuştur.

2. Eğer $K_{\text{iyon}} > K_{\text{ç}}$ ise sistem dengede değildir. Çözelti aşırı doymuştur. K_{iyon} küçülerek $K_{\text{ç}}$ ye eşit olmalıdır. Bunun için karışımdaki az çözünen maddeye ait iyonların derişimleri azalmalıdır. Bu da ancak bir kısım iyonların birleşerek çökelek oluşturması ile mümkündür. Yani $K_{\text{iyon}} > K_{\text{ç}}$ ise çökme olur.

3. Eğer $K_{\text{iyon}} < K_{\text{ç}}$ ise sistem dengede değildir. Bu durumda sistemin dengeye ulaşması için K_{iyon} 'un değerinin artması ve $K_{\text{ç}}$ ye eşit olması gerekir. Bu durumda çözelti doymamıştır. İçinde biraz daha madde çözülebilir.

$K_{\text{ç}} > K_{\text{i}}$ doymamıştır, çökme olmaz.

$K_{\text{ç}} = K_{\text{i}}$ doymuştur, çökme olmaz.

$K_{\text{ç}} < K_{\text{i}}$ doymuştur, çökme olur.

Örnek 1: Eşit hacimlerde 0,04 M NaBr ile 0,02 M $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ çözeltileri karıştırılıyor (PbBr_2 'nin $K_{\text{ç}} = 4 \cdot 10^{-15}$).

a. Çökme olur mu?

b. Tepkime denklemlerini yazınız.

Çözüm

a. $K_{\text{ç}}$ 'si verilen tuzun iyon denklemi,

$\text{PbBr}_{2(\text{k})}$ \rightleftharpoons $\text{Pb}^{2+}_{(\text{suda})} + 2\text{Br}^{-}_{(\text{suda})}$ şeklindedir.

Pb^{2+} iyonları $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 'den, Br^{-} iyonları ise NaBr'den gelmektedir. Hacim iki katına çıktığından yeni derişimleri,

$$[\text{Pb}^{2+}] = \frac{0,02}{2} = 1 \cdot 10^{-2} \quad [\text{Br}^{-}] = \frac{0,04}{2} = 2 \cdot 10^{-2}$$

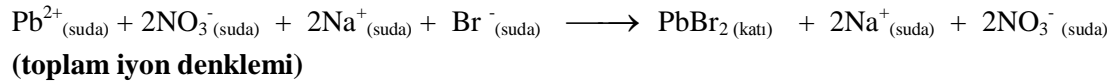
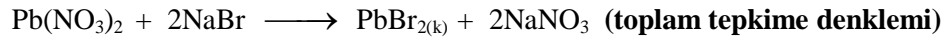
$$K_{iyon} = [Pb^{2+}][Br^{-}]^2$$

$$K_{iyon} = [1 \cdot 10^{-2}][2 \cdot 10^{-2}]^2 \Rightarrow K_{iyon} = 4 \cdot 10^{-6}$$

iyonlar çarpımı,

$K_i > K_{\check{c}}$ olduğundan çökme olacaktır. Çöken tuz $PbBr_2$ dir.

b. Tepkime denklemleri;



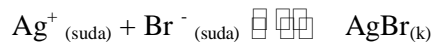
3.7. Seçimli Çöktürme

Bir çözelti içerisinde birden fazla tuz çözünmüş olarak bulunursa bu tuzları ayırma işlemi, çözünürlüğü daha küçük olan tuzlar çöktürülerek yapılabilir. Bu olaya **seçimli çöktürme** adı verilir.

Örneğin; 0,01 M Cl^{-} iyonu ve 0,1 M Br^{-} iyonu içeren bir çözelti olsun. Bu iki iyonu birbirinden ayırmak için ortama azar azar Ag^{+} iyonu eklenir. Hangi tuzun $K_{\check{c}}$ sine ilk önce ulaşırsa ($AgCl$ veya $AgBr$) o tuzun ilk önce çökeceği söylenebilir.

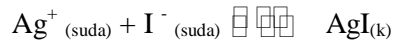
Örnek: Br^{-} ve I^{-} iyonlarının her birinin derişimi $1 \cdot 10^{-2}$ M olan çözeltiye yavaş yavaş katı $AgNO_3$ ilave ediliyor. Bu iyonların çökme sırasını bulunuz.
(Belli bir sıcaklıkta $AgBr$ için $K_{\check{c}} = 5 \times 10^{-13}$, AgI için $K_{\check{c}} = 1,5 \times 10^{-16}$)

Çözüm



$$K_{\check{c}} = [Ag^{+}] \cdot [Br^{-}]$$

$$5 \cdot 10^{-13} = [Ag^{+}] \cdot [1 \cdot 10^{-2}] \Rightarrow [Ag^{+}] = 5 \cdot 10^{-11} \text{ mol / L}$$



$$K_c = [\text{Ag}^+].[\text{I}^-]$$




$$1,5 \cdot 10^{-16} = [\text{Ag}^+].[1 \cdot 10^{-2}] \Rightarrow [\text{Ag}^+] = 1,5 \cdot 10^{-14} \text{ mol / L}$$



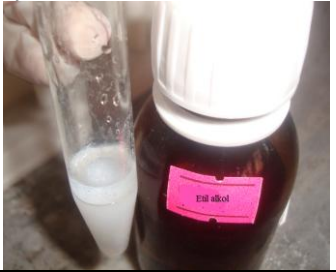
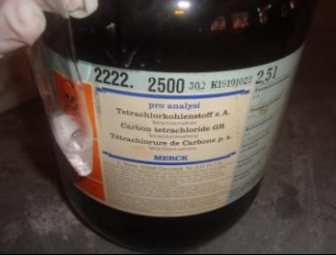
AgI'nin çökmesi için gerekli olan $[\text{Ag}^+]$, AgBr'nin çökmesi için gerekli olan $[\text{Ag}^+]$ 'den daha az olduğu için önce AgI sonra AgBr çökmeye başlar. Böylece AgI, AgBr'den ayrılmış olur.



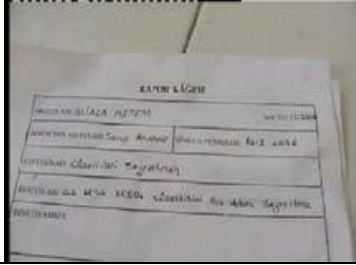
UYGULAMA FAALİYETİ

Çözünürlük dengesi kontrolü yapınız.

Kullanılan araç ve gereçler: Deney tüpü, AgNO_3 , HCl , CCl_4 , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

İşlem Basamakları	Öneriler
<p>➤ Dört ayrı deney tüpüne birer ml seyreltik AgNO_3 çözeltisi alınız.</p> 	<p>➤ İş önlüğünüzü giyiniz, maskenizi takınız.</p> <p>➤ Çalışma ortamınızı hazırlayınız.</p>
<p>➤ Üzerlerine yeterince seyreltik HCl çözeltisi ilave ediniz.</p> 	<p>➤ Çökelek oluşumunu gözlemleyiniz.</p>
<p>➤ Oluşan çökelekleri süzüntüden damlalıkla ayırınız.</p> 	<p>➤ Çözeltiyi atınız.</p>
<p>➤ Çökelekleri saf su ile yıkayınız.</p>	<p>➤ Çökeleği dökmemeye özen gösteriniz.</p>

	
<p>➤ Birinci çökelek üzerine 5 ml saf su ekleyerek sonucu gözleyiniz.</p> 	<p>➤ Gözleminizi not ediniz.</p>
<p>➤ İkinci çökelek üzerine 2 ml saf su, 3 ml etil alkol karışımı ekleyerek sonucu gözlemleyiniz.</p> 	<p>➤ Gözleminizi not ediniz.</p>
<p>➤ Üçüncü çökelek üzerine 5 ml karbon tetra klorür ekleyerek sonucu gözlemleyiniz.</p> 	<p>➤ Gözleminizi not ediniz.</p>
<p>➤ Dördüncü çökelek üzerine 5 ml seyreltik HCl çözeltisi ekleyerek sonucu gözlemleyiniz.</p>	<p>➤ Gözleminizi not ediniz.</p>

	
<p>➤ Malzemelerinizi temizleyerek teslim ediniz.</p> 	<p>➤ Laboratuvarda temizlik çok önemlidir. Kullandığınız tüm malzemeleri önce çeşme suyu sonra saf su ile yıkayınız. Kuruduktan sonra malzemeleri yerlerine kaldırınız.</p>
<p>➤ Raporunuzu hazırlayarak teslim ediniz.</p> 	<p>➤ İşlem basamakları ve aldığınız notlardan faydalanarak raporunuzu hazırlayınız.</p> <p>➤ Raporunuzu öğretmeninize teslim ediniz.</p>

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri **Evet**, kazanamadığınız becerileri **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. İş önlüğünüzü giyip çalışma masanızı düzenlediniz mi?		
2. Dört ayrı deney tüpüne birer ml seyreltik AgNO ₃ çözeltisi aldınız mı?		
3. Üzerlerine yeterince seyreltik HCl çözeltisi ilave ettiniz mi?		
4. Oluşan çökelekleri süzüntüden süzerek ayırdınız mı?		
5. Çökelekleri saf su ile yıkadınız mı?		
6. Birinci çökelek üzerine 5 ml saf su ekleyerek sonucu gözlediniz mi?		
7. İkinci çökelek üzerine 2 ml saf su, 3 ml etil alkol karışımı ekleyerek sonucu gözlemlediniz mi?		
8. Üçüncü çökelek üzerine 5 ml karbon tetra klorür ekleyerek sonucu gözlemlediniz mi?		
9. Dördüncü çökelek üzerine 5 ml seyreltik HCl çözeltisi ekleyerek sonucu gözlemlediniz mi?		
10. Malzemelerinizi temizleyerek teslim ettiniz mi?		
11. Raporunuzu hazırlayarak teslim ettiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

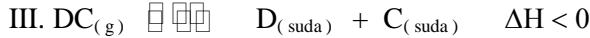
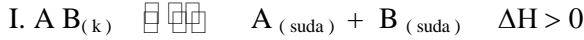
1. Katıların sıvılarda çözünmesi ile hazırlanan çözeltiler için aşağıdaki bilgiler verilmiştir.

- I. Sıcaklık artırılırsa çözünürlük artar.
II. Çözünen madde toz hâline getirilirse çözünürlük artar.
III. Çözücü değiştirilirse katının çözünürlüğü değişir.
IV. Basınç artırılırsa katıların çözünürlüğü artar.

Buna göre çözeltiler için hangileri doğrudur?

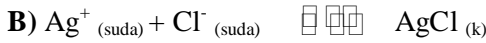
- A) Yalnız II B) I ve III C) I ve IV D) I, II ve III

2. Aşağıdakilerden hangisinde maksimum düzensizlik eğilimi ile minimum enerji eğilimi maddenin çözünmesi için aynı etkide bulunur?



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

3. Maksimum düzensizlik eğilimi aşağıdakilerden hangisinde tepkimenin ürünler tarafındadır?



4. XY_3 tuzunun çözünürlüğü 1×10^{-3} mol/ L'dir. Buna göre Kç değeri aşağıdakilerden hangisine eşittir?

- A) 1×10^{-12} B) 9×10^{-14} C) 27×10^{-12} D) 3×10^{-12}

5. Belli bir sıcaklıkta 1 L doymuş $CaCO_3$ çözeltisi 7×10^{-5} mol CO_3^{2-} içerdiğine göre $CaCO_3$ çözeltisinin Kç'si nedir?

- A) $4,9 \times 10^{-9}$ B) 7×10^{-9} C) $3,5 \times 10^{-9}$ D) $1,4 \times 10^{-9}$

6. Belli bir sıcaklıkta 1 L doymuş çözeltisini hazırlamak için kaç mol $PbBr_2$ gerekir? ($K_{ç} = 4 \times 10^{-6}$)
- A) 1×10^{-2} B) 1×10^{-3} C) 1×10^{-4} D) 1×10^{-6}
7. $AgCl$ 'nin 0,1 M $NaCl$ çözeltisindeki çözünürlüğü aşağıdakilerden hangisidir? ($AgCl$ için belli bir sıcaklıkta $K_{ç} = 1,7 \times 10^{-10}$)
- A) $8,5 \times 10^{-9}$ B) $1,7 \times 10^{-9}$ C) $3,4 \times 10^{-9}$ D) $1,3 \times 10^{-10}$
8. Aynı sıcaklıkta çözünürlük çarpımları verilen aşağıdaki bileşiklerden hangisinin çözünürlüğü mol/L olarak en büyüktür?
- | | |
|-------------|----------------------|
| | $\frac{K_{ç}}$ |
| A) CaF_2 | 4×10^{-11} |
| B) $AgBr$ | 7×10^{-13} |
| C) $SrCO_3$ | $1,6 \times 10^{-9}$ |
| D) PbI_2 | $1,3 \times 10^{-8}$ |
9. Belli bir sıcaklıkta eşit hacimde 4×10^{-3} M KF çözeltisi ile $MgCl_2$ çözeltisi karıştırılıyor. Çökmenin başlaması için $MgCl_2$ derişiminin hangi değerin (MgF_2 için $K_{ç} = 6.10^{-9}$) üstünde olmalıdır?
- A) 1.10^{-3} B) 2.10^{-3} C) 3.10^{-3} D) 4.10^{-3}
10. 100 litre su içinde 0,932 gram $BaSO_4$ konuluyor. Baryum sülfatın ($K_{ç} = 1.10^{-10}$, $BaSO_4$: 233) yüzde kaç çözünür?
- A) 12,5 B) 25 C) 50 D) 75

DEĞERLENDİRME

Cevaplarımızı cevap anahtarıyla karşılaştırmız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarımızın tümü doğru ise “Modül Değerlendirme”ye geçiniz

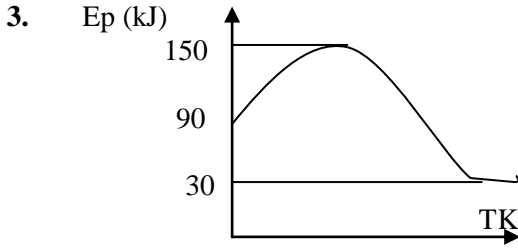
MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Mekanizmalı bir reaksiyon için;
I. Hızı en hızlı adım belirler.
II. Aktifleşme enerjisi en büyük olan, yavaş adımdır.
III. Reaksiyonun hızı basamaklardaki hızların ortalamasıdır.
Verilenlerden hangisi ya da hangileri doğrudur?
A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) II ve III
2. I. Bir tepkimenin olabilmesi için tepkimeye giren moleküllerin çarpışması gerekir.
II. Her çarpışma reaksiyonla sonuçlanmaz.
III. Kabın hacmi artırılırsa moleküller daha fazla çarpışır.

İfadelerinden hangisi ya da hangileri doğrudur?

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



yukarıda verilen grafiğe göre;

- I. $\Delta H = 60$ kJ'dir.
III. İleri aktiflenme enerjisi 60 kJ'dir.
IV. Geri aktiflenme enerjisi 120 kJ'dir.
Yargılarından hangisi ya da hangileri doğrudur?

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

4. Deney [A] [B] [C] Hız mol/L dk.

1	0,2	0,01	0,4	$1 \cdot 10^{-6}$
2	0,1	0,01	0,4	$1 \cdot 10^{-6}$
3	0,2	0,01	0,8	$1 \cdot 10^{-6}$
4	0,2	0,04	0,4	$64 \cdot 10^{-6}$

yukarıdaki deney bir tepkimeyle ilgili deney sonuçlarına aittir. Bu tepkimenin hız sabiti k 'nin değeri kaçtır?

- A) 1 B) 2,5 C) 10 D) 20

5. $X_{(g)} + Y_{(g)} \rightleftharpoons Z_{(g)}$ tepkimesi ile ilgili aşağıdaki deneysel veriler elde edilmiştir.

$[X]$ mol/L	$[Y]$ mol/L	Hız (mol/L sn.)
0,20	0,10	$0,6 \cdot 10^{-3}$
0,40	0,20	$2,4 \cdot 10^{-3}$
0,20	0,20	$1,2 \cdot 10^{-3}$

Buna göre tepkimenin hız denklemi aşağıdakilerden hangisidir?

- A) $TH = k.[X].[Y]$ C) $TH = k.[Y]^2$
B) $TH = k.[X]^2$ D) $TH = k.[X]^3$
6. 2 L'lik bir kaba 500 K'de bir miktar SO_3 konuluyor. Sabit sıcaklıkta;
 $2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$
tepkimesine göre dengeye geldiğinde $P_{SO_3} = P_{O_2}$ ve kabın iç basıncı 8,2 atm olduğuna göre derişime bağılı denge sabiti kaçtır?
A) 0,1 B) 0,2 C) 0,4 D) 0,8
7. $2CO_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{2(g)}$
tepkimesi 4 litrelik bir kapta belli bir sıcaklıkta dengede iken 4 mol CO_2 gazı 8 mol CO ve 4 mol O_2 bulunmaktadır. Sıcaklık sabit tutularak kabın hacmi yarıya indirilip bir miktar daha CO ilave ediliyor.
Yeni denge kurulduğunda kapta 8 mol CO_2 bulunduğuna göre eklenen CO kaç moldür?
A) 6 B) 8 C) 12 D) 24
8. Katıların suda çözünmesi ile hazırlanan çözeltiler için;
I. Çözünen madde toz hâline getirilirse çözünürlük artar.
II. Çözücü değıştirilirse katının çözünürlüğü değışir.
III. Bir çözeltili karıştırılırsa çözünürlük artar.
Yukarıdakilerden hangisi veya hangileri doğrudur?
A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve II
9. Doymuş PbI_2 çözeltilisinden bir miktar PbI_2 çöktürmek için;
I. Çözeltiliye su eklenmelidir.
II. Çözeltiliye $NaI_{(k)}$ eklenmelidir.
III. Çözeltiliye $Pb(NO_3)_{2(k)}$ eklenmelidir.
İşlemlerinden hangileri uygulanmalıdır?
A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) II ve III
10. 500 ml'lik doymun $Mg(OH)_2$ çözeltilisinde kaç gram çözünmüştür?
A) $2,9 \cdot 10^{-3}$ B) $2,9 \cdot 10^{-4}$ C) $5,8 \cdot 10^{-4}$ D) $5,8 \cdot 10^{-3}$

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki modüle geçiniz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1	D
2	A
3	B
4	D
5	B
6	B
7	B
8	A
9	C
10	D
11	D

ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	D
2	C
3	B
4	D
5	A
6	B
7	C
8	B
9	D
10	B

ÖĞRENME FAALİYETİ-3'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	B
2	D
3	D
4	C
5	A
6	A
7	B
8	D
9	C
10	B

MODÜL DEĞERLENDİRMENİN CEVAP ANAHTARI

1	B
2	D
3	A
4	A
5	A
6	B
7	C
8	D
9	D
10	C

KAYNAKÇA

- PETRUCCI R. H., W. S. HARWOOD, F. G. HERRING, **Genel Kimya İlkeleri ve Modern Uygulamaları**, Palme Yayıncılık, Ankara, 2005.
- MORTIMER C. E. , **Modern Üniversite Kimyası**, İzmir, 1989.
- YEMENİCİ S., **ÖYS Kimya**, Başarı Yayınları, 1994.
- DURSUN M. F., G. KIZILDAĞ, **Kimya Lise 2**, MEB, Ankara 2005.
- BERKEM A. R., S. BAYKUT, M. L. BERKEM, **Fizikokimya**, İstanbul 1994.