

Marina Stojanovska

KİMYA

2. SINIF

Lise Eğitimi için

KİMYA

2. SINIF

Lise Eğitimi için

Kuzey Makedonya Cumhuriyeti Eğitim ve Bilim Bakanlığı tarafından,
21.5.2026 tarih ve 26-642/1 sayılı kararla onaylanmıştır.

Orijinal baskının başlığı:

ХЕМИЈА ЗА II ГОДИНА гимназиско образование

Yayımlayan

Litera Group, Üsküp, 2026

Yazar

Marina Stojanovska

Genel Yayın Yönetmeni

Ajnure Selmani

Editör

Samije Limani Musliu

Eğitim ve Bilim Bakanlığı Kitap İnceleme Komisyonu

Prof. Dr. Nataša Ristovska

Prof. Dr. Shemsedin Abdulı

Nada Janković

Makedonca`dan Türkçe`ye çeviri

Muhammed İdrizi

Dil Lektörü

Dr. Cüneyt Nur

Tasarım

Litera Group - Rina Adili

Grafik ve Teknik Düzenleme

Litera Group

Baskı

Print Factory - Üsküp

Baskı Adedi

200

© 2026 Litera Group. Tüm hakları saklıdır.

Bu ders kitabının hiçbir bölümü, yayınevinin önceden alınmış yazılı izni olmaksızın, elektronik veya mekanik yöntemler dâhil olmak üzere, fotokopi, kayıt ya da başka herhangi bir yöntemle çoğaltılamaz, kopyalanamaz, dağıtılamaz, kamuya iletilemez veya herhangi bir biçimde aktarılamaz.

CIP - Каталогизација во публикација

Национална и универзитетска библиотека "Св. Климент Охридски", Скопје

54(075.3)

STOJANOVSKA, Marina

Kimya : 2. sınıf lise eğitimi için / Marina Stojanovska ;
[Makedonca`dan Türkçe`ye çeviri Muhammed İdrizi]. - Üsküp : Litera
Group, 2026. - 196, [11] str. : илустр. ; 29 см

Превод на делото: Хемија за II година гимназиско образование. -
Terimler sözlüğü: str. [198-203]. - Регистар. - Библиографија: str.
[206]

ISBN 978-608-4855-95-8

COBISS.MK-ID 69336837

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	5
BU DERS KİTABINI NASIL KULLANACAKSINIZ.....	6

1. DAĞILIM SİSTEMLERİ

1.1. DAĞILIM SİSTEMLERİNİN TÜRLERİ . 10	
HOMOJEN VE HETEROJEN SİSTEMLER.....	10
DAĞILIM SİSTEMLERİNİN TÜRLERİ	12
1.2 ÇÖZELTİLER VE ÇÖZELTİLERİN BİLEŞİMİNİN İFADESİ	15
ÇÖZELTİLER.....	15
ÇÖZELTİLERİN BİLEŞİMİNİ İFADE ETME YOLLARI	17
Kalitatif (Nitel) ve Kantitatif (Nicel) Bileşim.....	17
Nicel bileşim nasıl ifade edilir?.....	17
ÇÖZELTİLERİN HAZIRLANMASI	22
Çözeltide çözünmüş katı maddenin belirli bir kütle oranına sahip bir çözelti hazırlama	23
Çözeltide çözünmüş katı maddenin belirli bir nicel veya kütsel konsantrasyonuna sahip bir çözelti hazırlama	25
1.3 ÇÖZELTİ TÜRLERİ VE ÇÖZÜNÜRLÜK ÇÖZELTİ TÜRLERİ VE ÇÖZÜNÜRLÜK.....	27
ÇÖZÜNÜRLÜĞÜN BAĞLI OLDUĞU FAKTÖRLER	30
1.4. ELEKTROLİTLER VE ELEKTROLİTLERİN AYRIŞMASI	35
ELEKTROLİT ÇÖZELTİLERİ	35
ELEKTROLİTLERİN AYRIŞMASI.....	38
Elektrolitlerin Ayrışması	38
Elektrolitik ayrışma teorisine göre asitler ve bazlar ..	40
Elektrolit Ayrışma Derecesi	41
SUYUN ELEKTROLİTİK AYRIŞMASI VE pH....	44
1.5. İYONİK REAKSİYONLAR İYONİK REAKSİYONLAR	48
Çözünürlüğü düşük bir bileşik (çökelti) oluşturan iyonik reaksiyonlar.....	48
Zayıfça ayrışan bir bileşik üreten iyonik reaksiyonlar	50
Gaz üreten iyonik reaksiyonlar	50
İYONİK DENKLEMLER	51
Tematik test	53
ÖZET.....	55

2. KİMYASAL TEPKİMELER VE KİMYASAL DENKLEMLER

2.1.KİMYASAL TEPKİMELERİN SINIFLANDIRILMASI.....	58
DÖNÜŞÜMLÜ VE DÖNÜŞÜMSÜZ KİMYASAL TEPKİMELER.....	58
KİMYASAL TEPKİMELERİN SINIFLANDIRILMASI İÇİN DİĞER SEÇENEKLER	60
Birleşme Tepkimeleri	60
Ayrışma Tepkimeleri	62
Yer Değiştirme Reaksiyonları	64
Çift Yer değiştirme Tepkimesi.....	65
Kondensasyon (Yoğuşma) Tepkimeleri	65
2.2. KİMYASAL DENKLEMLERE DAYALI HESAPLAMALAR	67
KİMYASAL DENKLEMLER	67
KİMYASAL REAKSİYONUN ERİŞİM ALANI....	69
KİMYASAL DENKLEMLERE DAYALI KİMYASAL HESAPLAMALAR	73
Tematik test	78
ÖZET.....	79

3. SÜREÇLERDEKİ ENERJİ DEĞİŞİMLERİ

3.1 ENERJİ VE ENERJİ ALIŞVERİŞİ	82
ENERJİ.....	82
ENERJİ ALIŞVERİŞİ.....	85
3.2 FİZİKSEL VE KİMYASAL SÜREÇLERDE TERMAL ETKİLER	90
FİZİKSEL VE KİMYASAL SÜREÇLERDE ENTALPİ VE TERMAL ETKİLER	90
TERMAL ETKİLERİ İÇEREN KİMYASAL HESAPLAMALAR	93
3.3 TERMOKİMYASAL DENKLEMLER	97
TERMOKİMYASAL DENKLEMLER	97
VERİLEN BİR TERMOKİMYA DENKLEMİNE DAYANARAK REAKSİYONLARIN TERMAL ETKİLERİNİN HESAPLANMASI.....	101
Tematik test	103
ÖZET	105

4. KİMYASAL TEPKİMELERİN KİNETİĞİ 106

4.1 KİMYASAL REAKSİYONLARIN HIZI.. 108

KİMYASAL REAKSİYONLARIN HIZI.....	108
Kimyasal bir tepkimenin hızı nedir?	108
Bir tepkimenin hızı deneysel olarak nasıl izlenebilir?.....	113
KİMYASAL TEPKİMELERİN HIZINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER	116
Maddelerin doğasının reaksiyon hızına etkisi.....	116
Katı haldeki reaktantların yüzey alanının kimyasal reaksiyon hızına etkisi.....	116
Reaktif madde konsantrasyonunun kimyasal reaksiyonların hızına etkisi	118
Sıcaklığın Kimyasal Reaksiyonların Hızı Üzerindeki Etkisi	120
Katalizörün kimyasal reaksiyonların hızına etkisi	122

4.2 ÇARPIŞMA TEORİSİ VE AKTİFLEŞMİŞ KOMPLEKS TEORİSİ 124

ÇARPIŞMA TEORİSİ	124
AKTİFLEŞMİŞ KOMPLEKS TEORİSİ.....	126

4.3 KATALİZ..... 130

KATALİZÖRLER VE KATALİTİK TEPKİMELER.....	130
Katalizörler ve İnhibitörler	130
Aktivite.....	131
Katalitik Reaksiyonlar ve Kataliz	132
Katalizörlerin etki mekanizması	132
KATALİZÖRLERİN ÖNEMİ VE UYGULAMA ALANLARI	135
Endüstrideki katalizörler.....	136
Biyokatalizörler.....	138
Fotokatalitik Reaksiyonlar	139
Tematik test	141
ÖZET.....	143

5. KİMYASAL DENGESİ 144

5.1 KİMYASAL DENGESİ 146

KİMYASAL DENGESİ.....	146
KİMYASAL DENGESİ DURUMUNDAKİ KİMYASAL TEPKİMELERİN GÖSTERİMİ.....	149

5.2 KİMYASAL DENGESİ SABİTİ..... 154

KİMYASAL DENGESİ SABİTİ	154
KİMYASAL DENGESİ SABİTLERİNİ İÇEREN KİMYASAL HESAPLAMALAR.....	157

5.3 KİMYASAL DENGESİNİN KAYDIRILMASI 160

KİMYASAL DENGESİ ETKİLEYEN

FAKTÖRLER	160
Reaktan derişimlerindeki değışikliklerin kimyasal denge üzerindeki etkisi.....	160
Basınç değışiminin kimyasal denge üzerindeki etkisi	161
Le-Chatelier Braun İlkesi.....	165
Tematik test	169
ÖZET.....	171

6. YÜKSELTGENME - İNDİRGENME SÜREÇLERİ 172

6.1 YÜKSELTGENME BASAMAKLARI 174

YÜKSELTGENME BASAMAKLARI	174
YÜKSELTGENME BASAMAKLARININ BELİRLENMESİ	175

6.2 YÜKSELTGENME (OKSİDASYON)- İNDİRGENME (REDÜKSİYON) TEPKİMELERİ 178

REDOKS TEPKİMELERİ.....	178
Yükseltgenme ve İndirgenme	178
Yükseltgen ve indirgen maddeler.....	179
REDOKS REAKSİYON DENKLEMLERİNİN DENKLEŞTİRİLMESİ.....	184

6.3 METALLERİN ELEKTROKİMYASAL SERİSİ 188

METALLERİN ELEKTROKİMYASAL SERİSİ.....	188
METALLERİN ELEKTROKİMYASAL SERİSİNİN İNCELENMESİ	191
Tematik Test	195
ÖZET.....	197
TERİMLER SÖZLÜĞÜ	198
ALFABETİK DİZİN	204
KAYNAKLAR.....	206

ÖNSÖZ

Bu Kimya ders kitabı öncelikle lise ikinci sınıf öğrencileri için tasarlanmıştır ve aynı zamanda etkileşimli ve öğrenci odaklı araştırmaya dayalı öğretimi mümkün kılan kimya öğretmenleri için önemli bir destek niteliğindedir. Ana amacı, günlük yaşamda ve sürdürülebilir kalkınmada önemli bir role sahip temel bir bilim dalı olarak kimyaya yönelik merakı ve anlayışı teşvik etmektir. Ders kitabı, lise ikinci sınıf kimya müfredatına ve ders kitabı yazım konseptine (düzenine) uygun olarak geliştirilmiş olup, modern pedagojik yaklaşımları ve en son bilimsel bilgileri takip etmektedir. İçeriği, aktif ve yaşam boyu öğrenmeyi teşvik etmek amacıyla kapsayıcılık, eşitlik ve kaliteli eğitim ilkelerini içermektedir.

İçerik, öğrencilerin yaşına ve ön bilgilerine uyarlanmış, bilişsel gelişimlerine ve anlama düzeylerine uygun terminoloji kullanılarak mantıksal tematik üniteler halinde düzenlenmiştir.

Dağılmış Sistemler başlığını taşıyan ilk konuda, öğrenciler farklı dağılmış sistem türleriyle tanıştırılır ve özellikle çözeltilere ve çeşitli faktörlerin maddelerin çözünürlüğü üzerindeki etkisine dikkat çekilir. Bu konunun ayrılmaz bir parçası, elektrolitler ve elektrolit ayrışması ile ilgili kavramlardır. Öğrenciler iyonik denklemler yazma ve çözeltilerin bileşimini ifade etmeyle ilgili hesaplamalar yapma konusunda eğitilirler. İkinci konu olan ***Kimyasal Reaksiyonlar ve Kimyasal Denklemler***, kimyasal reaksiyonların sınıflandırılmasını ve kimyasal denklemlere dayalı hesaplamaları kapsar. Süreçlerdeki Enerji Değişimleri başlığını taşıyan üçüncü konuda, farklı sistem türleri ve enerji alışverişi, yani fiziksel ve kimyasal süreçlerdeki termal etkiler açıklanır. Öğrenciler örnekler aracılığıyla çeşitli ekzotermik ve endotermik reaksiyonların termokimyasal denklemlerini temsil etmeyi ve yorumlamayı ve uygun hesaplamaları yapmayı öğrenirler. Dördüncü konu olan ***Kimyasal Reaksiyonların Kinetiği***, reaksiyon hızıyla ilgili kavramları ve çarpışma teorisi ve aktif kompleks teorisi kullanılarak kimyasal reaksiyon hızını etkileyen faktörlerin açıklamasını ele alır. Öğrenciler katalizörler, anlamları ve uygulamaları hakkında temel bilgi edinirler. ***Kimyasal Denge*** başlığını taşıyan beşinci konuda, öğrenciler kimyasal dengenin dinamik doğasına, özellikle konsantrasyondaki değişikliklerin etkisine vurgu yapılarak giriş yaparlar.

Katılımcılar, kimyasal denge üzerindeki sıcaklık ve basınç ile Le Chatelier ve Brown prensipleri gibi konuları ele almaktadır. Son konu olan Oksidasyon-İndirgeme Süreçleri, oksidasyon sayılarının belirlenmesi kurallarını, redoks reaksiyonlarını ve bunların metallerin elektrokimyasal serisiyle bağlantısını kapsamaktadır.

Ders kitabında, temel kimyasal kavramlar ve süreçler, günlük hayattan örnekler ve pratik etkinlikler aracılığıyla ele alınarak, öğrenmeyi daha anlaşılır ve öğrencilere daha yakın hale getirmektedir. Özellikle araştırma becerilerinin ve analitik düşünmenin geliştirilmesine önem verilmekte olup, bilginin pratik uygulamasına yönelik etkinlikler sunulmaktadır. Bu etkinlikler, öğrencilerin gözlem yapmalarını, deney yapmalarını ve sonuç çıkarmalarını teşvik eden deneysel öğrenme yoluyla araştırma ruhunu ve merakını teşvik etmektedir.

Her öğretim ünitesinin ve tematik ünitenin sonunda, Bloom Taksonomisi seviyelerine uygun olarak tasarlanmış, bilgiyi test etmek için sorular yer almaktadır. Araştırma etkinlikleri, analiz ve pratik uygulama yoluyla öğrenciler, bilgi ve becerilerini aktif olarak geliştirirler. Ders kitabının sonunda, terimler sözlüğü, alfabetik indeks ve kullanılan literatür listesi bulunmaktadır.

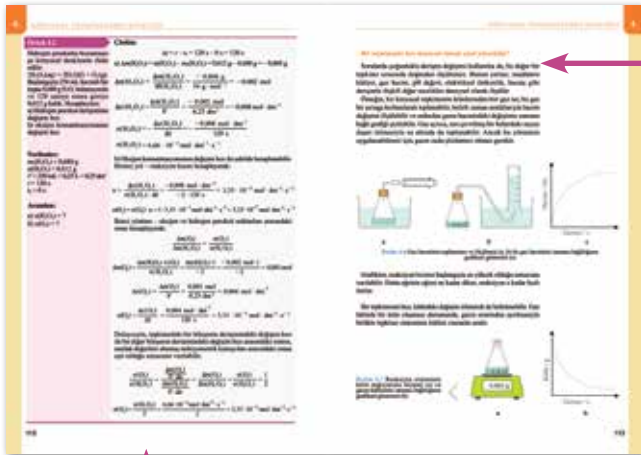
Ders kitabının kalitesinin iyileştirilmesine yaptıkları önemli katkılardan dolayı hakemlere ve editöre içtenlikle teşekkür ederiz.

Yazar

BU DERS KİTABINI NASIL KULLANACAKSINIZ

Bu ders kitabı, görsel olarak birbirinden farklı birkaç yapısal unsur içermektedir. Bu kısa kılavuz, ders kitabında daha kolay gezinmenize, anlamınıza ve içerdiği farklı bölümleri etkili bir şekilde kullanmanıza yardımcı olacak, böylece öğrenme sürecini ve edinilen bilgilerin uygulanmasını kolaylaştıracaktır.

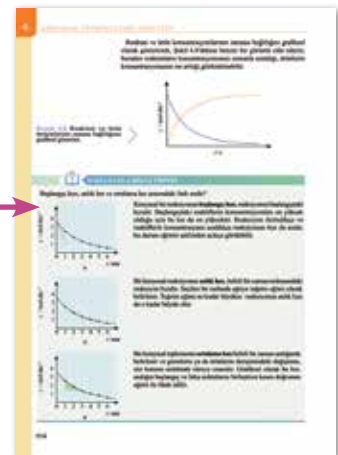
Her konunun **giriş sayfaları**, müfredat ve standartlarla uyumlu ve beklenen öğrenme çıktılarına yönelik içeriği sunmaktadır.

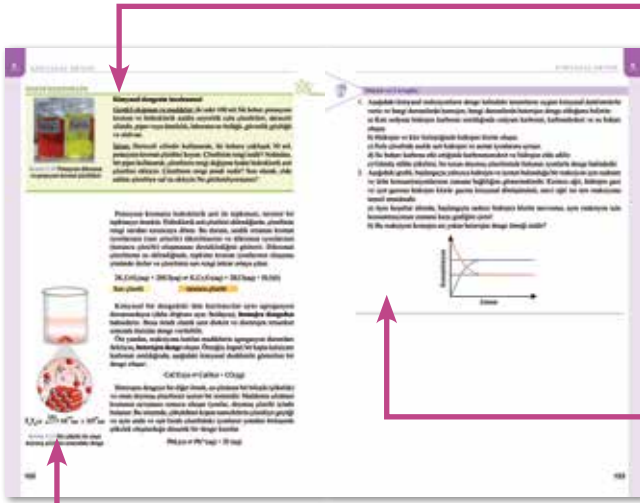


Ana metin, temel fikirleri detaylandırır ve kavramları açık bir şekilde birbirine bağlayarak yeni içeriğin daha net ve verimli bir şekilde benimsenmesine katkıda bulunur. Öğretim üniteleri, uygun alt başlıklarla daha küçük, mantıksal olarak yapılandırılmış ünitelere ayrılmıştır; bu da anlamayı kolaylaştırır ve bilgilerin düzenlenmesine yardımcı olur. Ders kitabı boyunca, en önemli terimler ve tanımlar kalın harflerle görsel olarak vurgulanmıştır. Ayrıca, ana metin, içeriği takip etmenizi kolaylaştırmak ve ele alınan konuları daha derinlemesine anlamınıza katkıda bulunmak için açıkça işaretlenmiş **çözümlü örnekler** içermektedir.

Ana metne ek olarak, ders kitabı konuyu tamamlayan ve zenginleştiren **ek metinler** içermektedir. Bunlar, materyali daha ayrıntılı bir şekilde anlamınızı sağlayacak, merakınızı uyandıracak ve daha fazla keşfetmenizi teşvik edecektir.

"Daha Fazla Bilgi Edinin" bölümleri, bilginizi genişletmenize ve kimyanın gerçek dünyadaki uygulamalarını görmenize yardımcı olacak ek bilgiler, ilginç gerçekler, biyografiler ve günlük yaşamdan örnekler içermektedir. Bu içerik, kabul için zorunlu değildir, ancak daha fazlasını keşfetmek isterseniz ek bir kaynak olarak hizmet eder.

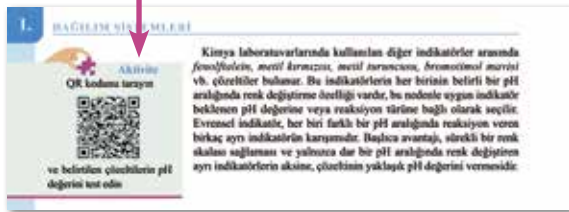




Bu ders kitabı şunları içermektedir:

Farklı anlama ve bilgi edinme yöntemlerine özenle seçilmiş ve uyarlanmış **görsel öğeler** ve grafik çizimler. Bunlar, soyut içeriği daha kolay anlamana yardımcı olacak ve mantıklı düşünmenizi teşvik edecektir.

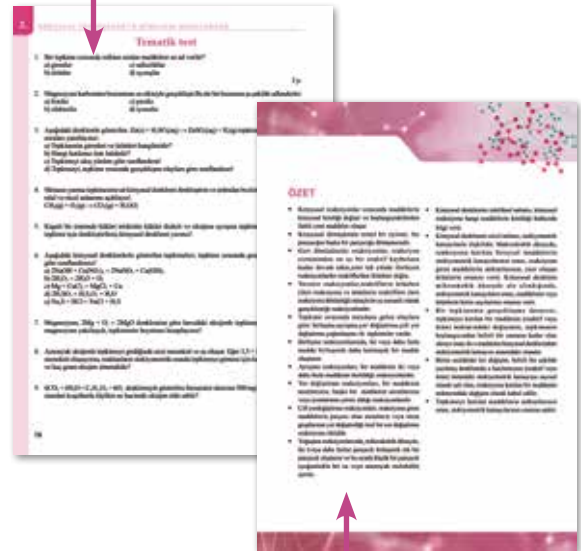
Öğretimi daha **dinamik ve etkileşimli** hale getiren ve içeriği sizin öğrenme hızınıza ve eğitim ihtiyaçlarınıza uyarlayan dijital kaynaklar.



Özet bölümü, içeriği daha kolay anlamana ve tekrarlamana yardımcı olacak en önemli kavramları, tanımları ve kuralları vurgular.

"**Haydi Keşfedelim**" bölümleri, bağımsız veya grup çalışması için deneyler sunmaktadır. Deneylere başlamadan önce, maddeler ve ekipmanlar hakkında bilgi sahibi olmanız ve her zaman güvenlik önlemlerine uymanız önemlidir. Gözlemlerinizi, sonuçlarınızı ve sonuçlarınızı düzenli olarak laboratuvar günlüğüne kaydetmelisiniz.

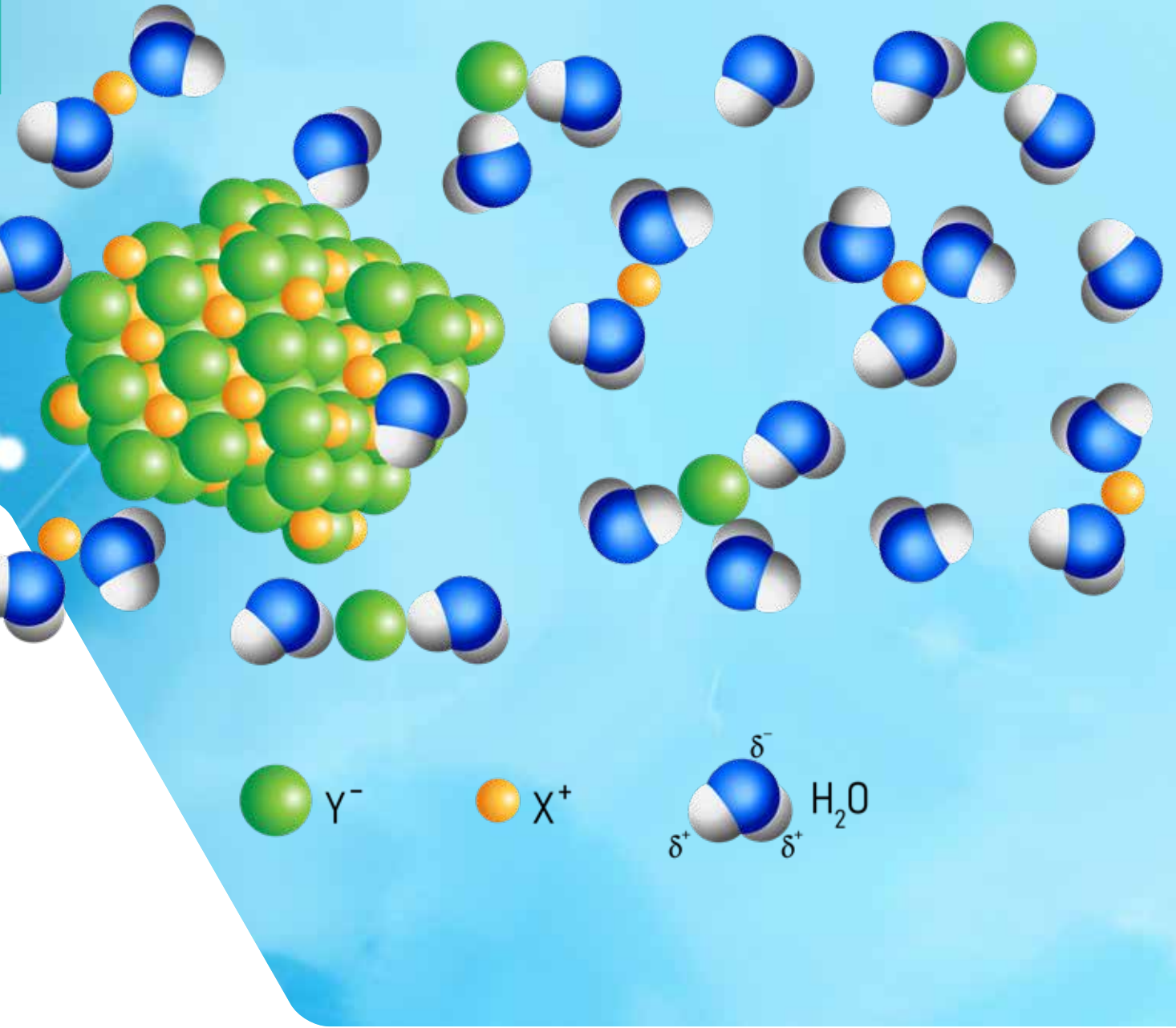
Bağımsız çalışma için tasarlanmış, eleştirel düşünmeyi ve bilginin günlük yaşamda pratik uygulamasını teşvik eden sorular ve etkinlikler. Analiz, bağlantılar kurma ve farklı bakış açılarından düşünme yoluyla daha derin bir anlayışa ulaşmanıza rehberlik edeceklerdir.



1. DAĞILIM SİSTEMLERİ

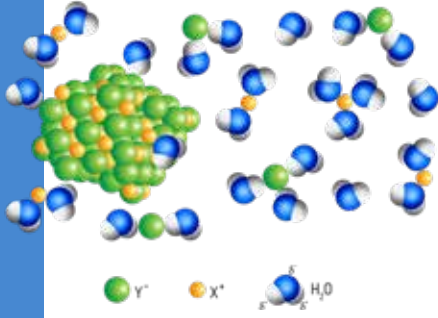
Bu konuyu inceledikten sonra şunları yapabileceksiniz:

- Dağınık sistemleri sınıflandırmayı, dağınık sistemlerdeki bileşenler arasında ayırım yapmayı ve farklı dağınık sistem türlerine örnekler vermeyi,
- Bir çözeltideki bileşenleri birbirinden ayırt etmek, çözeltilerin nicel bileşimini oranlar, orantılar ve konsantrasyonlar yoluyla ifade etmek ve hesaplamak ve belirli bir kütle oranına, yani bir çözeltideki çözünmüş katıların belirli bir nicel/kütle konsantrasyonuna sahip çözeltiler hazırlamak;
- Doymamış, doymuş ve aşırı doymuş çözeltiler arasında ayırım yapabilmek, çözünürlüğü ve çeşitli faktörlerin maddelerin çözünürlüğü üzerindeki etkisini açıklayabilmek, çözünürlük eğrilerini yorumlayıp gösterebilmek ve çözünürlük eğrilerinden elde edilen verileri kullanarak çözünürlükle ilgili problemleri çözebilmek;
- Elektrolitleri elektrolit olmayanlardan ayırt etmek, elektrolit ayrışmasının nedenlerini ve sürecini ve elektrik akımının iletimini açıklamak, elektrolitlerin elektrolit ayrışmasını kimyasal denklemlerle göstermek ve elektrolit ayrışma teorisine göre güçlü ve zayıf elektrolitleri, asitleri ve bazları birbirinden ayırt etmek;
- İyonik tepkimeyi tanımlayabilmek, iyonik tepkimenin gerçekleşme koşullarını sıralayabilmek ve iyonik tepkimeleri denklemlerle gösterebilmek.



İÇİNDEKİLER

- 1.1. Dağılım Sistemlerinin Türleri
- 1.2. Çözeltiler ve çözeltilerin bileşiminin ifadesi
- 1.3. Çözelti türleri ve çözünürlük
- 1.4. Elektrolitler ve elektrolit ayrışması
- 1.5. İyonik tepkimeler



Terimler:

sistem, homojen sistem, heterojen sistem, dağılmış sistem, dağılmış madde/dağılmış faz, dağıtım ortamı, iri taneli dağılmış sistem, koloidal dağılmış sistem, moleküler dağılmış sistem/çözelti, aerosol, emülsiyon, süspansiyon, köpük

1.1. DAĞILIM SİSTEMLERİNİN TÜRLERİ

HOMOJEN VE HETEROJEN SİSTEMLER

Günlük yaşamda sürekli olarak çeşitli karışımlarla karşılaşırız: hava, taşlar, alaşımlar, sirke, süt vb. Bu ve diğer sistem türleri, sodyum hidroksit çözeltisi, demir ve kükürt karışımı gibi kimya laboratuvarlarında da araştırma konusudur.

Bir sistemi incelerken, genellikle bileşenler arasında sınır yüzeyleri fark edilebilir. Bu tür sistemlere **heterojen sistemler** denir. Bu tür sistemlere örnek olarak cevherler, toprak, havadaki duman, yağ ve su karışımı verilebilir. Öte yandan, **homojen sistemler**, sirke, deniz suyu, hava, altın takılar gibi bileşenler arasında sınır bulunmayan sistemlerdir.



Resim 1.1 Çevremizdeki Heterojen Sistemler



Resim 1.2 Çevremizdeki Homojen Sistemler



Aktivite

Sadece tek bir saf maddeden oluşan heterojen bir sistemi düşünün ve bir örnek verin!

Heterojen bir sistemde, kendisi de homojen olan parçalar ayırt edilebilir. Heterojen bir sistemin diğer kısmıyla temas halinde olan ancak açıkça tanımlanmış sınırlarla ayrılan bu tür homojen kısma **faz** denir. Bu nedenle yağ ve su karışımı heterojen sistemdir, ayrı bileşenleri (su ve yağ) temsil eden iki fazdan oluşmaktadır.

Resim 1.3 Heterojen Sistem: yağ ve su





HAYDİ KEŞFEDELİM

Homojen ve heterojen sistemlerin hazırlanması

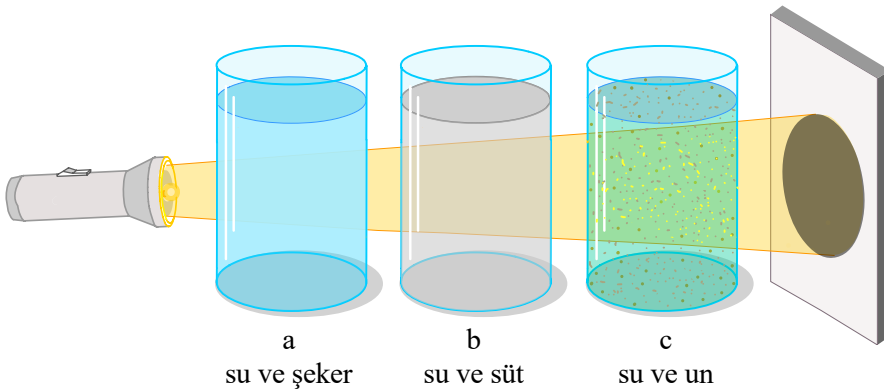
Gerekli araç ve gereçler: Üç adet 100 mL'lik laboratuvar beheri, damıtılmış su, şeker, süt tozu, un, diyot lazer, iki çay kaşığı, üç cam çubuk, laboratuvar önlüğü, koruyucu gözlük, eldiven.

İşlem: Her bir laboratuvar beherine 40-50 mL damıtılmış su koyun. Birinci behere biraz şeker, ikinciye biraz süt tozu ve üçüncüye biraz un ekleyin. Karışımları cam çubuklarla karıştırın. Diyot lazerden gelen ışın demetini her bir beherin kenarına doğru yönlendirin! Üç durumda da lazer ışınına ne olur? Sonuçları laboratuvar raporunuza ekleyin!

Deneyden, lazer ışınının yalnızca heterojen sistemlerde (su ve süt karışımı ile su ve un karışımı) gözlemlendiği sonucuna varılabilir. Bu durum, bu tür sistemlerden geçen ışığın saçılması sonucu meydana gelir. Bu olaya **Tyndall etkisi** denir ve sistemin heterojen olduğunun, yani içinde ışığı saçabilecek daha büyük parçacıkların bulunduğunun en önemli göstergelerinden biridir.



Resim 1.4 John Tyndale (John Tyndall, 1820 – 1893)



Resim 1.5 Sistemin heterojen olması durumunda ışık demeti görülebilir



Resim 1.6 Tyndall etkisi sonucu ışığın saçılması

**Düşün ve Cevapla:**

1. Homojen ve heterojen sistemler arasındaki fark nedir?
2. Aşağıdaki sistemleri homojen veya heterojen olarak sınıflandırın:
 - a) kum ve su
 - b) bronz
 - c) tuz ve şeker
 - d) kan
 - e) sülfürik asit çözeltisi

DAĞILIM SİSTEMLERİNİN TÜRLERİ

Bir sistemin bir veya daha fazla fazının başka bir faza dağılması durumunda, dağılmış sistemden bahsederiz. Dağılmış sistemlerin genel tanımını şöyledir:

Dağılmış sistemler, bir veya daha fazla maddenin parçacıklarının başka bir maddenin parçacıkları arasında dağıldığı (yayıldığı) sistemlerdir.

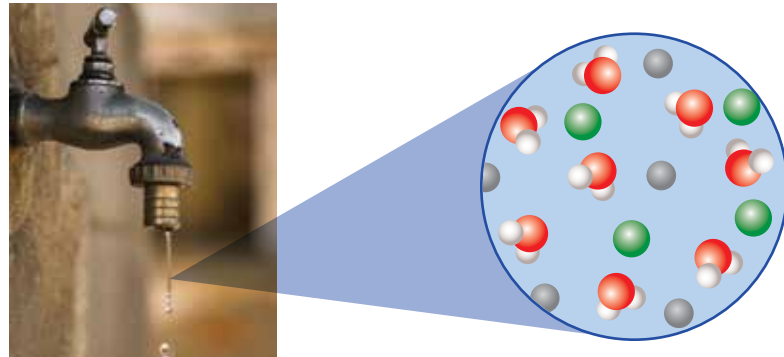
Bir maddenin içinde dağılmış halde bulunan maddeye **dağılmış madde** veya **dağılmış faz**, parçacıkların dağıldığı ortama ise **dağılım ortamı** denir.

Dağılım sistemleri çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir. Örneğin, *dağılmış maddenin (dağılmış faz) ve dağılım ortamının agregasyon durumlarına bağlı olarak emülsiyon, süspansiyon, köpük, aerosol** vb.kavramlardan bahsedilebilir.

Tablo 1.1. Dağılım sistemlerinin dağılmış fazın ve dağılım ortamının toplam durumuna göre sınıflandırılması

Dağılım Sistemi	Dağılmış faz	Dağılım ortamı	Örnekler
Emülsiyon	Sıvı	Sıvı	Suda yağ, Mayonez
Süspansiyon	Katı	Sıvı	Bulanık su, posalı meyve suyu, suda tebeşir
Köpük	Gaz	Sıvı	Krema
Aerosol	Sıvı	Gaz	Sis
	Katı	Gaz	Duman, Çimento tozu

Ancak, dağılmış sistemlerin sınıflandırılması çoğunlukla dağılmış maddenin parçacıklarının boyutuna göre yapılır. **Boyutlarına bağlı olarak, dağılmış sistemler şu şekilde ayrılır: iri taneli dağılmış sistemler, koloidal dağılmış sistemler ve moleküler dağılmış sistemler (çözeltiler).**



Resim 1.7 Musluk suyu saf bir madde değil, bir çözeltilidir

* Aerosol kelimesinin çoğulu aerosollerdir.

Tablo 1.2. Dağılım sistemlerinin türleri

Dağıtım sistemi türü	Kaba - dağılmış sistem	Kolloidal-dağılım sistemi	Moleküler-dağılım sistemi
Dağılan maddenin parçacık boyutu	> 1000 nm	1 – 1000 nm	< 1 nm
Sistem düzeni	Düzensiz; parçacıklar mikroskopla hatta çıplak gözle bile görülebilir.	Tekdüze görünüyorlar, parçacıklar çıplak gözle veya sıradan bir mikroskopla görülemiyor, ancak ışığı saçacak kadar büyükler	Tekdüze, parçacıklar çok küçük oldukları için görünmezler (moleküller veya iyonlar)
Örnekler	Suda kum, suda kil, yağ ve su	Süt, mayonez, jelatin, yumurta akı	Su veya havada şeker veya tuz çözeltisi
Sistem türü	heterojen	heterojen	homojen

Dağılmış maddenin parçacık boyutu değerleri yaklaşık değerlerdir ve kesin bir sınır çizilemez. IUPAC'ın tavsiyelerine göre istisnalar vardır ve tanım kesin bir kural olarak kabul edilmemelidir. Açık olan şudur ki, iri taneli ve kolloidal olarak dağılmış sistemler, dağılmış fazın ve dağılım ortamının homojen bir sistem oluşturduğu çözeltilerden (moleküler olarak dağılmış sistemler) farklıdır.

İri taneli sistemler kararsızdır ve homojen fazlar bunlardan hızla ayrılır. Bu nedenle, yağ ve suyun yoğun bir şekilde karıştırılması sırasında iri taneli bir sistem oluşur (**emülsiyon**). Yağ damlacıklarının su damlacıkları arasında dağıldığı bir emülsiyon söz konusudur. Bu emülsiyon bir süre bekletilirse, yağ ve su, belirgin ve görünür bir sınırla iki homojen faza ayrılır. Tabakalaşmayı önlemek için, **kabaca dağılmış sistemi** stabilize eden bir madde olan emülgatör sisteme eklenebilir.

Kaba dağılmış Sistemlere bir diğer örnek de **süspansiyondur**. Çamur suda karıştırıldığında, katı maddenin parçacıklarının suyun her tarafına dağıldığı bir süspansiyon elde edilebilir (sıvı dağılım ortamı). Bekletildiğinde, katı parçacıklar kabın dibine çöker (sedimentasyon). Bileşenlerin parçacık boyutlarındaki farklılık nedeniyle katı faz, filtrasyon yoluyla sıvı fazdan ayrılabilir.



Uluslararası bilimsel kuruluş IUPAC (Uluslararası Saf ve Uygulamalı Kimya Birliği), dünyanın dört bir yanındaki kimyagerlerin aynı, açık ve kesin dili kullanabilmesi için kimyasal adlandırmayı, terminolojiyi ve ölçü birimlerini standartlaştırır.

Aktivite

Emülgatörlerin kimyası hakkında daha fazla bilgi edinin! Bu maddeler, yağ ve su gibi birbirine karışmayan sıvıların nasıl karışmasını sağlıyor? Ayrıca, hamur ve diğer fırıncılık karışımlarının hazırlanmasında yumurtaların neden emülgatör olarak kullanıldığını da öğrenin!

Resim 1.8 Sudaki çamur-iri taneli bir sistemin (süspansiyon) örneği



Resim 1.9 Eczanelerde bulunan süspansiyon: Kullanımdan önce karıştırılması gereken, ağızdan alınan şurup

Kolloidal-dağılımlı sistemlere günlük hayatta da rastlanmaktadır. Bazı örnekler Tablo 1.3'te listelenmiştir.

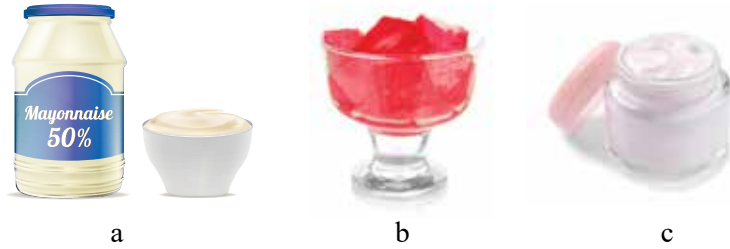
Tablo 1.3. Kolloidal dağılım sistemlerine örnekler

Dağılım faz	Dağıtım ortamı	Örnek
Gazlı	Sıvı	Krema, traş köpüğü
Gazlı	Katı	Strafor, mantar (katı köpük)
Sıvı	Gazlı	Sis (aerosol)
Sıvı	Sıvı	Süt, krema, mayonez (emülsiyon)
Sıvı	Katı	Yağ
Katı	Sıvı	Jelatin, suda çözölmüş kolloidal gümüş



Aktivite

Kanın ne tür bir dağılım sistemine sahip olduğunu araştırın!



Resim 1.10 Günlük yaşamda kolloidal-dağılımlı sistemler: mayonez (a), jelatin (b) ve kremler (c)

Düşün ve Cevapla:

1. Dağılımlı sistemler nasıl sınıflandırılabilir?
2. Gaz halindeki bir maddenin gaz halindeki bir ortamda dağıldığı heterojen bir sistem mümkün müdür? Açıklayınız!
3. Ayşe ve Marko üç örneği incelediler. Üç sistemin görünüm, çökelme eğilimi ve ışık saçılması (Tyndall Etkisi) açısından özelliklerini gözlemlədiler. Sonuçları aşağıdaki tabloda özetlediler:

Örnek	Renk	Görünüm	Yerleşme eğilimi	Tyndall Etkisi
1.	yeşil	tekdüze	hayır	hayır
2.	beyaz	Tekdüze olmayan	evet	evet
3.	gri	tekdüze	hayır	evet

Elde edilen sonuçlara göre aşağıdakileri belirleyin:

- a) hangi örnek süspansiyondur?
 - b) hangi örnek çözeltidir?
 - c) hangi örnek kolloiddir?
- Cevabınızı açıklayın!

1.2. ÇÖZELTİLER VE ÇÖZELTİLERİN BİLEŞİMİNİN İFADESİ

ÇÖZELTİLER

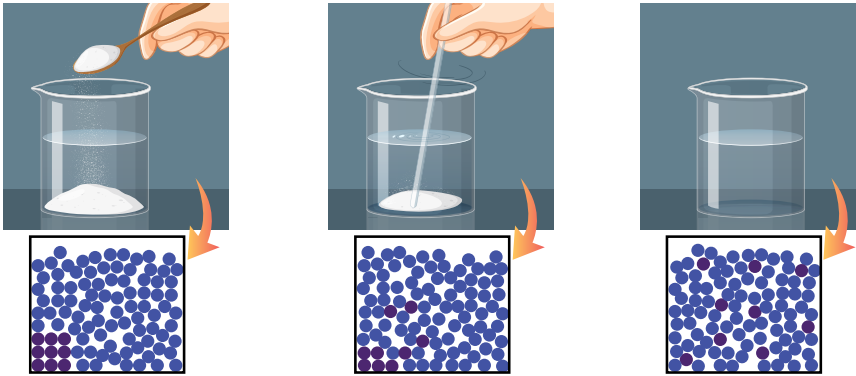
Çözeltiler hayatımızın önemli bir parçasıdır ve her gün kullanılır. Örneğin, Cedevita granüllerinin suda çözülmesiyle, çaya şeker eklenmesiyle vb. bir çözelti elde edilir. Deniz suyu da bir başka çözelti örneğidir. Çözeltiler ayrıca tıpta da kullanılır, örneğin tuzlu su çözeltisi ve infüzyon çözeltisi.

Bir madde suda çözündüğünde, kaybolmuş gibi görünebilir, ancak aslında onu oluşturan parçacıklar su parçacıkları arasında dağılarak çözelti adı verilen berrak (saydam veya renkli) bir sıvı oluşturmuştur. Aslında, moleküler olarak dağılmış sistemlere başka bir isimle çözelti denir.

Çözeltiler, bir veya daha fazla maddenin başka bir madde içinde eşit olarak dağıldığı homojen karışımlardır.

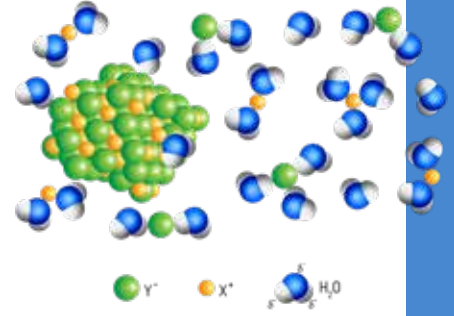
Çözeltiler homojen karışımlar olduğundan, tek bir fazdan oluştuğu sonucuna varılabilir. Bununla birlikte, bir çözeltide genellikle iki ana bileşen bulunur:

- Çözünen maddeye **çözünen madde** denir (çözünen) ve parçacıkları 1nm'den küçüktür.
- Çözünen maddenin içinde çözündüğü maddeye **çözücü** denir. Çözücü, saf haldeyken oluşan çözelti ile aynı agregasyon durumuna sahip olan ve genellikle daha büyük miktarda bulunan maddedir.



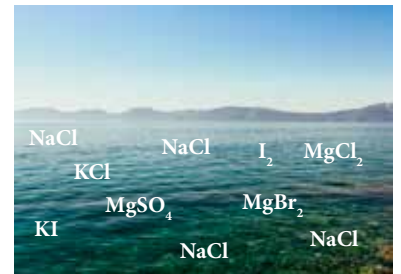
Resim 1.11 Şekerin (çözünen madde) suda (çözücü) çözünmesi.

Su, en güvenli ve en yaygın kullanılan çözücüdür. Kimya laboratuvarlarında büyük önem taşır, ancak hücreler esas olarak sudan oluştuğu için canlı organizmalarda da hayati bir rol oynar. En yaygın çözücü su olsa da alkol, aseton ve diğer bir çok madde de bazen çözücü olarak kullanılır.



Terimler:

çözücü, çözünen/çözünen, çözelti, nicel/molar oran, sayı oranı, kütle oranı, hacim oranı, nicel/molar orantı, sayı oranı, kütle oranı, hacim oranı, nicel/molar konsantrasyon, sayı konsantrasyonu, kütle konsantrasyonu, hacim konsantrasyonu, molalite



Resim 1.12 Deniz suyu bir çözeltidir



Resim 1.13 Çözeltilerin geniş bir uygulama yelpazesi vardır.

Bazı maddeler suyla karıştırıldığında çözünür. Bu maddelere suda çözünen maddeler denir ve çözünme yeteneklerine çözünürlük denir. Bazı maddeler belirli çözücülerde çözünürken, bazı çözücülerde çözünmezler. Bir maddenin belirli bir çözücüde çözünüp çözünmeyeceği öncelikle çözücünün ve çözünenin doğasına bağlıdır. Genellikle **"benzer benzeri çözer"** denir; bu, çözücüyü ve çözüneni oluşturan parçacıklar arasında var olan kimyasal bağlarda veya etkileşimlerde bir benzerlik olduğu anlamına gelir. Bu nedenle, polar olmayan bileşikler polar olmayan çözücülerde, polar ve iyonik bileşikler ise polar çözücülerde çözünür. Örneğin, sofr tuzu (iyonik bir bileşik) suda (polar bir çözücü) çözünür, ancak yağda (polar olmayan bir çözücü) çözünmez.

Çözünme sürecinde genellikle kimyasal bir değişiklik meydana gelmez, bu nedenle çözünen madde, fiziksel yöntemler kullanılarak çözücünden nispeten kolayca ayrılabilir.

En sık karşılaşılan çözeltiler sıvı çözeltilerdir, ancak gaz halinde (örneğin hava) ve katı halde (örneğin altın ve başka bir metalin karışımı olan altın yüzük gibi) çözeltiler de mevcuttur. Tablo 1.4, çözücü ve çözünenin toplam durumuna göre farklı çözelti türlerini listelemektedir.

Tablo 1.4. Çözücü ve çözünenin agregasyon durumuna bağlı olarak farklı çözelti türleri

Agrega durumları		Çözelti örneği
Çözelti	Çözücü	
Gaz	Gaz	Hava
Gaz	Sıvı	Soda-su
Sıvı	Sıvı	Suda etanol
Katı	Sıvı	Deniz suyu
Gaz	Katı	Paladyumdaki hidrojen
Sıvı	Katı	Dişçi amalgamı
Katı	Katı	bronz

Düşün ve Cevapla:

1. Moleküler dağılımlı sistemlerde dağılmış madde hangi isimle bilinir ve dağılım ortamı hangi isimle bilinir?
2. Tablo 1.4'te listelenen çözeltilerin her biri hangi agreg halindedir?
3. Aşağıdaki çözeltilerde hangisinin çözücü, hangisinin çözünen olduğunu araştırın ve belirleyin:
 - a) tuzlu su
 - b) İyon tentürü
 - c) Asidik su
 - d) sirke
 - e) antifriz



ÇÖZELTİLERİN BİLEŞİMİNİ İFADE ETME YOLLARI

Kalitatif (Nitel) ve Kantitatif (Nicel) Bileşim

Maddeler saf maddeler ve karışımlar olarak ikiye ayrılır. Maddenin türü ne olursa olsun, bileşimini bilmek önemlidir, çünkü özellikleri ve uygulamaları buna bağlıdır. Bileşimi bilmek, çözelti hazırlamak, gıdaların, ilaçların ve günlük olarak kullandığımız birçok karışımın bileşimini anlamak için önemlidir.

Bir karışımın bileşiminde hangi maddelerin bulunduğunu belirlerken, miktarlarına dikkat etmeden, nitel bileşimden bahsediyoruz. Bu nedenle, deniz suyunun su ve tuz içerdiği, havanın oksijen, azot ve karbondioksit içerdiği, sirkenin su ve asetik asit içerdiği ve ilaçların belirli bir aktif bileşen içermesi gerektiği söylenebilir. Nitel bileşim hakkında bilgi edinmek için, "ne" veya "hangi/hangi" sorusuna cevap verilmelidir.

Ancak, bir sistemin yalnızca ne içerdiğini bilmek genellikle yeterli değildir, **aynı zamanda her bileşenden ne kadar olduğunu da bilmek gerekir. Miktarı belirlerken, nicel bileşimden bahsediyoruz.** Örneğin, bir ilacın yalnızca aktif bir bileşen içermesi yetmez, etkili olabilmesi için belirli bir miktarda bulunması gerekir. Bu nedenle, "ne kadar" sorusuna verilen cevap, nicel bileşim hakkında bilgi sağlar. Nicel bileşim çeşitli ölçümlerle (örneğin kütle veya hacimle) belirlenir. Nitel bileşim önceden biliniyorsa ancak o zaman hesaplanabilir.



Resim 1.14 Bir şişe maden suyunun üzerindeki etikette, ürünün içerdiği malzemelerin miktarı belirtilir.

Nicel bileşim nasıl ifade edilir?

Kimyada sistemlerin nicel bileşimini belirlemek çok daha önemlidir. Bir karışımda her bileşenin ne kadar olduğunu belirlemek için, oranlar, orantılar ve konsantrasyonlar gibi çeşitli yöntemler ve farklı fiziksel nicelikler nicel bileşimi ifade etmek için kullanılabilir.

1) İlişkiler

Çözeltide bileşenlerden birini A, diğerini B ile gösterirsek, sistemdeki oranları şu şekilde ifade edebiliriz*:

Kantitatif/ molar oran: İki bileşenin miktarları arasındaki oran.

$$r(B, A) = \frac{n(B)}{n(A)}$$

Sayısal oran: İki bileşenin birim sayısı arasındaki oran.

$$r(B, A) = \frac{N(B)}{N(A)}$$

Kütle oranı: İki bileşenin kütleleri arasındaki oran.

$$\zeta(B, A) = \frac{m(B)}{m(A)}$$

Hacim oranı: İki bileşenin hacimleri arasındaki oran.

$$\psi(B, C) = \frac{V(B)}{V(A)}$$

* Miktar belirlemek için kullanılan harflerin telaffuzu: r - "er", ζ - "zeta", ψ - "psi"

A

Çözücü

B

Çözünmüş
madde
(Çözünen)

Madde miktarı birim sayısı ile orantılıdır (bu iki nicelik Avogadro sabitiyle ilişkilidir), dolayısıyla niceliklerin oranı birim sayısının oranına eşittir, yani niceliksel oran sayısal orana eşittir.

Tüm ilişkiler boyutsuz niceliklerdir. Sayı olarak veya küçük tam sayıların oranı olarak ifade edilebilirler.

Örnek 1.1.

Bronz, bakır ve kalayın alaşımıdır.

Bir bronz parçasında bakırın kütlesi 90g, kalayın kütlesi ise 10g'dır. Alaşımdaki bakır ve kalayın kütle ve hacim oranı nedir?

Verilenler:

$$m(\text{Cu}) = 90 \text{ g}$$

$$m(\text{Sn}) = 10 \text{ g}$$

Aranılan:

$$\zeta(\text{Cu}, \text{Sn}) = ?$$

$$r(\text{Cu}, \text{Sn}) = ?$$

Çözüm:

Alaşımdaki bakır ve kalayın kütle oranı aşağıdaki ifadeye göre hesaplanır:

$$\zeta(\text{Cu}, \text{Sn}) = \frac{m(\text{Cu})}{m(\text{Sn})} = \frac{90 \text{ g}}{10 \text{ g}} = 9$$

Dolayısıyla kütle oranı 9 veya 9:1'dir.

Bir alaşımdaki bakır ve kalayın nicel oranını bulmak için öncelikle miktarlarını bulmamız gerekir. Bunu yapmak için, Periyodik Tablodan atom kütlelerine bakmalıyız.

$$A_r(\text{Cu}) = 63,55$$

$$A_r(\text{Sn}) = 118,71$$

Buna göre, $M(\text{Cu}) = 63,55 \text{ g/mol}$ ve $M(\text{Sn}) = 118,71 \text{ g/mol}$.

Uygun ifadeleri uygulayarak şunları elde ederiz:

$$n(\text{Cu}) = \frac{m(\text{Cu})}{M(\text{Cu})} = \frac{90 \text{ g}}{63,55 \text{ g/mol}} = 1,42 \text{ mol}$$

$$\text{ve } n(\text{Sn}) = \frac{m(\text{Sn})}{M(\text{Sn})} = \frac{10 \text{ g}}{118,71 \text{ g/mol}} = 0,08 \text{ mol}$$

Alaşımdaki bakır ve kalayın nicel oranı şu şekilde hesaplanabilir:

$$r(\text{Cu}, \text{Sn}) = \frac{n(\text{Cu})}{n(\text{Sn})} = \frac{1,42 \text{ mol}}{0,08 \text{ mol}} = 17,75$$

2) Paylar (Hisseler/Oranlar)

Paylar(Hisseler/Oranlar), bir bileşenin tüm sisteme niceliksel olarak ne kadarlık bir parça ile katıldığını, yani belirli bir bileşenin bütününe ne kadarlık bir kısmını kapsadığını gösterir. Hangi pay türü olursa olsun, bu değer her zaman **0 ile 1 arasında** bir sayıdır. Genellikle yüzde olarak ifade edilir (%1=1/100), bu nedenle yüzde cinsinden pay, sayının %100 ile çarpılmasıyla elde edilir. Sistemdeki tüm payların toplamı her zaman 1'e veya (%100'e) eşittir. Bazen paylar binde olarak ifade edilir ve bu durumda sayısal değer 1000% ile çarpılır.

Oranlar benzer şekilde, orantılar da nicel (molar), sayısal, kütle ve hacimsel olabilir*.

Kantitatif /mol kesri: B bileşenin miktarı ile tüm bileşenlerin toplam miktarı arasındaki oran(bölüm)

$$x(B) = \frac{n(B)}{\sum n_i}$$

Sayısal pay: B bileşenin birim sayısı ile tüm bileşenlerin toplam birim sayısı arasındaki oran (bölüm)

$$x(B) = \frac{N(B)}{\sum N_i}$$

Kütle oranı: B bileşenin kütlesi ile tüm bileşenlerin toplam kütlesi arasındaki oran (bölüm)

$$w(B) = \frac{m(B)}{\sum m_i}$$

Hacim oranı: B bileşenin hacmi ile tüm bileşenlerin hacimlerinin toplamı arasındaki oran (bölüm)

$$\varphi(B) = \frac{V(B)}{\sum V_i}$$

Örnek 1.2.

5 gram limon otunun 120 gram suda çözülmesiyle hazırlanan çözeltideki limon otunun kütle oranını hesaplayın.

Verilenler:

$$m(\text{limon otu}) = 5 \text{ g}$$

$$m(\text{su}) = 120 \text{ g}$$

Aranılan:

$$w(\text{limon otu}) = ?$$

Çözüm:

$$w(\text{limon otu}) = \frac{m(\text{limon otu})}{\sum m_i}$$

Toplam kütle aslında çözeltinin kütlesidir ve şu şekilde elde edilir:

$$m(\text{çözelti}) = m(\text{limon otu}) + m(\text{su})$$

$$m(\text{çözelti}) = 5 \text{ g} + 120 \text{ g} = 125 \text{ g}$$

$$w(\text{limon otu}) = \frac{5 \text{ g}}{125 \text{ g}} = 0,04$$

Kütle oranını yüzde olarak ifade etmek gerekirse, %100 ile çarpılmalıdır. Dolayısıyla, bu çözeltideki limon otunun kütle oranı %4'tür.

Örnek 1.3.

Hacimce %70 etanol içeren 1 litre etanol çözeltisi hazırlamak için kaç mililitre etanol ve kaç mililitre suya ihtiyaç vardır?

Verilenler:

$$\varphi(\text{etanol}) = 70 \% = 0,7$$

$$V(\text{toplam}) = 1 \text{ L} = 1000 \text{ mL}$$

Aranılan:

$$V(\text{etanol}) = ?$$

$$V(\text{su}) = ?$$

Çözüm:

$$\varphi(\text{etanol}) = \frac{V(\text{etanol})}{V(\text{toplam})}$$

$$V(\text{etanol}) = \varphi(\text{etanol}) \cdot V(\text{toplam})$$

$$V(\text{etanol}) = 0,7 \cdot 1000 \text{ mL} = 700 \text{ mL}$$

$$V(\text{su}) = V(\text{toplam}) - V(\text{etanol})$$

$$V(\text{su}) = 1000 \text{ mL} - 700 \text{ mL} = 300 \text{ mL}$$

Dolayısıyla 700 ml etanol ve 300 ml su karıştırılırsa, istenen etanol çözeltisi elde edilir.

* Miktar belirtmek için kullanılan harflerin telaffüzü: x - "iks", w - "dubleve", φ - "fi"

3) Konsantrasyonlar/Derişimler

Çözeltilerin bileşimini ifade etmenin bir başka yolu da şunlardır: bir çözeltideki çözünen maddenin nicel/molar konsantrasyonu, sayısal konsantrasyonu, kütle konsantrasyonu ve hacim konsantrasyonu. Oran ve orantıların aksine, konsantrasyonlar (hacim konsantrasyonu hariç) boyutsuz nicelikler değildir*.

Kantitatif/molar konsantrasyon:
B bileşeninin miktarı ile çözeltinin hacmi arasındaki oran.

$$c(B) = \frac{n(B)}{V(p-p)}$$

Sayısal konsantrasyon:
B bileşeninin birim sayısı ile çözeltinin hacmi arasındaki oran.

$$C(B) = \frac{N(B)}{V(p-p)}$$

kütle konsantrasyonu:
B bileşeninin kütlesi ile çözeltinin hacmi arasındaki oran

$$\gamma(B) = \frac{m(B)}{V(p-p)}$$

Hacim konsantrasyonu:
B bileşeninin hacmi ile çözeltinin hacmi arasındaki oran.

$$\sigma(B) = \frac{V(B)}{V(p-p)}$$

Çözeltilerin bileşimini niceliksel olarak ifade etmenin tüm yolları arasında en yaygın kullanılanı, kimyada genellikle kısaca konsantrasyon olarak da adlandırılan niceliksel konsantrasyondur.

Kantitatif konsantrasyon genellikle mol/dm³, sayısal konsantrasyon 1 dm³ ve kütle konsantrasyonu g/dm³ olarak ifade edilir, ancak daha büyük veya daha küçük birimler de kullanılabilir.

Örnek 1.4.

500 mL'lik sulu çözeltide 42,3 g sodyum sülfat bulunuyorsa, sodyum sülfatın kütle konsantrasyonu nedir? Kütle konsantrasyonunu g/dm³ cinsinden ifade edin.

Verilenler:

$$V(\text{çözelti}) = 500 \text{ mL}$$

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 42,3 \text{ g}$$

Aranılan:

$$\gamma(\text{Na}_2\text{SO}_4) = ?$$

Çözüm:

Sonucun g/dm³ cinsinden ifade edilmesi gerektiğinden, öncelikle birimleri dönüştürmek (mililitreleri desimetreküpe çevirmek) en iyisidir. 1 L = 1 dm³, 1 mL = 1 cm³ ve 1 L = 1000 mL olduğunu bildiğimize göre, şunu yazabiliriz:

$$V(\text{çözelti}) = 500 \text{ mL} = 500 \text{ cm}^3 = 0,5 \text{ dm}^3$$

Kütle konsantrasyonu ifadesinden şunu elde ederiz:

$$\gamma(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{Na}_2\text{SO}_4)}{V(\text{çözelti})} = \frac{42,3 \text{ g}}{0,5 \text{ dm}^3} = 84,6 \text{ g/dm}^3$$

* Miktarları belirtmek için kullanılan harflerin telaffuzu: c - "ce", γ - "gamma", σ - "sigma"

Örnek 1.5.

Potasyum permanganatın kantitatif konsantrasyonunun $0,2 \text{ mol/dm}^3$ olduğu 100 mL 'lik bir sulu çözelti hazırlamak için kaç gram potasyum permanganat ölçülmelidir?

Verilenler:

$$c(\text{KMnO}_4) = 0,2 \text{ mol/dm}^3$$

$$V(\text{çözelti}) = 100 \text{ mL} = 0,1 \text{ L} = 0,1 \text{ dm}^3$$

Aranılan:

$$m(\text{KMnO}_4) = ?$$

Çözüm:

Kantitatif konsantrasyon ifadesinden $c(\text{KMnO}_4) = \frac{n(\text{KMnO}_4)}{V(\text{çözelti})}$ potasyum permanganatın miktarı şu şekilde hesaplanabilir:

$$n(\text{KMnO}_4) = c(\text{KMnO}_4) \cdot V(\text{çözelti}) = 0,2 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,1 \text{ dm}^3 = 0,02 \text{ mol}$$

Potasyum permanganatın kütlesi, potasyum permanganatın miktarı ile molar kütesinin çarpımı olarak elde edilir.

$$M_r(\text{KMnO}_4) = A_r(\text{K}) + A_r(\text{Mn}) + 4 \cdot A_r(\text{O}) = 39,1 + 54,9 + 4 \cdot 16 = 158$$

$$m(\text{KMnO}_4) = n(\text{KMnO}_4) \cdot M(\text{KMnO}_4) = 0,02 \text{ mol} \cdot 158 \text{ g/mol}$$

$$m(\text{KMnO}_4) = 3,16 \text{ g}$$

İki ifade aşağıdaki gibi tek bir ifade halinde birleştirilirse de soru çözülebilir:

$$m(\text{KMnO}_4) = n(\text{KMnO}_4) \cdot M(\text{KMnO}_4) = c(\text{KMnO}_4) \cdot V(\text{çözelti}) \cdot M(\text{KMnO}_4)$$

4) Molalite

Çözeltilerin bileşimini ifade etmekte kullanılan bir diğer nicelik, çözünen maddenin (B) miktarının çözücünün (A) kütesine oranını (bölümünü) temsil eden molalitedir. Molalite genellikle mol/kg birimiyle ifade edilir.

$$b(\text{B}) = \frac{n(\text{B})}{m(\text{A})}$$

Örnek 1.6.

42 g potasyum nitrat suda çözülerek 500 mL hacimli ve $1,08 \text{ g/cm}^3$ yoğunluklu bir çözelti elde edilmiştir. Çözeltideki potasyum nitratın molalitesini hesaplayınız!

Verilenler:

$$V(\text{çözelti}) = 500 \text{ mL} = 500 \text{ cm}^3$$

$$m(\text{KNO}_3) = 42 \text{ g}$$

$$\rho(\text{çözelti}) = 1,08 \text{ g/cm}^3$$

Aranılan:

$$b(\text{KNO}_3) = ?$$

Çözüm:

Bir çözeltideki potasyum nitratın molalitesini hesaplamak için öncelikle potasyum nitrat (çözünen) miktarı ve su (çözücü) kütlesi belirlenmelidir. Bu amaçla aşağıdaki ifadeler kullanılır:

$$n(\text{KNO}_3) = \frac{m(\text{KNO}_3)}{M(\text{KNO}_3)} = \frac{42 \text{ g}}{(39,1 + 14 + 3 \cdot 16) \text{ g/mol}} = \frac{42 \text{ g}}{101,1 \text{ g/mol}}$$

$$n(\text{KNO}_3) = 0,415 \text{ mol}$$

$$m(\text{çözelti}) = \rho(\text{çözelti}) \cdot V(\text{çözelti}) = 1,08 \text{ g/cm}^3 \cdot 500 \text{ cm}^3 = 540 \text{ g}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{çözelti}) - m(\text{KNO}_3) = 540 \text{ g} - 42 \text{ g} = 498 \text{ g} = 0,498 \text{ kg}$$

Şimdi, elde edilen potasyum nitrat miktarı ve su kütlesi değerleri molalite ifadesine yerleştiriliyor.

$$b(\text{KNO}_3) = \frac{n(\text{KNO}_3)}{m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{0,415 \text{ mol}}{0,498 \text{ kg}} = 0,83 \text{ mol/kg}$$



Düşün ve Cevapla:

1. 1. 95 mL etanol ve 10 mL su karıştırıldığında, hacim büzülmesi adı verilen bir olay nedeniyle hacmi 195 mL değil, 190 mL olan bir çözelti elde edilir. Hesaplayınız:
 - a) Bu sistemdeki etanol ve suyun hacim oranı
 - b) Çözeltideki etanolün hacim oranı (Hatırlatalım ki, hacim oranı, belirli bir bileşenin hacmi ile tüm bileşenlerin hacimlerinin toplamı arasındaki orandır (bölüm), sistemin toplam hacmi değildir.)
2. Tuzlu çözelti, suda çözünmüş sodyum klorür çözeltisidir ve tıpta kullanılır. Bu çözeltideki sodyum klorürün kütle oranı %0,85 ve çözeltinin yoğunluğu $1,0042 \text{ g/cm}^3$ 'tür. Hesaplayınız:
 - a) 5 kg tuzlu çözelti hazırlamak için ne kadar su ve ne kadar sodyum klorür gereklidir?
 - b) Tuzlu çözeltideki sodyum klorürün kantitatif konsantrasyonu nedir?
 - c) Tuzlu çözeltideki sodyum klorürün kütle konsantrasyonu nedir?
3. Yoğunluğu $0,789 \text{ g/mL}$ olan 3,3 mL aseton, 75 mL'lik nihai hacme ulaşacak şekilde suya eklenerek sulu bir çözelti hazırlanmıştır. Oluşan çözeltinin yoğunluğu $0,993 \text{ g/mL}$ 'dir. Aşağıdakileri hesaplayınız:
 - a) Çözeltideki asetonun kantitatif konsantrasyonunu
 - b) Çözeltideki asetonun molalitesini
 - c) Çözeltideki asetonun mol kesrini
4. * Soruyu çözmeye çalışın! Kütlece %20 potasyum iyodür içeren sulu bir potasyum iyodür çözeltisinin yoğunluğu $1,17 \text{ g/cm}^3$ 'tür. Çözeltideki potasyum iyodürün nicel ve kütsel konsantrasyonunu belirleyin!

ÇÖZELTİLERİN HAZIRLANMASI

Kimya laboratuvarlarında, bileşimi tam olarak tanımlanmış çözeltiler sıklıkla hazırlanır. Çözeltiler iki ana yöntemle hazırlanabilir: Katı çözücünün kütlesi ölçülerek belirli bir hacim suda çözülmesi veya sıvı maddenin hacmi ölçülerek tam olarak tanımlanmış bir hacim su ile seyreltilmesi. Bu bölümde, birinci yöntemle göre çözeltilerin hazırlanması açıklanacaktır. Bunun için birkaç temel adım izlenmelidir:

- 1) Çözünecek maddenin (çözücünün) gerekli kütlesini hesaplayın.
- 2) Bir terazide tartın.
- 3) Belirli bir hacimde çözücü (genellikle su) ekleyin
- 4) Tamamen çözünene kadar karıştırın.

Çözelti hazırlamak için aşağıdaki laboratuvar ekipmanlarına ihtiyaç duyulmaktadır: bir tartı (okul laboratuvarında böyle bir tartı yoksa, saat camı kullanılabilir), bir çay kaşığı, bir laboratuvar beheri, bir cam çubuk, 100 mL'lik bir hacimsel şişe, bir ölçü kabı, bir huni, bir sprey şişesi veya bir şişe damıtılmış su, plastik bir Pasteur pipeti veya damlalık.

Çözeltide çözünmüş katı maddenin belirli bir kütle oranına sahip bir çözelti hazırlama

Çözeltideki çözünen maddenin kütle oranının bilindiği bir sulu çözelti hazırlanacaksa, öncelikle çözünen maddenin ve suyun kütleleri hesaplanmalı, ardından tartılıp karıştırılmalıdır. Bu, bir örnekle açıklanabilir.

Kütlece %12 oranında sofr tuzu içeren 100 g'lık bir sofr tuzu çözeltisi hazırlama prosedürü.

Çözeltiyi hazırlamaya başlamadan önce gerekli hesaplamalar yapılmalıdır; yani sofr tuzunun kütlesi ve suyun hacmi hesaplanmalıdır.

Verilenler:

$$m(\text{çözelti}) = 100 \text{ g}$$

$$w(\text{NaCl}) = 12 \% = 0,12$$

Aranılan:

$$m(\text{NaCl}) = ?$$

$$V(\text{H}_2\text{O}) = ?$$

Çözüm:

$$\text{İfadeden } w(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{\sum m_i} = \frac{m(\text{NaCl})}{m(\text{p-p})} \text{ sofr tuzunun kütlesi}$$

şu şekilde hesaplanabilir:

$$m(\text{NaCl}) = w(\text{NaCl}) \cdot m(\text{çözelti}) = 0,12 \cdot 100 \text{ g} = 12 \text{ g}$$

Çözeltiyi hazırlamak için gereken su miktarı, çözeltinin kütlesi ile tuzun kütlesi arasındaki fark olarak hesaplanabilir.

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{çözelti}) - m(\text{NaCl}) = 100 \text{ g} - 12 \text{ g} = 88 \text{ g}$$

$$\text{Suyun hacmi şu ifadeyle elde edilir: } V(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{\rho(\text{H}_2\text{O})} .$$

Damıtılmış suyun oda sıcaklığındaki yoğunluğu 1 g/cm^3 'tür, bu nedenle

$$V(\text{H}_2\text{O}) = \frac{88 \text{ g}}{1 \text{ g/cm}^3} = 88 \text{ cm}^3 = 88 \text{ mL}$$



tartı



kaşık



laboratuvar beheri



cam çubuk



balon jöje



mezüra



huni



sprey şişesi

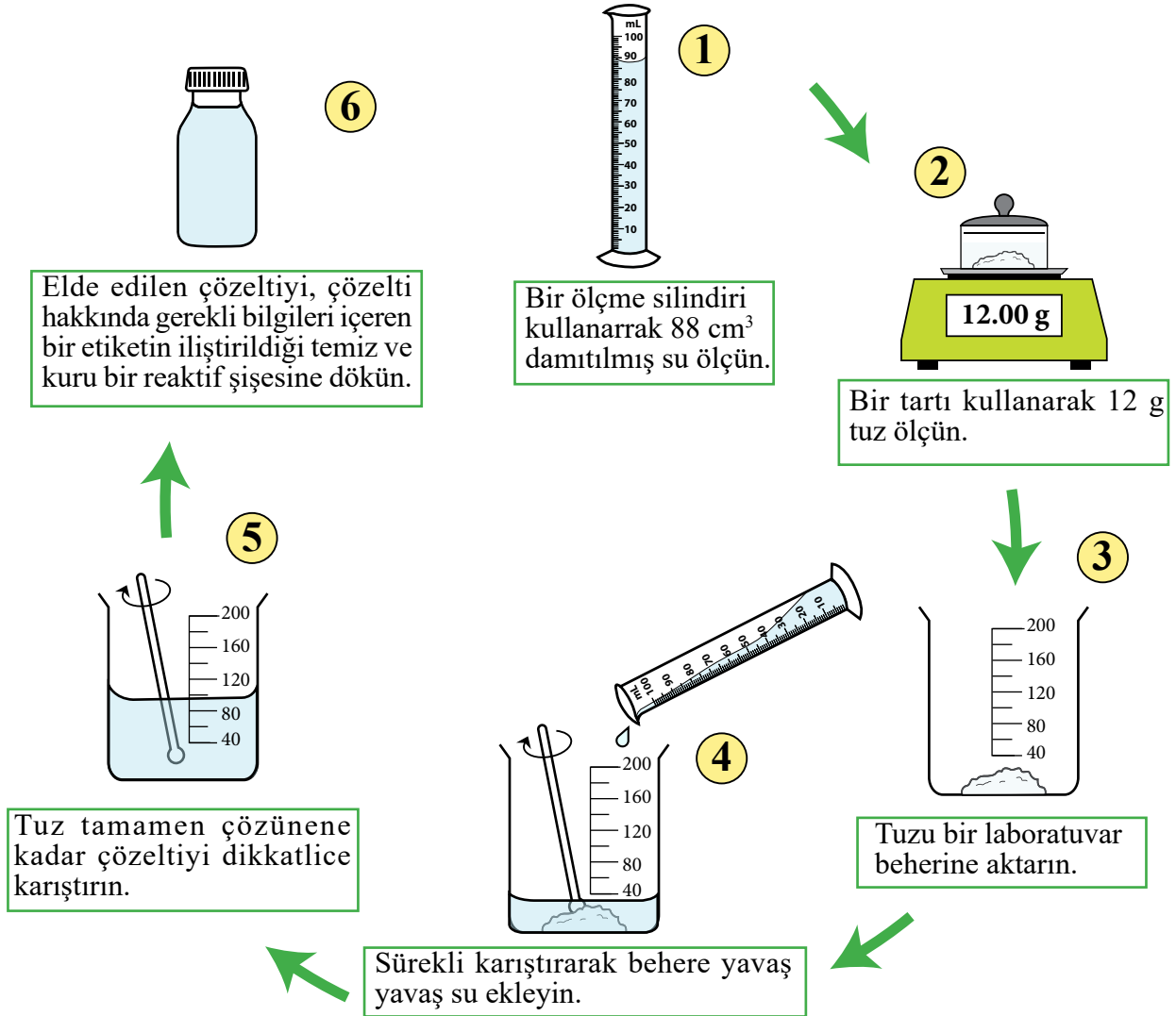


plastik Pasteur pipeti

Resim 1.15 Çözeltilerin hazırlanması için gerekli laboratuvar ekipmanları.

Bu çözeltinin hazırlanmasına yönelik laboratuvar prosedürü, gerekli miktarda tuzun tartılmasıyla başlar. Bir terazide, 12 g tuz bir tartım kabına tartılır. Tartım yöntemi, terazinin türüne bağlıdır. Dijital teknik bir terazi kullanılıyorsa, kap terazinin üzerine yerleştirilebilir ve kütle değeri görüntülendikten sonra "tare" düğmesine basılabilir (şimdi terazide okunan değer 0,00 g'dır). Daha sonra, istenen kütleyle ulaşılan kadar bir çay kaşığı ile tuz eklenir ve tuz 200 mL'lik bir laboratuvar beherine aktarılır. Beherin üzerine dikkatlice, önceden ölçme silindiriyle ölçülen damıtılmış sudan biraz dökülerek tuz kalıntıları toplanır. Tuzun kütlesini tartmanın ikinci yolu ise, kabı terazinin üzerine yerleştirmek ve 12 g tuz eklemektir. İlk olarak, kabın ve tuzun toplam kütlesi okunur. Daha sonra beherdeki tuz 200 mL'lik bir laboratuvar beherine aktarılır ve boş beherin kütlesi ölçülür. Tuzun kütlesi, iki ölçümde elde edilen kütleler arasındaki fark olarak hesaplanır.

Laboratuvar işleminin geri kalanı aşağıdaki görselde gösterilmiştir.



Resim 1.16 Çözeltide belirli bir kütle oranında çözünmüş katı madde içeren bir çözeltinin hazırlanmasının resimli gösterimi.

Laboratuvar çalışmaları yüksek düzeyde dikkat, titizlik ve sorumluluk gerektirir. Hazırlanan her çözelti, diğer tüm kimyasallar gibi, açık ve net bir şekilde etiketlenmelidir. Etiketle şunlar bulunmalıdır: çözeltinin adı, çözünen maddenin oranı veya konsantrasyonu, hazırlama tarihi ve çözeltiyi hazırlayan kişinin adı.

NaCl(aq)
w(NaCl) = 12 %
07.11.2025
Bojana Petkovska

Resim 1.17 Çözelti etiketleme örneği.

Çözeltide çözünmüş katı maddenin belirli bir nicel veya kütleli konsantrasyonuna sahip bir çözelti hazırlama

Eğer çözeltideki çözünen maddenin bilinen nicel veya kütleli konsantrasyonuna sahip sulu bir çözelti hazırlanması gerekiyorsa, çözünen maddenin kütlesini hesaplamak yeterlidir. Bu, bir örnekle açıklanabilir.

İçindeki sofr tuzu konsantrasyonunun 0,2 mol/dm³ olduğu 100 mL sofr tuzu çözeltisinin hazırlanma prosedürü.

Bu çözeltiyi hazırlamak için gereken tuz kütlesini hesaplamak için aşağıdaki adımları izleyin:

Verilenler:

$$V(\text{çözelti}) = 100 \text{ mL} = 0,1 \text{ L} = 0,1 \text{ dm}^3$$

$$c(\text{NaCl}) = 0,2 \text{ mol/dm}^3$$

Aranılan:

$$m(\text{NaCl}) = ?$$

Çözüm:

$$\text{İfadeden } c(\text{NaCl}) = \frac{n(\text{NaCl})}{V(\text{çözelti})} \text{ sofr tuzunun miktarı şu şekilde}$$

$$\text{ifade edilebilir: } n(\text{NaCl}) = c(\text{NaCl}) \cdot V(\text{çözelti}).$$

Bu ifade kütle hesaplama ifadesine yerleştirilir ve şunu elde ederiz:

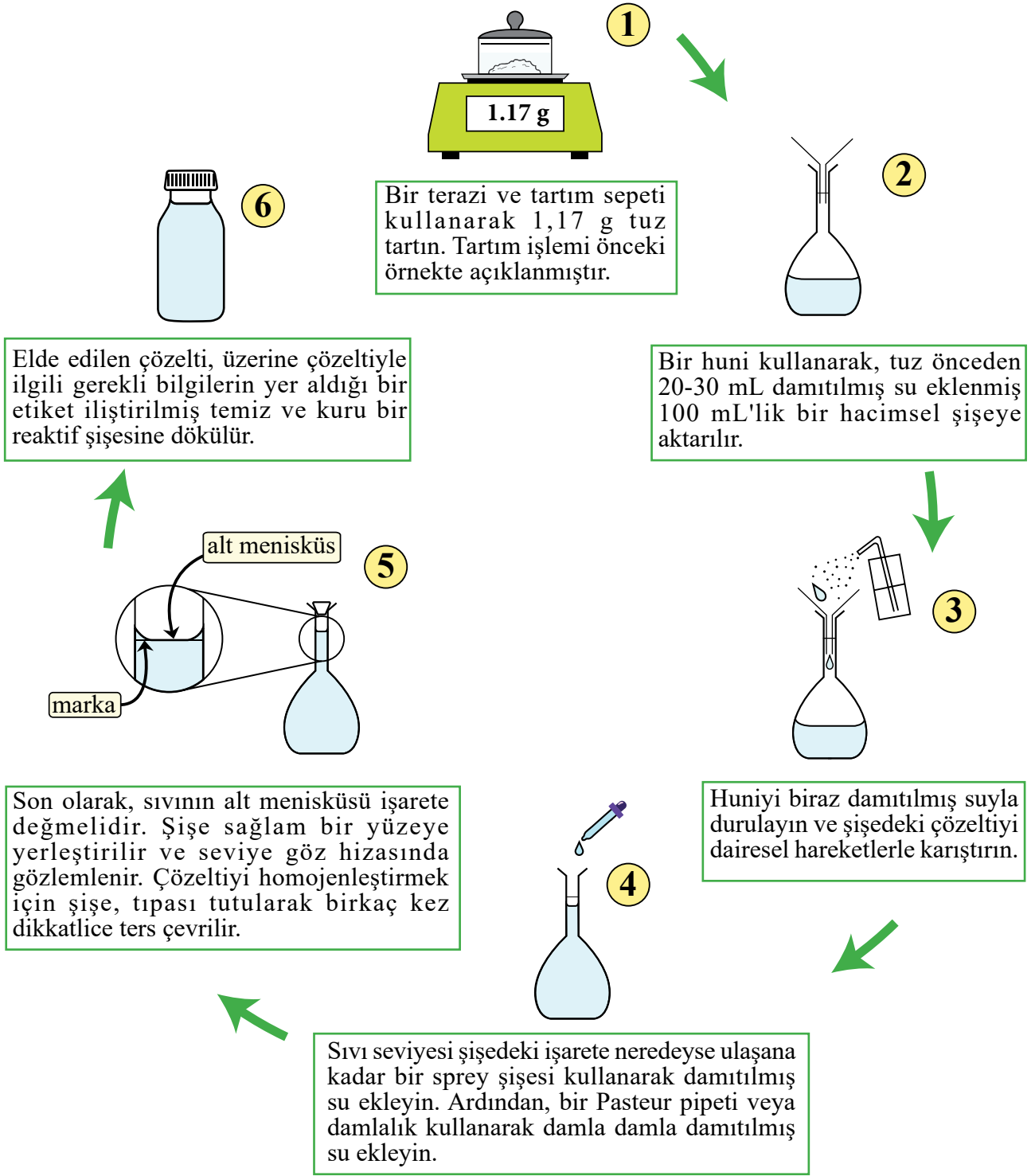
$$m(\text{NaCl}) = n(\text{NaCl}) \cdot M(\text{NaCl}) = c(\text{NaCl}) \cdot V(\text{çözelti}) \cdot M(\text{NaCl})$$

$$m(\text{NaCl}) = 0,2 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,1 \text{ dm}^3 \cdot (23+35,45) \text{ g/mol} = 1,17 \text{ g}$$

Önceki işleme benzer şekilde, işlem tuzun kütlesinin tartılmasıyla başlar. İşlemin tamamı aşağıdaki resimli gösterimde verilmiştir.



Resim 1.18 Çözelti hazırlama işleminin önemli bir parçası, hacimsel şişeyi işaret çizgisine kadar doldurmak ve sıvı seviyesini göz hizasında gözlemlemektir.



Resim 1.19 Bir çözeltide çözülmüş katı maddenin belirli bir nicel/kütlesel konsantrasyonuna sahip bir çözeltinin hazırlanmasının resimli gösterimi.

Düşün ve Cevapla:

1. Kütlege %6 oranında sakaroz (şeker, $C_{12}H_{22}O_{11}$) içeren 100 g'lık bir sakaroz çözeltisinin hazırlanma prosedürünü açıklayın!
2. Kantitatif olarak $0,25 \text{ mol/dm}^3$ sakaroz konsantrasyonu içeren 100 mL'lik bir sakaroz (şeker, $C_{12}H_{22}O_{11}$) çözeltisinin hazırlanma prosedürünü açıklayın!
3. Kütlege 20 mg/cm^3 sakaroz konsantrasyonu içeren 250 mL'lik bir sakaroz (şeker, $C_{12}H_{22}O_{11}$) çözeltisinin hazırlanma prosedürünü açıklayın!



1.3. ÇÖZELTİ TÜRLERİ VE ÇÖZÜNÜRLÜK

ÇÖZELTİ TÜRLERİ VE ÇÖZÜNÜRLÜK

Belirli bir sıcaklıkta, belirli bir hacimdeki çözücüde çözünen madde miktarına bağlı olarak **üç tür çözelti ayırt edilir: doymamış çözeltiler, doymuş çözeltiler ve aşırı doymuş çözeltiler.**



HAYDİ KEŞFEDELİM

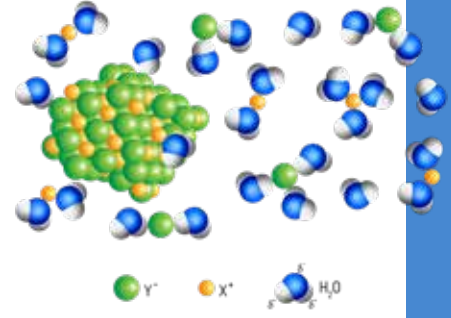
Doymamış ve doymuş çözeltilerin hazırlanması

Gerekli ekipman ve malzemeler: 150 veya 250 mL'lik laboratuvar beheri, damıtılmış su, sofr tuzu, çay kaşığı, cam çubuk, önlük, koruyucu gözlük, eldiven.

İşlem: Laboratuvar beherine yaklaşık 100 mL damıtılmış su koyun. Bir çay kaşığı sofr tuzu ekleyin ve karıştırın! Ne fark ediyorsunuz? Bir çay kaşığı daha tuz ekleyin ve karıştırın. Beherin dibinde biraz tuz fark edene kadar bu işlemi tekrarlayın! Sonuçları laboratuvar raporunuza ekleyin!

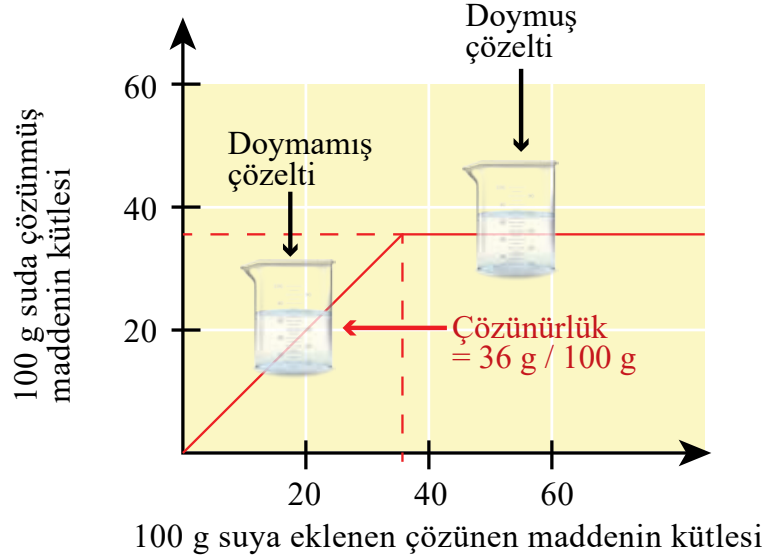
Doymamış çözelti, belirli bir sıcaklıkta, çözünen maddenin (çözünen) daha fazlasının çözünebildiği çözeltidir. Bu, çözünen miktarının o sıcaklıkta çözünebilen maksimum miktardan daha az olduğu anlamına gelir. Deneyde, ilk çay kaşığı sofr tuzu eklendiğinde, tuzun çözüldüğü gözlemlenmiştir. Bu nedenle, daha fazla tuz bu çözeltide çözünebildiği için doymamış bir sofr tuzu çözeltisi oluşmuştur (Şekil 1.20). Tuz eklenmeye devam edilirse, bir noktada bardağın dibinde çözünmemiş kristaller gözlemlenecektir. Bu, bu koşullar altında, tuzun çözünmemiş kısmının üzerindeki çözeltinin doymuş olduğu ve yeni miktarda tuzu çözemediği anlamına gelir. **Belirli bir sıcaklıkta, belirli bir miktarda çözücüde mümkün olan maksimum miktarda çözünenin çözüldüğü çözeltiye doymuş çözelti denir.**

Doymuş bir çözeltideki çözünen madde konsantrasyonuna çözünürlük denir. Bu şekilde tanımlanan bu nicelik s ile gösterilir ve mol/dm^3 cinsinden ifade edilir. Çözünürlük ayrıca çözünen madde ile çözücü arasındaki kütle oranı olarak da ifade edilebilir. Pratik nedenlerle, farklı maddelerin çözünürlüğünü karşılaştırmak amacıyla, çözünürlük 100 g çözücünün kütle sine göre ifade edilir. Dolayısıyla, 100 g çözücüde çözünen maddenin kütlesi çözünürlüğün bir ölçüsü olarak alınabilir. Özetle, çözünürlüğün belirli bir sıcaklıkta doymuş bir çözeltinin nicel bileşimiyle ilgili olduğu söylenebilir.



Terimler:

doymamış çözelti, doymuş çözelti, aşırı doymuş çözelti, çözünürlük, çözünürlük eğrisi



Resim 1.20 100 g suda çözünen maddenin eklenen ve çözünen kütlesi arasındaki bağıntı.

Bir çözelti, belirli bir sıcaklıkta belirli bir hacimdeki çözücüde çözünebilenden daha fazla çözünen madde içeriyorsa, bu aşırı doymuş bir çözeltidir. Çözünen maddenin çözünürlüğü sıcaklıkla artıyorsa, çözünme daha yüksek bir sıcaklıkta gerçekleştirilip ardından çözelti soğutulursa aşırı doymuş bir çözelti elde edilebilir. Aynı şey, doymuş çözeltiyi mevcut kristallerden ayırıp soğutarak da elde edilebilir. Sıcaklık azaldıkça çözünürlük de azalır ve fazla madde ayrılır, yani kristalleşir. Soğutma dikkatli ve yavaş bir şekilde yapılırsa, çözeltinin sıcaklığı düşürülebilir, ancak kristalleşme olmaz. Çözelti, o sıcaklıkta çözünebilenden daha fazla çözünen madde içerir, yani çözelti aşırı doymuştur. Bu tür çözeltiler kararsızdır. Fazla madde, çözücünün tek bir kristali eklenirse veya kabın duvarı cam bir çubukla ovulursa kristalleşebilir.



Resim 1.21 Aşırı doymuş çözeltiden kristalleşme.

DAHA FAZLA BİLGİ EDİNİN



Aşırı doymuş çözeltiler sadece kimyada değil, günlük hayatta da pratik uygulamalara sahiptir. En ünlü örneklerden biri, aşırı doymuş bir çözeltinin (örneğin, sodyum asetatın aşırı doymuş çözeltisi) hızlı kristalleşmesi prensibiyle çalışan el ısıtıcılarıdır. Bu ısıtıcılar, berrak bir aşırı doymuş çözelti ve küçük bir metal plakaya içerir. Bu plakayı bükerek veya bastırarak kristalleşme merkezleri oluşturulur ve ısı salınımıyla birlikte kristalleşme hemen başlar.

Tekrar kullanmak için ısıtıcılar kaynar suya konulur. Yüksek sıcaklık sodyum asetatın çözünürlüğünü artırır, kristaller tekrar çözünür ve yüksek sıcaklıkta çözelti doymuş hale gelir. Çözelti sıcak sudan çıkarılıp soğutulduğunda, bir sonraki kullanım için hazır, aşırı doymuş bir çözelti elde edilir.

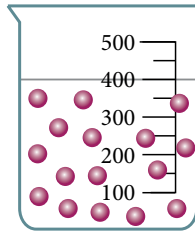


Resim 1.22 Aşırı doymuş çözelti içeren bir el ısıtıcısı.

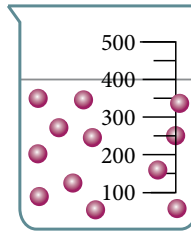


Düşün ve Cevapla:

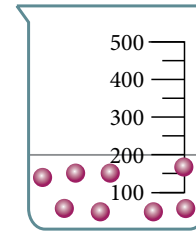
1. Bir çözeltinin doymuş olup olmadığını deneysel olarak nasıl belirleyebileceğinizi açıklayın!
2. Üç adet 500 mL'lik laboratuvar beherinde 25 °C sıcaklıkta X maddesinin üç çözeltisi bulunmaktadır. A beherindeki çözelti doymuştur. Bu, aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



A



B



C

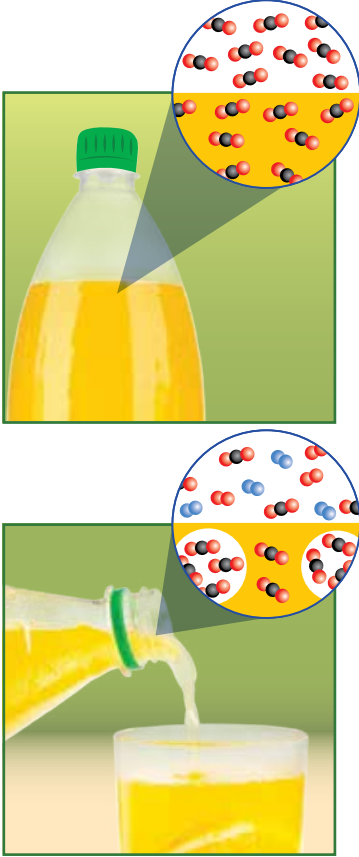
- a) B kabındaki çözelti doymamış, doymuş veya aşırı doymuş mudur?
 - b) C kabındaki çözelti doymamış, doymuş veya aşırı doymuş mudur?
 - c) A kabında 32 g X maddesinin çözündüğünü biliyorsanız, B ve C kaplarındaki çözeltilerdeki X maddesinin kütlelerini hesaplayın!
3. İnternette aşırı doymuş çözeltilerle ilgili video deneyleri arayın! Kolayca aşırı doymuş çözelti hazırlanabilen birkaç maddenin kimyasal formüllerini yazın!



Video deneyi „sıcak buz“

ÇÖZÜNÜRLÜĞÜN BAĞLI OLDUĞU FAKTÖRLER

Belirli bir **çözücüde çözünebilen madde miktarı, öncelikle çözünen ve çözücünün kimyasal yapısına bağlı olarak** çeşitli faktörlere bağlıdır. Bu nedenle, bazı maddeler daha çözünür, bazıları daha az çözünür ve bazıları belirli bir çözücüde pratik olarak çözünmez. "Benzer benzeri çözer" kuralı genellikle geçerlidir, bu nedenle polar ve iyonik maddeler polar çözücülerde, polar olmayan maddeler ise polar olmayan çözücülerde iyi çözünür. Bu, çözücü ve çözünen parçacıkları arasında benzer kimyasal bağlar veya etkileşimler olduğunda çözünenin daha kolay olduğu anlamına gelir. Bu nedenle, NaCl (iyonik bir madde) ve HCl (polar bir madde) suda (polar bir çözücü) kolayca çözünür. Öte yandan, metan (CH_4) ve oktan (C_8H_{18}) polar olmayan maddelerdir, bu nedenle suda çözünmezler, ancak toluen ve heksan gibi polar olmayan çözücülerde çözünürler.



Resim 1.23 Basınç, CO_2 'nin bir sıvıdaki çözünürlüğünü etkiler.

Tüm iyonik bileşikler suda çözünmez. Bu tür bileşiklere örnek olarak AgCl, BaSO_4 , CaCO_3 , PbI_2 ve diğerleri verilebilir. Çözünebilen iyonik maddeler için çözünme hızı, yüzey alanına ve çözünme sırasında çözeltinin karıştırılıp karıştırılmamasına bağlıdır. Genel olarak, yüzey alanı ne kadar büyükse, çözünme o kadar hızlı olur.

Basıncın değiştirilmesi, katı ve sıvı maddelerin sıvı çözücülerdeki çözünürlüğü üzerinde neredeyse hiçbir etkiye sahip değildir. Bununla birlikte, gazların sıvılardaki çözünürlüğü basınca önemli ölçüde bağlıdır: **basınç arttıkça, gazların bir sıvıda çözünürlüğü de artar.**

Bu durum günlük hayattan bir örnekle açıklanabilir. Gazlı bir içecek şişesi açıldığında, kabarcıkların çıktığı gözlemlenir. Aslında bu kabarcıklar, basınç altında sıvıda çözülmüş gaz halindeki karbondioksit içerir. Dolayısıyla, kapalı şişede basınç, atmosfer basıncından daha yüksektir. Kapağı açınca basınç azalır (atmosfer basıncına eşitlenmeye yaklaşır) ve böylece gazın sıvıdaki çözünürlüğü azalır.

Hem katı hem de gaz halindeki maddelerin bir sıvıdaki çözünürlüğü sıcaklığa bağlıdır. Böylece, farklı bir sıcaklıkta, aynı kütledeki çözücü içinde farklı bir madde kütlesi çözülebilir. Örneğin 0°C 'de 13,3 g potasyum nitrat 100 g suda, 20°C 'de - 31,6 g'da ve 40°C 'de - 63,9 g'da çözülebilir. **Çoğu zaman, katı maddelerin bir sıvı içindeki çözünürlüğü sıcaklık arttıkça artar.** Çoğu zaman, katı maddelerin bir sıvı içindeki çözünürlüğü sıcaklık arttıkça artar. Ancak çözünürlüğü büyük ölçüde sıcaklığa bağlı olmayan maddeler (örneğin NaCl) olduğu gibi sıcaklık arttığında çözünürlüğü azalan maddeler de vardır (örneğin, $\text{Ce}_2(\text{SO}_4)_3$). Öte yandan, **sıcaklık arttıkça gazların sıvıdaki çözünürlüğü azalır.**



Aktivite

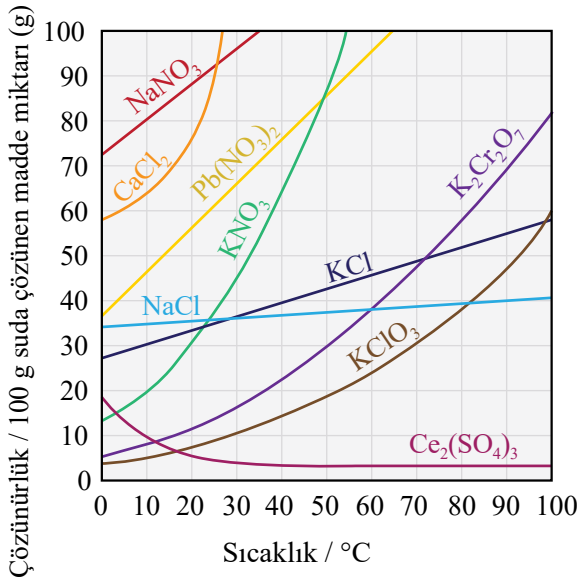
Sanayi tesislerinden dışarı edilen sıcak suyun göl suyundaki sıcaklık artışına ve bunun çözülmüş oksijen miktarına etkisini araştırın!

Tablo 1.5. Bazı katı maddelerin farklı sıcaklıklardaki çözünürlüğü

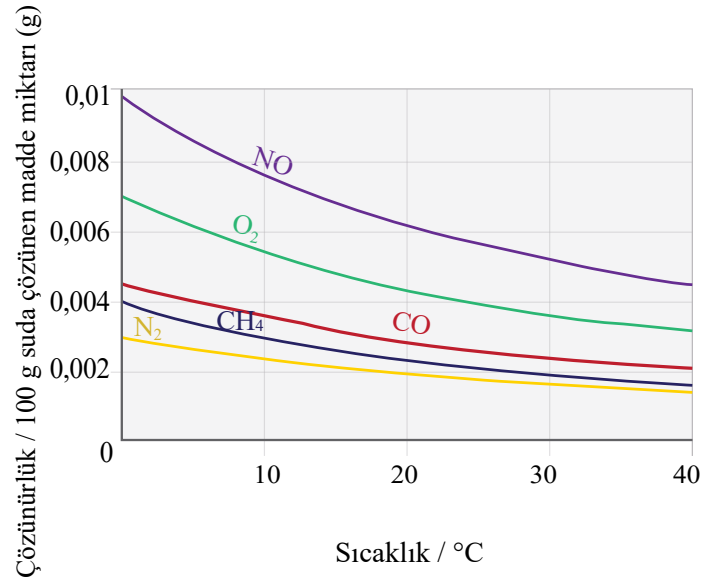
Bileşik (Madde)	0 °C	20 °C	40 °C	60 °C	80 °C	100 °C
Potasyum nitrat (KNO_3)	13,3	31,6	63,9	110,0	169,0	246,0
Sodyum Klorür (NaCl)	35,6	35,9	36,4	37,0	37,9	39,0
Potasyum klorat (KClO_3)	3,3	7,3	13,9	23,8	37,5	56,3
Seryum (III) Sülfat ($\text{Ce}_2(\text{SO}_4)_3$)	21,4	9,84	5,63	3,87	/	/
Sükroz/Şeker ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$)	181,9	201,9	235,6	288,8	365,1	476,0

* Çözünürlük, 100 gram suda çözünen maddenin kütlesi olarak ifade edilir.

Çözünürlüğün sıcaklığa bağlılığı, çözünürlük eğrileri adı verilen grafikler kullanılarak gösterilebilir. Bu grafikler, belirli bir maddenin belirli bir çözücü kütlesinde (genellikle 100 g) farklı sıcaklıklarda ne kadar çözünebileceğini gösterir. Eğrinin şekli ve yönü, çözünürlüğün sıcaklık artışıyla artıp azalmadığını belirlemek için kullanılabilir ve maddenin herhangi bir sıcaklıktaki çözünürlük değeri doğrudan grafik gösterimden okunabilir.



Resim 1.24 Çeşitli katı maddelerin suda çözünürlük eğrileri.



Resim 1.25 Suda çeşitli gazların çözünürlük eğrileri.

Örnek 1.7.

10 °C'de en az çözünür tuz hangisidir?

Çözüm:

Şekil 1.24'teki grafiğin yatay ekseninde, 10 °C sıcaklığa karşılık gelen nokta yer almaktadır ve bu nokta dikey eksene paralel olarak çizilmiştir. Bu paralel çizgiyi kesen ilk çözünürlük eğrisi KClO_3 eğrisidir; bu da bu tuzun verilen sıcaklıkta en az çözünür olduğu anlamına gelir.

Örnek 1.8.

25 °C'de 200 gram suda kaç gram $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ çözülebilir?

Çözüm:

Önceki örneğe benzer şekilde, yatay eksen 25 °C sıcaklığı karşılık gelen noktadan, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 'nin çözünürlük eğrisini kesene kadar dikey eksene paralel bir çizgi çizilir. Bu kesişme noktasından yatay eksene paralel bir çizgi daha çizilir ve tuzun kütlesi değeri dikey eksen 25 °C'de okunur. Bu durumda, 100 g suda en fazla 60 g $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 'nin çözünebileceği elde edilir. Dolayısıyla, iki kat daha fazla suda iki kat daha fazla tuz çözüneceği, yani 25 °C'de 200 g suda 120 g $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 'nin çözünebileceği açıktır. Aksi takdirde, bu şu şekilde gösterilebilir:

$$\frac{m_1(\text{tuz})}{m_1(\text{su})} = \frac{m_2(\text{tuz})}{m_2(\text{su})}, \text{ yani}$$

$$m_2(\text{tuz}) = \frac{m_1(\text{tuz}) \cdot m_2(\text{su})}{m_1(\text{su})} = \frac{60 \text{ g} \cdot 200 \text{ g}}{100 \text{ g}} = 120 \text{ g}$$

Örnek 1.9.

KCl ve O_2 'nin çözünürlüğü sıcaklık artışıyla nasıl değişir?

Çözüm:

Şekil 1.24'teki grafiksel gösterimden, sıcaklığın artmasıyla 100 g suda çözünen KCl kütlesinin arttığı görülebilir. Bu nedenle, 10 °C'de doymuş bir KCl çözeltisi yaklaşık 30 g, 40 °C'de ise yaklaşık 40 g tuz içerir. Buradan, sıcaklığın artmasıyla KCl'nin suda çözünürlüğünün arttığı sonucuna varılabilir. Benzer şekilde, Şekil 1.25'teki grafiksel gösterimden, oksijenin suda çözünürlüğünün sıcaklığın artmasıyla azaldığı sonucuna varılabilir (10 °C'de 5,8 mg ve 40 °C'de 3,2 mg).

Örnek 1.10.

Sıcaklık artışıyla çözünürlüğünde en az değişiklik gösteren tuz hangisidir?

Çözüm:

Sıcaklık artışıyla çözünürlükteki en küçük değişim NaCl'de görülür, çünkü bu tuzun çözünürlük eğrisi en yavaş şekilde yükselir. Karşılaştırma yapmak gerekirse, 10 °C'de 100 g suda çözülebilen en büyük NaCl miktarı yaklaşık 35 g, 40 °C'de ise yaklaşık 36 g'dır.

Örnek 1.11.

30 °C'de 100 g suda 90 g NaNO_3 çözülüyor. Çözelti doymamış mı, doymuş mu yoksa aşırı doymuş mu?

Çözüm:

Önceki örneklerde olduğu gibi, belirli bir sıcaklıkta NaNO_3 'ün çözünürlüğü belirlenebilir. Bu nedenle, Şekil 1.24'teki grafiksel gösterimden, 100 g suda 95 g NaNO_3 olduğu belirlenmiştir. Bu, çözeltinin doymamış olduğunu gösterir. Bu sıcaklıkta doymuş bir çözelti elde etmek için, 5 g daha tuz çözülmelidir.

DAHA FAZLA BİLGİ EDİNİN



Derinliklere dalarken, insan vücudu yüzeydeki basınca göre önemli ölçüde daha yüksek bir basınca maruz kalır. Basınç arttıkça, normal atmosfer basıncında sıvıda çok az çözünen bir gaz olan nitrojen, vücut sıvılarında daha fazla çözünür. Dalgıç çok hızlı yükselirse bir sorun ortaya çıkabilir. Dalgıç aniden yüzeye dönerse, basınç hızla düşer ve çözünmüş nitrojen hemen gaz haline geçerek kan ve dokularda kabarcıklar oluşturur; bu durum, bir soda şişesinin açılmasına benzer bir olaydır. Bu durum eklem ve kas ağrısına, baş dönmesine, mide bulantısına, nefes darlığına ve hatta hayati tehlike oluşturabilecek durumlara neden olabilir. Bu nedenle, dalgıçlar yavaş ve kademeli olarak yükselmeli ve vücudun fazla nitrojeni güvenli bir şekilde atmasına izin vermek için belirli derinliklerde mola vermelidir.



Resim 1.26 Basıncın, gazların bir sıvıda çözünürlüğü üzerindeki etkisi dalgıçlar için çok önemlidir.



Düşün ve Cevapla:

- Aşağıdaki durumlarda azotun suda çözünürlüğüne ne olur:
 - basınç arttı mı?
 - sıcaklık düştü mü?
- 50 °C'de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 'nin çözünürlüğü nedir?
- 50 °C'de 50 g suda 15 g $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ çözülüyor. Çözelti doymamış mı, doymuş mu yoksa aşırı doymuş mu?
- 10 °C'de 100 g suda 136 g KI tuzunun çözünebilirliğini biliyorsanız, aşağıdakileri belirleyin:
 - 10 °C'de 300 g suda kaç gram KI çözülebilir?
 - 10 °C'de 204 g KI'yı çözerek doymuş bir çözelti elde etmek için kaç gram suya ihtiyaç vardır?
- 50 °C'de 100 g suda çözünmüş doymuş KNO_3 çözeltisi 20 °C'ye soğutulursa kaç gram çözünen madde çöker?
- Anna ve Lulzim, CdI_2 'nin suda çözünürlüğünü belirlemek için çeşitli deneyler yaptılar. Her deneyde, belirli bir miktarda tuz ölçtüler.

Tuzu 25 °C'de 100 g suya eklediler ve çözeltiyi karıştırdılar. Beherin dibinde çözünmemiş madde kalırsa, karışımı süzdüler. Daha sonra, filtre kağıdında kalan maddeyi kuruttular ve kütlesini belirlediler. Tabloda gösterilen sonuçlarına dayanarak, bu sıcaklıkta CdI_2 'nin suda çözünürlüğünü belirleyin!

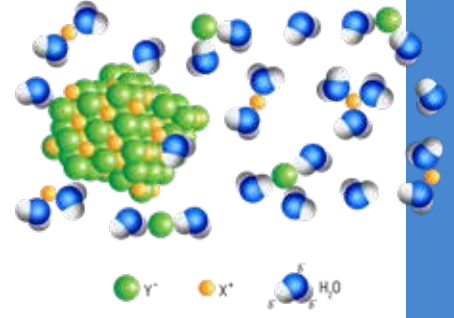
CdI_2 'nin ilave kütlesi	Çözünmemiş CdI_2 kütlesi
17,9	0,0
38,2	0,0
53,6	0,0
79,3	0,0
93,6	7,4
104,3	18,1

7. Tabloda verilen farklı sıcaklıklardaki AgNO_3 tuzunun çözünürlük verilerine dayanarak AgNO_3 'ün çözünürlük eğrisini çizin ve ardından sorulan soruları cevaplayın!

Sıcaklık / °C	100 g suda bulunan AgNO_3 'ün kütlesi (gram cinsinden)
0	122
20	216
40	311
60	440
80	585
100	733

- a) AgNO_3 'ün çözünürlüğü sıcaklık artışıyla nasıl değişir?
b) 35 °C ve 75 °C'de AgNO_3 'ün çözünürlüğünü tahmin edin!
c) 100 g suda 280 g AgNO_3 'ün çözünürlüğünün sağlanacağı sıcaklığı tahmin edin!
d) 10 °C'de 100 g suya 100 g AgNO_3 eklenirse çözelti doymamış, doymuş veya aşırı doymuş olur mu?
e) 20 °C'de 100 g suya 300 g AgNO_3 eklenirse ne olur?

1.4. ELEKTROLİTLER VE ELEKTROLİTLERİN AYRIŞMASI



ELEKTROLİT ÇÖZELTİLERİ

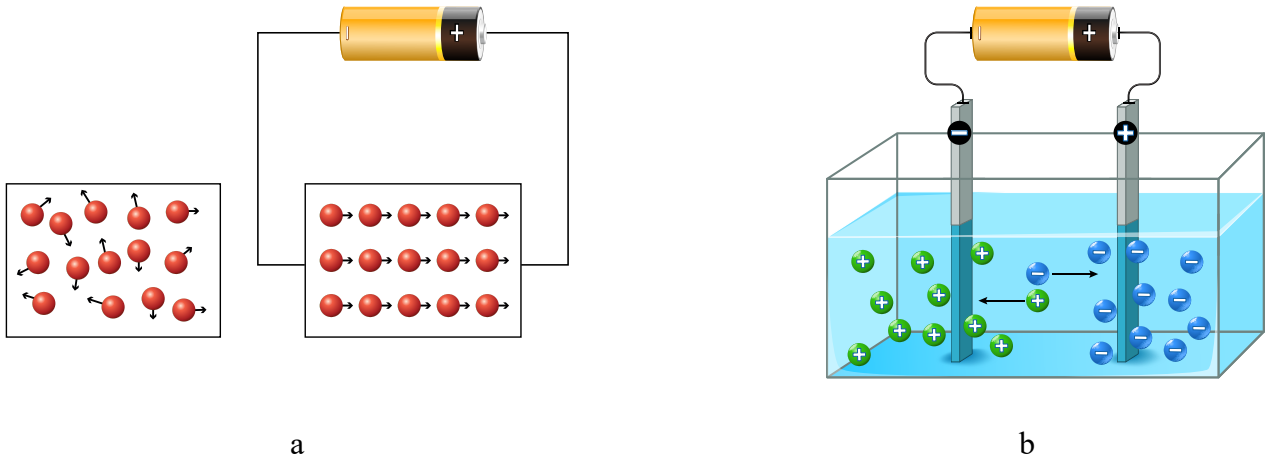
Maddeler, yapılarındaki yüklü parçacıkların hareket şekline bağlı olarak elektrik akımını farklı şekillerde iletebilirler. Taşıyıcıların doğasına ve elektrik akımının iletilme şekline göre birinci tür iletkenler ve ikinci tür iletkenler ayırt edilir.

Metaller ve metal alaşımları **birinci tür iletkenlerdir**. Bunlarda elektrik akımının taşıyıcıları, metal kristal kafesindeki *serbest elektronlardır*. Elektrik akımı, elektrik alanının etkisi altında hareket eden ve sürekli bir elektrik akımı akışı oluşturan serbest elektronların yönlendirilmiş hareketi sayesinde iletilir. Örneğin, evlerimizdeki ve okullarımızdaki elektrik tesisatı metal tellerden (çoğunlukla bakır) yapılmıştır.

Elektrolitler **ikinci tür iletkenlerdir**. Elektrik akımını yalnızca madde çözelti halindeyken veya erimiş haldeyken iletirler. Elektrolitlerde, elektrik akımını taşıyan *hareketli iyonlar* bulunur (katyonlar katoda, anyonlar anoda doğru hareket eder).

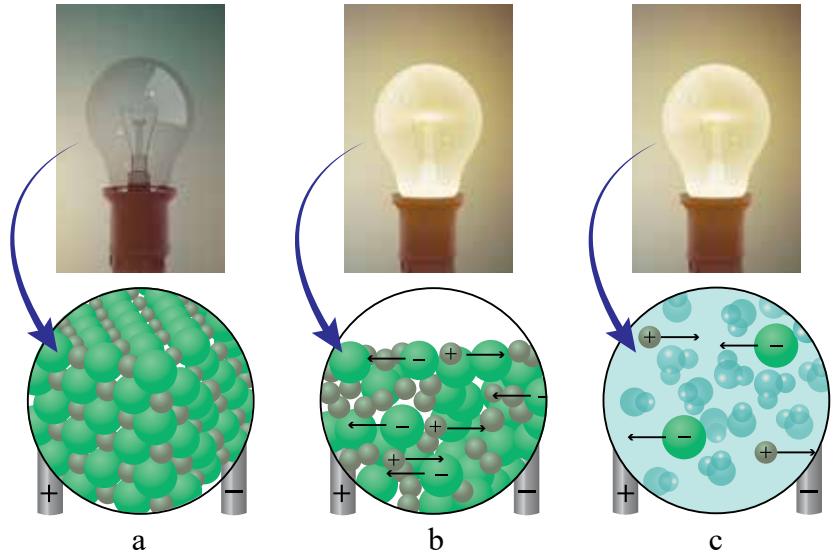
Terimler:

birinci tür iletken, ikinci tür iletken, elektrolit, elektrolit olmayan madde, elektrolitik ayrışma, güçlü elektrolit, zayıf elektrolit, Arrhenius teorisi, indikatör, elektrolitik ayrışma derecesi



Resim 1.27 Birinci tip iletkenlerde elektrik akımının iletimi elektronların yönlendirilmiş hareketi (a) sonucu, ikinci tip iletkenlerde ise iyonların yönlendirilmiş hareketi (b) sonucu gerçekleşir.

Elektrolitler, asitlerin, bazların ve tuzların **çözeltileri** veya **eriyikleri** olabilir. Katı halde, iyonik bileşikler elektriği iletmez çünkü iyonlar kristal kafeste sıkıca bağlıdır ve serbestçe hareket edemezler.



Resim 1.28 Katı haldeki iyonik bileşikler (a) elektriği iletmez, ancak eriyikleri (b) ve sulu çözeltileri (c) iyi iletkenlik gösterir.

Buna göre, **elektrolitler eriyiklerinde veya çözeltilerinde hareketli iyonlar içeren ve elektrik akımını ileten maddelerdir**. Öte yandan, eriyiklerinde veya çözeltilerinde elektrik akımını iletmeyen maddelere ise **elektrolit olmayan** maddeler denir. Bu durum deneysel olarak da gösterilebilir.

HAYDİ KEŞFEDELİM



Çeşitli maddelerin elektriksel iletkenliğinin test edilmesi

Gerekli araç ve gereçler: On adet 100 mL'lik laboratuvar beheri, damıtılmış su, sakkaroz çözeltisi (sofra şekeri), ince sofra tuzu (sodyum klorür), alkol, bakır(II) sülfat, sodyum klorür, sodyum hidroksit, hidroklorik asit ve asetik asit çözeltileri (tercihen hepsi aynı konsantrasyonda, örneğin 1 mol/dm³), bir kaşık, iki elektrot (örneğin grafit çubuklar), bağlı telleri olan bir ampul, bir güç kaynağı (örneğin pil), bir önlük, koruyucu gözlük, eldiven.

İşlem: Elektriksel iletkenliğini test etmek istediğiniz çözeltiyi bir laboratuvar beherine koyun. Ardından, seri bağlı grafit çubukları güç kaynağına ve ampule yerleştirin. Anahtarı açın! Ampul yanıyor mu?

Elektrotları damıtılmış suyla durulayın ve işlemi diğer çözeltiler ve damıtılmış su ile tekrarlayın! Son olarak, elektrotları silin ve kuru bir beher kullanarak katı sodyum klorürün elektriksel iletkenliğini kontrol edin! Sonuçları laboratuvar raporunuza ekleyin!



Resim 1.29 Çeşitli maddelerin elektriksel iletkenliğini test etmek için kullanılan cihaz.

Yapılan deneyden, grafit çubukların damıtılmış suya, alkole, sakkaroz çözeltisine ve katı sodyum klorüre daldırıldığında ampulün yanmadığı, yani elektrik akımı iletmedikleri ve elektrolit olmayan maddeler olarak kabul edildikleri gözlemlenmiştir.

Diğer durumlarda ise ampul yanmaktadır; bu da bu maddelerin çözeltilerinin elektrolit olduğu anlamına gelir. Bununla birlikte, farklı çözeltilerde farklı ışık yoğunlukları gözlemlenebilir. Bu nedenle, bakır(II) sülfat, sodyum klorür, sodyum hidroksit ve hidroklorik asit çözeltileriyle çalışırken ampul daha güçlü, asetik asit çözeltisiyle çalışırken ise daha az güçlü bir şekilde yanmaktadır. Dolayısıyla, asetik asit çözeltisi elektrik akımını daha az güçlü bir şekilde iletir.

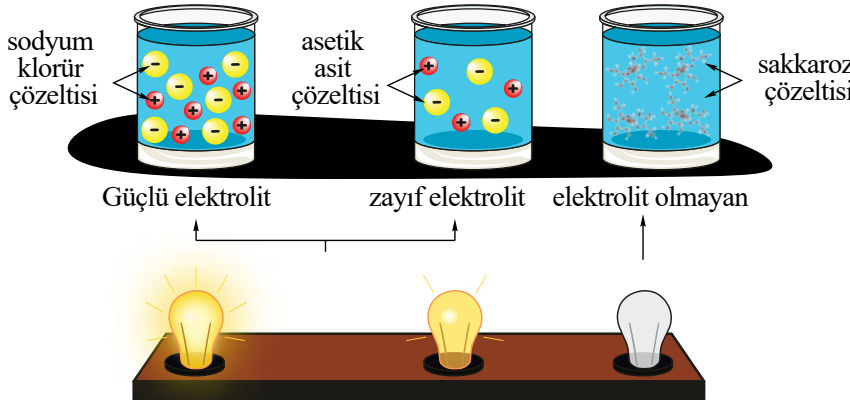
Elektrolitler, elektrik akımını ne kadar iyi ilettiklerine göre güçlü ve zayıf elektrolitler olarak ikiye ayrılır.

Güçlü elektrolitler, elektrik akımını iyi ileten maddelerdir. Bunlar arasında hemen hemen tüm tuzların (bakır(II) sülfat, sodyum klorür, potasyum sülfat vb.), güçlü asitlerin (hidroklorik asit, sülfürik asit, nitrik asit vb.) ve güçlü bazların (sodyum hidroksit, potasyum hidroksit, baryum hidroksit vb.) sulu çözeltileri bulunur.

Zayıf elektrolitler elektriği zayıf iletir. Bunlara zayıf asitler ve zayıf bazlar (asetik asit, hidrosiyanik asit, hidrosülfürik asit, amonyum hidroksit vb.) dahildir. Çoğu organik asit ve baz zayıf elektrolittir. Su da çok zayıf bir elektrolittir.

Aktivite

Spor içeceklerinin neden elektrolit içerdiğini araştırın! Ardından, birkaç farklı spor içeceği alın ve etiketlerini dikkatlice okuyun veya internetten bilgi edinin. Sonuçlarınızı sunmak için kısa bir sunum veya poster hazırlayın!



Resim 1.30 Elektrolitler elektriği iletirler.



Düşün ve Cevapla:

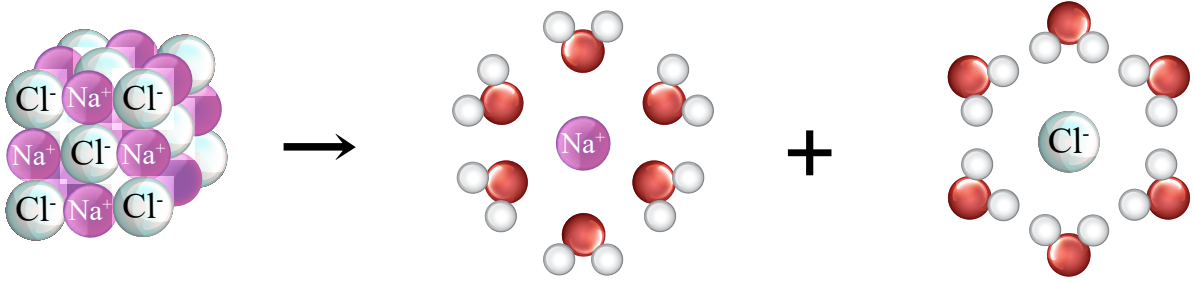
1. Birinci tip iletkenler ile ikinci tip iletkenler arasında elektrik akımının iletirme biçimindeki temel fark nedir?
2. Aşağıdaki asit ve bazlardan hangilerinin sulu çözeltide güçlü bir elektrolit oluşturabileceğini araştırın ve belirleyin: H_2SO_4 , HCN , $\text{Cu}(\text{OH})_2$, KOH , HNO_2 , HNO_3 , NH_4OH , HI ve HF .

ELEKTROLİTLERİN AYRIŞMASI

Elektrolitlerin Ayrışması

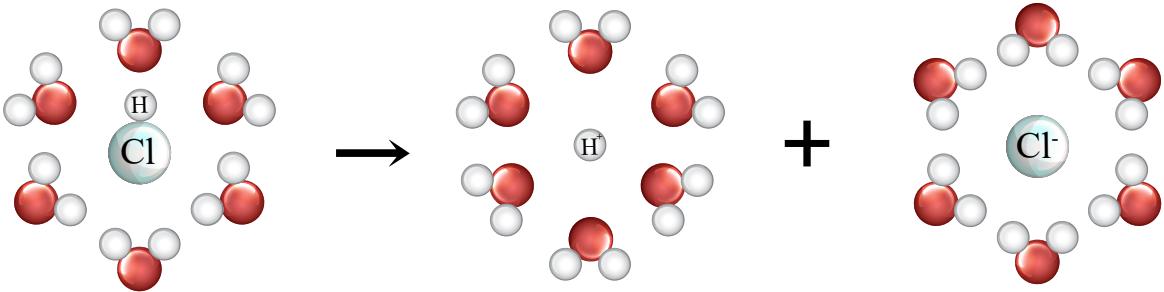
Elektrolitlerin elektriği iletebilmesi için hareketli iyonların olması gerekir. İyonik bir madde katı halde iken, iyonik kristal kafesindeki iyonların sınırlı hareketi nedeniyle bu tür hareketli iyonlar mevcut değildir. Madde eridiğinde (sıvı hale geçtiğinde), iyonlar daha serbestçe hareket edebilir.

İyonik bir madde **polar bir çözücünde** (örneğin, suda) çözündüğünde de hareketli iyonlar elde edilir. Çözeltideki iyonlar katı maddedeki iyonlarla aynıdır, ancak sulu bir çözeltide bu iyonlar çözücü molekülleriyle çevrilidir. İyonlara çözülmüş (solvated) iyonlar, çözücü su ise hidratlanmış (hydrated) iyonlar denir. Bu işlemin kendisine çözünme (**solvasyon**) veya çözücü su ise **hidratasyon** denir.



Resim 1.31 Sodyum klorürün suda çözünmesi

Polar moleküllerden (atomları polar kovalent bağla birbirine bağlı moleküller) oluşan maddeler suda çözündüğünde de çözülmüş iyonlar oluşur. Örneğin, hidrojen klorür gazı suda çözündüğünde hidroklorik asit oluşur. Bu tür bir çözeltide çözülmüş (yani hidratlanmış) hidrojen ve klorür iyonları bulunur.



Resim 1.32 Hidrojen klorürün suda çözünmesi

Hidrojen klorürün suda çözünmesi: İyonlardan veya polar moleküllerden oluşan maddelerin çözeltisinde, çözücünün polar moleküllerinin etkisi altında hareketli iyonların oluşmasına elektrolitik ayrışma denir.

Elektrolitik ayrışma, kimyasal denklemler kullanılarak sembolik olarak da gösterilebilir. Denklemin sol ve sağ taraflarındaki toplam yükün eşit olması gerektiği dikkate alınmalıdır.

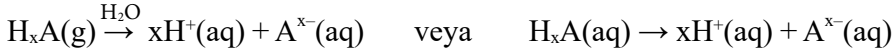
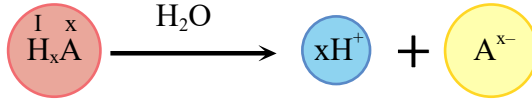
(k) – katı

(l) – sıvı

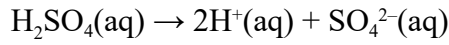
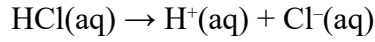
(g) – gaz

(aq) – sulu çözelti

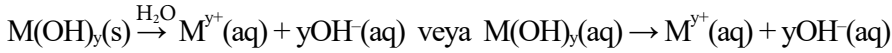
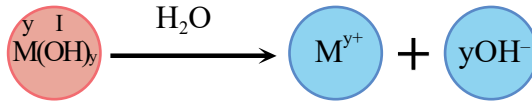
Suda çözünmüş polar bileşiklerin elektrolitik ayrışması



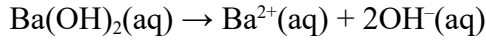
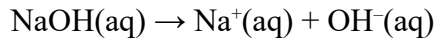
Örnekler:



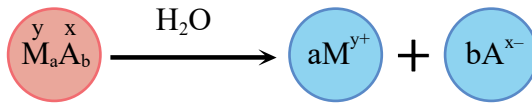
Suda çözünmüş hidroksitlerin elektrolitik ayrışması



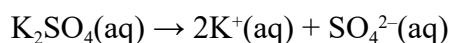
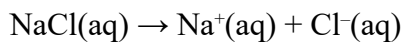
Örnekler:



Suda çözünmüş tuzların elektrolitik ayrışması



Örnekler:



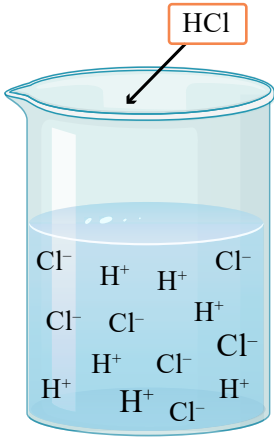


Resim 1.33 Svante Arenius (1859 – 1927)

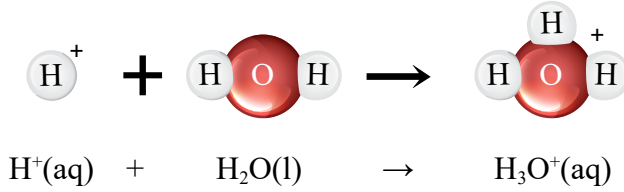
Elektrolitik ayrışma teorisine göre asitler ve bazlar

19. yüzyılın ikinci yarısında İsveçli bilim insanı Arrhenius, sulu çözeltilerde tuzların, bazların ve asitlerin elektrolitik ayrışmasını açıklamıştır. **Arrhenius'un teorisine göre, asitler hidrojen içeren ve suda ayrıştıklarında hidrojen iyonları (H^+) veren maddelerdir; bazlar ise hidroksit grubu içeren ve suda ayrıştıklarında hidroksit iyonları (OH^-) veren maddelerdir.** Buna göre, hidrojen iyonlarını (H^+) asidik özelliklerin, hidroksit iyonlarının (OH^-) ise bazik özelliklerin taşıyıcısı olduğu düşünülebilir.

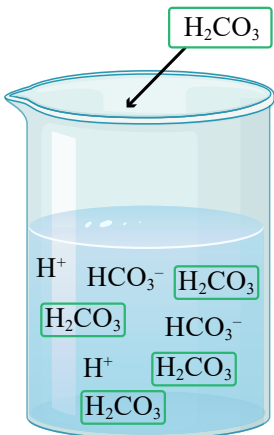
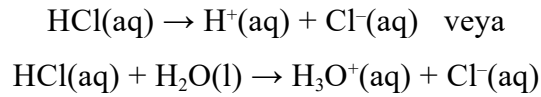
Hidrojen iyonu (H^+) su moleküllerine bağlanarak daha karmaşık parçacıklar oluşturur, bunların en önemlisi H_3O^{+} 'dır (bir su molekülü bir hidrojen iyonuna bağlanır). Dolayısıyla, sulu çözeltide serbest H^+ iyonu bulunmaz ve sulu çözeltide var olduğu düşünülebilecek en küçük parçacık H_3O^{+} 'dır.



Resim 1.34 Güçlü elektrolitler sulu çözeltide tamamen ayrışır



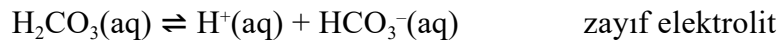
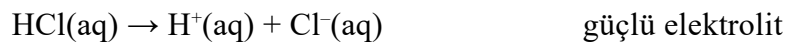
Ancak, basitlik adına, elektrolitik ayrışma sürecini temsil eden denklemlerde genellikle daha basit olan parçacık gösterimi kullanılır. Bu nedenle, hidroklorik asidin elektrolitik ayrışması aşağıdaki denklemlerden biriyle gösterilebilir:



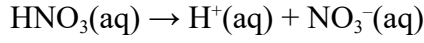
Resim 1.35 Zayıf elektrolitler sulu çözeltide kısmen ayrışır

Elektrolitler, elektrik akımını ne kadar iyi ilettiklerine bağlı olarak güçlü ve zayıf elektrolitler olarak ikiye ayrılır. Bu, sulu çözeltilerdeki ayrışmalarıyla ilişkilendirilebilir.

Çözeltide ne kadar çok hareketli iyon varsa, elektrolit elektrik akımını o kadar iyi iletir. Yani, güçlü elektrolitler sulu çözeltilerde tamamen ayrışır ve bu, denklemlerde tek yönlü bir okla gösterilir. Öte yandan, zayıf elektrolitler sulu çözeltilerde yalnızca kısmen ayrışır ve denklemlerde çift yarım ok kullanılır. Örneğin:

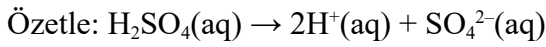
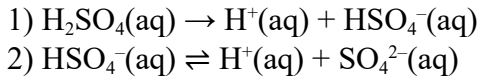


Asitler, moleküllerindeki hidrojen atomu sayısına göre de sınıflandırılabilir. Bir asit molekülünde bir hidrojen atomu içeriyorsa, **monobazik asit** olarak adlandırılır. Bu tür asitler, örneğin HCl, HNO₃ ve CH₃COOH'tur. Monobazik asitlerin ayrışması tek bir adımda gösterilebilir.

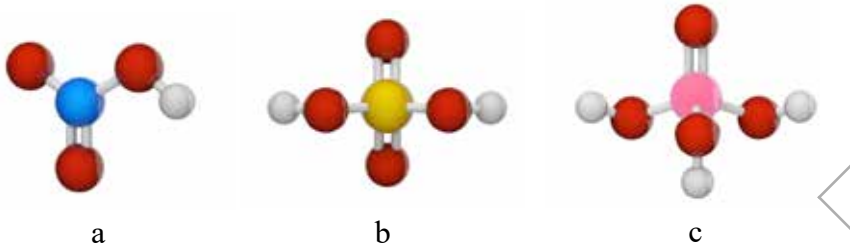
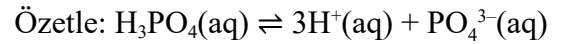
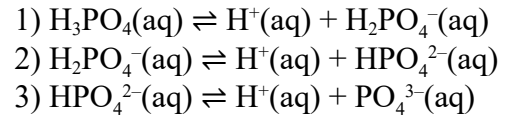


Çok bazlı asitlerin ayrışmasını temsil eden kimyasal denklemler daha fazla sayıda adım içerir. Örneğin:

Sülfürik asidin ayrışması



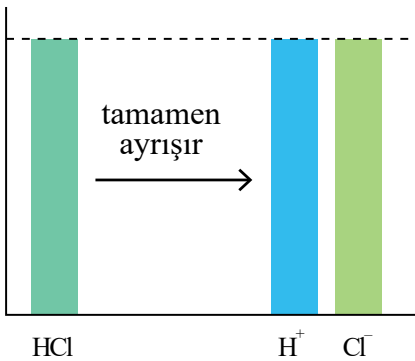
Fosforik asidin ayrışması



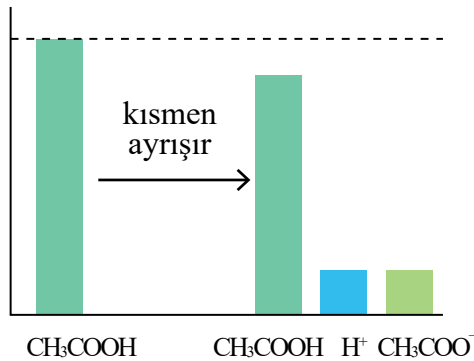
Resim 1.36 Nitrik asit (a), sülfürik asit (b) ve fosforik asidin (c) moleküler modelleri.

Elektrolit Ayrışma Derecesi

Güçlü elektrolitlerin sulu çözeltilerinde yalnızca iyonlar bulunur ve pratikte hiç ayrılmamış molekül yoktur. Buna karşılık, zayıf elektrolitlerin sulu çözeltilerinde, ayrılmamış moleküller ve iyonlar arasında bir denge söz konusudur.



Resim 1.37 Sulu HCl çözeltisinde (güçlü bir asit), yalnızca H⁺ ve Cl⁻ iyonları bulunur



Resim 1.38 Zayıf bir asit olan CH₃COOH'nin sulu çözeltisinde, ayrılmamış CH₃COOH molekülleri ve az sayıda H⁺ ve CH₃COO⁻ iyonu bulunur

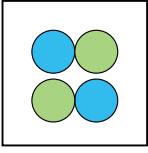
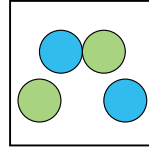
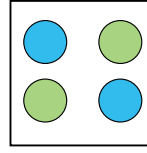
Bir elektrolitin gücü, **elektrolit ayrışma derecesi** (bazen iyonlaşma derecesi olarak da adlandırılır) tanımlanarak belirlenebilir; bu derece, Yunanca α (alfa) harfiyle gösterilir. Ayrışmış molekül sayısının, çözünmüş molekül sayısına oranıdır.

$$\alpha = \frac{N(\text{ayrışmış molekül})}{N(\text{çözünmüş molekül})}$$

Elektrolitik ayrışma derecesi 0 ile 1 arasında bir değer alabilir ve ayrıca yüzde olarak da ifade edilebilir. Sulu çözeltide tamamen ayrılan güçlü asitlerin elektrolitik ayrışma derecesi 1'e veya %100'e yakındır. Öte yandan, su çok zayıf bir elektrolittir ve elektrolitik ayrışma derecesi $2 \cdot 10^{-9}$ 'dur; bu da yaklaşık 500 milyon molekülden sadece birinin ayrıştığı anlamına gelir. Dolayısıyla, **α değeri ne kadar yüksekse, elektrolit o kadar güçlüdür, yani o kadar çok molekül ayrışır.**

Tablo 1.6. 0,1 mol/L elektrolit konsantrasyonunda çeşitli elektrolitlerin ayrışma derecesi

H ₂ SO ₄ (ilk adım)	1 (100%)	HCN	0,00007 (0,007 %)
H ₂ SO ₄ (ikinci adım)	0,26 (26 %)	HNO ₂	0,067 (6,7 %)
CH ₃ COOH	0,013 (1,3 %)	NH ₃ (NH ₄ OH)	0,013 (1,3 %)
HF	0,081 (8,1 %)	CH ₃ NH ₂	0,066 (6,6 %)

			
N(ayrışmış)  + 	0	1	2
N(ayrışmamış)  	2	1	0
N(toplam)	2	2	2
α	$\frac{0}{2} = 0 = 0 \%$	$\frac{1}{2} = 0,5 = 50 \%$	$\frac{2}{2} = 1 = 100 \%$

Resim 1.39 Elektrolit ayrışma derecesinin gösterimi.

Örnek 1.12.

Çözeltide toplam 0,5 mol asetik asit bulunmaktadır ve bunun 0,015 molü elektrolitik ayrışma halindedir. Elektrolitlik ayrışma derecesini hesaplayınız!

Çözüm:

Elektrolit ayrışma derecesi için kullanılan ifadeyi ve daha önce kullanılan, madde miktarı ile birim sayısı arasındaki ilişkiyi gösteren ifadeyi kullanarak şunu elde ederiz:

$$\alpha = \frac{N(\text{ayrışma})}{N(\text{asit çözeltisi})} = \frac{n(\text{ayrış.}) \cdot N_A}{n(\text{asit çöz.}) \cdot N_A} = \frac{n(\text{ayrış.})}{n(\text{asit çöz.})}$$

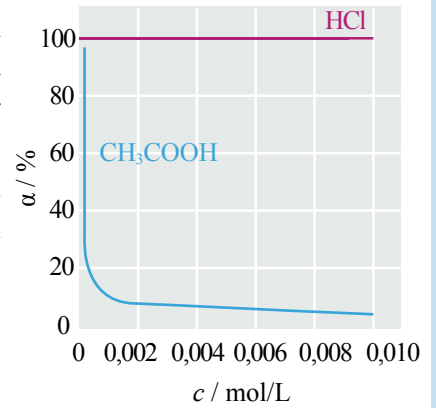
$$\alpha = \frac{0,015 \text{ mol}}{0,5 \text{ mol}} = 0,03$$

Dolayısıyla, asetik asidin elektrolitik ayrışma derecesi 0,03 veya %3'tür.

Elektrolitik ayrışma derecesi sıcaklığa bağlıdır. Zayıf elektrolitler için, sıcaklık arttıkça artar. Daha yüksek sıcaklıklarda, parçacıkların hareketine bağlı kinetik enerji daha büyüktür, bu nedenle iyonik veya polar moleküler bileşiklerin parçacıkları daha kolay iyonlara ayrılır. Tüm bunlar, zayıf asitlerin ve bazların daha büyük ölçüde ayrışmasına neden olur. Güçlü elektrolitler için elektrolitik ayrışma derecesi 1'dir ve sıcaklık değişimiyle önemli ölçüde değişmez.

Sıcaklığa ek olarak, **elektrolitik ayrışma derecesi çözünenin doğasına ve konsantrasyonuna da bağlıdır.** Zayıf elektrolitler için, elektrolitik ayrışma derecesi konsantrasyon azaldıkça (yani çözeltinin seyreltilmesiyle) önemli ölçüde artar. Zayıf elektrolitlerin seyreltik çözeltilerinde, elektroliti oluşturan parçacıkları çevreleyen daha fazla sayıda çözücü molekülü bulunur, bu da ayrışmayı hızlandırır ve elektrolitik ayrışma derecesi de daha yüksek olur. Bu, böyle bir elektrolitin güçlü olacağı ve elektriği iyi ileteceği anlamına gelmez, çünkü bu kadar düşük bir konsantrasyonda çözeltideki iyon sayısı nispeten azdır. Güçlü elektrolitlerde ayrışma, çözeltideki konsantrasyonlarından bağımsız olarak tamamlanır.

Güçlü ve zayıf elektrolit terimleri, konsantre ve seyreltik çözelti terimleriyle karıştırılmamalıdır. Güçlü ve zayıf elektrolitler, ayrışma derecesi bakımından farklılık gösterirken, konsantre ve seyreltik çözeltiler, belirli bir miktarda çözücüde çözünen madde miktarı bakımından farklılık gösterir. Dolayısıyla hem konsantre hem de seyreltik çözeltilerde HCl güçlü bir asit CH₃COOH ise zayıf bir asittir.



Resim 1.40 α'nın çözünen maddenin konsantrasyonuna bağlılığının grafiksel gösterimi.

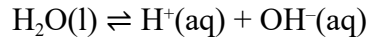


Düşün ve Cevapla:

1. Sülfürik asidin sudaki ayrışmasını görsel olarak gösterin!
2. Amonyum fosfat ve stronsiyum hidroksitin suda ayrışmasını kimyasal bir denklem kullanarak gösterin!
3. Karbonik asidin iki aşamalı ayrışmasını kimyasal bir denklem kullanarak gösterin!
4. HA, HB, HC, HD ve HE asitlerinin ayrışma dereceleri sırasıyla %2,8, %6,1, %11,3, %6,6 ve %7,9'dur. Bu asitlerden hangisi elektriği en iyi iletir?
5. Hangi çözeltinin toplam iyon sayısı daha fazladır? Hacimlerin eşit olduğunu varsayın.
 - a) $c(\text{HCl}) = 0,10 \text{ mol/L}$ olan HCl çözeltisi mi yoksa $c(\text{HCl}) = 0,05 \text{ mol/L}$ olan HCl çözeltisi mi?
 - b) $c(\text{HCl}) = 0,10 \text{ mol/L}$ olan HCl çözeltisi mi yoksa $c(\text{HF}) = 0,10 \text{ mol/L}$ olan HF çözeltisi mi?
 - c) $c(\text{HCl}) = 0,10 \text{ mol/L}$ olan HCl çözeltisi mi yoksa $c(\text{CaCl}_2) = 0,10 \text{ mol/L}$ olan CaCl_2 çözeltisi mi?
6. Sulu çözeltideki zayıf bir monobazik asidin toplam molekül sayısı 30 milyon ve elektrolitik ayrışma derecesi %5'tir. Aşağıdakilerin sayısını hesaplayınız:
 - a) asidin ayrılmış molekül sayısı
 - b) asidin ayrılmamış molekül sayısı
 - c) hidrojen iyonları
 - d) asit kalıntısının iyonları.

SUYUN ELEKTROLİTİK AYRIŞMASI VE pH

Su çok zayıf bir elektrolittir ve ayrışması aşağıdaki kimyasal denklemle gösterilebilir:



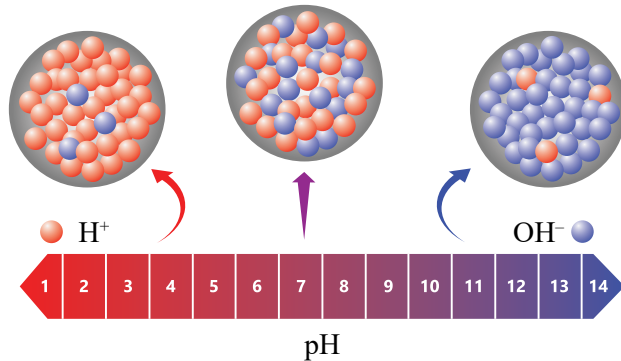
25 °C sıcaklıkta

Asidik ortam	$c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$ $\text{pH} < 7$
Nötr ortam	$c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$ $\text{pH} = 7$
Bazik ortam	$c(\text{H}^+) < c(\text{OH}^-)$ $\text{pH} > 7$

Suda bulunan H^+ iyonlarının (asidik özelliklerin taşıyıcıları) konsantrasyonu, OH^- iyonlarının (bazik özelliklerin taşıyıcıları) konsantrasyonuna eşittir. Bu nedenle, sudaki ortam nötrdür ve 25 °C sıcaklıkta pH değeri 7'dir.

H^+ iyonlarının konsantrasyonu OH^- iyonlarının konsantrasyonundan büyükse çözelti asidiktir ve pH değeri 7'den küçüktür. Aksine, H^+ iyonların konsantrasyonu OH^- iyonlarının konsantrasyonundan küçükse çözelti baziktir ve pH değeri 7'den büyüktür. pH değeri ne kadar düşükse, çözelti o kadar asidiktir. pH değeri ne kadar büyükse, çözelti o kadar baziktir.

Resim 1.41 pH değeri ile H^+ ve OH^- iyonlarının konsantrasyonu arasındaki ilişki.



Bir çözeltideki hidrojen iyonlarının konsantrasyonunun ölçüsü pH değeridir. Bu nedenle, bu değere *hidrojen indikatörü* denir. H^+ iyonlarının konsantrasyonu ne kadar yüksekse, pH değeri o kadar düşük olur. Aksine, H^+ iyonlarının konsantrasyonu ne kadar düşükse, pH değeri o kadar yüksek olur.

Laboratuvarlarda, **indikatörler** genellikle ortamın türünü belirlemek için kullanılır, yani asidik, nötr veya bazik çözeltilerde renk değiştiren maddelerdir. İndikatörler şerit veya çözelti formunda olabilir. En yaygın kullanılan indikatör şeritleri *kırmızı* ve *mavi* turnosol kağıdı ve *evrensel indikatör kağıdıdır*.



Resim 1.43 Kırmızı turnosol kağıdı bazik çözeltilerde **maviye** döner.



Resim 1.44 Mavi turnosol kağıdı asidik çözeltilerde **kırmızıya** döner.



Resim 1.42 Evrensel kağıt şeritleri

Turnosol kağıdı ile bir çözeltinin asitlik veya alkalilik derecesi hakkında daha ayrıntılı bilgi edinmek mümkün değildir. Bu, farklı pH değerlerinde renk değiştiren evrensel indikatör (evrensel turnosol kağıdı veya evrensel indikatör çözeltisi) kullanıldığında mümkündür. Eşit konsantrasyonlarda ve aynı koşullar altında, kuvvetli asitlerin pH değeri zayıf asitlerden daha düşüktür, bu nedenle evrensel indikatör daha yoğun kırmızı bir renk gösterir. Zayıf asitlerde renk turuncu veya sarıdır, bu da daha yüksek bir pH değerini gösterir. Bununla birlikte, dikkatli olunmalıdır, çünkü aynı asidin farklı konsantrasyonlardaki çözeltileri farklı pH değerleri gösterecektir: daha konsantre çözeltilerin pH değeri daha düşük, seyreltik çözeltilerin ise daha yüksektir. Benzer mantık bazik çözeltiler için de geçerlidir.

$$c(HCl) = 0,1 \text{ mol/L} \rightarrow pH = 1$$

$$c(HCl) = 0,01 \text{ mol/L} \rightarrow pH = 2$$

$$c(CH_3COOH) = 0,1 \text{ mol/L} \rightarrow pH = 2,9$$

$$c(CH_3COOH) = 0,01 \text{ mol/L} \rightarrow pH = 3,4$$



Resim 1.45 Evrensel indikatör kağıdı kullanarak asidik bir ortamın varlığını kanıtlamak.





Aktivite

QR kodunu tarayın

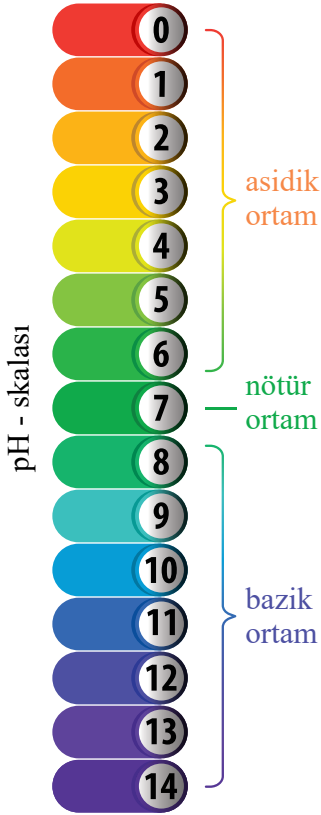


ve belirtilen çözeltilerin pH değerini test edin

Kimya laboratuvarlarında kullanılan diğer indikatörler arasında *fenolftalein*, *metil kırmızısı*, *metil turuncusu*, *bromotimol mavisi* vb. çözeltiler bulunur. Bu indikatörlerin her birinin belirli bir pH aralığında renk değiştirme özelliği vardır, bu nedenle uygun indikatör beklenen pH değerine veya reaksiyon türüne bağlı olarak seçilir. Evrensel indikatör, her biri farklı bir pH aralığında reaksiyon veren birkaç ayrı indikatörün karışımıdır. Başlıca avantajı, sürekli bir renk skalası sağlaması ve yalnızca dar bir pH aralığında renk değiştiren ayrı indikatörlerin aksine, çözeltinin yaklaşık pH değerini vermesidir.

Tablo 1.7. Asidik ve bazik ortamlarda bazı indikatörlerin rengi

İndikatör	Asidik ortamda renk	Bazik ortamda renk
Turnosol	kırmızı	mavi
Fenolftalein	renksiz	ahududu kırmızısı
Metil kırmızısı	kırmızı	sarı
Metil turuncu	kırmızı	sarı
Bromtimol mavisi	sarı	mavi



Resim 1.46 Ortam türünü belirlemek için kullanılan pH ölçeği



Resim 1.47 Kırmızı lahana çözeltisi bir gösterge olarak kullanılabilir.

Göstergeler kullanılarak çözeltilerin pH değeri yalnızca kabaca belirlenebilir. Daha hassas ölçümler için pH metre adı verilen özel bir cihaz kullanılır. Kullanıma hazır hale getirildikten sonra, **pH metre** çözeltiye daldırılır ve sayısal pH değeri ekranda görüntülenir.



Resim 1.48 Dijital pH-metre



HAYDİ KEŞFEDELİM

Ortamın asitliğini ve alkaliliğini pH değerine göre belirlemek.

Gerekli ekipman ve maddeler: 10 deney tüpü, deney tüpü standı, cımbız, 5 saat camı, üç damlalık (veya Pasteur pipeti), evrensel indikatör kağıdı, damıtılmış su, metil kırmızısı, fenolftalein, HCl ($c = 0,1 \text{ mol/L}$), CH_3COOH ($c = 0,1 \text{ mol/L}$), NH_4OH ($c = 0,1 \text{ mol/L}$) ve NaOH ($c = 0,1 \text{ mol/L}$), çözeltileri, laboratuvar önlüğü, güvenlik gözlüğü, eldiven.

İşlem: Beş deney tüpüne sırasıyla 3-4 mL HCl, CH_3COOH , NH_4OH ve NaOH çözeltileri ile damıtılmış su koyun. Cımbız kullanarak, evrensel indikatörün şeridini ilk çözeltiye batırın ve ardından bir saat camına bırakın. Evrensel indikatörün diğer şeridini ikinci çözeltiye batırın ve temiz ve kuru bir saat camına bırakın. Bu işlemi diğer çözeltilerle tekrarlayın. Her durumda rengi not edin.

Ardından, bir damlalık kullanarak her bir deney tüpüne iki damla metil kırmızı çözeltisi ekleyin. Renk değişimini gözlemleyin.

Diğer beş deney tüpüne her bir çözeltiden 3-4 mL ekleyin ve ardından iki damla fenolftalein çözeltisi ekleyin. Renk değişimini gözlemleyin. Sonuçları bir tabloda gösterin! Sonuçları laboratuvar raporunuza ekleyin!

Aktivite



Kanın pH değerinin ne olduğunu ve bu değer belirlenen aralığın dışında olması durumunda neler olduğunu araştırın.

Aktivite



Yağmur suyunun ve asit yağmurunun pH değerini araştırın! Asit yağmurunun olumsuz etkileri nelerdir?



Düşün ve Cevapla:

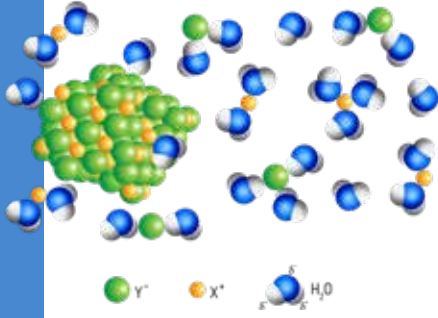
- Ortamın asitliğini ve alkaliliğini belirlemek için yapılan deneyle ilgili aşağıdaki soruları cevaplayınız:
 - Çözeltilerin ve suyun ortamı (asidik, bazik veya nötr) nedir?
 - Çözeltileri en bazik çözeltiden başlayarak asitliklerine göre sıralayınız!
 - Evrensel indikatörün rengine göre çözeltilerin ve suyun pH değerini belirleyiniz!
 - Evrensel indikatörün diğer indikatörlere göre avantajı nedir?
- Maya, evrensel indikatör kağıdı kullanarak beş çözeltiyi test etti. Test sonuçlarını bir tabloda sundu. Çözeltilerden hangilerinin asit çözeltisi içerebileceğini belirleyin!

Çözelti No.	1	2	3	4	5
Evrensel indikatör kağıdının rengi	sarı	açık mavi	kırmızı	yeşil	mor

- Lindita çeşitli çözeltilerin pH değerlerini test etti ve aşağıdaki sonuçları elde etti:

çözelti A: pH = 0,5 çözelti D: pH = 3
 çözelti B: pH = 10 çözelti E: pH = 13,5
 çözelti C: pH = 6 çözelti F: pH = 8,5

- Çözeltileri en bazik çözeltiden başlayarak artan asitlik sırasına göre düzenleyin!
- Her çözelti için, evrensel indikatörün ve Tablo 1.7'de listelenen indikatörlerin asitliği test etmek için kullanılması durumunda alacakları rengi belirtin!



Terimler:

iyonik reaksiyon, iyonik denklem, tam iyonik denklem, indirgenmiş/etkin iyonik denklem, "gözlemci" iyonlar

1.5. İYONİK REAKSİYONLAR

İYONİK REAKSİYONLAR

Çözünmüş asitlerin, bazların ve tuzların ayrışması nedeniyle, sulu çözeltilerde iyonlar arasında çok sayıda reaksiyon meydana gelir. Bu tür reaksiyonlara **iyonik reaksiyonlar** denir. Reaksiyon ürünlerinden en az biri az çözünür bir bileşik (çökelti), az ayrıışan bir bileşik veya bir gaz ise, bu reaksiyonlar pratik olarak geri dönüşümsüz (veya başka bir deyişle, tamamlanarak gerçekleşir) olacaktır.

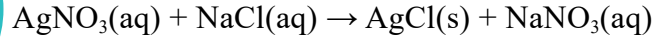
Çözünürlüğü düşük bir bileşik (çökelti) oluşturan iyonik reaksiyonlar

Çözünmeyen bir bileşik oluşturan iyonik reaksiyonlar, *çökeltme reaksiyonları* olarak da bilinir. Tuzlar güçlü elektrolitlerdir ve sulu çözeltilerde tamamen ayrışırlar. Bazı tuzlar suda çok çözünür ve tam ayrışma nedeniyle çözeltilerde birçok iyon bulunur. Tüm nitratlar ve tüm sodyum, potasyum ve amonyum tuzları çözünür. Bununla birlikte, suda az veya pratik olarak çözünmeyen tuzlar da vardır, bu nedenle çözeltilerde çok az tuz iyonu bulunur. Ayrıca, bazı hidroksitler de çökeltme halinde bulunur. Tablo 1.8, bazı tuzların ve hidroksitlerin çözünürlüğüne genel bir bakış sunmaktadır.

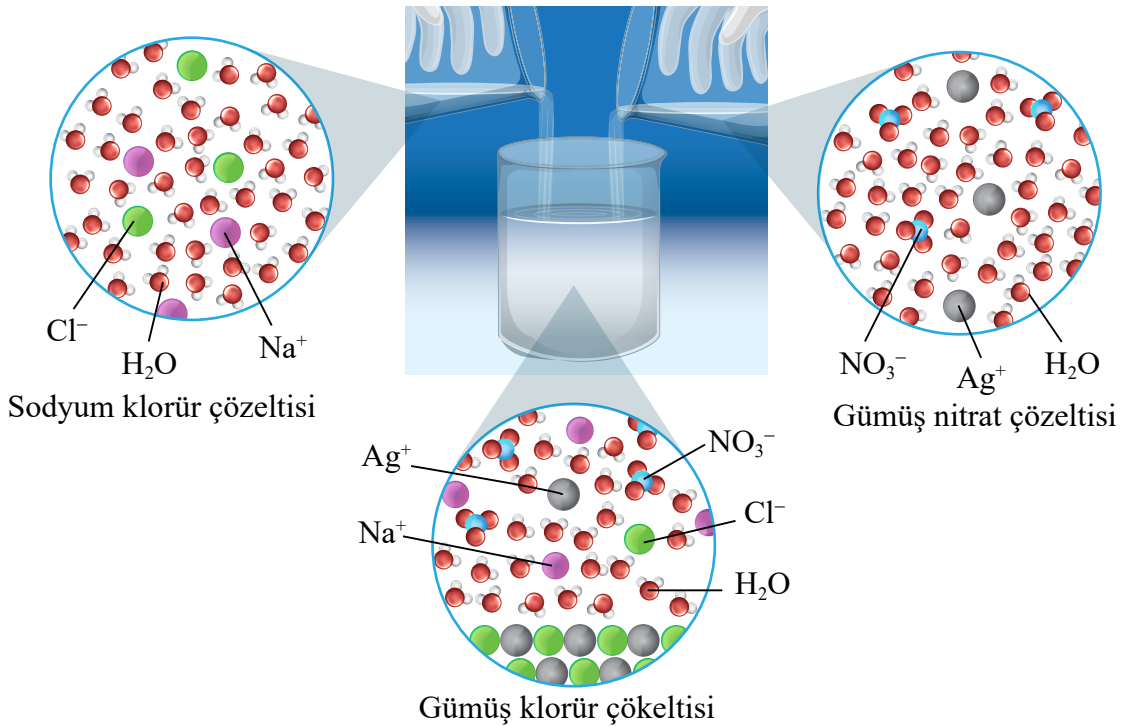
Tablo 1.8. Bazı tuzların ve hidroksitlerin oda sıcaklığındaki çözünürlüğü

		KATYONLAR												
		Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	Zn ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Cu ²⁺	Pb ²⁺	Fe ³⁺
ANYONLAR	OH ⁻	P	P	P	P	C	H	H	H	-	-	H	H	H
	Cl ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	H	P	P	C	P
	Br ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	H	C	P	C	P
	I ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	H	H	-	H	P
	S ²⁻	P	P	P	P	-	-	-	H	H	H	H	H	-
	SO ₄ ²⁻	P	P	P	H	C	P	P	P	C	P	P	H	P
	PO ₄ ³⁻	P	P	P	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
	CO ₃ ²⁻	P	P	P	H	H	H	-	H	H	-	H	H	H
	NO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
	CH ₃ COO ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
		P	çözünür	H	çözünmez	C	az çözünür	-	suda bulunmaz veya suda ayrışır					

Gümüş nitrat ve sodyum klorür çözeltileri karıştırıldığında, hemen beyaz bir gümüş klorür çökeleği oluşur. Kimyasal denklemlerde, çökeleğin formülünden sonra (s) sembolü yazılır.

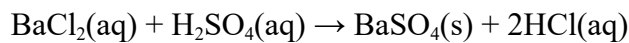


Eğer reaktifler stokiyometrik oranlarda alınırsa, çözeltide önemli miktarlarda Na^+ ve NO_3^- iyonları bulunur. Ag^+ ve Cl^- iyonlarının neredeyse tamamı birleşerek çözeltiden çökelme şeklinde ayrılır. AgCl suda az çözünür bir bileşiktir ve bu nedenle bu reaksiyon tamamlanır.



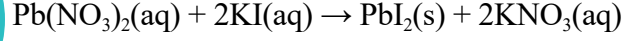
Resim 1.49 Gümüş klorür oluşum reaksiyonunun mikroskopik görüntüsü

Çökelti oluşturan iyonik bir reaksiyonun başka bir örneği de baryum klorür ile sülfürik asit arasındaki reaksiyondur. Oluşan çökelti baryum sülfattır ve hidrojen ve klorür iyonları çözeltide kalır. Özetle, bu reaksiyonun denklemi şu şekilde yazılabilir:



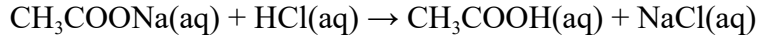
Kurşun(II) nitrat ve potasyum iyodürün iki berrak çözeltisi karıştırıldığında, yoğun sarı renkte bir kurşun(II) iyodür çökeleği oluşur. Karışım ısıtıldığında çökelek çözünür ve tekrar soğutulduğunda parlak altın sarısı kristaller halinde ayrışır.

Bu deney “altın yağmuru” olarak bilinir

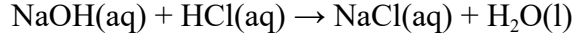


Zayıfça ayrışan bir bileşik üreten iyonik reaksiyonlar

Zayıf ayrışmış bileşikler (zayıf elektrolitler) su, zayıf asitler ve zayıf bazlardır. Zayıf ayrışmış bir bileşik oluşturan iyonik reaksiyonlar da tamamlanmaya devam eder. Böyle bir reaksiyonun bir örneği, sodyum asetat ve hidroklorik asit çözeltileri arasındadır.

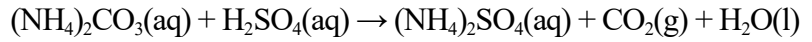
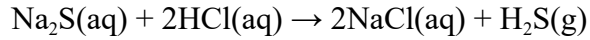


Nötralizasyon reaksiyonlarında (asit ve baz arasındaki reaksiyonlar) ürünlerden biri, çok zayıf ayrışmış bir bileşik olan sudur. Örneğin:



Gaz üreten iyonik reaksiyonlar

Bir reaksiyon sırasında gaz açığa çıkarsa, sistemden ayrılır; bu da bu tür reaksiyonların geri dönüşümsüz, yani tamamlanmaya doğru ilerleyeceği anlamına gelir. Bu durumda da iyonik reaksiyonlarla karşı karşıyayız. Gaz halindeki bir madde, kimyasal denklemde formülünün yanına (g) sembolü yazılarak gösterilir.



Resim 1.50 Gaz açığa çıkaran iyonik reaksiyon

Düşün ve Cevapla:

- Aşağıdaki çözeltiler arasındaki reaksiyonların dengeli kimyasal denklemlerini yazınız:
 - kalsiyum nitrat ve potasyum karbonat
 - sodyum hidrojen karbonat ve sülfürik asit
 - bakır(II) klorür ve sodyum hidroksit
 - amonyum siyanür ve hidroklorik asit
 - potasyum nitrat ve sodyum klorür
- Bu tepkimelerden hangileri tamamlanır? Cevabınızı açıklayın!



İYONİK DENKLEMLER

İyonik reaksiyonlar da dahil olmak üzere kimyasal reaksiyonlar genellikle **moleküler kimyasal denklemler** kullanılarak yazılır. Bu durum şimdiye kadar böyleydi. Ancak bu yazım şekli, hangi maddelerin iyonlara ayrıştığını görmemize izin vermediği için, mikroskobik düzeyde neler olup bittiğine dair gerçek bir resim elde edemiyoruz.

Bu nedenle, **tam iyonik denklemler** kullanılır. Tam iyonik denklemde, çözeltide tamamen iyonlaşan maddeler iyonik biçimde yazılır; bu durum, az çözünür, az iyonlaşan ve gaz halindeki maddeler için geçerli değildir.

Net iyon denkleminde, maddelerin (reaktifler veya ürünler) ayrışmasıyla oluşan tüm iyonlar listelenir. Bununla birlikte, reaktiflerin bazı iyonlarının az çözünür, az ayrışan veya gaz halindeki ürünün bir parçası haline geldiği, diğerlerinin ise çözeltide kaldığı görülebilir. Çözeltide kalan iyonlar aslında kimyasal değişime hiç katılmazlar. Reaksiyona katılmayan iyonlar "**gözlemci iyonlar**" olarak bilinir.

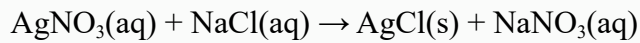
Tam iyon denkleminde "gözlemci iyonlar" çıkarılırsa, **etkili (kısaltılmış) bir iyon denklemi** elde edilir. Bu denklem, yalnızca kimyasal reaksiyona etkin olarak katılan iyonları içerir.

Örnek 1.13.

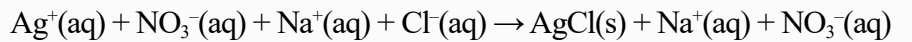
Gümüş nitrat ve sodyum klorür çözeltileri arasındaki reaksiyonun moleküler, net iyonik ve etkin iyonik denklemlerini yazın ve "gözlemci iyonları" etiketleyin!

Çözüm:

Öncelikle, reaksiyonun ürünleri tahmin edilmelidir. Gümüş nitrat sodyum klorür ile reaksiyona girdiğinde, gümüş klorür ve sodyum nitrat oluşur. Tablo 1.8'den, gümüş klorürün çökelme olduğu sonucuna varılır. Reaksiyon denklemi şu şekilde yazılabilir:

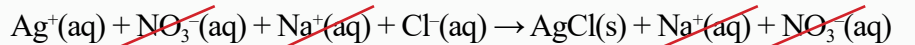


Bu bir moleküler denklemdir. Dengelenmesi gerekir. Bu durumda dengelenmiştir, bu nedenle tamamen ayrışan bileşiklerin iyonlarını listeleyerek net iyon denklemini yazabiliriz.

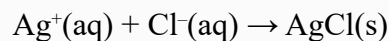


Net iyon denkleminde, sol taraftaki toplam yük, sağ taraftaki toplam yüke eşit olmalıdır (sol: $+1-1+1-1 = 0$, sağ: $0+1-1 = 0$). Bu durum, yalnızca denklem önceden dengelenmişse geçerlidir.

Net iyon denkleminde Na^+ ve NO_3^- iyonlarının her iki tarafta da bulunduğu dikkat edin. Bu, bu iyonların reaksiyona katılmadığı ve "gözlemci iyonlar" olarak kabul edildiği anlamına gelir.



Denklem bu iyonlar olmadan yazılırsa, etkin iyonik denklem elde edilir.

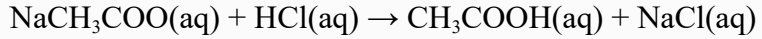


Örnek 1.14.

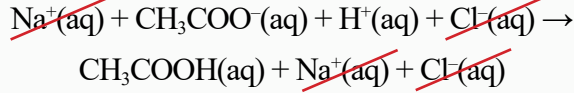
Sodyum asetat ve hidroklorik asit çözeltileri arasındaki reaksiyonun moleküler, net iyonik ve etkin iyonik denklemlerini yazın ve "gözlemci iyonları" etiketleyin!

Çözüm:

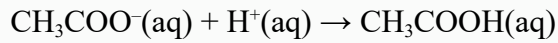
Tepkimenin dengelenmiş moleküler denklemi şu şekilde yazılır:



Ürün olarak elde edilen asetik asit zayıf bir asittir, yani kısmen iyonlarına ayrışır. Moleküler formda kalır ve geriye kalan maddeler iyonik formda temsil edilir. Bu, tam iyonik denklemi verir.



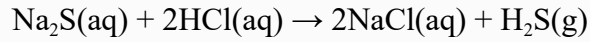
Na^+ ve Cl^- iyonları, net iyon denkleminin her iki tarafında da yer aldıkları için "gözlemci iyonlar" olarak adlandırılır. Bunlar ihmal edilirse, net iyon denklemi şu şekilde yazılabilir:

**Örnek 1.15.**

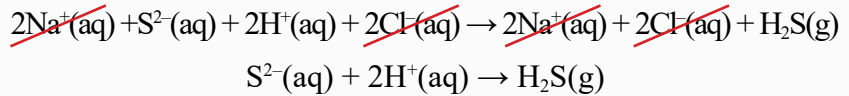
Sodyum sülfür ve hidroklorik asit çözeltileri arasındaki reaksiyonun moleküler, net iyonik ve etkin iyonik denklemlerini yazın ve "gözlemci iyonları" etiketleyin!

Çözüm:

Bu reaksiyonun dengelenmiş moleküler denklemi şöyledir:



Bu reaksiyon hidrojen sülfür gazı üretir. Daha önce olduğu gibi ilerleyerek, net iyonik ve net iyonik denklemler şu şekilde yazılabilir:



Na^+ ve Cl^- iyonları "gözlemci iyonlardır".

**Aktivite**

İçme suyu arıtımına neden klor eklendiğini ve analiz için doğru numune alma yöntemini araştırın. Ardından, farklı kaynaklardan (musluk, kuyu, çeşme) su numuneleri alın ve laboratuvarında içme suyundaki klorürleri kanıtlamak için iyonik reaksiyonları gerçekleştirin. Moleküler, tam iyonik ve etkin iyonik denklemleri yazın. Son olarak, kısa bir sunum hazırlayın ve su kalitesi analizinde iyonik reaksiyonların önemini açıklayın.

Düşün ve Cevapla:

- Aşağıdaki çözeltiler arasındaki reaksiyonlar için moleküler, net iyonik ve etkin iyonik denklemleri yazın ve "gözlemci iyonları"nı etiketleyin:
 - çinko klorür ve potasyum fosfat
 - kalsiyum siyanür ve hidroklorik asit
 - sodyum karbonat ve sülfürik asit
 - cıva(II) nitrat ve amonyum sülfür
- Aşağıdaki nötrleştirme reaksiyonları için etkin iyonik denklemleri yazın:
 - sodyum hidroksit ve sülfürik asit
 - potasyum hidroksit ve hidroklorik asit
 - baryum hidroksit ve hidroklorik asit
 Ne gözlemliyorsunuz?
- Gümüş sülfür çökeleği oluşturmak için gereken reaksiyonun etkin iyonik denklemini yazın.



Tematik test

1. Aşağıdaki dağılım sistemlerinde dağılan fazı ve dağılım ortamını belirleyin:

- a) suda yağ
- b) sis
- c) deniz suyu
- d) hava
- e) jelatin

10 p.

2. Tuzun kütlece oranının %5 olduğu 250 g'lık bir çözelti hazırlamak için gereken potasyum dikromat ($K_2Cr_2O_7$) kütleini hesaplayın!

10 p.

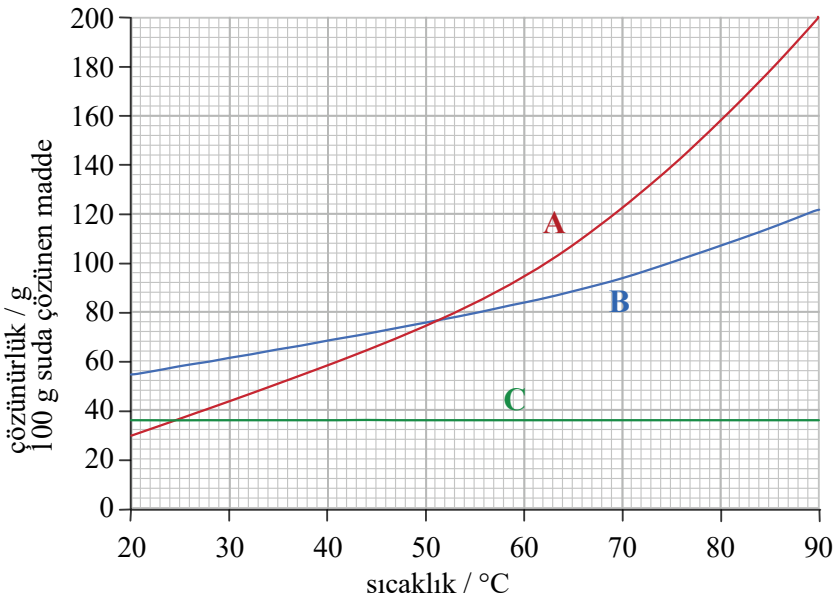
3. Çözeltinin 25 mL'sinde 650 mg amonyum klorür tuzu bulunuyorsa, bu tuzun mol/dm^3 cinsinden kantitatif konsantrasyonu nedir? Bu çözeltinin hazırlanma prosedürünü açıklayın!

20 p.

4. 250 cm^3 'lük bir çözelti 18 g glikoz ($C_6H_{12}O_6$) içermektedir. Çözeltinin yoğunluğu 1,03 g/cm^3 'tür. Çözeltideki glikozun molalitesini hesaplayınız!

10 p.

5. Aşağıdaki şekilde verilen A, B ve C maddelerinin çözünürlük eğrilerine dayanarak soruları cevaplayınız!



a) 40 °C'de B'nin çözünürlüğü nedir?

b) A'nın çözünürlüğü B'nin çözünürlüğüne eşit olduğu sıcaklık nedir?

c) 75 °C'de 50 g suda kaç gram A çözülebilir?

d) 50 °C'de 100 g suda 35 g B çözölmüştür. Çözelti doymamış, doymuş veya aşırı doymuş mudur?

20 p.

6. Karbonik asidin ayrışmasını uygun sayıda adımda gösterin! Bu asit için genel ayrışma denklemini yazın!

10 p.

7. Elektrolitik ayrışma derecesi %3 ise, büyük olasılıkla aşağıdaki çözeltilerden biridir:

- a) sülfürik asit
- b) sodyum hidroksit
- c) nitrik asit
- d) amonyum hidroksit

5 p.

8. pH değeri 4,5 ise, büyük olasılıkla aşağıdaki çözeltilerden biridir:

- a) hidroklorik asit
- b) asetik asit
- c) sodyum hidroksit
- d) amonyum hidroksit

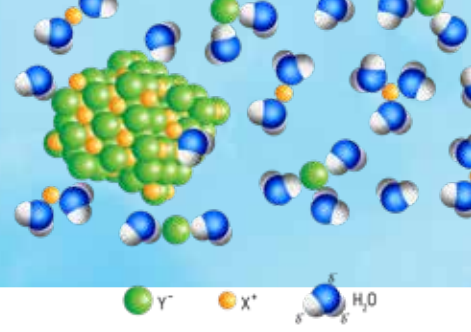
5 p.

9. Bakır(II) klorür ve sodyum karbonat çözeltileri arasındaki reaksiyonlar için moleküler, net iyonik ve etkin iyonik denklemleri yazın ve "gözlemci iyonları" etiketleyin (ürünlerden biri çökelmez)!

10 p.

ÖZET

- Heterojen sistemler, bileşenleri arasında sınır yüzeylerinin gözlemlenebildiği sistemlerdir.
- Faz, heterojen bir sistemin diğer kısmıyla temas halinde olan ancak açıkça tanımlanmış sınırlarla ayrılmış homojen bir parçasıdır.
- Tyndall etkisi, ışık saçılması olayıdır ve sistemin heterojen olduğunun bir göstergesidir.
- Dağılmış sistemler, bir veya daha fazla maddenin parçacıklarının başka bir maddenin parçacıkları arasında dağıldığı (yayıldığı) sistemlerdir.
- Bir maddenin içinde dağılmış halde bulunan maddeye dağılmış madde veya dağılmış faz, parçacıkların dağıldığı ortama ise dağılım ortamı denir..
- Dağılan maddenin parçacıklarının boyutuna göre, dağılmış sistemler şu şekilde sınıflandırılır: iri taneli dağılmış sistemler, koloidal dağılmış sistemler ve moleküler dağılmış sistemler (çözeltiler).
- Çözeltiler, bir veya daha fazla maddenin başka bir madde içinde eşit olarak dağıldığı homojen karışımlardır. Çözünen maddeye çözünen, çözünenin çözündüğü maddeye ise çözücü denir.
- Nicel bileşimi ifade etmek için çeşitli yöntemler ve farklı fiziksel nicelikler kullanılır; bunların en önemlileri oranlar, orantılar ve konsantrasyonlardır.
- Belirli bir sıcaklıkta, belirli bir hacimdeki çözücüde çözünen madde miktarına bağlı olarak üç tür çözelti ayırt edilir: doymamış çözeltiler, doymuş çözeltiler ve aşırı doymuş çözeltiler.
- Doymamış çözelti, belirli bir sıcaklıkta daha fazla maddenin (çözünen maddenin) çözünebildiği çözeltilerdir.
- Doymuş çözelti, belirli bir sıcaklıkta, belirli bir miktarda çözücü içinde çözünen maddenin mümkün olan en büyük miktarının çözündüğü çözeltilerdir.
- Çözünürlük, doymuş bir çözeltideki çözünen maddenin konsantrasyonudur.
- Aşırı doymuş çözelti, belirli bir sıcaklıkta belirli bir hacimdeki çözücüde çözülebilenden daha fazla miktarda çözünen madde içeren çözeltilerdir.
- Belirli bir çözücüde çözünebilen madde miktarı, çözücü ve çözünenin kimyasal yapısı, basınç, sıcaklık vb. gibi çeşitli faktörlere bağlıdır.
- Basınç arttıkça gazların sıvılardaki çözünürlüğü artar.
- Çoğu zaman, katı maddelerin sıvılardaki çözünürlüğü sıcaklık artışıyla birlikte artar.
- Sıcaklık arttıkça, gazların sıvılardaki çözünürlüğü azalır.
- Elektrolitler, eriyikleri veya çözeltileri hareketli iyonlar içeren ve elektrik akımını ileten maddelerdir.
- Elektrolitik ayrışma, iyonlardan veya polar moleküllerden oluşan bir çözeltide, çözücünün polar moleküllerinin etkisi altında hareketli iyonların oluşumunu ifade eder.
- Arrhenius teorisine göre, asitler bileşimlerinde hidrojen içeren ve suda çözündüklerinde hidrojen iyonları (H^+) veren maddelerdir; bazlar ise hidroksit grubu içeren ve suda çözündüklerinde hidroksit iyonları (OH^-) veren maddelerdir.
- Elektrolit ayrışma derecesi, ayrılan molekül sayısı ile toplam çözünmüş molekül sayısı arasındaki orandır.
- Bir çözeltideki hidrojen iyonlarının konsantrasyonunun ölçüsü pH değeridir.
- Göstergeler, asidik, nötr veya bazik çözeltilerde renk değiştiren maddelerdir.
- İyonik reaksiyonlar, sulu çözeltilerdeki iyonlar arasında gerçekleşen reaksiyonlardır.
- İyonik reaksiyonlar, reaksiyon ürünlerinden en az birinin az çözünür bir bileşik (çökelti), az ayrılan bir bileşik veya bir gaz olması durumunda tamamlanır.
- İyonik reaksiyonlar moleküler kimyasal denklemler, tam iyonik denklemler ve etkili (kısaltılmış) iyonik denklemler ile gösterilebilir.
- “Gözlemci iyonlar”, reaksiyona katılmayan iyonlardır.



2. KİMYASAL TEPKİMELELER VE KİMYASAL DENKLEMLER

Bu konuyu inceledikten sonra şunları yapabileceksiniz:

- Kimyasal reaksiyonları sınıflandırmak, farklı kimyasal reaksiyonları kimyasal denklemlerle temsil etmek ve reaksiyon türünü belirlemek;
- Kimyasal denklemlerin niteliksel ve niceliksel anlamını açıklayın ve reaktiflerin stokiyometrik oranlarda alındığı kimyasal reaksiyon denklemlerine dayalı hesaplamalar yapın.



İÇİNDEKİLER:

- 2.1 Kimyasal reaksiyonların sınıflandırılması
- 2.2 Kimyasal denklemlere dayalı hesaplamalar

2.1. KİMYASAL TEPKİMELERİN SINIFLANDIRILMASI

DÖNÜŞÜMLÜ VE DÖNÜŞÜMSÜZ KİMYASAL TEPKİMELER

Terimler:

geri dönüşümsüz reaksiyon, geri dönüşümlü reaksiyon, doğrudan reaksiyon, ters reaksiyon, birleşme reaksiyonu, ayrışma reaksiyonu, piroliz, elektroliz, fotoliz, yer değiştirme reaksiyonu, çift yer değiştirme reaksiyonu, yoğunlaşma reaksiyonu

Kimyasal reaksiyonlar günlük hayatımızda sürekli olarak gerçekleşir, ancak çoğu zaman bunların farkına varmayız. Demir paslandığında, havadaki oksijenle reaksiyona girer. Evlerdeki gazlı ısıtma kimyasal bir reaksiyondur, solunum ve fotosentez süreçleri de yaşam için gerekli olan kimyasal reaksiyonlardır. Şarap, üzümlerden fermantasyon yoluyla yapılır ve bu da kimyasal bir reaksiyondur. Gümüş eşyaların kararması, yemek pişirme ve yiyeceklerin bozulması da kimyasal reaksiyonlardır.

Genel olarak, **kimyasal reaksiyonlar sırasında maddelerin kimyasal kimliğinde bir değişiklik meydana geldiği ve orijinal maddelerden farklı yeni maddelerin oluştuğu** söylenebilir. Bir maddeyi başka bir maddeye dönüştürmek için, parçacıklarının dönüşümü gereklidir. Bir parçacığın başka bir parçacığa dönüşmesi, **kimyasal dönüşümün temel eylemi olarak** bilinir.

Kimyasal bir değişimin gerçekleştiği, başlangıç ve son maddelerin fiziksel özelliklerindeki farklılıklara göre dolaylı olarak çıkarım yoluyla belirlenir. Bazen değişimler açıktır; örneğin çökeltme oluşumu, gaz salınımı, maddelerin renginde değişiklik, karakteristik kokuya sahip maddelerin oluşumu, ısı veya ışık şeklinde enerji salınımı vb. Ancak bazen değişimleri fark etmek daha zordur ve kimyasal bir değişimin gerçekleştiği sonucuna varmak için daha ayrıntılı bir analiz gerekir. Kimyasal değişimler doğrudan gözlemlenemese bile, bu sistemde kimyasal bir reaksiyonun gerçekleşmediği anlamına gelmez.



Resim 2.1 Kimyasal reaksiyon örnekleri

Kimyasal reaksiyonlar, başlangıçtakilerden farklı yeni maddelerin oluşmasıyla sonuçlanır. Reaksiyonun başlangıcında bulunan maddelere **reaktifler** denir ve reaksiyon süresince miktarları azalır. Kimyasal bir tepkimenin sonunda elde edilen katılımcılara ürün denir ve miktarları artar. Dolayısıyla, kimyasal bir tepkimenin gerçekleştiğinin ölçütü, tepkimeye katılanların miktarındaki değişimdir.

Reaksiyonlar, akış yönüne göre dönüşümlü ve dönüşümsüz reaksiyonlar olarak sınıflandırılır.

Tersinir reaksiyonlar, reaksiyon sisteminden en az bir reaktan kaybolana kadar devam eden, yani tek yönde ilerleyen reaksiyonlardır - reaktanlardan ürünlere doğru. Bu reaksiyonlarda, reaktan parçacıklarının ürün parçacıklarına dönüştürüldüğü yalnızca temel kimyasal dönüşüm eylemleri gerçekleşir. Tersinir reaksiyonları kimyasal denklemlerle gösterirken, reaksiyonun akış yönünü reaktanlardan ürünlere doğru gösteren tek yönlü bir ok ($\rightarrow$) kullanılır.

Ayrıca, **reaktiflerin ürünlere (ileri reaksiyon) ve ürünlerin reaktiflere (ters reaksiyon) dönüştüğü süreçlerin eş zamanlı olarak gerçekleştiği tersinir reaksiyonlar da** vardır. Tersinir reaksiyonun sonunda, reaksiyon sisteminde tüm reaktiflerin ve ürünlerin ölçülebilir miktarları bulunur. Tersinir reaksiyonlar için kimyasal denklemler yazılırken, reaktiflerin ve ürünlerin parçacıkları arasında kurulan dengeyi temsil eden çift ok ($\rightleftharpoons$) veya daha sıklıkla çift yarım ok ($\rightleftharpoons$) kullanılır.

Tüm bunlar Tablo 2.1’de özetlenmiştir.

Dönüşümsüz
(Tersinmez) Reaksiyon

reaktifler $\rightarrow$ ürünler

Dönüşümlü
(Tersinir) Reaksiyon

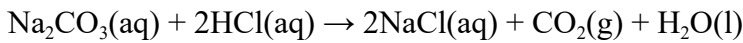
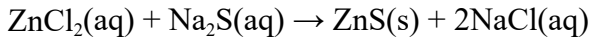
doğrudan

reaktifler $\rightleftharpoons$ ürünler
tersi

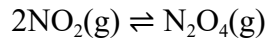
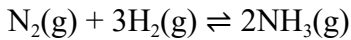
Tablo 2.1. Reaksiyonların geri dönüşümlü ve geri dönüşümsüz olarak sınıflandırılması

	Tersinmez reaksiyon	Tersinir reaksiyon
Kayıt	reaktantlar $\rightarrow$ ürünler	reaktantlar $\rightleftharpoons$ ürünler
Kimyasal dönüşümün temel eylemi	Yalnızca reaktant parçacıkları ürün parçacıklarına dönüştürülür	Aynı anda reaktif parçacıkları ürün parçacıklarına, ürün parçacıkları da reaktif parçacıklarına dönüştürülür.
Tepkimenin sonucu	Reaktantlardan en az biri eksik	Tüm reaktiflerin ve ürünlerin ölçülebilir miktarları mevcuttur.

Büyük miktarda ısı açığa çıkaran reaksiyonlar genellikle geri dönüşümsüzdür. Geri dönüşümsüz reaksiyonlar ayrıca, az çözünür bir bileşik, az ayrıışan bir bileşik veya bir gaz üreten iyonik reaksiyonları da içerir. Örneğin:



Aşağıdaki kimyasal denklemler tersinir reaksiyonları göstermektedir:



Düşün ve Cevapla:

1. Tersinir ve tersinmez reaksiyonlar arasındaki temel fark nedir?
2. Aşağıdaki denklemlerden hangisi tersinmez, hangisi tersinir bir reaksiyonu temsil eder:
 - a) $2\text{KOH}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
 - b) $2\text{NO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NOCl}(\text{g})$
 - c) $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$
 - d) $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}(\text{aq}) + \text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}(\text{aq}) + \text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})$
3. Yüksek sıcaklıkta hidrojen gazı ile iyot buharı arasında gerçekleşen reaksiyon tersinirdir. Bu reaksiyonun kimyasal denklemini yazınız!

KİMYASAL TEPKİMELERİN SINIFLANDIRILMASI İÇİN DİĞER SEÇENEKLER

Doğada çok sayıda madde bilinmektedir ve bunlar arasındaki kimyasal reaksiyonların sayısı daha da fazladır. Her bir reaksiyonun ayrı ayrı incelenmesi çok zaman ve kaynak gerektirir, bu nedenle kimyasal reaksiyonların sistematik bir şekilde incelenmesi gereklidir. Tıpkı isimlendirme kurallarının maddeleri ezberlemek yerine sistematik olarak adlandırmaya yardımcı olması gibi, kimyasal reaksiyonların sınıflandırılması da çok sayıda reaksiyonun ürünlerinin tahmin edilmesini sağlar.

Kimyasal tepkimeleri sınıflandırma yöntemlerinden birine (yani, ilerleme yönüne) göre, tersinir ve tersinmez tepkimeler ayırt edilir. Ancak, kimyasal tepkimeleri sınıflandırmanın başka yolları da mevcuttur. Buna göre, tepkime sırasında gerçekleşen olaylar esas alındığında şunlar bulunur:

- birleşme tepkimeleri
- ayrışma tepkimeleri
- değişirme tepkimeleri
- çift yer değişirme tepkimeleri
- kondenzasyon tepkimeleri
- polimerleşme tepkimeleri
- proton değişim tepkimeleri
- elektron alışverişi tepkimeleri



a



b



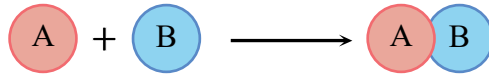
c

Resim 2.2 Sodyum (a) ve klor (b) birleştiğinde, başlangıçtaki basit maddelerinkinden tamamen farklı özelliklere sahip bir bileşik olan sodyum klorür (c) oluşur.

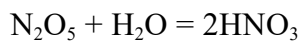
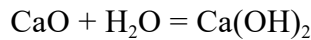
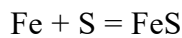
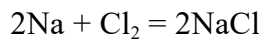
Bununla birlikte, aynı reaksiyon iki veya daha fazla gruba dahil edilebilir; bu nedenle söz konusu sınıflandırma koşullu olarak kabul edilir. Bu bölümde reaksiyon türlerinin ilk beşi ele alınacak, geri kalanları ise daha sonra göreceksiniz.

Birleşme Tepkimeleri

Adından da anlaşılacağı üzere, **birleşme tepkimesi, iki veya daha fazla maddenin birleşerek daha karmaşık bir madde oluşturduğu bir tepkimedir.** Tepkimeye giren maddeler basit maddeler veya bileşikler olabilir; ürün ise çoğunlukla bir bileşiktir.



Birçok birleşme tepkimesi vardır. Bunların kimyasal denklemlerle gösterimi nispeten basittir.



Bileşik oluşturma reaksiyonları laboratuvar koşullarında da gerçekleştirilebilir.



HAYDİ KEŞFEDELİM

Magnezyum ve Oksijen Bileşiği

Gerekli araç ve malzemeler: magnezyum şeridi, metal maşa (veya uzun cımbız), gazlı ocak (bek) veya ispirto ocağı, çakmak, porselen saat camı, önlük, koruyucu gözlük, eldiven.

İşlem: Metal bir maşa yardımıyla 2-3 cm uzunluğunda bir magnezyum şeridi alın ve bir bek ya da ispirto ocağı kullanarak tutuşturun. Oluşan ürünü porselen bir kaba aktarın ve bir sonraki derse kadar saklayın. Elde ettiğiniz sonuçları laboratuvar raporunuza ekleyin!

Önlemler: Magnezyum yoğun bir ışıkla yanar; bu nedenle aleve doğrudan bakılması önerilmez. Bu deneyin öğretim elemanı tarafından gerçekleştirilmesi tavsiye edilir.



Resim 2.3 Yanan Magnezyum şeridi



HAYDİ KEŞFEDELİM

Amonyak ve Hidrojen Klorür Bileşiği

Gerekli ekipman ve maddeler: derişik amonyak çözeltisi (amonyum hidroksit), derişik hidroklorik asit çözeltisi, iki cam çubuk, önlük, güvenlik gözlüğü, eldiven.

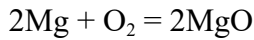
İşlem: a) Bir cam çubuğu derişik amonyak çözeltisine, diğerini ise derişik hidroklorik asit çözeltisine daldırın. Ardından, çubukları birbirine yaklaştırın. Ne gözlemliyorsunuz?

b) Derişik çözeltilerin bulunduğu şişeleri açıklıklara yaklaştırın. Ne gözlemliyorsunuz? Sonuçları laboratuvar raporunuza ekleyin!



Resim 2.4 Gaz halindeki hidrojen klorür ile gaz halindeki amonyak arasındaki tepkime

İlk deneyde, magnezyumun havada yandığı ve beyaz, toz halinde bir madde elde edildiği gözlemlenebilir. Aslında yanma sırasında magnezyum, havadaki oksijenle birleşerek magnezyum oksit oluşturur. Bu birleşme tepkimesinin denklemi şöyledir:

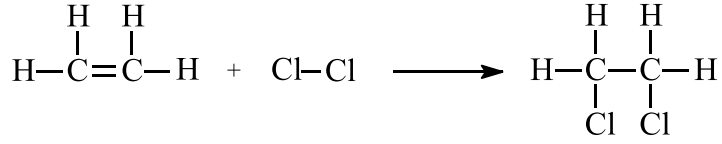


İkinci deneyde, depolandıkları şişelerden buhar hâlinde çıkan gaz halindeki hidrojen klorür ile gaz halindeki amonyak arasında bir tepkime gerçekleşir.

Kimyasal bileşimi hava içinde dağılmış katı amonyum klorürden oluşan beyaz bir duman gözlemlenir. Bu tepkime, aşağıdaki kimyasal denklemle gösterilebilir:

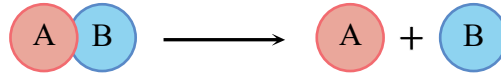


Birleşme tepkimeleri, doymamış organik bileşiklerin karakteristik bir özelliği olan **katılma tepkimelerini** de kapsar.



Ayrışma Tepkimeleri

Ayrışma reaksiyonları, tek bir maddeden iki veya daha fazla maddenin elde edildiği reaksiyonlardır. Oluşan maddeler, ayrılan maddeden daha basittir. Bu tür reaksiyonların ürünleri, basit maddelerin ve bileşiklerin farklı kombinasyonları olabilir, bu nedenle bazen tahmin edilmesi daha zordur.



Bazı maddeler kendiliğinden, yani dış bir etki olmaksızın bozunur. Böyle bir durumda, maddenin kararsız olduğu söylenir. Ancak bozunma daha sıklıkla dış etkenlerin etkisiyle gerçekleşir; bu nedenle bozunma tepkimelerinin özel adları vardır. Örneğin:

- **piroliz** – ısı etkisiyle bozunma tepkimesi
- **elektroliz** – elektrik akımı etkisiyle bozunma tepkimesi
- **fotoliz** – ışık kaynaklı bozunma tepkimesi
- **radyoliz** – iyonlaştırıcı radyasyonun etkisi altında bozunma reaksiyonu

Bazen, bu faktörlerden birinin etkisini vurgulamak için, kimyasal denklemde okun üstüne özel bir sembol veya faktörün adı yazılır. Örneğin, ısı etkisi altında bir ayrışma reaksiyonu meydana geliyorsa, şu şekilde yazılabilir:



a



b

Resim 2.5 Mermerin (a) pirolizi sırasında kalsiyum oksit (b) oluşur

HAYDİ KEŞFEDELİM

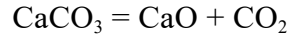
Mermerin Bozunması

Gerekli alet ve malzemeler: iki parça mermer, metal maşa (veya uzun cımbız), gazlı ısıtıcı (brülör) veya ispirto lambası, çakmak, önlük, koruyucu gözlük, eldiven.

İşlem: Bir mermer parçasını önce yavaşça, ardından şiddetli bir şekilde alev üzerinde ısıtın. 2 dakika sonra parçayı ateşten alın, soğumasını bekleyin ve ısıtılmamış mermer parçasıyla karşılaştırın. Sonuçları laboratuvar raporunuza ekleyin!



Tavlama işleminden önce parçanın yüzeyi pürüzsüz ve parlaktır, tavlama işleminden sonra ise mat ve ufalanabilir hale gelir. Bu reaksiyon sırasında kalsiyum karbonat ayrışır ve kalsiyum oksit, diğer adıyla sönmemiş kireç oluşur. Bu reaksiyonun denklemi şöyledir:



Su, elektrik akımının etkisiyle hidrojen gazı ve oksijen gazına ayrışabilir. Bu, aşağıdaki deneyle gösterilebilir.

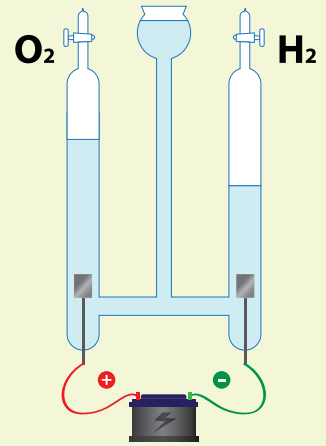


HAYDİ KEŞFEDELİM

Elektrik akımı etkisiyle suyun ayrışması (elektroliz)

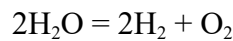
- 1 Hoffman cihazını az miktarda sülfürik asit eklenmiş damıtılmış suyla doldurun! Sıvı, her iki yan tüpü de doldurmalı ve hava kabarcığı içermemelidir.
 - 2) Hoffman cihazının iki elektrotunu güç kaynağına bağlayın!
 - 3) Güç kaynağını açın ve yan tüplerde neler olduğunu gözlemleyin!
 - 4) Yan tüplerde yeterli miktarda gaz topladıktan sonra, yeni elde edilen maddelerin doğasını kanıtlayın!
- Sonuçları laboratuvar raporunuza ekleyin!

Önlemler: Gazları dikkatli kullanın, çünkü bunlardan biri olan hidrojen yanıcıdır! Gücü açmadan önce elektrotların doğru şekilde bağlandığından emin olun!

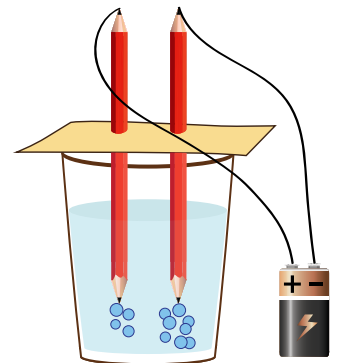
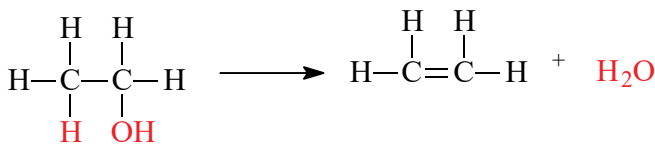


Resim 2.6 Hoffman düzeneğinde suyun elektrolizi

Açığa çıkan gazların niteliği, yan borulardaki musluklar açılarak gösterilebilir. Hidrojen gazı tutuşturulabilir (hafif bir çıtırtı sesi duyulur) ve neredeyse renksiz bir alevle yanar. Oksijenin varlığı ise, gazın yakınında yanan bir çubuk yaklaştırılarak gösterilebilir; çubuk derhal alev alır.



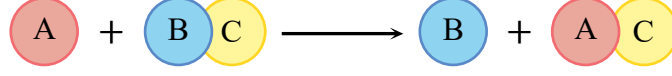
Ayrışma tepkimeleri, organik kimyada incelenen ve **eliminasyon tepkimeleri** olarak adlandırılan tepkimeleri de kapsar.



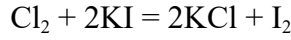
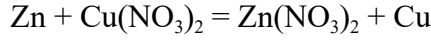
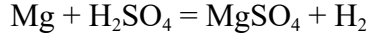
Resim 2.7 Suyun elektrolizi için basit bir düzenek

Yer Değiştirme Reaksiyonları

Bir maddenin atomlarının, başka bir maddenin atomlarının veya iyonlarının yerini aldığı reaksiyonlara yer değiştirme reaksiyonları denir.



Bu tür reaksiyonlara birçok örnek verilebilir. Bunlar arasında çoğu metalin asitlerle, metallerin tuzlarla, reaktif metallerin suyla ve diğerleriyle olan reaksiyonları yer alır.



HAYDİ KEŞFEDELİM



Resim 2.8 Sodyumun su ile reaksiyonu

Sodyumun su ile reaksiyonu

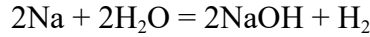
Gerekli ekipman ve malzemeler: sodyum, damıtılmış su, fenolftalein indikatörü, sıvı deterjan, cam beher, cam çubuk, metal iğne veya cımbız, neşter, filtre kağıdı, önlük, koruyucu gözlük, eldiven.

İşlem: Bir cam beherin dörtte birini veya üçte birini damıtılmış suyla doldurun. Bir damla fenolftalein alkollü çözeltisi ekleyin. Ardından, biraz sıvı deterjan ekleyin ve köpük oluşturmadan dikkatlice karıştırın (deterjan, sodyum parçasının beherin duvarlarına çarpmasını önlemek ve parçanın hareket yönünü değiştirmesine olanak sağlamak için gereklidir). Filtre kağıdı üzerinde saklandığı şişeden bir sodyum parçası alın. Bir neşterle (pirinç tanesi büyüklüğünde!) küçük bir sodyum parçası kesin ve filtre kağıdı kullanarak petrolden arındırın (yüksek reaktiviteleri nedeniyle alkali metaller petrol veya parafin yağında saklanır).

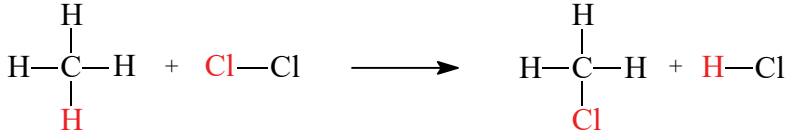
Kalan sodyum parçasını hemen şişeye geri koyun ve şişeyi bir kenara bırakın. Metal bir iğne veya cımbız kullanarak küçük parçayı beherin içine yerleştirin. Ne fark ediyorsunuz? Sonuçları laboratuvar raporunuza ekleyin!

Önlemler: Bu reaksiyon çok hızlı gerçekleşir ve ısı açığa çıkarır. Bu deneyi öğretmenin yapması tavsiye edilir.

Su ile temas ettiğinde, sodyumun hidrojeni yerinden ettiği şiddetli bir reaksiyon başlar. Aşağıdaki kimyasal denklem bu reaksiyonu temsil eder:

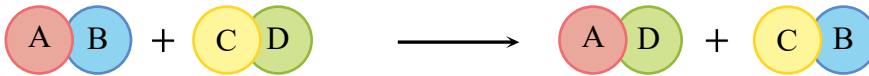


Organik kimyada, yer değiştirme tepkimeleri *süstitüsyon tepkimeleri* olarak bilinir.

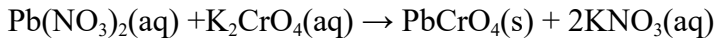


Çift Yer Değiştirme Tepkimesi

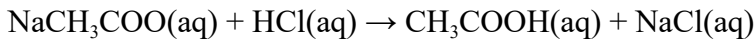
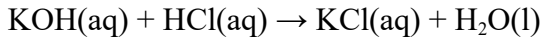
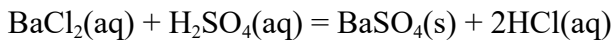
Yer değiştirme reaksiyonlarının özel bir türü, çift yer değiştirme reaksiyonu olarak adlandırılır. **Reaksiyonlar, reaktanların parçası olan atomların veya atom gruplarının karşılıklı değişimini içeriyorsa, bunlar çift yer değiştirme reaksiyonlarıdır.**



Örneğin, iki tuz birbirleriyle reaksiyona girdiğinde yeni tuzlar oluşur ve bunlardan biri genellikle çökme (az çözünür bir bileşik) halindedir. Dolayısıyla, potasyum kromat çözeltisi kurşun(II) nitrat çözeltisine eklenirse, sarı bir kurşun(II) kromat çökeleği oluşur ve potasyum nitrat iyonları çözeltide kalır.



Tamamlanmayla sonuçlanan diğer iyonik reaksiyonlar da çift yer değiştirme reaksiyonlarıdır. Örneğin:



Kondensasyon (Yoğuşma) Tepkimeleri

Yoğuşma reaksiyonlarında, mikroskobik düzeyde, iki (veya daha fazla) parçacık birleşerek tek bir parçacık oluşturur ve bu sırada küçük bir parçacık (genellikle bir su veya amonyak molekülü) ayrılır.

Bu tür bir reaksiyona örnek olarak difosforik asit oluşumu verilebilir.



Resim 2.9 Kurşun(II) kromat çökeltilisinin oluşumu



Aktivite

Doğada meydana gelen kimyasal reaksiyonlara dair örnekler araştırın! Örnek olarak, ozon tabakasının tahribatına ve yeniden oluşumuna yol açan reaksiyonları, fotosentez, solunum, paslanma, asit yağmuru vb. ile ilgili reaksiyonları ele alın.

Kısa bir sunum hazırlayın ve sonuçlarınızı sınıf arkadaşlarınızla paylaşın!

Kimyasal reaksiyonların farklı sınıflandırmaları, bunların anlaşılmasını ve incelenmesini kolaylaştırır. Bununla birlikte, bu tür ayrımların koşullu olduğu ve bir reaksiyonun birden fazla gruba ait olabileceği unutulmamalıdır. Örneğin, sodyum klorür ve su oluşturan sodyum hidroksit ve hidroklorik asit çözeltileri arasındaki reaksiyon, geri dönüşümsüz bir reaksiyon, çift yer değiştirme reaksiyonu veya nötrleştirme reaksiyonu olarak değerlendirilebilir.

Düşün ve Cevapla:



- Aşağıdaki kimyasal denklemlerle gösterilen tepkimeleri, tepkime sırasında gerçekleşen olaylara göre sınıflandırın!
 - $2\text{KOH} + \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 = 2\text{KNO}_3 + \text{Zn}(\text{OH})_2$
 - $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$
 - $\text{Mg} + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + \text{H}_2$
 - $2\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 = 2\text{PbO} + 4\text{NO}_2 + \text{O}_2$
 - $2\text{H}_2\text{CrO}_4 = \text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O}$
- Aşağıdaki örnekleri defterinize kopyalayın ve boşluklara uygun kimyasal formülleri yazın; ardından denklemleri denkleştirin ve tepkime sırasında gerçekleşen olaylara dayanarak bunların hangi gruba ait olduğunu belirleyin!
 - $\text{NaCN} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}}$
 - $\underline{\hspace{2cm}} = \text{H}_2 + \text{Br}_2$
 - $\text{Mg} + \underline{\hspace{2cm}} = \text{MgO}$
 - $\text{K} + \text{H}_2\text{O} = \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}}$
 - $2\text{H}_2\text{SO}_4 = \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}}$

2.2. KİMYASAL DENKLEMLERE DAYALI HESAPLAMALAR

KİMYASAL DENKLEMLER

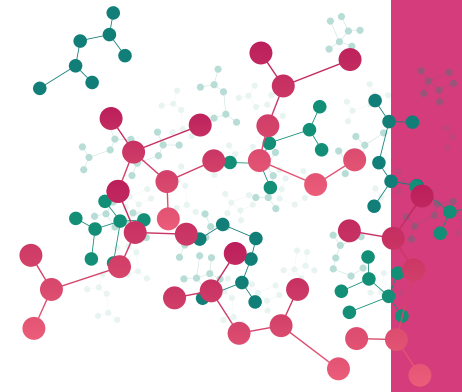
Kimyasal reaksiyonlar, kimyasal değişimleri ve başlangıç maddelerinden (reaktifler) farklı yeni maddelerin (ürünler) oluşumunu içerir. Kimyasal reaksiyonlar, kimyasal değişimler sırasında meydana gelen süreçlerin sembolik gösterimleri olan **kimyasal denklemlerle** ifade edilir. Kimyasal denklemden, reaksiyona katılanların, yani reaktiflerin (solda yazılı) ve ürünlerin (sağda yazılı) kimler olduğu sonucuna varılabilir.

Günlük hayatta kullanılan hemen hemen tüm ürünlerin üretiminde çeşitli maddeler kullanılır. Bir ürünün kârlı olabilmesi için, üretim maliyetlerinin satış fiyatını aşmaması gerekir.

Bu nedenle, endüstrideki kimyasal süreçler ekonomik ve rasyonel bir şekilde yürütülmelidir. **Dengeli kimyasal denklemler** bu konuda önemli bir rol oynar. Bu denklemler, kaç adet reaktifin ve hangi oranda alınması gerektiğini, ayrıca hangi miktarlarda ürün elde edilebileceğini gösterir.

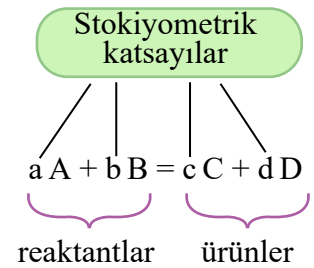
Kütlenin korunumu yasasına göre, kimyasal bir reaksiyona katılan tüm elementlerin toplam kütlesi değişmez; bu da, kimyasal reaksiyonun başlangıcından önce ve sonrasında her elementin toplam atom sayısının aynı olması gerektiği anlamına gelir. Başka bir deyişle, okun solundaki her elementin atom sayısı, okun sağındaki her elementin atom sayısına eşit olmalıdır, yani kimyasal denklem dengelenmelidir. Bu, kimyasal denklemdeki kimyasal sembollerin ve formüllerin önüne **stokiyometrik katsayılar** yazılarak sağlanır.

Dengeli bir kimyasal denklem, yalnızca hangi maddelerin tepkimeye girdiğini ve hangilerinin oluştuğunu göstermekle kalmaz, aynı zamanda aralarındaki nicel ilişkiler hakkında da kesin bilgi sağlar. Bu nedenle, her kimyasal denklemin hem nitel hem de nicel bir anlamı vardır. Dolayısıyla, yalnızca kimyasal tepkimeye katılan maddeler belirtilirse, **kimyasal denklemin nitel anlamı hakkında** bilgi verilir. Denklemden yazılı kimyasal sembollerden ve kimyasal formüllerden, hangi maddelerin tepkimeye girenler ve hangilerinin ürünler olduğu bulunabilirken, toplam hal için karşılık gelen işaretlerden, verilen maddenin katı, sıvı veya gaz halinde mi yoksa çözelti halinde mi olduğu hakkında bilgi edinilebilir.



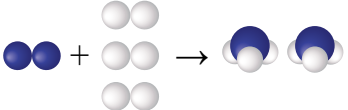
Terimler:

stokiyometrik katsayı, kimyasal reaksiyon aralığı



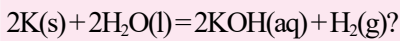
Kimyasal denklem	$\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) = 2\text{NH}_3(\text{g})$
Niteliksel anlam	Azot, gazı hidrojen gazı ile tepkimeye girerek amonyak gazı oluşturur.

Kimyasal denklemin nicel anlamı, stokiyometrik katsayılarla ilişkilidir. *Makroskobik düzeyde*, kimyasal denklem bir kimyasal reaksiyonu ifade eder ve kimyasal semboller ve formüller maddeleri gösterir. Bu durumda, reaksiyona katılan bireysel maddelerin stokiyometrik katsayılarının oranı, reaksiyona giren maddelerin, yani oluşan ürünlerin miktarlarının oranını verir. Kimyasal denklem *mikroskobik düzeyde* ele alındığında, temel bir kimyasal dönüşüm eylemini ifade eder ve kimyasal semboller ve formüller birimleri gösterir. Burada, stokiyometrik katsayıların oranı, reaksiyona giren maddelerin veya ürünlerin birim sayılarının oranını verir. Genellikle, en küçük tam sayı oranı stokiyometrik katsayılarla yazılır.

Kimyasal denklem	$\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) = 2\text{NH}_3(\text{g})$	
Nicel anlam	<u>Makroskobik düzey</u> Bir mol azot ve üç mol hidrojen tepkimeye girerek iki mol amonyak oluşturur. Yani, belirli bir miktar azot, üç katı miktarda hidrojenle tepkimeye girerek iki kat daha fazla amonyak üretir	<u>Mikroskobik düzey</u> Bir azot molekülü ve üç hidrojen molekülü dönüşüme uğrayarak iki amonyak molekülü oluşturur. 
Stokiyometrik katsayı oranı	1 : 3 : 2	1 : 3 : 2

Örnek 2.1.

Kimyasal bir denklemin niteliksel ve niceliksel anlamı nedir?



Çözüm:

Nitel anlam: Potasyum su ile reaksiyona girdiğinde, potasyum hidroksit çözeltisi oluşur ve hidrojen açığa çıkar.

Nicel anlam: İki mol potasyum, iki mol su ile reaksiyona girerek iki mol potasyum hidroksit ve bir mol hidrojen üretir (makroskopik görünüm). İki potasyum atomu ve iki su molekülü, iki formül birimi potasyum hidroksit ve bir hidrojen molekülü üretmek üzere dönüştürülür (mikroskopik görünüm).

Bir maddenin kaç molünün tepkimeye girdiğini biliyorsak, stokiyometrik katsayıları kullanarak başka bir maddenin ne kadarının üretileceğini veya tüketileceğini hesaplayabiliriz. Bu stokiyometrik hesaplamalar hem laboratuvar uygulamalarında hem de kimya endüstrisinde özellikle önemlidir.



Düşün ve Cevapla:

- Kimyasal denklemlerin her birini dengeleyin ve ardından kimyasal denklemin niteliksel ve niceliksel anlamını açıklayın!
 - $\text{Zn(s)} + \text{HCl(aq)} \rightarrow \text{ZnCl}_2\text{(aq)} + \text{H}_2\text{(g)}$
 - $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{(s)} + \text{C(s)} \rightarrow \text{Fe(s)} + \text{CO(g)}$
 - $\text{C}_2\text{H}_6\text{(g)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightarrow \text{CO}_2\text{(g)} + \text{H}_2\text{O(l)}$
- Aşağıdaki açıklamaların her biri için dengeli bir kimyasal denklem yazın ve ardından reaksiyona katılan tüm maddelerin miktarlarının oranını yazın!
 - Kalsiyum karbonat ayrıştığında kalsiyum oksit ve karbondioksit oluşur.
 - Magnezyum oksijen varlığında yakıldığında magnezyum oksit elde edilir.
 - Sodyum hidroksit ve sülfürik asit çözeltileri nötrleştirildiğinde, sodyum sülfat ve su çözeltisi oluşur.

KİMYASAL REAKSİYONUN ERİŞİM ALANI

Kimyasal bir reaksiyon ilerledikçe, reaktiflerin miktarları değişir. Zamanla reaktiflerin miktarı azalır ve ürünlerin miktarı artar. Daha fazla reaktif ürüne dönüşürse, reaksiyon daha da ilerleyecektir. Kimyasal bir reaksiyonun ne kadar ilerlediği sorusunu yanıtlamak için, reaksiyonun *ilerleme derecesi* olarak bilinen nicelik kullanılır.

$2\text{A}_2 + \text{B}_2 = 2\text{A}_2\text{B}$ denklemi temel bir kimyasal dönüşümü ifade ediyorsa, iki A_2 molekülü ve bir B_2 molekülü dönüştüğünde iki A_2B molekülü oluştuğu söylenebilir. Molekül sayısı çok büyük olduğundan, madde miktarını dikkate almak daha uygundur. Bu nedenle, reaksiyonun başlangıcından belirli bir ana kadar iki mol A_2 ve bir mol B_2 tepkimeye girmiş ve iki mol A_2B oluşmuştur. n_0 başlangıç miktarını ve n , reaksiyona katılan bir maddenin belirli bir anda miktarını ifade ediyorsa, şu şekilde yazılabilir:

$$n_0(\text{A}_2) - n(\text{A}_2) = 2 \text{ mol}$$

$$n_0(\text{B}_2) - n(\text{B}_2) = 1 \text{ mol}$$

$$n(\text{A}_2\text{B}) - n_0(\text{A}_2\text{B}) = 2 \text{ mol}$$

Değişim, çoğunlukla son ve ilk değerler arasındaki fark olarak ifade edilir. Bu durum yukarıdaki ifadelere uygulandığında şunları elde ederiz:

$$n(\text{A}_2) - n_0(\text{A}_2) = -2 \text{ mol}$$

$$n(\text{B}_2) - n_0(\text{B}_2) = -1 \text{ mol}$$

$$n(\text{A}_2\text{B}) - n_0(\text{A}_2\text{B}) = 2 \text{ mol}$$

Girenlerin miktarlarındaki değişim negatif bir değer verir; çünkü girenlerin miktarı azalır, dolayısıyla küçük değerden büyük değer çıkarılmış olur.

Buna karşılık, ürün miktarlarındaki değişim pozitif bir değerdir; çünkü reaksiyon ilerledikçe ürün miktarı artar. Ancak, reaksiyona katılan her bir madde için farklılık gösterdiklerinden, miktarlardaki bu değişimler reaksiyonun ne ölçüde ilerlediğinin bir göstergesi olamaz. Bu değerler, geleneksel olarak girenler için negatif ve ürünler için pozitif kabul edilen ilgili stokiyometrik katsayılara (ν ile gösterilir) bölündüğünde, reaksiyon ilerleme derecesini ifade eden bağıntı elde edilir*.

$$\xi = \frac{n(X) - n_0(X)}{\nu(X)} = \frac{\Delta n(X)}{\nu(X)}$$

Reaksiyonun başlangıcında ilerleme değeri sıfırdır; dolayısıyla $\Delta\xi = \xi - 0$, yani $\Delta\xi = \xi$ olur. Sonuç olarak, ξ için hesaplanan değer, reaksiyonun başlangıcından belirli bir ana kadarki ilerleme değişimi olarak kabul edilebilir. Buna göre

$$\Delta\xi = \frac{\Delta n(X)}{\nu(X)}$$

Bir reaksiyonun gerçekleşme derecesi, bir reaksiyon katılımcısının (reaktif veya ürün) miktarındaki değişimin, reaksiyonun başlangıcından belirli bir zamana kadar olan süreye oranı ile o katılımcının kimyasal denklemdeki stokiyometrik katsayısı arasındaki orandır. Bunu yaparken, reaksiyon denkleminin yazılış biçimine dikkat edilmelidir. Yukarıdaki ifadeden, bir reaksiyonun gerçekleşme derecesinin SI biriminin mol olduğu sonucuna varılabilir.

Örnek 2.2.

Aşağıdaki denkleme göre 0,57 g fosfor yakıldığında tepkimenin derecesi nedir?

- a) $P_4(s) + 5O_2(g) = P_4O_{10}(s)$
b) $2P_4(s) + 10O_2(g) = 2P_4O_{10}(s)$

Verilenler:

$$\Delta m(P_4) = -0,57 \text{ g}$$

Aranılan:

$$\Delta\xi = ?$$

Çözüm:

Bu soruyu cevaplamak için öncelikle fosfor miktarının hesaplanması gerekir.

$$\Delta n(P_4) = \frac{\Delta m(P_4)}{M(P_4)} = \frac{-0,57 \text{ g}}{4 \cdot 30,97 \text{ g/mol}} = -0,0046 \text{ mol}$$

$$a) \Delta\xi = \frac{\Delta n(P_4)}{\nu(P_4)} = \frac{-0,0046 \text{ mol}}{-1} = 0,0046 \text{ mol}$$

$$b) \Delta\xi = \frac{\Delta n(P_4)}{\nu(P_4)} = \frac{-0,0046 \text{ mol}}{-2} = 0,0023 \text{ mol}$$

Sorunun çözümünden, tepkimenin farklı bir şekilde yazılması durumunda, belirli bir katılımcının miktarındaki aynı değişimin, tepkimenin derecesinde farklı bir değişime karşılık geldiği görülmektedir. Kimyasal tepkime ve reaktanların başlangıç kütlesi aynı olsa da, tepkimenin derecesinin sayısal değeri farklıdır, çünkü derece, kimyasal denklemin yazıldığı stokiyometrik katsayılara bağlıdır ve tepkimenin o biçimde kaç kez gerçekleştiğinin bir ölçüsüdür.

* Yunanca ξ harfi „ksi“ şeklinde telaffuz edilir.

Tepkime devam ettiği sürece aralık artar. Geri dönüşümsüz tepkimeler, reaktanlardan en az birinin miktarı sıfır olana kadar devam eder. Bu noktada, aralık daha fazla artamaz, yani maksimum değeri $\xi_{\max}$ 'a ulaşır. Öte yandan, geri dönüşümlü tepkimelerde reaktanlardan hiçbirini tüketilmez, bu nedenle aralık maksimum değerine ulaşamaz. Geri dönüşümlü tepkimelerin sonunda, aralığın değeri ξ_e olur ki bu da $\xi_{\max}$ 'tan daha küçüktür.

Tepkime ilerlemesi, tek tek bileşenleri değil, tepkimenin kendisini niteleyen bir büyüklüktür. Bu nedenle, hesaplamaya hangi bileşen dahil edilirse edilsin, ilerlemedeki değişimin değeri aynı olacaktır. Örneğin, $2A_2 + B_2 = 2A_2B$ denklemiyle gösterilen tepkime için şunları elde ederiz:

$$\Delta \xi = \frac{n(A_2) - n_0(A_2)}{\nu(A_2)} = \frac{-2 \text{ mol}}{-2} = 1 \text{ mol}$$

$$\Delta \xi = \frac{n(B_2) - n_0(B_2)}{\nu(B_2)} = \frac{-1 \text{ mol}}{-1} = 1 \text{ mol}$$

$$\Delta \xi = \frac{n(A_2B) - n_0(A_2B)}{\nu(A_2B)} = \frac{2 \text{ mol}}{2} = 1 \text{ mol}$$

Aralıktaki bir birimlik değişim, belirli bir biçimde yazılmış denklemde yer alan bir tepkime bileşeninin (giren veya ürün) miktarında meydana gelen ve o bileşenin önündeki stokiyometrik katsayıya sayısal olarak eşit olan değişim olarak kabul edilir.

Bir benzetme: Yolcu taşımacılığı

A noktasından B noktasına 40 yolcunun taşınması gerekiyor. Otobüsün kapasitesi 20 yolcu ise, tüm yolcular iki seferde taşınacaktır. Otobüs 10 yolcu taşıyabiliyorsa, dört sefer gerekecektir.

Bir benzetme: Çikolataların ambalajı

24 çikolatanın paketlenmesi gerekiyor. Bir pakette üç çikolata varsa, sekiz paket oluşturulabilir. Ancak bir pakette altı çikolata varsa, paket sayısı dört olacaktır.

Yolcu sayısı toplamda aynı olsa da (kimyasal reaksiyon aynı), otobüsün kapasitesi (stoikiyometrik katsayılar, yani kimyasal denklemin yazılış şekli) farklı olduğu için sefer sayısı (menzil) farklıdır.

Her iki durumda da çikolata sayısı aynıdır (aynı kimyasal reaksiyon), ancak paket sayısı (aralık) değişir çünkü bir paketi neyin oluşturduğu farklı şekilde tanımlanmıştır (stoikiyometrik katsayılar, yani kimyasal denklemin yazılma şekli).

Kimyada da, aynı miktarda maddeyle (iki benzetmedeki yolcular veya çikolatalar gibi) çalışılabilir, ancak verilen kimyasal denkleme göre reaksiyonun kaç kez "gerçekleştiğine" bağlı olarak reaksiyonun kapsamı farklılık gösterebilir.

Tepkime derecesinin ifadesi $\Delta \zeta = \frac{\Delta n(X)}{v(X)}$ verildiğinde, stokiyometrik katsayı $v(X) = \frac{\Delta n(X)}{\Delta \zeta}$. Derecede bir birimlik değişim için ($\Delta \zeta = 1$), stokiyometrik katsayılar, tepkimeye katılan belirli bir madde için madde miktarındaki değişime sayısal olarak eşit olacaktır. Buna göre, $2A_2 + B_2 = 2A_2B$ denklemi şu şekilde okunabilir: “Bu şekilde yazılan tepkime derecesinde bir birimlik değişim için, iki mol A_2 , bir mol B_2 ile tepkimeye girer ve iki mol A_2B oluşturur.”

Bir tepkimeye katılan iki maddenin (örneğin X ve Y) stokiyometrik katsayılarını karşılaştırırsak, şunları elde ederiz:

$$\frac{v(X)}{v(Y)} = \frac{\frac{\Delta n(X)}{\Delta \zeta}}{\frac{\Delta n(Y)}{\Delta \zeta}} = \frac{\Delta n(X)}{\Delta n(Y)}$$

Dolayısıyla, reaksiyondaki dönüştürülmüş (reaksiyona giren veya oluşan) katılımcıların miktarlarındaki değişikliklerin oranı, karşılık gelen stokiyometrik katsayıların oranına eşittir. Bu ifade, kimyasal denklemin nasıl yazıldığına ve aralığın ne kadar değiştiğine bakılmaksızın geçerlidir. Bu ifade, kimyasal denklemlere dayalı hesaplamalar için çok önemlidir. Genellikle bu tür hesaplamalarda miktarlardaki ve stokiyometrik katsayılardaki değişimin işareti dikkate alınmaz, bu nedenle **reaksiyona katılan katılımcıların miktarlarının oranının stokiyometrik katsayılarının oranına eşit olduğu düşünülebilir.**

Örnek 2.3.

Amonyak oluşum reaksiyonu aşağıdaki gibi gösterildiğinde, azot ve amonyak miktarlarının oranını belirleyiniz:

- a) $N_2(g) + 3H_2(g) = 2NH_3(g)$
- b) $2N_2(g) + 6H_2(g) = 4NH_3(g)$
- c) $\frac{1}{2}N_2(g) + \frac{3}{2}H_2(g) = NH_3(g)$

Çözüm:

- a) $\frac{\Delta n(N_2)}{\Delta n(NH_3)} = \frac{1}{2}$
- b) $\frac{\Delta n(N_2)}{\Delta n(NH_3)} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$
- c) $\frac{\Delta n(N_2)}{\Delta n(NH_3)} = \frac{\frac{1}{2}}{1} = \frac{1}{2}$

Düşün ve Cevapla:

1. Aşağıdaki ifadelerin doğruluğunu belirleyin
 - a) Reaksiyonun sonundaki değer aralığı 0'dır.
 - b) Bir tepkimenin gerçekleşme aralığının değeri, tepkime denkleminin yazılış biçimine bağlıdır.
 - c) Erişimdeki bir birim değişiklik, stokiyometrik katsayısı 1 olan her katılımcının miktarındaki değişiktir.
2. Hidrojen peroksitin ayrışma reaksiyonu aşağıdaki kimyasal denklemle gösterilebilir: $2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$. Hidrojen peroksit miktarı 2 mol'den 0,5 mole düşürülürse reaksiyonun derecesi ne olur?



KİMYASAL DENKLEMLERE DAYALI KİMYASAL HESAPLAMALAR

Kimyasal reaksiyonlara dayalı kimyasal hesaplamalarda en önemli şey, reaksiyondaki reaktiflerin miktarlarının oranıdır ve bu oran, stokiyometrik katsayılarından bulunabilir. Bu nedenle, bu tür hesaplamalarda kimyasal denklem her zaman dengelenmelidir.

Bazı durumlarda, bir reaksiyonun başlangıcında, reaktanlar, dengelenmiş kimyasal denklemdeki stokiyometrik katsayıların oranıyla aynı oranda alınır. Buna, reaktan miktarlarının **stokiyometrik oranda** alındığı söylenir. Eğer reaksiyon geri dönüşümsüz ise, sonunda sistemde reaktan kalmayacak, sadece reaksiyon ürünleri kalacaktır. Reaktan miktarlarının stokiyometrik oranda olmadığı durumda, reaktanlardan en az biri fazla miktarda kalacak, yani miktarı tamamen reaksiyona girmeyecektir. Bu bölümde, reaktan miktarlarının stokiyometrik oranda alındığı kimyasal hesaplamalar ele alınacaktır.

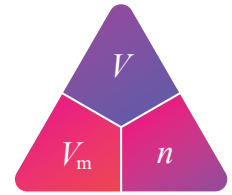
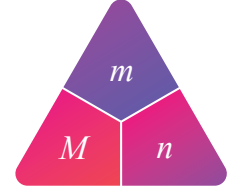
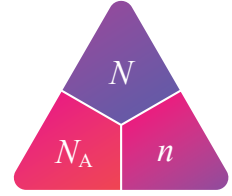
Dolayısıyla, dengeli bir kimyasal denklemde, iki katılımcının miktarlarının oranı, stokiyometrik katsayılarının oranına eşittir, yani:

$$\frac{n(X)}{n(Y)} = \frac{v(X)}{v(Y)}$$

Maddenin miktarı, aşağıdaki ifadelerle göre birim sayısı, kütle ve hacim gibi diğer fiziksel niceliklerle ilişkilendirilebilir:

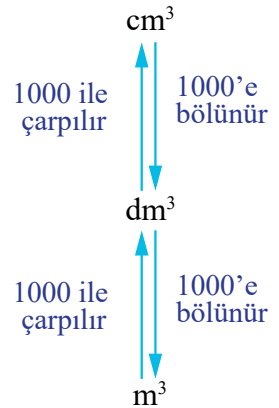
$$n(X) = \frac{N(X)}{N_A} \quad n(X) = \frac{m(X)}{M(X)} \quad n(X) = \frac{V(X)}{V_m}$$

Bu ifadeler kimyasal denklemlerin yorumlanmasına dahil edilirse, çok sayıda yararlı bilgi elde edilebilir. Örneğin:



$$V_m = 22,4 \text{ dm}^3/\text{mol}$$

$$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$



$N_2(g)$	+	$3H_2(g)$	=	$2NH_3(g)$	
	+		=		
2 atom N	+	6 atom H	=	2 atom N ve 6 atom H	← Denklemin her iki tarafındaki atom sayısı aynı olmalıdır.
1 molekül N_2	+	3 molekül H_2	=	2 molekül NH_3	← 1:3:2
$1 \cdot 6,022 \cdot 10^{-23}$ molekül N_2	+	$3 \cdot 6,022 \cdot 10^{-23}$ molekül H_2	=	$2 \cdot 6,022 \cdot 10^{-23}$ molekül NH_3	← 1:3:2
1 mol N_2	+	3 mol H_2	=	2 mol NH_3	← 1:3:2
28 g N_2	+	3·2 g H_2	=	2·17 g NH_3	← Kütlenin korunum kanunu
<u>34 g</u>				<u>34 g</u>	
1·22,4 L N_2	+	3·22,4 L H_2	=	2·22,4 L NH_3	← 1:3:2

Kimyasal tepkimelere dayalı kimyasal hesaplamalar yapılırken şunlara dikkat etmek önemlidir:

- 1) Kimyasal denklemi yazmak ve denkleştirmek
- 2) Söz konusu katılımcıların miktarları arasındaki oranı belirlemek
- 3) Bir maddenin miktarı ile başka bir fiziksel nicelik (birim sayısı, kütle veya hacim) arasında bir ilişki kurmak
- 4) Fiziksel niceliklerin sayısal değerlerini ve birimlerini yerlerine koymak ve istenen sonucu hesaplamak.

Örnek 2.4.

1kg propanın yanması sonucu ne kadar karbondioksit üretilir?

Verilenler:

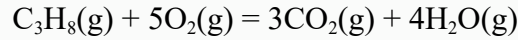
$$m(\text{C}_3\text{H}_8) = 1 \text{ kg} = 1000 \text{ g}$$

Aranılan:

$$m(\text{CO}_2) = ?$$

Çözüm:

Öncelikle bu reaksiyonun kimyasal denklemini yazmanız ve dengelemeniz gerekiyor.



Daha sonra, karbondioksit ve propan miktarları, denklemdaki stokiometrik katsayılarına göre karşılaştırılır.

$$\frac{n(\text{CO}_2)}{n(\text{C}_3\text{H}_8)} = \frac{3}{1} \quad \text{veya} \quad n(\text{CO}_2) = 3 \cdot n(\text{C}_3\text{H}_8)$$

Buradan, karbondioksit miktarının propan miktarının üç katı olduğu sonucu çıkar. İkinci ifadede, maddelerin miktarları kütleleri ile molar kütleleri arasındaki oran olarak ifade edilebilir.

$$\frac{m(\text{CO}_2)}{M(\text{CO}_2)} = \frac{3 \cdot m(\text{C}_3\text{H}_8)}{M(\text{C}_3\text{H}_8)} \quad \text{veya} \quad m(\text{CO}_2) = \frac{3 \cdot m(\text{C}_3\text{H}_8) \cdot M(\text{CO}_2)}{M(\text{C}_3\text{H}_8)}$$

$$M_r(\text{CO}_2) = 12 + 2 \cdot 16 = 44$$

$$M(\text{CO}_2) = 44 \text{ g/mol}$$

$$M_r(\text{C}_3\text{H}_8) = 3 \cdot 12 + 8 \cdot 16 = 44$$

$$M(\text{C}_3\text{H}_8) = 44 \text{ g/mol}$$

Verilen değerleri ve birimlerini elde edilen ifadeye yerleştirirsek şunu elde ederiz:

$$m(\text{CO}_2) = \frac{3 \cdot 1000 \text{ g} \cdot 44 \text{ g/mol}}{44 \text{ g/mol}} = 3000 \text{ g} = 3 \text{ kg}$$

Örnek 2.5.

45 gram su ayrıştığında kaç mol ve kaç molekül oksijen oluşur?

Verilenler:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 45 \text{ g}$$

$$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

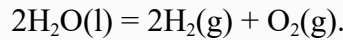
Aranılan:

$$N(\text{O}_2) = ?$$

$$n(\text{O}_2) = ?$$

Çözüm:

Bu reaksiyonun dengelenmiş kimyasal denklemi şöyledir:



Dengelenmiş kimyasal denkleme göre, oksijen ve su miktarının oranı belirlenir.

$$\frac{n(\text{O}_2)}{n(\text{H}_2\text{O})} = \frac{1}{2} \quad \text{veya} \quad n(\text{O}_2) = \frac{n(\text{H}_2\text{O})}{2}$$

Buradan oksijen miktarının su miktarının yarısı olduğu sonucuna varılır. Bu ifadede, madde miktarını kütleyle ve madde miktarını birim sayısına bağlayan karşılık gelen ifadeler değiştirilir ve daha sonra verilen değerler ve birimleri yerine konur.

$$\frac{N(\text{O}_2)}{N_A} = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{2 \cdot M(\text{H}_2\text{O})}, \text{ yani } N(\text{O}_2) = \frac{m(\text{H}_2\text{O}) \cdot N_A}{2 \cdot M(\text{H}_2\text{O})}$$

$$M_r(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot 1 + 16 = 18 \quad M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ g/mol}$$

Son olarak, elde edilen ifadede sayısal değerler ve birimler yerine konulur.

$$N(\text{O}_2) = \frac{45 \text{ g} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}}{2 \cdot 18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 7,5 \cdot 10^{23}$$

Oksijen miktarı, oksijen molekülü sayısı ile Avogadro sabiti arasındaki oran olarak hesaplanır.

$$n(\text{O}_2) = \frac{N(\text{O}_2)}{N_A} = \frac{7,5 \cdot 10^{23}}{6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}} = 1,25 \text{ mol}$$

Örnek 2.6.

Potasyum klorat ısıtıldığında potasyum klorür oluşur ve oksijen açığa çıkar. Standart koşullar altında ölçülen 2 gram potasyum kloratın ayrışmasıyla kaç mililitre oksijen üretilir?

Verilenler:

$$m(\text{KClO}_3) = 2 \text{ g}$$

$$V_m = 22,4 \text{ dm}^3/\text{mol}$$

Aranılan:

$$V(\text{O}_2) = ?$$

Çözüm:

Kimyasal reaksiyonun denklemi $2\text{KClO}_3(\text{s}) = 2\text{KCl}(\text{s}) + 3\text{O}_2(\text{g})$ 'dir, buradan şu sonuç çıkar:

$$\frac{n(\text{O}_2)}{n(\text{KClO}_3)} = \frac{3}{2} \quad \text{veya} \quad n(\text{O}_2) = \frac{3 \cdot n(\text{KClO}_3)}{2}$$

$$\frac{V(\text{O}_2)}{V_m} = \frac{3 \cdot m(\text{KClO}_3)}{2 \cdot M(\text{KClO}_3)}, \text{ yani } V(\text{O}_2) = \frac{3 \cdot m(\text{KClO}_3) \cdot V_m}{2 \cdot M(\text{KClO}_3)}$$

Şimdi, bu ifadede, verilen fiziksel niceliklerin sayısal değerleri ve birimleri buna göre değiştirilmiştir. Standart koşullarda gazlar için molar hacim $V_m = 22,4 \text{ dm}^3/\text{mol}$ 'dür ve KClO_3 'ün bağıl molar kütlesi $39,1 + 35,5 + 3 \cdot 16 = 122,6$ olarak hesaplanır.

$$V(\text{O}_2) = \frac{3 \cdot 2 \text{ g} \cdot 22,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}}{2 \cdot 122,6 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,55 \text{ dm}^3$$

Sonucu mililitre (kübik santimetreye eşittir) cinsinden ifade etmek için, hacim için elde edilen sayısal değeri 1000 ile çarpmak gerekir.

$$V(\text{O}_2) = 0,55 \text{ dm}^3 = 550 \text{ cm}^3 = 550 \text{ mL}$$

Gerçekte, kimyasal reaksiyonlar her zaman saf maddelerle değil, bu maddelerin karışımlarıyla başlar. Bu durumda, öncelikle saf maddeye ilişkin miktar veya başka bir fiziksel nicelik hesaplanmalı ve ancak ondan sonra nicelikler arasındaki ilişkilerin uygulandığı uygun hesaplamalar yapılmalıdır.

Örnek 2.7.

Kalsiyum karbonat, hidroklorik asit çözeltisiyle $\text{CaCO}_3(\text{s}) + 2\text{HCl}(\text{aq}) = \text{CaCl}_2(\text{aq}) + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ denklemine göre tepkimeye girer. Standart koşullar altında ölçülen $33,6 \text{ dm}^3$ karbondioksit elde etmek için, kütlece %90 kalsiyum karbonat içeren kaç gram kireçtaşı alınmalıdır?

Verilenler:

$$w(\text{CaCO}_3) = 90 \% = 0,9$$

$$V(\text{CO}_2) = 33,6 \text{ dm}^3$$

$$V_m = 22,4 \text{ dm}^3/\text{mol}$$

Aranılan:

$$m(\text{kireç taşı}) = ?$$

Çözüm:

Saf kalsiyum karbonat maddesi sülfürik asit ile kimyasal reaksiyona girer. Ancak, görevin koşulu, başlangıç maddesinin kalsiyum karbonat ve diğer maddelerin karışımı olan kireç taşı olduğunu belirtmektedir. Kireç taşının kütlesi ile saf kalsiyum karbonatın kütlesi arasındaki ilişki, saf maddenin kütle oranı ile verilmektedir.

$$w(\text{CaCO}_3) = \frac{m(\text{CaCO}_3)}{m(\text{kireç taşı})}$$

Bu nedenle kireçtaşının kütlesini belirlemek için öncelikle kalsiyum karbonatın kütlesinin bilinmesi gerekir. Bu kütle, dengeli denklemin stokiyometrik katsayılarının yardımıyla karbondioksit ve kalsiyum karbonat miktarlarının karşılaştırılması yoluyla bulunabilir..

$$\frac{n(\text{CO}_2)}{n(\text{CaCO}_3)} = \frac{1}{1} \quad \text{veya} \quad n(\text{CO}_2) = n(\text{CaCO}_3)$$

Önceki problemlere benzer şekilde ilerleyerek, iki madde için miktar ve kütleli veya miktar ve hacmi birbirine bağlayan ifade değiştirilir.

$$\frac{V(\text{CO}_2)}{V_m} = \frac{m(\text{CaCO}_3)}{M(\text{CaCO}_3)} \quad , \text{ yani } \quad m(\text{CaCO}_3) = \frac{V(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CaCO}_3)}{V_m}$$

$$M_r(\text{CaCO}_3) = 40 + 12 + 3 \cdot 16 = 100 \quad M(\text{CaCO}_3) = 100 \text{ g/mol}$$

$$m(\text{CaCO}_3) = \frac{33,6 \text{ dm}^3 \cdot 100 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{22,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}} = 150 \text{ g}$$

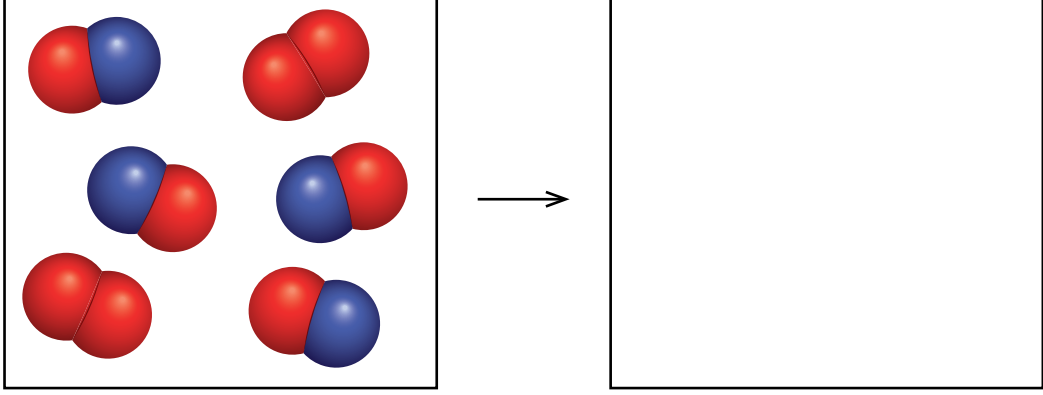
Saf kalsiyum karbonatın kütlesi artık bilindiğine göre, başlangıçta verilen kütle oranı denklemini uygulayarak kireçtaşının kütlesi bulunabilir.

$$m(\text{kireç taşı}) = \frac{m(\text{CaCO}_3)}{w(\text{CaCO}_3)} = \frac{150 \text{ g}}{0,9} = 166,67 \text{ g}$$



Düşün ve Cevapla:

1. Azot monoksit ve oksijenin azot dioksit oluşturmak üzere gerçekleşen reaksiyonunda reaktiflerin stokiyometrik oranda alındığını biliyorsanız, aşağıdaki parçacık diyagramını tamamlayın! Mavi top bir azot atomunu, kırmızı top ise bir oksijen atomunu temsil etmektedir.



2. Aşağıdaki kimyasal denkleme göre 4,5 g bakır üretmek için standart koşullar altında ölçülen metan hacmini hesaplayın:
 $\text{CH}_4(\text{g}) + 3\text{CuO}(\text{s}) = \text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + 3\text{Cu}(\text{s})$.
3. 10 cm³ azot hidrojenle tepkimeye girdiğinde kaç molekül amonyak oluşur?
4. 25 g iyot klorür üretmek için kaç gram iyot gereklidir? Bu reaksiyonun kimyasal denklemi şöyledir: $2\text{I}_2(\text{s}) + \text{KIO}_3(\text{s}) + 6\text{HCl}(\text{aq}) = 5\text{ICl}(\text{aq}) + \text{KCl}(\text{aq}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l})$.
5. Kireçtaşı çoğunlukla kalsiyum karbonattır, fakat aynı zamanda başka yabancı maddeleri de içerir. Kalsiyum karbonat ısıtıldığında kalsiyum oksit ve karbondioksit ayrışır. 2 g kireçtaşının pirolizi sırasında 0,7 g karbondioksit elde edildiyse aşağıdaki gereksinimleri yanıtlayın:
 - a) Kalsiyum karbonatın piroliz reaksiyonunun denklemini yazın!
 - b) Reaktif olarak kullanılan kireçtaşındaki kalsiyum karbonatın kütle oranı nedir?
 - c) Bu reaksiyon sırasında kaç gram kalsiyum oksit oluştu?

Tematik test

1. Bir tepkime sırasında miktarı azalan maddelere ne ad verilir?
a) girenler c) safsızlıklar
b) ürünler d) ayıraçlar
5 p.
2. Magnezyum karbonatın bozunması ısı etkisiyle gerçekleşir. Bu tür bir bozunma şu şekilde adlandırılır:
a) fotoliz c) piroliz
b) elektroliz d) iyonoliz
5 p.
3. Aşağıdaki denklemle gösterilen $\text{Zn(s)} + \text{H}_2\text{SO}_4\text{(aq)} \rightarrow \text{ZnSO}_4\text{(aq)} + \text{H}_2\text{(g)}$ tepkimesi için aşağıdaki soruları yanıtlayınız:
a) Tepkimenin girenleri ve ürünleri hangileridir?
b) Hangi katılımcı katı haldedir?
c) Tepkimeyi akış yönüne göre sınıflandırın!
d) Tepkimeyi, tepkime sırasında gerçekleşen olaylara göre sınıflandırın!
10 p.
4. Metanın yanma tepkimesine ait kimyasal denklemi denkleştirin ve ardından bu kimyasal denklemin nitel ve nicel anlamını açıklayın!
 $\text{CH}_4\text{(g)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightarrow \text{CO}_2\text{(g)} + \text{H}_2\text{O(l)}$
15 p.
5. Kapalı bir sistemde kükürt trioksitin kükürt dioksit ve oksijene ayrışma tepkimesi tersinirdir. Bu tepkime için denkleştirilmiş kimyasal denklemi yazınız!
5 p.
6. Aşağıdaki kimyasal denklemlerle gösterilen tepkimeleri, tepkime sırasında gerçekleşen olaylara göre sınıflandırınız!
a) $2\text{NaOH} + \text{Cu(NO}_3)_2 = 2\text{NaNO}_3 + \text{Cu(OH)}_2$
b) $2\text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$
c) $\text{Mg} + \text{CuCl}_2 = \text{MgCl}_2 + \text{Cu}$
d) $2\text{H}_2\text{SO}_3 = \text{H}_2\text{S}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O}$
e) $\text{Na}_2\text{S} + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{S}$
15 p.
7. Magnezyum, $2\text{Mg} + \text{O}_2 = 2\text{MgO}$ denklemine göre havadaki oksijenle tepkimeye girer. 1,5 mol magnezyum yakılsaydı, tepkimenin boyutunu hesaplayınız!
15 p.
8. Amonyak oksijenle tepkimeye girdiğinde azot monoksit ve su oluşur. Eğer $3,5 \times 10^{24}$ molekül azot monoksit oluşuyorsa, reaktanların stokiometrik oranda tepkimeye girmesi için kaç gram amonyak ve kaç gram oksijen alınmalıdır?
15 p.
9. $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$ denklemiyle gösterilen fotosentez sürecine 500 mg CO_2 katıldığında, standart koşullarda ölçülen ne hacimde oksijen elde edilir?
15 p.

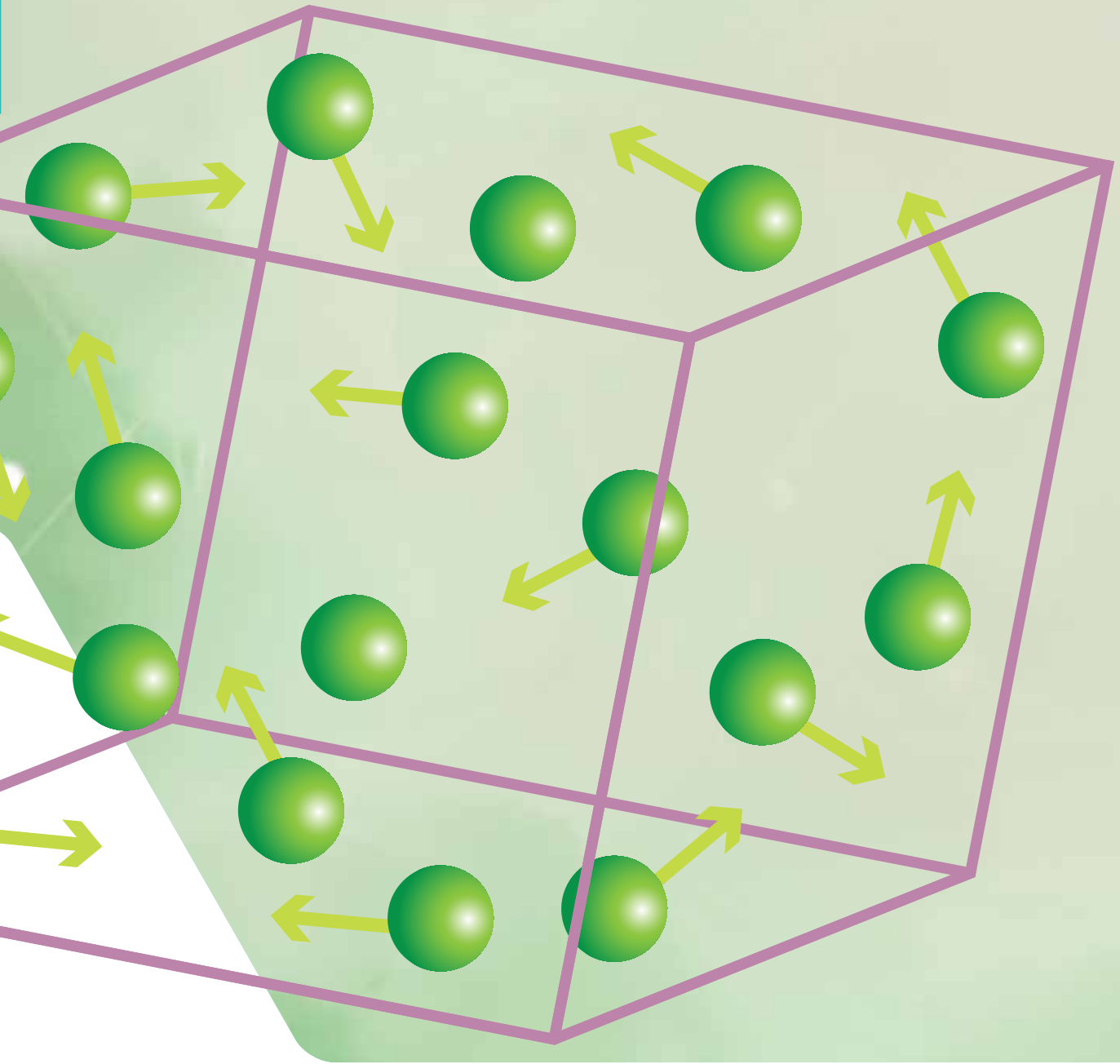
ÖZET

- Kimyasal reaksiyonlar sırasında maddelerin kimyasal kimliği değişir ve başlangıçtakilerden farklı yeni maddeler oluşur.
- Kimyasal dönüşümün temel bir eylemi, bir parçacığın başka bir parçacığa dönüşmesidir.
- Geri dönüşümsüz reaksiyonlar, reaksiyon sisteminden en az bir reaktif kaybolana kadar devam eden,yeni tek yönde ilerleyen reaksiyonlardır-reaktiflerden ürünlere doğru.
- Tersinir reaksiyonlar,reaktiflerin ürünlere (ileri reaksiyon) ve ürünlerin reaktiflere (ters reaksiyon) dönüştüğü süreçlerin eş zamanlı olarak gerçekleştiği reaksiyonlardır.
- Tepkime sırasında meydana gelen olaylara göre birleşme,ayırışma,yer değiştirme,çift yer değiştirme,yoğunlaşma vb. tepkimeler vardır.
- Birleşme reaksiyonlarında, iki veya daha fazla madde birleşerek daha karmaşık bir madde oluşturur.
- Ayırışma reaksiyonları, bir maddenin iki veya daha fazla maddenin üretildiği reaksiyonlardır.
- Yer değiştirme reaksiyonları, bir maddenin atomlarının, başka bir maddenin atomlarının veya iyonlarının yerini aldığı reaksiyonlardır.
- Çift yerdeğiştirme reaksiyonları, reaksiyona giren maddelerin parçası olan atomların veya atom gruplarının yer değiştirdiği özel bir yer değiştirme reaksiyonu türüdür.
- Yoğuşma reaksiyonlarında, mikroskobik düzeyde, iki (veya daha fazla) parçacık birleşerek tek bir parçacık oluşturur ve bu sırada küçük bir parçacık (çoğunlukla bir su veya amonyak molekülü) ayrılır.
- Kimyasal denklemin niteliksel anlamı, kimyasal reaksiyona hangi maddelerin katıldığı hakkında bilgi verir.
- Kimyasal denklemin nicel anlamı, stokiyometrik katsayılarla ilişkilidir. Makroskobik düzeyde, reaksiyona katılan bireysel maddelerin stokiyometrik katsayılarının oranı, reaksiyona giren maddelerin miktarlarının, yani oluşan ürünlerin oranını verir. Kimyasal denklem mikroskobik düzeyde ele alındığında, stokiyometrik katsayıların oranı, maddelerin veya ürünlerin birim sayılarının oranını verir.
- Bir tepkimenin gerçekleşme derecesi, tepkimeye katılan bir maddenin (reaktif veya ürün) miktarındaki değişimin, tepkimenin başlangıcından belirli bir zamana kadar olan süreye oranı ile o maddenin kimyasal denklemdeki stokiyometrik katsayısı arasındaki orandır.
- Birim aralıktaki bir değişim, belirli bir şekilde yazılmış denklemde o katılımcının (reaktif veya ürün) önündeki stokiyometrik katsayıya sayısal olarak eşit olan, reaksiyona katılan bir maddenin miktarındaki değişim olarak kabul edilir.
- Tepkimeye katılan maddelerin miktarlarının oranı, stokiyometrik katsayılarının oranına eşittir.

3. SÜREÇLERDEKİ ENERJİ DEĞİŞİMLERİ

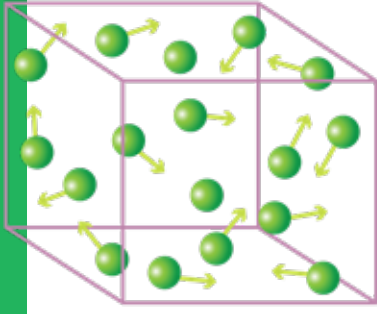
Bu konuyu inceledikten sonra şunları yapabileceksiniz:

- Sistemleri, sistem ile çevre arasındaki madde ve enerji alışverişine göre sınıflandırmak, sistemin kinetik, potansiyel ve iç enerjisini birbirinden ayırt etmek, ayrıca uygun örnekler vererek ekzoenerjik (ekzotermik) ve endoenerjik (endotermik) fiziksel ve kimyasal süreçleri birbirinden ayırt etmek;
- entalpi fiziksel niceliğini tanımlamak, endotermik veya ekzotermik bir süreç sırasındaki entalpi değişimini açıklamak ve bir diyagramla göstermek, molar entalpi ve tepkime entalpisi değişimlerini tanımlayıcı bir ifadeyle belirtmek ve termokimyasal hesaplamalar yapmak;
- termokimyasal denklemleri yorumlamak, kimyasal tepkimeleri termokimyasal denklemlerle ifade etmek ve verilen bir termokimyasal denkleme dayalı olarak termokimyasal hesaplamalar yapmak.



İÇİNDEKİLER:

- 3.1 Enerji ve enerji alışverişi
- 3.2 Fiziksel ve kimyasal süreçlerdeki ısı etkiler
- 3.3 Termokimyasal denklemler



Terimler:

sistem, sistemin çevresi, izole sistem, kapalı sistem, açık sistem, enerji, kinetik enerji, potansiyel enerji, iç enerji, ekzoenerjetik süreç, endoenerjetik süreç, ekzotermik süreç, endotermik süreç

3.1 ENERJİ VE ENERJİ ALIŞVERİŞİ

ENERJİ

Enerji, günlük hayatta sıklıkla karşılaşılan ve maddenin temel özelliklerinden biri olan bir kavramdır. Bir sistemin iş yapma ve/veya ısı alışverişi yapma yeteneğini tanımlayan fiziksel bir niceliktir. Enerji birimleri olarak en yaygın kullanılanlar joule (J) ve kilojoule (kJ)'dir. Daha eski bir birim olan kalori (1 kal = 4,184 J) ise günümüzde hala gıdaların enerji değerini ifade etmek için kullanılmaktadır.

Enerji çeşitli biçimlerde bulunur: termal, ışık, mekanik, elektrik, nükleer, kimyasal vb. Günümüzde enerjinin büyük kısmı fosil yakıtların yakılmasıyla elde edilmektedir, ancak yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı giderek yaygınlaşmakta ve uzun vadede daha da önem kazanmaktadır.



Aktivite

Gün içinde tükettiğiniz gıda ürünlerinin enerji değerini hesaplayın!
Günlük yediğiniz yiyecekler vücudunuzun normal işleyişi için yeterli enerjiyi sağlıyor mu?



Resim 3.1 Biyoyakıt üretimi

Bir sistemin toplam enerjisi; kinetik (E_k), potansiyel (E_p) ve iç enerjiden (U) oluşur. Bir cismin (veya parçacığın) hareketiyle ilişkili enerjiye **kinetik enerji** denir. Kinetik enerji, cismin kütlesine ve hızına bağlıdır. Örneğin, bir elektronun kinetik enerjisi; onun kütlesine ve çekirdek etrafında hareket ettiği hıza bağlı olacaktır.

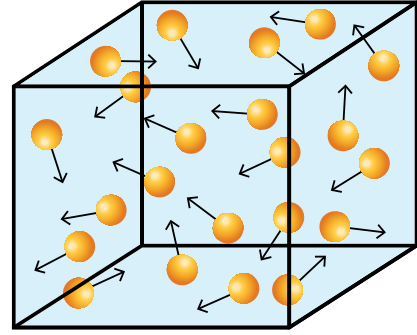


Aktivite

Rüzgar enerjisi, su enerjisi ve güneş enerjisinin nasıl kullanılabileceğini keşfedin!
Bu enerji kaynaklarının günlük yaşamda ve elektrik üretiminde nasıl kullanıldığına dair örnekler bulun!
Bu yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanırken enerjinin hangi enerji biçimlerine dönüştürüldüğünü açıklayın ve kullanmanın avantajlarını sıralayın!



a



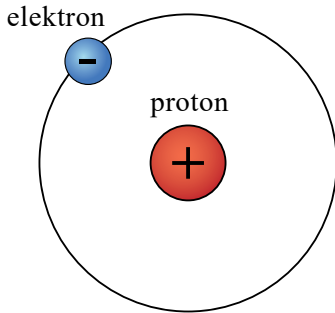
b

Resim 3.2 Hareket halindeki bir araba (a) ve gaz parçacıkları (b) bir miktar kinetik enerjiye sahiptir.

Potansiyel enerji, bir cismin uzaydaki konumundan dolayı sahip olduğu enerjidir ve sistemi oluşturan cisimler ile çevreleri arasındaki veya sistemi oluşturan parçacıklar arasındaki etkileşimlerle (karşılıklı eylemlerle) ilgilidir. Sistemin kütlesi ne kadar büyükse ve ne kadar yüksekte bulunursa, potansiyel enerjisi de o kadar yüksek olur. Parçacıklar arasındaki etkileşim daha güçlü olduğunda potansiyel enerji daha yüksektir.

$$E_k = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$



Resim 3.3 Bir atomdaki elektron belirli bir potansiyel enerjiye sahiptir.



Resim 3.4 Ustrumca yakınlarındaki Koleshino Şelalesi. Şelalenin tepesinde, suyun potansiyel enerjisi en yüksektir (en yüksek noktasındadır). Aşağı doğru akmaya başladığında, bu enerji kinetik enerjiye dönüşür.

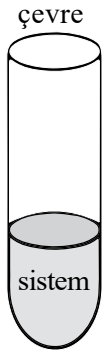
Enerjinin korunumu yasasına göre, enerji ne yaratılabilir ne de yok edilebilir, sadece bir biçimden diğerine dönüştürülebilir. Örneğin, hidroelektrik santrallerinde, suyun hareketi bir türbini döndürür; burada suyun kinetik enerjisi türbinin dönmesiyle mekanik enerjiye dönüştürülür. Bir jeneratör yardımıyla, mekanik enerji elektrik enerjisine dönüştürülür ve evlere iletilir. Evlerdeki elektrik enerjisi daha sonra ışık veya ısı enerjisine dönüştürülür; bu da enerjinin yok olmadığını, bir biçimden diğerine dönüştürüldüğünü ve bir yerden başka bir yere iletilildiğini gösterir.



Resim 3.5 Kibrit yandığında, kimyasal enerji ışık ve ısı enerjisine dönüşür.



Resim 3.6 Bir sistemin tanımı, araştırmanın konusuna bağlıdır; bir gökbilimci için sistem tek bir galaksi, çevre ise komşu galaksiler olabilir; bir hücreyi incelemekle ilgilenen bir biyolog için sistem, hücreler arası sıvı ise çevre olabilir, vb.



Resim 3.7 Sistem ve çevresi

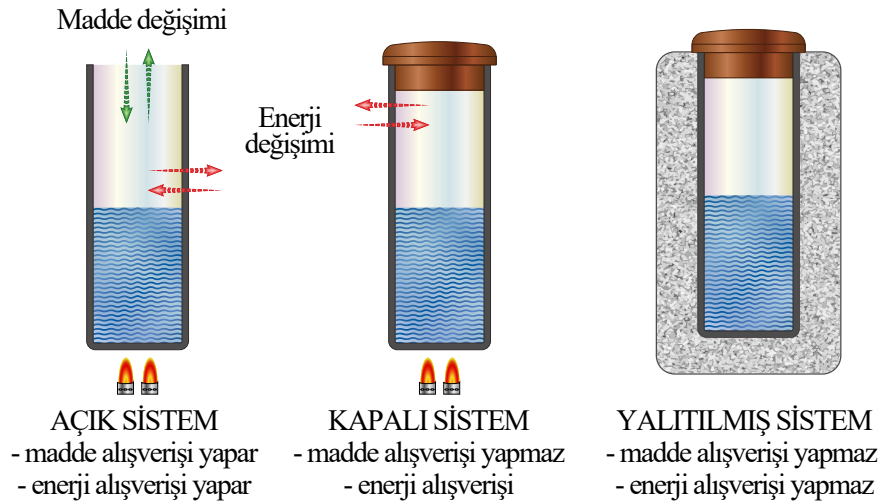
Bir sistemin sahip olduğu toplam enerjinin bir kısmı, sistemin *tamamının* potansiyel enerjisidir ve sistem hareket halindeyse, bir kısmı da sistemin tamamının kinetik enerjisine karşılık gelir. Toplam enerjinin geri kalan kısmı ise **iç enerji** olarak adlandırılır. Kimyacılar için en önemlisi iç enerjidir çünkü sistemdeki her bir *parçacığın hareketine* bağlı kinetik enerjiyi ve *parçacıklar arasındaki* etkileşimlerden kaynaklanan potansiyel enerjiyi içerir. Dolayısıyla, iç enerji, sistemdeki tüm parçacıkların kinetik ve potansiyel enerjilerinin toplamıdır.

$$U = E_{k(\text{parçacıklar})} + E_{p(\text{parçacıklar})}$$

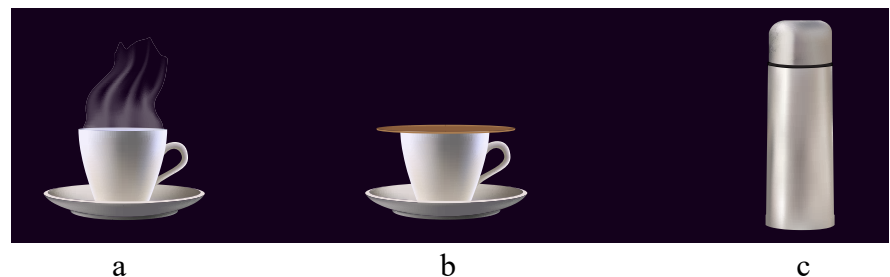
İç enerjinin değeri doğrudan belirlenemez ancak değişimi belirlenebilir. Sistemin iç enerjisindeki değişiklik, ısı alışverişi nedeniyle veya çevreyle yapılan iş nedeniyle meydana gelir. Bu nedenle öncelikle sistem ve çevre kavramlarının tanımlanması gerekmektedir.

Sistem, ilgilendiğimiz doğanın bir parçasıdır. Örneğin, bir sistem, içinde kimyasal bir reaksiyonun gerçekleştiği bir deney tüpü olabilir. Evrenin geri kalanı ise **çevre** olarak kabul edilir. Pratikte çevre, sistemle ilgili olan, yani sistemin hemen yakınında bulunan evrenin parçasıdır.

Çevreyle madde ve enerji alışverişi olasılığına bağlı olarak sistemler açık, kapalı ve izole olabilir. **Açık bir sistemde** hem madde hem de enerji çevreyle alışveriş edilebilir, **kapalı bir sistemde** sadece enerji alışverişi yapılabilir ve **izole bir sistemde** ne madde ne de enerji alışverişi yapılabilir.



Resim 3.8 Günlük hayattaki sistem türleri: açık (a), kapalı (b) ve izole sistem (c)





Düşün ve Cevapla:

1. Bir sistemin toplam enerjisini oluşturan enerji türleri nelerdir?
2. Sistem nedir ve ortam nedir? Bazı örnekler verin!
3. Bir bardak suya bir kaç granül sodyum hidroksit eklenir mi? Sistemin ne olduğunu ve ortamın ne olduğunu tanımlayın! Böyle bir sistem açık mı, kapalı mı, izole mi? Açıklayınız!

ENERJİ ALIŞVERİŞİ

İç enerjideki değişim, ısı alışverişi veya çevreye yapılan iş sonucunda meydana gelebilir. Isı, bir sistemin çevresiyle alışveriş yaptığı ve sıcaklık değişimine neden olan bir enerji biçimidir. Isı genellikle Q ile gösterilir ve joule (J) cinsinden ölçülür. Kimyasal reaksiyonlar ve fiziksel süreçler sırasında ısı alışverişini inceleyen kimya dalına **termokimya** denir.

İç enerji, sistemin durumuna bağlı bir fonksiyondur; yani değeri yalnızca sistemin içinde bulunduğu duruma (örneğin, sıcaklık, basınç ve agregasyon durumu) bağlıdır, sistemin bu duruma nasıl ulaştığına bağlı değildir. Bir sistem bir durumdan diğerine geçtiğinde, iç enerjideki değişim, değişimin hızlı veya yavaş, bir veya daha fazla ara adım yoluyla gerçekleşmesine bakılmaksızın aynı olacaktır. Bu tür niceliklerin değerindeki değişim, son ve başlangıç durumları arasındaki fark olarak tanımlanır.

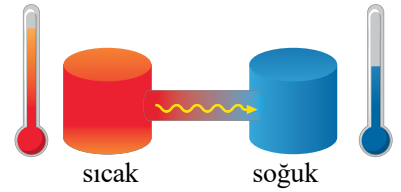
$$\Delta U = U_{(\text{son})} - U_{(\text{ilk})}$$

Isı ile sıcaklık aynı şey değildir. Sıcaklık, bir sistemin durumunu tanımlar ve sistem içindeki parçacıkların ortalama kinetik enerjisinin bir ölçüsü işlevini görür; oysa ısı, bir sıcaklık farkı nedeniyle sistem ile çevresi arasında aktarılan enerjidir. Isı her zaman, sıcaklığı daha yüksek olan bir cisimden sıcaklığı daha düşük olan bir cisme doğru aktarılır. Sistem ve çevresi aynı sıcaklığa ulaştığında, ısı alışverişi sona erer.

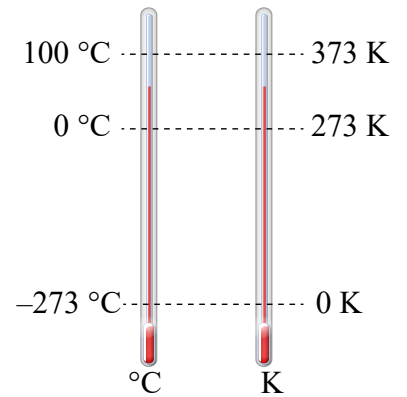
Sıcaklık da sistemin durumuna bağlı bir değişkendir. Dolayısıyla sıcaklık, sistemin belirli bir andaki durumunu tanımlar ve sistemin bu duruma ulaşırken izlediği yola bağlı değildir. Bu nedenle, belirli bir kütledeki suyun iç enerjisi; su ister 20 °C'den 30 °C'ye ısıtılmış, ister 50 °C'den 30 °C'ye soğutulmuş olsun, aynı olacaktır.

İç enerjideki değişim, yatay çizgilerin sistemin başlangıç ve son durumlarını işaret ettiği Şekil 3.12'deki gibi grafiksel olarak gösterilebilir.

Isının daha ayrıntılı tanımları da vardır ve bunları daha sonra öğreneceksiniz.



Resim 3.9 Isı her zaman daha sıcak bir cisimden daha soğuk bir cisme doğru transfer olur.



Resim 3.10 Celsius ve Kelvin sıcaklık ölçeklerinin karşılaştırılması



a



b

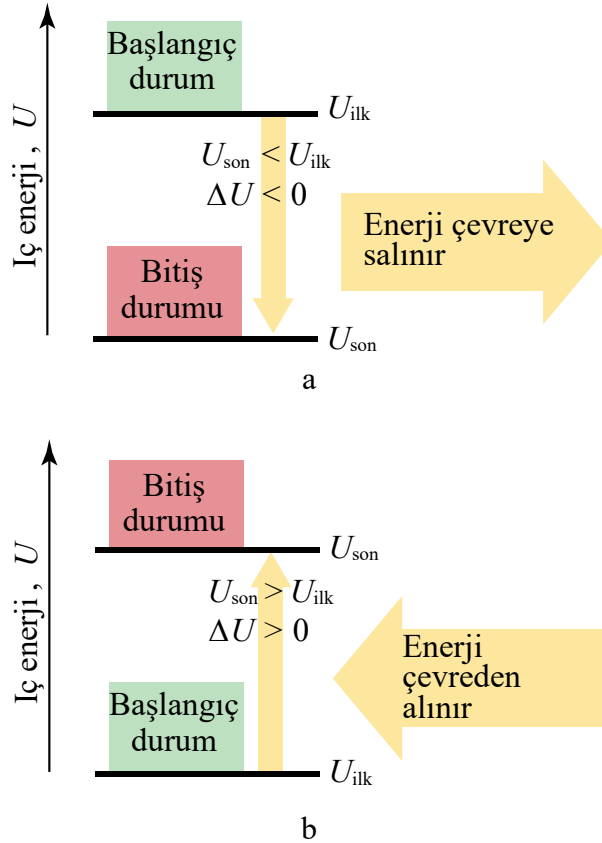
Resim 3.11 Mutfakta ısı transferi: a) buzdolabındaki hava (ortam), sebzelerin (sistem) sıcaklığından daha düşük bir sıcaklığa sahiptir; bu nedenle sebzeler, çevrelerindeki havaya ısı enerjisi verir; b) fırındaki hava sıcaklığı (ortam), yiyeceğin (sistem) sıcaklığından daha yüksektir; bu nedenle ısı, ısınmış havadan yiyeceğe aktarılır.

İç enerjideki değişim, bu iki çizgi arasındaki yükseklik farkına karşılık gelir. Sistem iç enerjisini iki şekilde değiştirebilir:

1) *Sistemden çevreye* enerji aktarıldığında (Şekil 3.12 a), sistemin iç enerjisi azalır ($\Delta U < 0$) ve $U_{\text{son}} < U_{\text{ilk}}$ durumu geçerli olur.

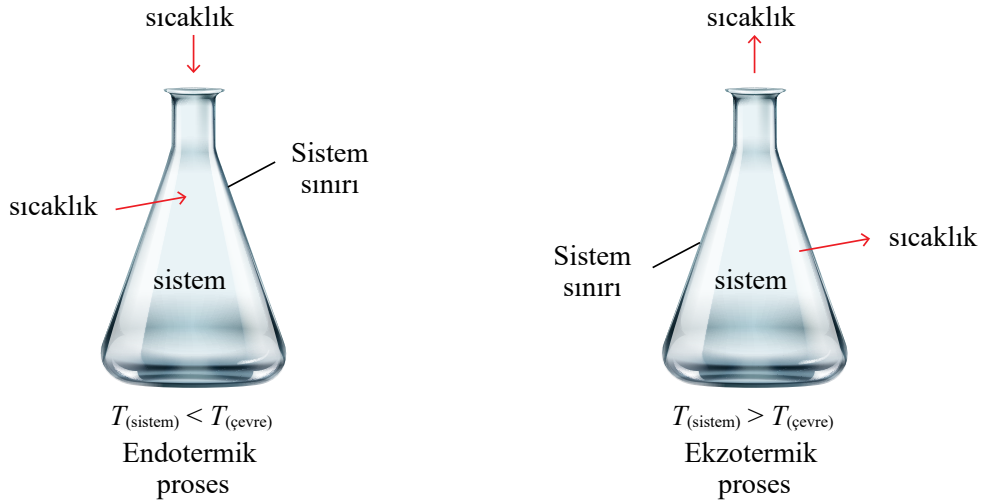
2) *Çevreden sisteme* enerji aktarıldığında (Şekil 3.12 b), sistemin iç enerjisi artar ($\Delta U > 0$). Bu durumda $U_{\text{son}} > U_{\text{ilk}}$ olur.

İlk durumda sistemden enerji uzaklaştırılmasına ve ikinci durumda sistemin enerji almasına rağmen, toplam enerji değişmez: sistemden açığa çıkan enerji çevreden alınır ve bunun tersi de geçerlidir.



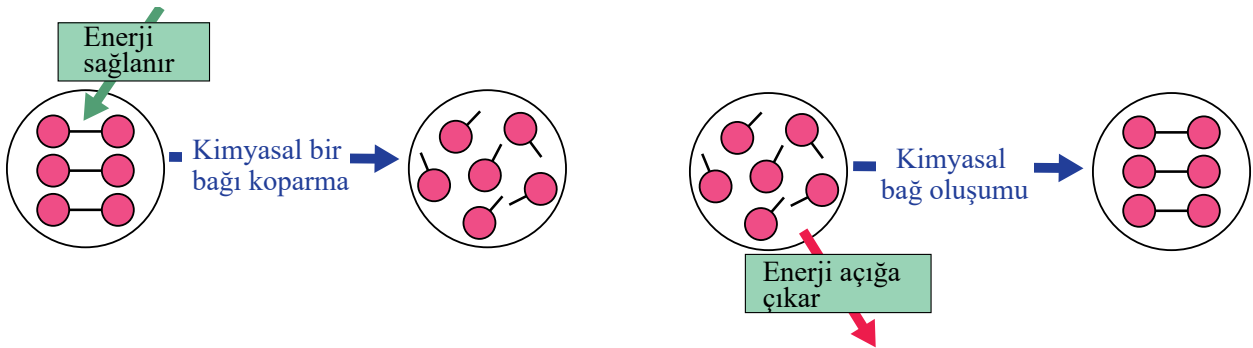
Resim 3.12 Sistem ile çevresi arasındaki enerji alışverişine bağlı olarak sistemin iç enerjisindeki değişim: a) sistemin enerjisi azalır; b) sistemin enerjisi artar

Tüm fiziksel ve kimyasal süreçler, bir sistem ile çevresi arasında enerji alışverişiyle gerçekleşir. Bazı süreçlerde sistemden çevreye enerji verilirken, diğerlerinde sürecin gerçekleşebilmesi için sisteme enerji sağlanması gerekir. Sistemin enerji verdiği süreçlere **eksoenerjik** süreçler, gerçekleşmesi için enerji gerektiren süreçlere ise **endoenerjik** süreçler adı verilir. Sistem ile çevre arasındaki enerji alışverişi ısı şeklinde gerçekleştiğinde, ısı alışverişinin yönüne bağlı olarak bu süreçler **ekzotermik** veya endotermik olarak adlandırılır.



Resim 3.13 Ekzotermik ve Endotermik süreç arasındaki fark

Hemen hemen her kimyasal tepkimeye bir enerji alışverişi eşlik eder. Kimyasal tepkimelerde sistem, çoğunlukla ısı biçiminde enerji alır veya açığa çıkarır. Örneğin, yakıtların yanması ekzotermik bir süreçtir, çünkü bu süreçte ısı biçiminde enerji açığa çıkar. Nötralleşme tepkimeleri de ekzotermiktir, zira tepkime sonrasında sistemin sıcaklığı artar. Ayrıca bir çok yer değiştirme tepkimesi de ekzotermiktir. Piroliz işleminde ise ısı verilmesi gerektiğinden bu tepkime endotermik bir kimyasal süreç olarak kabul edilir.



Resim 3.14 Kimyasal bir bağ kırılırken enerji gerekir, bağ oluşurken ise enerji açığa çıkar.



HAYDİ KEŞFEDELİM

Ekzotermik veya Endotermik Değişim

Gerekli ekipman ve maddeler: 100 mL'lik laboratuvar beheri, bakır(II) sülfat çözeltisi, çinko, termometre, penset, cam baget, önlük, güvenlik gözlüğü, eldiven.

İşlem: Bir laboratuvar beherine 40-50 mL bakır(II) sülfat çözeltisi koyun. Çözeltinin sıcaklığını bir termometre ile ölçün ve laboratuvar defterinize kaydedin! Ardından, bir pens yardımıyla birkaç parça çinko granülü ekleyin! Sistemde ne tür değişiklikler meydana geliyor? Tepkime tamamlandıktan sonra sıcaklığı tekrar ölçün! Elde ettiğiniz sonuçları laboratuvar raporunuza ekleyin!

Sıcaklık değişimini gözlemleyeceğiniz ve tepkimelerin ekzotermik mi yoksa endotermik mi olduğu sonucuna varacağınız başka deneyler de gerçekleştirin!

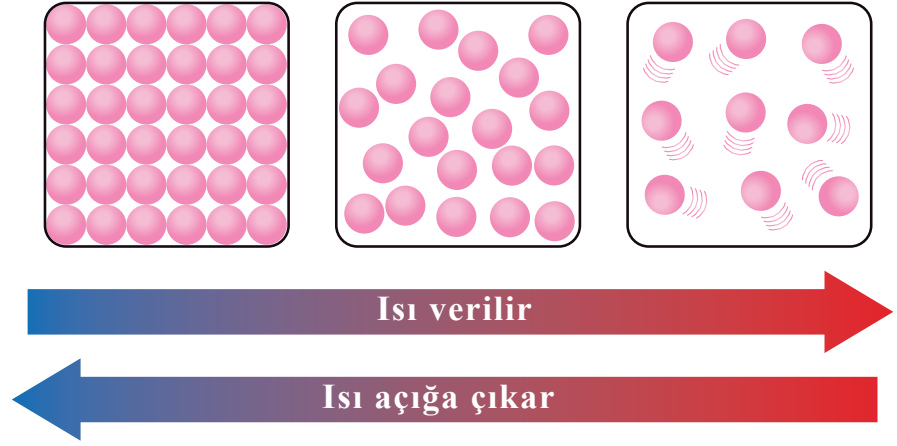


Aktivite

İki deney tüpünü yarıya kadar suyla doldurun! Birincisine bir miktar kalsiyum klorür, diğerine ise bir miktar amonyum klorür koyun! Deney tüplerinin ağzını bir tıpayla kapatın ve tuzlar çözünene kadar çalkalayın! Deney tüplerinin dış yüzeylerine dokunun ve çözünme sürecinin ekzotermik mi yoksa endotermik mi olduğuna karar verin!

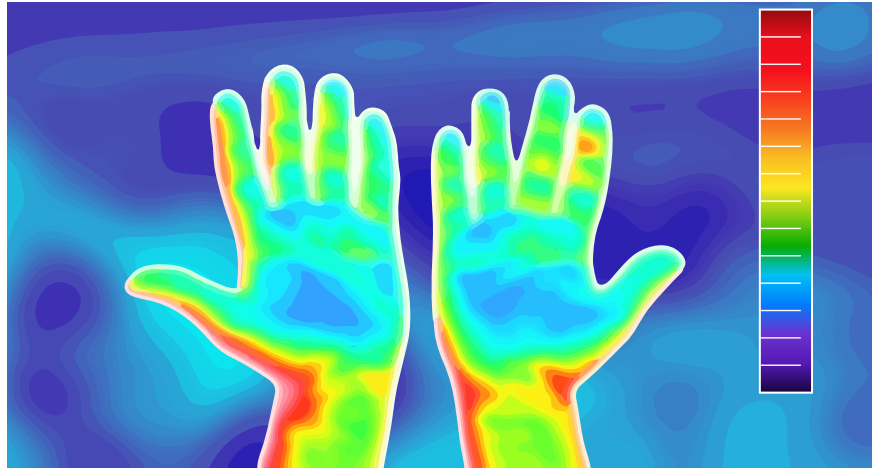
Bakır(II) sülfat çözeltisinin renginin açılmasına ve kırmızımsı kahverengi katı bir maddenin oluşmasına dayanarak, kimyasal bir tepkimenin gerçekleştiği sonucuna varılabilir. Tepkime karışımının sıcaklığının yükselmesi, tepkimenin ekzotermik olduğunu göstermektedir.

Fiziksel süreçlerde de ısı alışverişi gerçekleşebilir. Dolayısıyla, bir halden diğerine geçişte ya ısı verilmesi (erime veya buharlaşma) ya da ısı açığa çıkması (yoğuşma veya donma) gerekir. Benzer şekilde, bazı maddelerin suda çözünmesi, çözünen maddeye bağlı olarak ekzotermik veya endotermik bir süreç olabilir. Örneğin, kalsiyum klorürün suda çözünmesi ekzotermik, amonyum klorürün suda çözünmesi ise endotermik bir süreçtir.



Resim 3.15 Faz geçişlerine, ısı biçiminde bir enerji alışverişi eşlik eder.

Resim 3.16 Termal kamera ile çekilmiş bir insan eline ait termogram. Termogram, bir nesnenin yüzeyindeki sıcaklık değişimini gösterir ve tıp ile veteriner hekimlikte çeşitli hastalıkların teşhisinde kullanılır.





Aktivite

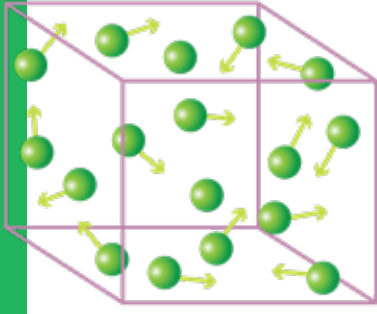


Anında buz paketleri, spor yaralanmalarından, şişliklerden ve morluklardan kaynaklanan ağrıları hafifletmek için kullanılır. Pakete bastırıldığında soğur. Anında sıcak paketler ise kas ağrılarını hafifletmek için kullanılır. Pakete bastırıldığında ısınır. Aktivasyonları sırasında gerçekleşen süreçler, yani ısı emilimine veya salınımına yol açan fiziksel veya kimyasal süreçler hakkında daha fazla bilgi edinin.



Düşün ve Cevapla:

1. Isı ve sıcaklık terimleri arasındaki farkı açıklayın!
2. Sıcaklık değişimi 10 °C ise, bu değişim K (Kelvin) cinsinden nedir?
3. Kimyasal reaksiyona ısı eklenirse sistemin sıcaklığı artar mı yoksa azalır mı?
4. Aşağıdaki ifadelerin doğruluğunu değerlendirin:
 - a) Isının transfer edilebilmesi için sistem ile çevre arasında bir sıcaklık farkı olmalıdır.
 - b) Konsantre sülfürik asidin suda çözünmesi monotermal bir süreçtir.
 - c) Kimyasal süreçler ekzotermik, fiziksel süreçler ise endotermiktir.
5. Aşağıdaki süreçlerden hangileri ekzotermik, hangileri endotermiktir?
 - a) $\text{KOH(aq)} + \text{HCl(aq)} = \text{KCl(aq)} + \text{H}_2\text{O(l)}$
 - b) $\text{Cu(s)} + 2\text{AgNO}_3\text{(aq)} = 2\text{Ag(s)} + \text{Cu(NO}_3)_2\text{(aq)}$
 - c) $\text{H}_2\text{O(l)} = \text{H}_2\text{O(g)}$



Terimler:

entalpi, entalpi değişimi, molar entalpi değişimi, tepkime entalpisi

3.2 FİZİKSEL VE KİMYASAL SÜREÇLERDE TERMAL ETKİLER

FİZİKSEL VE KİMYASAL SÜREÇLERDE ENTALPİ VE TERMAL ETKİLER

Enerji, aynı zamanda fiziksel bir nicelik olan **entalpi** ile de ilişkilidir. H ile gösterilir ve joule (J) veya kilojoule (kJ) cinsinden ölçülür.

Şu ifadeden:

$$H = U + P \cdot V$$

Bir sistemin entalpisinin, **sistemin iç enerjisi ile hacmi ve içinde geçerli olan basıncın çarpımının toplamını temsil ettiği sonucuna varılabilir.**

Entalpi bir sistemin hal fonksiyonudur; bu da onun, sistemin içinde bulunduğu koşullara bağlı olduğu anlamına gelir. Entalpinin mutlak değeri deneysel olarak belirlenemez; ancak son ve ilk haller arasındaki fark olan **entalpi değişimi** belirlenebilir.

$$\Delta H = H_{(\text{son})} - H_{(\text{ilk})}$$

Sabit basınçta, fiziksel veya kimyasal bir süreç sırasında alışverişi yapılan ısı miktarı (Q), sistemin entalpi değişimine eşittir.

$$Q = \Delta H \quad P = \text{const.} \quad \text{veya} \quad Q_p = \Delta H$$

Bir süreç gerçekleşirken, sisteme ısı alınıp alınmadığına dair nitel bilgilere ek olarak, çevreyle ne kadar ısı alışverişi yapıldığını nicel olarak ölçmek de mümkündür. Sabit basınçta (genellikle atmosferik) meydana gelen termal etkileri ölçmek için kullanılan cihazlara **k kalorimetre** denir. Bu cihazlar, izole bir sistem türünü temsil eder ve çevreyle ısı alışverişini azaltacak şekilde tasarlanmıştır; bu da sistemin sıcaklığındaki değişimin daha hassas bir şekilde izlenmesine olanak tanır. Ölçülen sıcaklık değişimine ve maddelerin bilinen özelliklerine (kütle ve özgül ısı kapasitesi) dayanarak, süreç sırasında alınan veya salınan ısı miktarı da hesaplanabilir.

Ekzotermik süreçler için $\Delta H < 0$ gösterimi kullanılır, yani entalpinin son değeri başlangıç değerinden daha azdır. Endotermik süreçlerde ise entalpi artar ve bu durumda $\Delta H > 0$ olur.

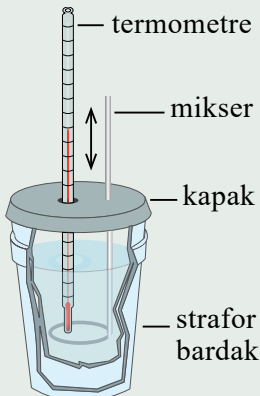


Resim 3.17 Laboratuvar Kalorimetresi



Aktivite

Doğaçlama malzemeler (örneğin strafor, plastik bardaklar ve karton) kullanarak nasıl bir kalorimetre yapılabileceğini araştırın ve ardından bir tane yapmayı deneyin!



Hem ekzotermik hem de endotermik süreçler için, değiş tokuş edilen ısı miktarı madde miktarına bağlıdır. Dolayısıyla, entalpi değişimi genişletici bir özelliktir. Bu nedenle, aynı koşullar altında ve aynı süreç için reaktan miktarı iki katına çıkarılırsa, değiş tokuş edilen ısı miktarı da iki katına çıkacaktır.

Bir sistemin entalpi değişimini madde miktarıyla ilişkilendirirsek, **molar entalpi değişimi (ΔH_m) adı verilen yoğun bir nicelik elde ederiz.**

$$\Delta H_m = \frac{\Delta H}{n}$$

Bileşimde değişiklik olmayan fiziksel bir süreç için ısı etkisi, sistemin molar entalpi değişimi olarak ifade edilir. Molar entalpi değişiminin birimi J/mol veya kJ/mol'dür. Ekzotermik fiziksel süreçlerde $\Delta H_m < 0$, endotermik süreçlerde ise $\Delta H_m > 0$ 'dır.

Suda çok sayıda tuzun çözünmesi fiziksel bir süreçtir ve ısı salınımı veya eklenmesiyle birlikte gerçekleşebilir. Ayrıca, faz değişimleri, yani agregat halindeki değişimler de fiziksel değişimleri temsil eder. Bu nedenle, 0 °C'de ve atmosfer basıncında bir mol buzun erimesi sırasında çevreden 6,01 kJ ısı emilir (alınır). Bu endotermik bir süreçtir. Ters süreç olan donma ise ekzotermiktir. Şöyle yazılabilir:

Erime $\text{H}_2\text{O(s)} = \text{H}_2\text{O(l)}$ $\Delta H_m > 0$ veya $\Delta H_m = +6,01 \text{ kJ/mol}$

Donma $\text{H}_2\text{O(l)} = \text{H}_2\text{O(s)}$ $\Delta H_m < 0$ veya $\Delta H_m = -6,01 \text{ kJ/mol}$

Denklemlerden, aynı madde miktarı için, bir süreçte alışverişi yapılan ısı miktarının, ters süreçte alışverişi yapılan ısı miktarına mutlak değerce eşit olduğu görülmektedir. Eğer bir süreç ekzotermikse, ters süreç endotermik olacaktır.

Kimyasal süreçler söz konusu olduğunda, sistemin entalpi değişiminin reaksiyonun gerçekleşme derecesindeki değişime oranı olarak ifade edilen **reaksiyon entalpisi ($\Delta_r H$)** hakkında konuşuruz. Reaksiyon entalpisi, bir birimlik gerçekleşme derecesi değişimi için entalpi değişimine sayısal olarak eşittir. Reaksiyon entalpisinin ölçüldüğü birimler, molar entalpi değişiminde kullanılanlarla aynıdır, yani J/mol veya kJ/mol'dür.

$$\Delta_r H = \frac{\Delta H}{\Delta \zeta}$$

Ayrıca, reaksiyon entalpisi, sistemin entalpisinin son değeri (ürünler mevcutken) ile başlangıç değeri (reaktifler mevcutken) arasındaki farktır, bu nedenle şu şekilde yazılabilir:

$$\Delta_r H = H_{(\text{ürünler})} - H_{(\text{girenler})}$$



Aktivite

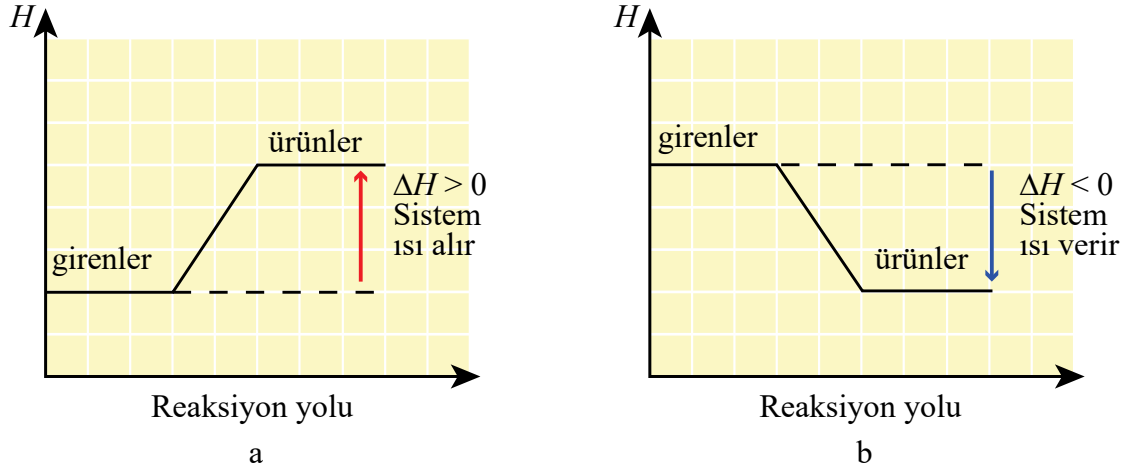
Doğal (örneğin solunum ve volkanik patlamalar) ve insan kaynaklı ekzotermik süreçlerin (örneğin fosil yakıtların yakılması) iklim değişikliğini nasıl etkilediğini keşfedin!

Bir kimyasal reaksiyona ısı verilirse, bu endotermik bir reaksiyondur ve $\Delta_r H$ pozitif bir değerdir; sistemden ısı salınırsa, bu ekzotermik bir reaksiyondur ve $\Delta_r H$ negatif bir değerdir.

Endotermik reaksiyonlar için $\Delta_r H > 0$ $H_{(\text{ürünler})} > H_{(\text{girenler})}$

Ekzotermik reaksiyonlar için $\Delta_r H < 0$ $H_{(\text{ürünler})} < H_{(\text{girenler})}$

Tepkime entalpisindeki değişim grafiksel olarak gösterilebilir:



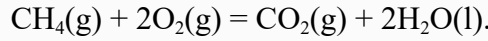
Resim 3.18 Endotermik (a) ve ekzotermik (b) bir reaksiyondaki entalpi değişiminin grafiksel gösterimi

Örnek 3.1.

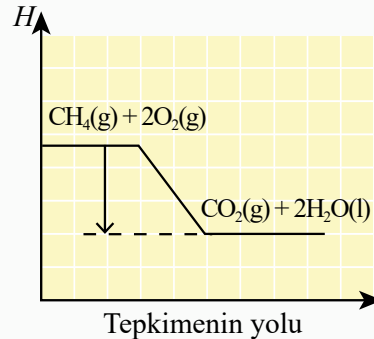
Metan yanma reaksiyonunun entalpi değişimini bir diyagramla gösterin! Eksenleri doğru şekilde etiketleyin, $H_{(\text{ürünler})}$, $H_{(\text{reaktifler})}$ ve $\Delta_r H$ 'nin pozitif mi yoksa negatif mi olduğunu gösterin!

Çözüm:

Bu tepkimenin denklemi şöyledir:

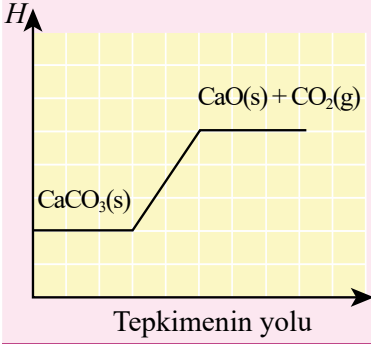


Ana bileşeni metan olan doğal gaz yandığında, çevreye ısı açığa çıkar. Bu nedenle, bu ekzotermik bir reaksiyondur, dolayısıyla $\Delta_r H$ negatif bir işarete sahiptir. Bu, reaktanların entalpisinin ürünlerin entalpisinden daha büyük olduğu anlamına gelir, bu nedenle grafiksel gösterim şu şekilde olacaktır:



Örnek 3.2.

Kalsiyum karbonatın bozunma tepkimesindeki entalpi değişiminin grafiksel gösterimine dayanarak, bunun endotermik mi yoksa ekzotermik bir tepkime olduğunu belirleyin. Cevabınızı açıklayın!

**Çözüm:**

Grafiksel gösterimden, girenlerin entalpisinin ürünlerin entalpisinden daha düşük olduğu, yani $H_{(\text{ürünler})} - H_{(\text{girenler})}$ değerinin pozitif bir nicelik olduğu görülmektedir. Başka bir deyişle $\Delta_r H > 0$ 'dır; bu da söz konusu tepkimenin gerçekleşmesi için sisteme ısı verilmesi gerektiği anlamına gelir. Bu durum, endotermik bir tepkimeye karşılık gelir.

**Düşün ve Cevapla:**

- Aşağıdaki tanımların her birinin ekzotermik mi yoksa endotermik bir süreç mi olduğunu belirleyin:
 - Gaz halindeki hidrojen ve oksijenden su oluştuğunda 285,83 kJ ısı açığa çıkar.
 - Bir mol su buharı sıvılaştığında, sistem ile çevre arasında 44,02 kJ ısı alışverişi gerçekleşir.
 - $\text{CaO(s)} + 3\text{C(s)} = \text{CaC}_2\text{(s)} + \text{CO(g)}$ tepkimesinde, ürünlerin entalpisini girenlerin entalpisinden büyüktür.
- Bir kalorimetre içerisinde kimyasal bir tepkime gerçekleşmektedir. Deney başlamadan önce sistemin sıcaklığı 25 °C iken, tepkime tamamlandığında sıcaklık değeri 43 °C'ye yükselmiştir. Tepkime entalpisini değeri pozitif mi yoksa negatif midir?
- Cıva(II) oksidin elementel cıva ve oksijen oluşturmak üzere bozunma tepkimesindeki entalpi değişimini bir diyagramla gösterin!

TERMAL ETKİLERİ İÇEREN KİMYASAL HESAPLAMALAR

Fiziksel süreçler için termal etkiler, sistemin molar entalpisindeki değişim yoluyla ifade edilir.

$$\Delta H_m = \frac{\Delta H}{n}$$

Dolayısıyla, fiziksel bir süreç sırasında değiş tokuş edilen ısı şu şekilde hesaplanabilir:

$$\Delta H = \Delta H_m \cdot n$$

Kimyasal proseslerde reaksiyon entalpisi termal etkileri ifade etmek için kullanılır.

$$\Delta_r H = \frac{\Delta H}{\Delta \xi}$$

Değiş tokuş edilen ısı, reaksiyon entalpisi ile menzil değişiminin çarpımı olacaktır.

$$\Delta H = \Delta_r H \cdot \Delta \xi$$

Tepkimenin etki aralığı şu şekilde tanımlanır:

$$\Delta \xi = \frac{\Delta n(X)}{\nu(X)}$$

Bundan şu sonuç çıkar ki:

$$\Delta n(X) = \nu(X) \cdot \Delta \xi$$

Madde miktarı kütle ve hacim gibi diğer fiziksel niceliklerle ilişkilidir; bu nedenle uygun bağıntılar kullanılarak, fiziksel ve kimyasal süreçlere katılan maddelerin kütlesi veya hacminin yanı sıra alınıp verilen ısı da hesaplanabilir.

Örnek 3.3.

Hidroklorik asit ile sodyum hidroksit arasındaki nötralleşme tepkimesinin tepkime entalpisi $-57,3 \text{ kJ/mol}$ 'dür. Bu tepkime sonucunda 9 g su oluştuğunda açığa çıkan ısı miktarını hesaplayınız.

Verilenler:

$$\Delta_r H = -57,3 \text{ kJ/mol}$$

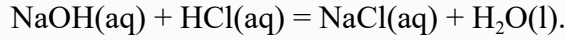
$$\Delta m(\text{H}_2\text{O}) = 9 \text{ g}$$

Aranılan:

$$\Delta H = ?$$

Çözüm:

Bu tepkimenin denklemi şöyledir:



Başlangıçta, yani tepkime başlamadan önce, sistemde ürünlerden hiç bulunmuyordu; dolayısıyla $n_0(\text{H}_2\text{O}) = 0 \text{ mol}$ idi.

Bu bir kimyasal tepkime olduğundan, açığa çıkan ısı $\Delta H = \Delta_r H \cdot \Delta \xi$ ifadesine göre hesaplanır. Bunun için öncelikle oluşan su miktarını ve tepkime ilerleme derecesini hesaplamamız gerekir. Su tepkimenin bir ürünüdür; bu nedenle, tepkime ilerleme derecesindeki değişime ilişkin ifadede stokiometrik katsayı pozitif işaretle alınır.

$$\Delta n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{\Delta m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{9 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}} = 0,5 \text{ mol}$$

$$\Delta \xi = \frac{\Delta n(\text{H}_2\text{O})}{\nu(\text{H}_2\text{O})} = \frac{0,5 \text{ mol}}{1} = 0,5 \text{ mol}$$

Böylece açığa çıkan ısı için şunu elde ederiz:

$$\Delta H = \Delta_r H \cdot \Delta \xi = -57,3 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \cdot 0,5 \text{ mol} = -28,65 \text{ kJ}$$

Örnek 3.4.

Elementel maddelerden amonyak üretilirken 192,5 kJ ısı açığa çıktı. Başlangıçta 30 mol olan hidrojen miktarı, bir süre sonra 23,75 mole düştü. Tepkime entalpisini hesaplayınız! Tepkime denklemi: $3\text{H}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g}) = 2\text{NH}_3(\text{g})$.

Verilenler:

$\Delta H = -192,5 \text{ kJ}$
 $n_0(\text{H}_2) = 30 \text{ mol}$
 $n(\text{H}_2) = 23,75 \text{ mol}$

Aranılan:

$\Delta_r H = ?$

Çözüm:

$\Delta_r H = \frac{\Delta H}{\Delta \xi}$ ifadesinden, reaksiyon entalpisinin değerini hesaplamak için reaksiyonun gerçekleşme derecesindeki değişimin bilinmesi gerektiği sonucuna varılabilir. Bu, aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\Delta \xi = \frac{\Delta n(\text{H}_2)}{\nu(\text{H}_2)} = \frac{n(\text{H}_2) - n_0(\text{H}_2)}{\nu(\text{H}_2)} = \frac{23,75 \text{ mol} - 30 \text{ mol}}{-3} = \frac{-6,25 \text{ mol}}{-3}$$

$$\Delta \xi = 2,08 \text{ mol}$$

Bu ifadede, hidrojenin stokiyometrik katsayısı negatif işaretlidir çünkü hidrojen bir reaktandır. Bunu reaksiyon entalpsi ifadesine yerine koyarsak:

$$\Delta_r H = \frac{\Delta H}{\Delta \xi} = \frac{-192,5 \text{ kJ}}{2,08 \text{ mol}} = -92,55 \text{ kJ/mol}$$

Bu nedenle, reaksiyon entalpsi $\Delta_r H = -92,55 \text{ kJ/mol}$.

Örnek 3.5.

$\text{CaCO}_3(\text{s}) = \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$ kimyasal denklemiyle gösterilen tepkimenin entalpsi +178 kJ/mol'dür. Sisteme 106,8 kJ ısı aktarılırsa, şunları hesaplayınız:

- reaksiyonun ilerleme derecesindeki değişimi
- ayrışan kalsiyum karbonatın kütlesi
- standart koşullar altında ölçülen karbondioksit hacmi

Verilenler:

$\Delta_r H = +178 \text{ kJ/mol}$
 $\Delta H = +106,8 \text{ kJ}$
 $V_m = 22,4 \text{ dm}^3/\text{mol}$

Aranılan:

- $\Delta \xi = ?$
- $\Delta m(\text{CaCO}_3) = ?$
- $\Delta V(\text{CO}_2) = ?$

Çözüm:

a) $\Delta_r H = \frac{\Delta H}{\Delta \xi}$ ifadesi kullanılarak, tepkime ilerlemesindeki değişim şu şekilde hesaplanabilir:

$$\Delta \xi = \frac{\Delta H}{\Delta_r H} = \frac{106,8 \text{ kJ}}{178 \text{ kJ/mol}} = 0,6 \text{ mol}$$

b) Kalsiyum karbonatın kütlesini hesaplamak için, öncelikle miktarının bilinmesi gerekir. Bu, tepkime ilerlemesindeki değişime ilişkin elde edilen değer kullanılarak hesaplanabilir.

$$\Delta n(\text{CaCO}_3) = \nu(\text{CaCO}_3) \cdot \Delta \xi = -1 \cdot 0,6 \text{ mol} = -0,6 \text{ mol}$$

Bu tepkimede kalsiyum karbonat ayrışır; bu da tepkime sonunda miktarının 0 mol olduğu anlamına gelir. Dolayısıyla, 0,6 mol kalsiyum karbonat ayrışmıştır.

$$\Delta m(\text{CaCO}_3) = \Delta n(\text{CaCO}_3) \cdot M(\text{CaCO}_3) = -0,6 \text{ mol} \cdot 100 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = -60 \text{ g}$$

c) Karbondioksit miktarı biliniyorsa, hacmi hesaplanabilir. Bu nedenle, önce tepkimedeki değişimden yararlanarak karbondioksit miktarını hesaplayın; ardından, bu tepkimede açığa çıkan gazın hacmini hesaplamak için molar hacim değerini kullanın.

$$\Delta n(\text{CO}_2) = \nu(\text{CO}_2) \cdot \Delta \xi = 1 \cdot 0,6 \text{ mol} = 0,6 \text{ mol}$$

$$\Delta V(\text{CO}_2) = \Delta n(\text{CO}_2) \cdot V_m = 0,6 \text{ mol} \cdot 22,4 \frac{\text{dm}^3}{\text{mol}} = 13,44 \text{ dm}^3$$

Böylece, bu soruda verilen koşullar altında 60 g kalsiyum karbonat ayrıştı ve 13,44 dm³ karbondioksit oluştu.

Örnek 3.6.

100 °C'de bir mol suyun buharlaşması sırasındaki molar entalpi değişimi 40,7 kJ/mol'dür.

- a) 45 g suyu buharlaştırmak için gereken ısı alışverişi miktarını hesaplayın!
b) Standart koşullar altında ne hacimde su buharı elde edilir?

Verilenler:

$$\Delta H_m = +40,7 \text{ kJ/mol}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 45 \text{ g}$$

$$V_m = 22,4 \text{ dm}^3/\text{mol}$$

Aranılan:

- a) $\Delta H = ?$
b) $V(\text{H}_2\text{O}) = ?$

Çözüm:

a) Alışverişi yapılan ısı miktarını hesaplamak için öncelikle su miktarı hesaplanmalı ve ardından bu değer $\Delta H = \Delta H_m \cdot n$ ifadesinde yerine konulmalıdır.

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{45 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}} = 2,5 \text{ mol}$$

$$\Delta H = \Delta H_m \cdot n(\text{H}_2\text{O}) = 40,7 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \cdot 2,5 \text{ mol} = 101,75 \text{ kJ}$$

ΔH 'ın işareti pozitifdir; bu, buharlaşma süreci sırasında ısı verildiği, dolayısıyla sürecin endotermik olduğu anlamına gelir.

b) Üretilen su buharı hacmi şu şekilde hesaplanır:

$$V(\text{H}_2\text{O}) = n(\text{H}_2\text{O}) \cdot V_m = 2,5 \text{ mol} \cdot 22,4 \text{ dm}^3/\text{mol} = 56 \text{ dm}^3$$

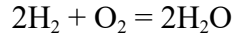
Düşün ve Cevapla:

- $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ denklemine göre 5 mol metan yakıldığında ne kadar ısı açığa çıkar? Tepkime entalpisi -890 kJ/mol olarak bilinmektedir.
- Aşağıdaki kimyasal denklemle gösterilen $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ tepkimesi için tepkime entalpisi -572 kJ/mol 'dür. 4 g hidrojen tepkimeye girerse şunları hesaplayınız:
 - Tepkimenin kapsamı
 - alışverişi yapılan ısı miktarı
 - Ortaya çıkan suyun kütlesi
- Kükürt dioksitten kükürt trioksit eldesi şu kimyasal denklemle gösterilebilir $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{SO}_3(\text{g})$. Tepkime entalpisi -198 kJ/mol 'dür. $8,96 \text{ dm}^3$ kükürt trioksit oluştuğunda açığa çıkan ısı miktarını hesaplayınız!
- 0°C sıcaklıkta bir mol buz eritildiğinde, molar entalpi değişimi $+6,01 \text{ kJ/mol}$ 'dür. Hesaplayınız:
 - 3340 J ısı soğurulduğunda ne kadar buz eridi?
 - Ne kadar buz kütlesi eridi?
- Su 80°C 'den 20°C 'ye soğutulduğunda, molar entalpi değişimi $-4,51 \text{ kJ/mol}$ 'dür. Şunları belirleyin:
 - 250 g su soğutulduğunda ne kadar ısı açığa çıkar?
 - süreç ekzotermik mi yoksa endotermik mi?

3.3 TERMOKİMYASAL DENKLEMLER

TERMOKİMYASAL DENKLEMLER

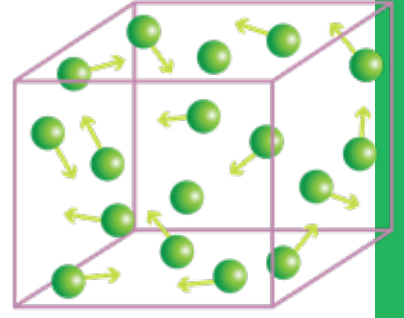
Kimyasal reaksiyonlar, bir maddeden (ürün) farklı özelliklere sahip yeni maddelerin (girenler) oluştuğu süreçlerdir. Örneğin, hidrojen ve oksijen karışımı yakılırsa su oluşur. Kimyasal reaksiyonlar kimyasal denklemlerle gösterilir. Su oluşumuna yol açan reaksiyon aşağıdaki kimyasal denklemle gösterilebilir:



Bu, reaksiyonun reaktiflerini ve ürünlerini çıkarmanın mümkün olduğu **basit (stokiyometrik) bir kimyasal denklemdir** ve stokiyometrik katsayılar aralarındaki ilişkiyi gösterir. Dolayısıyla, iki mol hidrojen yandığında, bir mol oksijen tüketilir ve iki mol su oluşur, yani reaksiyona katılanların stokiyometrik oranı 2 : 1 : 2'dir. Bununla birlikte, stokiyometrik denklemlerden reaksiyonun ekzotermik mi yoksa endotermik mi olduğu sonucuna varılamaz, yani ısı alışverişi miktarı hakkında bilgi edinilemez. 25 °C'de (298,15 K) basit maddelerden iki mol su üretildiğinde 483,6 kJ enerji açığa çıktığı deneysel olarak kanıtlanmıştır. Isı etkisinin miktarını belirtmek önemliyse, *termokimyasal denklemler* kullanılır.

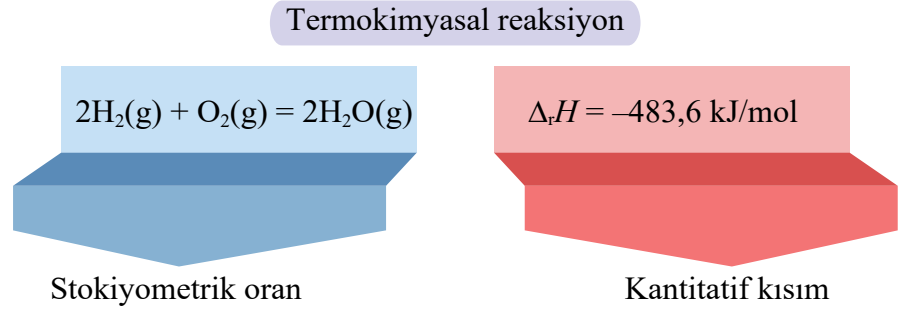


Termokimyasal denklemler, stokiyometrik ve kantitatif olmak üzere iki kısımdan oluşur. Denklem ilk kısmı, stokiyometrik denklemlerde olduğu gibi, reaksiyon sisteminin kimyasal bileşimindeki değişimin sunulduğu ve reaksiyondaki reaktanların ve ürünlerin kimyasal doğası ile stokiyometrik oranları hakkında bir sonuca varılabildiği **stokiyometrik kısımdır**. Bu kısımda, reaksiyona katılanların toplam halleri de zorunludur (s – katı, l – sıvı, g – gaz, aq – sulu çözelti). Termokimyasal denklemin stokiyometrik kısmının devamında, reaksiyon entalpisinin büyüklüğünün verildiği **kantitatif kısım** yazılır; bu da aslında denklemin yazıldığı gibi reaksiyonun ısı etkisini temsil eder. Yukarıdaki denklemden, kantitatif kısmın $\Delta_r H = -483,6 \text{ kJ/mol}$ olduğu görülmektedir. Tepkime entalpisinin işaretine göre, bu tepkimenin ekzotermik olduğu sonucuna varılmış ve ısı şeklinde aktarılan enerji miktarı hakkında da bilgi edinilmiştir.

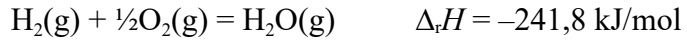
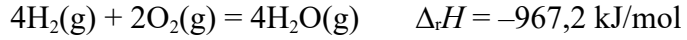


Terimler:

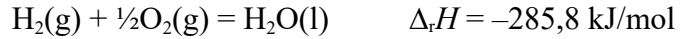
termokimyasal denklem,
stokiyometrik kısım, hacim kısmı



Bu ve diğer tüm reaksiyonlarda açığa çıkan ısı miktarı, reaktif ve ürün miktarlarına bağlıdır. Özellikle, hidrojen ve oksijenden su oluştuğunda açığa çıkan ısı miktarı, üretilen su miktarıyla orantılıdır. Yani, iki kat daha fazla su üretmek için iki kat daha fazla reaktif gerekir, ancak iki kat daha fazla ısı açığa çıkar. Oluşan su miktarı yarı yarıya daha az olursa, reaksiyonda açığa çıkan ısı da yarı yarıya azalacaktır.



Reaksiyon katılımcılarının agregasyon durumları, termokimyasal denklemlere her zaman dahil edilmelidir, çünkü çevreyle değiş tokuş edilecek toplam ısı miktarı bunlara bağlıdır. Örneğin, su buharı yerine sıvı su oluşursa, açığa çıkan ısı miktarı daha fazla olacaktır, çünkü gaz halinden sıvı hale geçiş sırasında ek ısı açığa çıkar (yoğuşma ısısı veya yoğuşma entalpisi olarak adlandırılır).



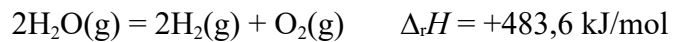
Gaz halindeki sudan sıvı suya geçiş, aşağıdaki termokimyasal denklemle gösterilebilir:



Dolayısıyla, su buharı oluşumuna kıyasla sıvı su oluşumu sırasında daha fazla ısı açığa çıkar. Bu nedenle, termokimyasal denklemlerde girenlerin ve ürünlerin fiziksel halleri her zaman açıkça belirtilmelidir.

Buna bağlı olarak, termokimyasal denklemler fiziksel süreçler için, yani maddelerin kimyasal bileşiminin değişmediği süreçler için de yazılabilir.

Ters süreç, yani su buharının hidrojen ve oksijene ayrışması, endotermik bir süreçtir. Bu tepkimenin gerçekleşmesi için gereken ısı girdisi miktarı, mutlak değerce, su buharının oluşumu sırasında açığa çıkan ısı miktarına eşittir.



Genel olarak termokimyasal denklemler yazılırken ve yorumlanırken aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir:

- 1) Bir denklemdeki katsayıların oranı, tepkimedeki ilgili bileşenlerin miktarlarının oranını ifade eder.
- 2) Stokiyometrik katsayılar ondalık sayılar (kesirler) da olabilir. Bu durum, üzerinde durduğumuz bileşenin önündeki stokiyometrik katsayının değerinin 1 kabul edilmesi kuralından kaynaklanır.
- 3) Alışverişi yapılan ısı miktarı, değişime uğrayan maddelerin miktarı ile orantılıdır.
- 4) Termokimyasal denklem, maddelerin fiziksel hallerine ilişkin gösterimleri içermektedir.
- 5) Ters işlem $\Delta_r H$ veya ΔH_m için aynı değere, ancak zıt işarete sahiptir.

Örnek 3.7.

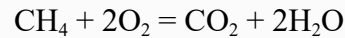
Aşağıdaki açıklamalar için termokimyasal denklemleri yazın ve sürecin ekzotermik mi yoksa endotermik mi olduğuna karar verin:

a) Bir mol metan oksijen varlığında yandığında (karbondioksit ve sıvı su oluşturarak), mutlak değeri 890,3 kJ olan bir ısı açığa çıkar.

b) Bir mol buzu eritmek için, mutlak değeri 6,01 kJ olan bir ısı sağlamak gerekir.

Çözüm:

a) Problem koşulu, bir mol metan ile işlem yaptığımızı belirtmektedir; bu da denklemde metanın önündeki stokiyometrik katsayısının 1 olması gerektiği anlamına gelir. *Isı açığa çıktığı için ΔH negatif bir değerdir.* Standart (stokiyometrik) denklem şu şekilde yazılabilir:

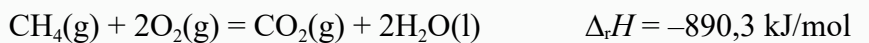


Bir mol metan yakıldığında, tepkime ilerleme miktarı 1 mol değişir;

$$\text{yani } \Delta \xi = \frac{\Delta n(\text{CH}_4)}{\nu(\text{CH}_4)} = \frac{-1 \text{ mol}}{-1} = 1 \text{ mol.}$$

$$\text{Bu nedenle, } \Delta_r H = \frac{\Delta H}{\Delta \xi} = \frac{-890,3 \text{ kJ}}{1 \text{ mol}} = -890,3 \text{ kJ/mol.}$$

Sonuç olarak, termokimyasal denklem şöyledir:



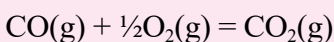
Metanın yanmasının ekzotermik bir kimyasal reaksiyon olduğu sonucuna varılabilir.

b) Bu durumda, ısı gerektiren fiziksel bir süreçten (erime) söz ediyoruz. Dolayısıyla, ΔH pozitif bir değerdir ve süreç izotermaldir. Termokimyasal denklem şöyledir:



Örnek 3.8.

Aşağıdaki termokimyasal denklem ne anlama gelir?



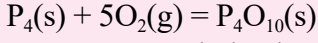
$$\Delta_r H = -283 \text{ kJ/mol}$$

Çözüm:

Denklemin stokiyometrik kısmından da görülebileceği üzere, bu termokimyasal denklem karbon monoksitten karbondioksit elde etme tepkimesini ifade etmektedir. Büyüklük kısmı ise, bir mol karbon monoksitin yanması sonucunda 283 kJ'lık bir ısı açığa çıktığını (negatif işaret) göstermektedir.

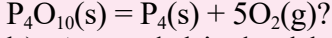
Örnek 3.9.

Fosforun yanması, aşağıdaki termokimyasal denklemle gösterilebilir:

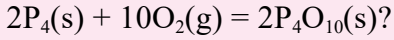


$$\Delta_r H = -2967,3 \text{ kJ/mol}$$

a) Aşağıdaki denklemle gösterilen tepkime için $\Delta_r H$ değeri nedir:



b) Aşağıdaki denklemle gösterilen tepkime için $\Delta_r H$ nedir:

**Çözüm:**

a) Bu denklem, problemde belirtilenin tersi olan süreci göstermektedir. Dolayısıyla, bu tepkimede açığa çıkan veya alınan ısı miktarının mutlak değerce, tetrafosfor dekaoksit elde etme tepkimesindeki ısı miktarına eşit olduğu, ancak zıt işarete sahip olduğu sonucu çıkar. Böylece, $\Delta_r H = +2967,3 \text{ kJ/mol}$ olur.

b) Bu denklemdeki stokiometrik katsayılar, problem koşulunda verilen denklemdeki

katsayıların iki katıdır. Bu nedenle, $\Delta_r H$ değeri de iki kat daha büyüktür, yani $\Delta_r H = -5934,6 \text{ kJ/mol}$ yazabiliriz.

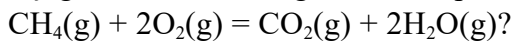
Düşün ve Cevapla:

- Aşağıdaki seçeneklerde açıklamaları verilen süreçleri termokimyasal denklemlerle temsil edin ve sürecin ekzotermik mi yoksa endotermik mi olduğuna karar verin:
 - Bir mol magnezyum oksijenle yandığında, mutlak değeri 601 kJ olan bir ısı açığa çıkar.
 - Fotosentez süreci sırasında gaz halindeki karbondioksit ve sıvı haldeki sudan yola çıkılarak bir mol glikoz oluşturmak için, mutlak değeri 2800 kJ olan bir ısı enerjisi sağlamak gerekir.
 - Bir mol karbondioksiti süblimleştirmek için, mutlak değeri 25 kJ olan bir ısı sağlamak gerekir.
 - Amonyak ve hidrojen klorür birleştiğinde duman (hava içinde dağılmış amonyum klorür) gözlemlenir ve mutlak değeri 175,3 kJ olan bir ısı açığa çıkar.
- Aşağıdaki termokimyasal denklemleri yorumlayınız:
 - $\text{S}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) = \text{SO}_2(\text{g})$ $\Delta_r H = -296,9 \text{ kJ/mol}$
 - $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) = 2\text{NH}_3(\text{g})$ $\Delta_r H = -91,8 \text{ kJ/mol}$
 - $2\text{NH}_3(\text{g}) = \text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g})$ $\Delta_r H = +91,8 \text{ kJ/mol}$
 - $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\Delta H_m = +44,0 \text{ kJ/mol}$
- Termokimyasal denklemlere dayanarak:

$$\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta_r H = -890,3 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H_m = -44,0 \text{ kJ/mol}$$

Aşağıdaki denklemle gösterilen tepkime için $\Delta_r H$ değerini belirleyin:



VERİLEN BİR TERMOKİMYA DENKLEMİNE DAYANARAK REAKSİYONLARIN TERMAL ETKİLERİNİN HESAPLANMASI

Önceki derslerde, termal etkileri içeren kimyasal hesaplamalar ve termokimyasal denklemlerin nasıl yazılacağı ve yorumlanacağı ele alınmıştı. Bu bilgiler ışığında, verilen bir termokimyasal denkleme dayalı reaksiyonların termal etkilerinin hesaplanması için *madde miktarı*, *reaksiyon entalpisi* ve *ısı alışverişi* kavramları birbirine bağlanacaktır.

Örnek 3.10.

Termokimyasal denkleme dayanarak
 $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) + 3\text{CO}(\text{g}) = 2\text{Fe}(\text{s}) + 3\text{CO}_2(\text{g})$
 $\Delta_r H = -25 \text{ kJ/mol}$
 16 g Fe_2O_3 ve oluşan demir kütlesi tepkimeye girerse açığa çıkacak ısı miktarını hesaplayın!

Verilenler:

$\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) + 3\text{CO}(\text{g}) = 2\text{Fe}(\text{s}) + 3\text{CO}_2(\text{g})$
 $\Delta_r H = -25 \text{ kJ/mol}$
 $\Delta m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = -16 \text{ g}$

Aranılan:

$\Delta H = ?$
 $\Delta m(\text{Fe}) = ?$

Çözüm:

Problemin koşulu Fe_2O_3 'ün kütlesiyle verilir. Kütle, ısı alışverişi miktarıyla doğrudan ilişkilendirilemediğinden, öncelikle Fe_2O_3 miktarı belirlenmeli ve ardından bu değer ΔH ifadesine yerleştirilmelidir.

$$M_r(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 2 \cdot 55,85 + 3 \cdot 16 = 159,7 \quad M(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 159,7 \text{ g/mol}$$

$$\Delta n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \frac{\Delta m(\text{Fe}_2\text{O}_3)}{M(\text{Fe}_2\text{O}_3)} = \frac{-16 \text{ g}}{159,7 \text{ g/mol}} = -0,1 \text{ mol}$$

$$\Delta \xi = \frac{\Delta n(\text{Fe}_2\text{O}_3)}{\nu(\text{Fe}_2\text{O}_3)} = \frac{-0,1 \text{ mol}}{-1} = 0,1 \text{ mol}$$

$$\Delta H = \Delta_r H \cdot \Delta \xi = -25 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \cdot 0,1 \text{ mol} = -2,5 \text{ kJ}$$

Demirin kütlesini hesaplamak için aşağıdaki adımları izleyin:

$$\Delta \xi = \frac{\Delta n(\text{Fe})}{\nu(\text{Fe})}$$

$$\Delta n(\text{Fe}) = \nu(\text{Fe}) \cdot \Delta \xi = 2 \cdot 0,1 \text{ mol} = 0,2 \text{ mol}$$

$$\Delta m(\text{Fe}) = \Delta n(\text{Fe}) \cdot M(\text{Fe}) = 0,2 \text{ mol} \cdot 55,85 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 11,17 \text{ g}$$

Örnek 3.11.

Magnezyum, denkleme göre oksijen varlığında yanar
 $\text{Mg}(\text{s}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{MgO}(\text{s})$
 9 g magnezyum yandığında çevreye 222,6 kJ ısı açığa çıkar. Reaksiyon entalpisini hesaplayın!

Verilenler:

$\Delta m(\text{Mg}) = -9 \text{ g}$
 $\Delta H = -222,6 \text{ kJ}$

Aranılan:

$\Delta_r H = ?$

Çözüm:

Magnezyumun kütlesi ve molar kütlesi kullanılarak miktarı dolayısıyla reaksiyonun derecesi hesaplanabilir.

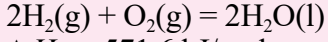
$$\Delta n(\text{Mg}) = \frac{\Delta m(\text{Mg})}{M(\text{Mg})} = \frac{-9 \text{ g}}{24,3 \text{ g/mol}} = -0,37 \text{ mol}$$

$$\Delta \xi = \frac{\Delta n(\text{Mg})}{\nu(\text{Mg})} = \frac{-0,37 \text{ mol}}{-1} = 0,37 \text{ mol}$$

$$\Delta_r H = \frac{\Delta H}{\Delta \xi} = \frac{-222,6 \text{ kJ}}{0,37 \text{ mol}} = -601,6 \text{ kJ/mol}$$

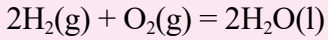
Örnek 3.12.

Su oluşumu reaksiyonunun termokimyasal denklemi şöyledir:



$$\Delta_r H = -571,6 \text{ kJ/mol.}$$

Su ayrışma reaksiyonunun gerçekleştiği sisteme 2901,6 kJ ısı aktarılırsa oluşacak hidrojenin hacmini hesaplayın!

Verilenler:

$$\Delta_r H = -571,6 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H = +2901,6 \text{ kJ}$$

Aranılan:

$$\Delta V(\text{H}_2) = ?$$

Çözüm:

Problemin koşulu, su üretiminin termokimyasal denkleminin verilmesidir, ancak ısı alışverişi miktarı ters reaksiyona, yani suyun ayrışmasına aittir. Buna göre, bu reaksiyon için aşağıdaki termokimyasal denklem yazılabilir:



Sorunun çözümü, tepkime aralığındaki değişimi hesaplamakla başlar. Bu miktar daha sonra hidrojenin miktarı ve hacmiyle ilişkilendirilebilir.

$$\Delta \xi = \frac{\Delta H}{\Delta_r H} = \frac{2901,6 \text{ kJ}}{571,6 \text{ kJ/mol}} = 5,08 \text{ mol}$$

$$\Delta n(\text{H}_2) = \nu(\text{H}_2) \cdot \Delta \xi = 2 \cdot 5,08 \text{ mol} = 10,16 \text{ mol}$$

$$\Delta V(\text{H}_2) = \Delta n(\text{H}_2) \cdot V_m = 10,16 \text{ mol} \cdot 22,4 \frac{\text{dm}^3}{\text{mol}} = 227,6 \text{ dm}^3$$

Düşün ve Cevapla:

- 1,34 g çinko hidroklorik asit çözeltisiyle tamamen reaksiyona girdiğinde 3,14 kJ ısı açığa çıkar. $\text{Zn}(\text{s}) + 2\text{HCl}(\text{aq}) = \text{ZnCl}_2(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$ denklemiyle temsil edilen reaksiyonun reaksiyon entalpisini hesaplayın!
- Hidroklorik asit ve sodyum hidroksit çözeltileri arasında nötrleştirme reaksiyonu gerçekleştiğinde 11,46 kJ ısı açığa çıkmıştır. Reaksiyon aralığındaki değişimi ve reaksiyonda tepkimeye giren sodyum hidroksit kütleini hesaplayın!
Termokimyasal denklem $\text{HCl}(\text{aq}) + \text{NaOH}(\text{aq}) = \text{NaCl}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ $\Delta_r H = -57,3 \text{ kJ/mol}$ 'dür.
- $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ $\Delta_r H = -890 \text{ kJ/mol}$ termokimyasal denklemi verildiğine göre, 8 g metan yakıldığında reaksiyon hızındaki değişimi ve açığa çıkan ısı miktarını hesaplayın!

Tematik test

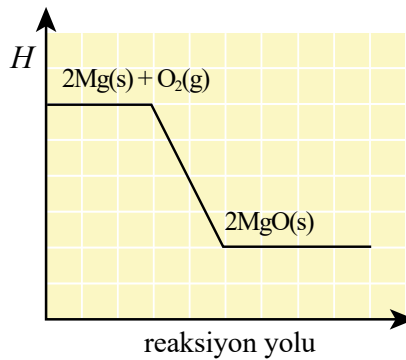
1. Endotermik reaksiyon sırasında:
 - a) Çevreden ısı alınır ve çevrenin sıcaklığı yükselir.
 - b) Çevreye ısı yayılır ve ortam sıcaklığı yükselir.
 - c) Çevreden ısı emilir ve ortam sıcaklığı düşer.
 - d) Ortamdan ısı açığa çıkar ve ortam sıcaklığı düşer.

5 p.
2. Aşağıdaki fiziksel veya kimyasal süreçlerin her biri için, ekzotermik mi yoksa endotermik mi olduğunu belirtin.
 - a) magnezyum karbonatın pirolizi
 - b) KOH ve HCl'nin nötürleştirilmesi
 - c) alkolün yanması
 - d) fotosentez
 - e) buzun erimesi

15 p.
3. Amonyum klorür suda çözündüğünde, bir _____ süreci gerçekleşir ve karışımın sıcaklığı _____.
 - a) endotermik; düşer
 - b) endotermik; yükselir
 - c) ekzotermik; düşer
 - d) ekzotermik; yükselir

5 p.
4. Kimyasal reaksiyon başlamadan önce sistemin sıcaklığı 25 °C idi ve reaksiyon bittikten sonra 35 °C'ye yükseldi. Reaksiyon entalpisinin değeri nedir?
 - a) $\Delta_r H = 0$
 - b) $\Delta_r H > 0$
 - c) $\Delta_r H < 0$
 - d) Değeri belirlemek için kullanılabilecek herhangi bir veri mevcut değil.

5 p.
5. Magnezyum ve oksijenin birleşme reaksiyonundaki entalpi değişiminin grafiksel gösterimine dayanarak aşağıdakileri belirleyin:
 - a) bu endotermik mi yoksa ekzotermik bir reaksiyon mu?
 - b) sisteme ısı ekleniyor mu yoksa sistemden ısı mı çıkarılıyor
 - c) $\Delta_r H$ değeri pozitif mi negatif mi



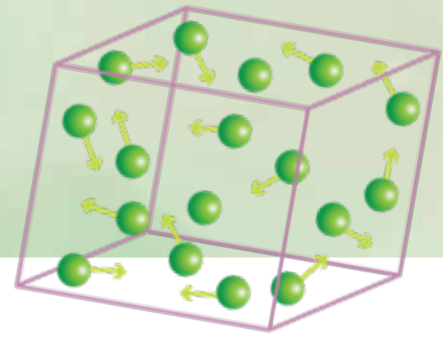
15 p.

6. Aşağıdaki açıklamalara dayanarak süreçlerin termokimyasal denklemlerini yazınız.
- a) Bir mol sodyum bikarbonat çözeltisi ile hidroklorik asit çözeltisi arasında bir tepkimenin gerçekleşmesi için, sisteme 11,8 kJ ısı aktarılması gerekir.
- b) Bir mol metanol ($\text{CH}_3\text{OH}(\text{l})$) yakıldığında, çevreye 726 kJ ısı açığa çıkar.
- 10 p.
7. Sulu çözeltide 0,05 mol HCl, 0,05 mol NaOH ile tepkimeye girdiğinde 2,9 kJ ısı açığa çıkmaktadır. Buna göre 1 mol HCl çözeltisinin NaOH çözeltisi ile nötralleşmesine ait termokimyasal denklemi yazınız.
- 15 p.
8. Sodyum hidrojen karbonatın (kabartma tozu olarak da bilinir) sodyum karbonat, karbondioksit ve su üreten ayrışma reaksiyonunun reaksiyon entalpisi 85,66 kJ/mol'dür.
- a) Bu reaksiyonun termokimyasal denklemini yazın! (5 p.)
- b) Sodyum bikarbonatın ayrışma reaksiyonunun entalpi değişimini bir diyagramla gösterin. Eksenleri doğru şekilde etiketleyin $H_{(\text{ürünler})}$, $H_{(\text{reaktifler})}$ ve $\Delta_r H$ 'nin pozitif mi yoksa negatif mi olduğunu belirtin! (10 p.)
- c) 200 gram NaHCO_3 'ü ayrıştırmak için ne kadar ısıya ihtiyaç duyulduğunu hesaplayın! (5 p.)
- d) 200 g NaHCO_3 'ün ayrıştırılmasıyla elde edilen Na_2CO_3 'ün kütleini hesaplayın! (5 p.)
- e) 200 g NaHCO_3 'ün ayrışması sonucu oluşan CO_2 'nin hacmini hesaplayın! (5 p.)

30 p.

Özet

- Bir sistemin toplam enerjisi sistemin bir bütün olarak kinetik ve potansiyel enerjisi ile iç enerjisinden oluşur.
- Kinetik enerji bir cismin (veya parçacığın) hareketiyle ilişkisi enerjidir.
- Potansiyel enerji, bir cismin uzaydaki konumundan dolayı sahip olduğu enerjidir ve bir sistemi oluşturan cisimler ile çevreleri veya sistemi oluşturan parçacıklar arasındaki etkileşimlerle (karşılıklı eylemler) ilgilidir.
- İç enerji, sistemdeki tüm parçacıkların kinetik ve potansiyel enerjileri toplamıdır.
- Sistem, doğanın bizim ilgilendiğimiz kısmıdır. Evrenin geri kalanı ise çevre olarak kabul edilir.
- Sistemler açık, kapalı ve izole olabilir. Açık bir sistemde hem maddeler hem de enerji çevreyle değiş tokuş edilebilir, kapalı bir sistemde yalnızca enerji değiş tokuş edilebilir ve izole bir sistemde ne maddeler ne de enerji değiş tokuş edilebilir.
- Isı, sıcaklıkla aynı şey değildir.
- Sistemden çevreye enerji alışverişi yapıldığında sistemin iç enerjisi azalır ($\Delta U < 0$). ortamdan sisteme enerji alışverişi yapıldığında ise sistemin iç enerjisi artar ($\Delta U > 0$).
- Ekzotermik süreçler, sistemin enerji açığa çıkardığı süreçlerdir, endoenerjetik süreçler ise gerçekleşmesi için enerji gerektiren süreçlerdir. Enerji ısı şeklinde ise, süreçlere ekzotermik veya endotermik denir.
- Bir sistemin entalpisi, iç enerjisi ile o sistemin hacmi ve içindeki basıncın çarpımının toplamıdır.
- Kalorimetreler, sabit basınç altında meydana gelen termal etkileri ölçmek için kullanılan cihazlardır.
- Molar entalpi değişimi ΔH_m , bir sistemin entalpi değişimi ile madde miktarı arasındaki ilişkiyi temsil eden bir niceliktir.
- Tepkime entalpisi $\Delta_r H$, sistemin entalpisindeki değişim ile tepkimenin gerçekleşme derecesindeki değişim arasındaki oran olarak ifade edilen bir niceliktir.
- Endotermik süreçler için $\Delta H_m > 0$ yani $\Delta_r H > 0$ ve ekzotermik süreçler için $\Delta H_m < 0$ yani $\Delta_r H < 0$ 'dır.
- Tepkime entalpisindeki değişim , entalpi diyagramı adı verilen bir grafik ile gösterilebilir.
- Termokimyasal denklemler, stokiyometrik bir kısım ve nicel bir kısımdan oluşur. Stokiyometrik kısım, tepkimeye giren sistemin kimyasal bileşimindeki değişimi verirken, nicel kısım denklemin yazıldığı şekilde tepkimenin ısı etkisini temsil eder.



4. KİMYASAL TEPKİMELERİN KİNETİĞİ

Bu konuyu inceledikten sonra şunları yapabileceksiniz:

- Kimyasal bir reaksiyonun hızını, dönüşüm hızını ve kimyasal bir reaksiyonda yer alan bir maddenin konsantrasyonundaki değişim hızını tanımlayıcı bir ifadeyle göstermek ve aralarındaki ilişkiyi ifade etmek, kimyasal bir reaksiyonun hızını ve kimyasal bir reaksiyonda yer alan bir maddenin konsantrasyonundaki değişim hızını hesaplama problemlerini çözmek ve faktörlerin kimyasal reaksiyonların hızı üzerindeki etkisini açıklamak;
- Kimyasal kinetik teorilerinden yola çıkarak çarpışma teorisini ve aktif kompleks teorisini açıklayın ve reaktan konsantrasyonunun ve sıcaklığın reaksiyon hızına etkisini açıklayın;
- Katalizörleri ve katalitik reaksiyonları tanımlayın, aktif kompleks teorisiyle katalizörlerin etki mekanizmasını açıklayın ve katalizörlerin önemini ve uygulamalarına dair örnekler verin.



İÇİNDEKİLER:

- 4.1 Kimyasal reaksiyonların hızı
- 4.2 Çarpışma teorisi ve aktif kompleks teorisi
- 4.3 Katalizör

4.1 KİMYASAL REAKSİYONLARIN HIZI

KİMYASAL REAKSİYONLARIN HIZI

Terimler:

kimyasal reaksiyon hızı, dönüşüm hızı, kimyasal reaksiyona katılan bir maddenin konsantrasyonundaki değişim hızı, sıcaklık katsayısı

Doğadaki nesneler farklı hızlarda hareket eder. Örneğin, hayvanlar farklı hızlarda hareket eder; bir salyangoz çok yavaş hareket ederken, bir çita son derece yüksek hızlara ulaşabilir. Kalp atış hızı farklı kişilerde farklıdır ve aynı kişide fiziksel aktivite sırasında daha hızlı, dinlenme halindeyken ise daha yavaş atabilir. Bitkiler farklı hızlarda büyür, bir yaya ve bir bisikletçinin hareket hızı farklıdır, farklı gök cisimleri farklı hızlarda hareket eder, vb.

Kimyasal reaksiyonlar da farklı hızlarda gerçekleşir. Örneğin, demir, havadaki ve sudaki oksijenin etkisiyle paslanma özelliğine sahiptir. Bu süreç çok yavaştır. Öte yandan, demir yünü bir aleve konulduğunda, hemen kıvılcımlar gözlemlenir; bu da hızlı bir reaksiyonu gösterir. Vücuttaki kimyasal reaksiyonlar saniyenin bir kesri kadar kısa sürebilir veya yıllarca devam edebilir.

Kimyasal reaksiyonların hızının incelenmesi, ürünlerin ne kadar hızlı oluştuğunu ve hangi koşulların en verimli ve ekonomik verimi sağladığını belirlememizi sağladığı için endüstride büyük önem taşır. Bu bilgi, stratosferdeki ozon tabakasının tahrip olmasına yol açan reaksiyonlar veya havadaki kirleticilerin birleşerek duman oluşturmaları gibi reaksiyonların yavaşlatılmasının gerekli olduğu durumlarda da faydalıdır. Diğer durumlarda ise, radyoaktif atıkların radyoaktif etkisi gibi belirli bir reaksiyonun ne kadar süreceğini bilmek önemlidir. Kimyasal reaksiyonların hızını ve kimyasal reaksiyonların hızını etkileyen faktörleri inceleyen kimya dalına **kimyasal kinetik** denir.

Kimyasal bir tepkimenin hızı nedir?

Fizikte hız, kat edilen mesafe ile bu mesafeyi kat etmek için geçen süre arasındaki oran olarak tanımlanır. Kimyada da aynı şey geçerlidir. Bir reaksiyonun ne kadar ilerlediğini gösteren nicelik, reaksiyonun derecesidir. Buna göre, reaksiyonun derecesindeki değişim ile bu değişimin gerçekleşmesi için geçen süre arasındaki oran, bir reaksiyonun ilerleme hızının bir ölçüsü olarak alınabilir.

$$J = \frac{\Delta \xi}{\Delta t}$$



a



b



c



d

Resim 4.1 Bazı kimyasal reaksiyonlar yavaştır (a, b), bazıları ise hızlıdır (c, d).

Aslında bu niceliğe **dönüşüm oranı** denir ve mol/s veya mol·s⁻¹ cinsinden ölçülür.

Reaksiyon hızı ise aşağıdaki gibi tanımlanan niceliği ifade eder:

$$v = \frac{J}{V} = \frac{\Delta \xi}{V \cdot \Delta t}$$

Burada V sistemin hacmidir.

Birçok reaksiyon için (özellikle sıvı ve katı fazlarda), hacim sabit kabul edilebilir. Eğer aralıktaki değişim ifadesi reaksiyon $\Delta \xi = \frac{\Delta n(X)}{\nu(X)}$ hızının ifadesine yerleştirilirse, bu miktar şu şekilde de ifade edilebilir:

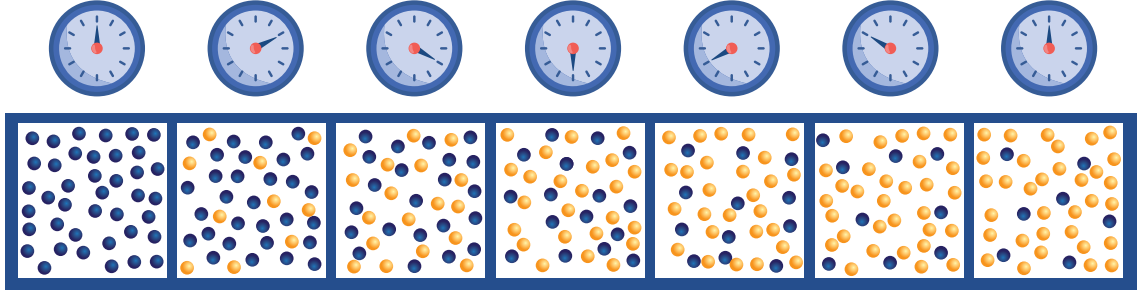
$$v = \frac{\Delta \xi}{V \cdot \Delta t} = \frac{\Delta n(X)}{\nu(X) \cdot V \cdot \Delta t} = \frac{\Delta c(X)}{\nu(X) \cdot \Delta t}$$

Bir tepkimenin hızı, tepkimeyi bir bütün olarak tanımlayan ve tepkimedeki hangi reaktan veya ürün için hesaplandığına bağlı olmayan bir niceliktir. Buna göre, bir tepkime hızının birimi mol/dm³·s veya mol·dm⁻³·s⁻¹'dir. Bir tepkime hızı pozitif bir değer olmalıdır, bu nedenle gelenek gereği, reaktanların stokiyometrik katsayıları negatif işaretle (reaktanların konsantrasyonu zamanla azalır ve $\Delta c < 0$), ürünlerin stokiyometrik katsayıları ise pozitif işaretle (ürünlerin konsantrasyonu zamanla artar ve $\Delta c > 0$) alınır.

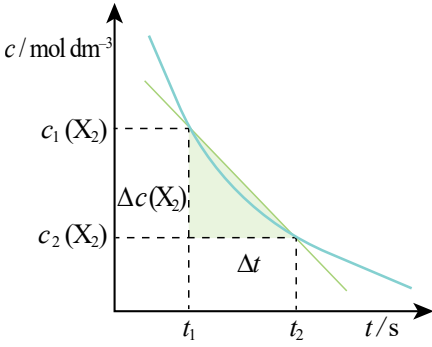
Kimyada, reaktiflerin ürünlere ne kadar hızlı dönüştüğünü, yani ürünlerin ne kadar hızlı oluştuğunu bilmek çok daha önemlidir. Bu aralık doğrudan ölçülemediği için, geleneksel olarak, **kimyasal bir reaksiyonda yer alan bir maddenin konsantrasyonundaki değişim hızı** niceliği daha sık kullanılır; bu, reaksiyondaki belirli bir maddenin konsantrasyonundaki değişim ile bu konsantrasyon değişiminin gerçekleşmesi için gereken süre arasındaki oran olarak tanımlanır. Kimyasal bir reaksiyonda yer alan bir maddenin konsantrasyonundaki değişim hızının birimi mol/dm³·s veya mol·dm⁻³·s⁻¹'dir.

Dönüşüm hızı	$J = \frac{\Delta \xi}{\Delta t}$
Reaksiyon hızı	$v = \frac{\Delta c(X)}{\nu(X) \cdot \Delta t}$
Belirli bir katılımcının konsantrasyonundaki değişim oranı	$\nu(X) = \pm \frac{\Delta c(X)}{\Delta t}$

$$\nu(X) = \pm \frac{\Delta c(X)}{\Delta t}$$

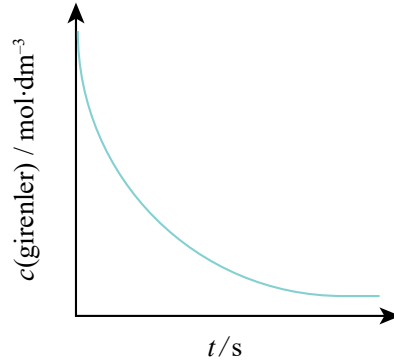


Resim 4.2 $X \rightarrow Y$ denklemiyle gösterilen reaksiyonun ilerleyişi. Başlangıçta sadece X reaktifinin parçacıkları (mavi top) bulunur ve zamanla Y ürününün parçacıkları (sarı top) oluşur.

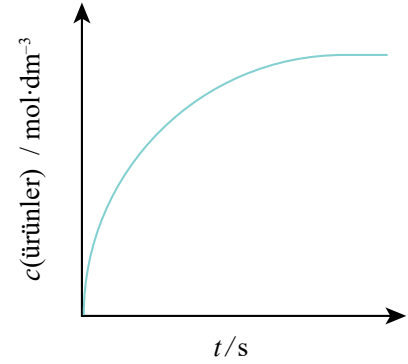


Resim 4.3 Belirli bir zaman aralığında X reaktifinin konsantrasyonundaki değişim.

Geleneksel olarak, X bir reaktan olduğunda negatif işaret alınır, çünkü reaktanların konsantrasyonu zamanla azalır, dolayısıyla $\Delta c < 0$ olur. X bir ürün ise, konsantrasyonu artar ve $\Delta c > 0$ olur, bu nedenle pozitif işaret alınır. Bu, hızın her zaman pozitif bir değer olmasını sağlamak için yapılır. Tepkimedeki farklı bileşenlerin derişim değışim hızları genellikle birbirine eşit değildir. Aslında bu hızlar, yalnızca tüm stokiyometrik katsayıların birbirine eşit olması durumunda eşit olur. Bu nedenle, derişim değışim hızından söz edilirken, hangi bileşenin ele alındığının vurgulanması gerekir.



Resim 4.4 Reaktanların derişimi zamanla azalır



Resim 4.5 Ürünlerin derişimi zamanla artar

Yukarıdaki ifadelerden, bir kimyasal tepkimedeki bir bileşenin derişimindeki değışim hızı, söz konusu bileşenin stokiyometrik katsayısının mutlak değeriye bölündüğünde tepkime hızı ifadesinin elde edildiğı görülebilir.

$$v = \frac{v(X)}{\nu(X)}$$

Örnek 4.1.**Aşağıdaki kimyasal denklemle**

$2\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{NO}_2(\text{g})$, ifade edilen, azot monoksitten azot dioksit elde etme tepkimesi deneysel olarak incelenmiş ve şu sonuçlar elde edilmiştir:

t/s	0	50	100
$c(\text{NO})/\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$	0,10	0,08	0,06
$c(\text{O}_2)/\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$	0,05	0,04	0,03
$c(\text{NO}_2)/\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$	0,00	0,02	0,04

Hesaplayın:

- a) 50.saniyeden 100.saniyeye kadar azot monoksit,oksijen ve azot dioksit derişimlerdeki değişim hızı.
b) 50.saniyeden 100.saniyeye kadarki tepkime hızı.

Verilenler:

$$t_1 = 50 \text{ s}$$

$$t_2 = 100 \text{ s}$$

Aranılan:

- a) $v(\text{NO}) = ?$
 $v(\text{O}_2) = ?$
 $v(\text{NO}_2) = ?$
b) $v = ?$

Çözüm:

a) $v(X) = \pm \frac{\Delta c(X)}{\Delta t}$ ifadesinden yola çıkılarak; NO ve O_2 'nin reaktan olduğu dikkate alınmak suretiyle, tabloda verilen reaksiyon bileşenlerinin derişim değerleri yerlerine yazılır.

$$\Delta t = t_2 - t_1 = 100 \text{ s} - 50 \text{ s} = 50 \text{ s}$$

$$v(\text{NO}) = - \frac{\Delta c(\text{NO})}{\Delta t} = - \frac{(0,06 - 0,08) \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}}{50 \text{ s}} = - \frac{-0,02 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}}{50 \text{ s}} = 0,0004 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3 \cdot \text{s}}$$

$$v(\text{O}_2) = - \frac{\Delta c(\text{O}_2)}{\Delta t} = - \frac{(0,03 - 0,04) \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}}{50 \text{ s}} = - \frac{-0,01 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}}{50 \text{ s}} = 0,0002 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3 \cdot \text{s}}$$

$$v(\text{NO}_2) = + \frac{\Delta c(\text{NO}_2)}{\Delta t} = \frac{(0,04 - 0,02) \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}}{50 \text{ s}} = \frac{0,02 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}}{50 \text{ s}} = 0,0004 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3 \cdot \text{s}}$$

Reaksiyonda yer alan farklı katılımcıların konsantrasyon değişim hızlarının farklı olduğu gözlemlenmiştir. Bu hızlar NO ve NO_2 için eşittir çünkü reaksiyonda yer alan bu katılımcıların stokiometrik katsayıları eşittir. Oksijenin konsantrasyon değişim hızı, NO veya NO_2 'ninkinin yarısı kadardır.

b) Belirli bir zaman aralığındaki tepkime hızı, herhangi bir giren maddenin derişimindeki değişim esas alınarak hesaplanabilir. Her iki durumda da elde edilen değer aynı olacaktır.

$$v = \frac{\Delta c(\text{NO})}{v(\text{NO}) \cdot \Delta t} = \frac{(0,06 - 0,08) \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}}{-2 \cdot 50 \text{ s}} = \frac{-0,02 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}}{-100 \text{ s}} = 0,0002 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3 \cdot \text{s}}$$

$$v = \frac{\Delta c(\text{O}_2)}{v(\text{O}_2) \cdot \Delta t} = \frac{(0,03 - 0,04) \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}}{-1 \cdot 50 \text{ s}} = \frac{-0,01 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}}{-50 \text{ s}} = 0,0002 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3 \cdot \text{s}}$$

$$v = \frac{\Delta c(\text{NO}_2)}{v(\text{NO}_2) \cdot \Delta t} = \frac{(0,04 - 0,02) \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}}{2 \cdot 50 \text{ s}} = \frac{0,02 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}}{100 \text{ s}} = 0,0002 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3 \cdot \text{s}}$$

Örnek 4.2.

Hidrojen peroksitin bozunması şu kimyasal denklemle ifade edilir:

$2\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g})$.
Başlangıçta 250 mL hacimli bir kapta 0,680 g H_2O_2 bulunuyordu ve 120 saniye sonra geriye 0,612 g kaldı. Hesaplayınız:

a) Hidrojen peroksit derişiminin değışim hızı.

b) oksijen konsantrasyonunun değışim hızı

Verilenler:

$$m_0(\text{H}_2\text{O}_2) = 0,680 \text{ g}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}_2) = 0,612 \text{ g}$$

$$V = 250 \text{ mL} = 0,25 \text{ L} = 0,25 \text{ dm}^3$$

$$t = 120 \text{ s}$$

$$t_0 = 0 \text{ s}$$

Aranılan:

$$\text{a) } v(\text{H}_2\text{O}_2) = ?$$

$$\text{b) } v(\text{O}_2) = ?$$

Çözüm:

$$\Delta t = t - t_0 = 120 \text{ s} - 0 \text{ s} = 120 \text{ s}$$

$$\text{a) } \Delta m(\text{H}_2\text{O}_2) = m(\text{H}_2\text{O}_2) - m_0(\text{H}_2\text{O}_2) = 0,612 \text{ g} - 0,680 \text{ g} = -0,068 \text{ g}$$

$$\Delta n(\text{H}_2\text{O}_2) = \frac{\Delta m(\text{H}_2\text{O}_2)}{M(\text{H}_2\text{O}_2)} = \frac{-0,068 \text{ g}}{34 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = -0,002 \text{ mol}$$

$$\Delta c(\text{H}_2\text{O}_2) = \frac{\Delta n(\text{H}_2\text{O}_2)}{V} = \frac{-0,002 \text{ mol}}{0,25 \text{ dm}^3} = -0,008 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$v(\text{H}_2\text{O}_2) = -\frac{\Delta c(\text{H}_2\text{O}_2)}{\Delta t} = -\frac{-0,008 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}}{120 \text{ s}}$$

$$v(\text{H}_2\text{O}_2) = 6,66 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$$

b) Oksijen konsantrasyonunun değışim hızı iki şekilde hesaplanabilir. Birinci yol – reaksiyon hızını hesaplayarak:

$$v = \frac{\Delta c(\text{H}_2\text{O}_2)}{v(\text{H}_2\text{O}_2) \cdot \Delta t} = \frac{-0,008 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}}{-2 \cdot 120 \text{ s}} = 3,33 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$v(\text{O}_2) = v(\text{O}_2) \cdot v = 1 \cdot 3,33 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1} = 3,33 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$$

İkinci yöntem – oksijen ve hidrojen peroksit miktarları arasındaki oranı hesaplayarak:

$$\frac{\Delta n(\text{O}_2)}{\Delta n(\text{H}_2\text{O}_2)} = \frac{v(\text{O}_2)}{v(\text{H}_2\text{O}_2)}$$

$$\Delta n(\text{O}_2) = \frac{\Delta n(\text{H}_2\text{O}_2) \cdot v(\text{O}_2)}{v(\text{H}_2\text{O}_2)} = \frac{\Delta n(\text{H}_2\text{O}_2) \cdot 1}{-2} = \frac{-0,002 \text{ mol} \cdot 1}{-2} = 0,001 \text{ mol}$$

$$\Delta c(\text{O}_2) = \frac{\Delta n(\text{O}_2)}{V} = \frac{0,001 \text{ mol}}{0,25 \text{ dm}^3} = 0,004 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$v(\text{O}_2) = \frac{\Delta c(\text{O}_2)}{\Delta t} = \frac{0,004 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}}{120 \text{ s}} = 3,33 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$$

Dolayısıyla, tepkimedeki bir bileşenin derişimindeki değışim hızı ile bir diğer bileşenin derişimindeki değışim hızı arasındaki oranın, mutlak değerleri alınmış stokiyometrik katsayıları arasındaki orana eşit olduğu sonucuna varılabilir.

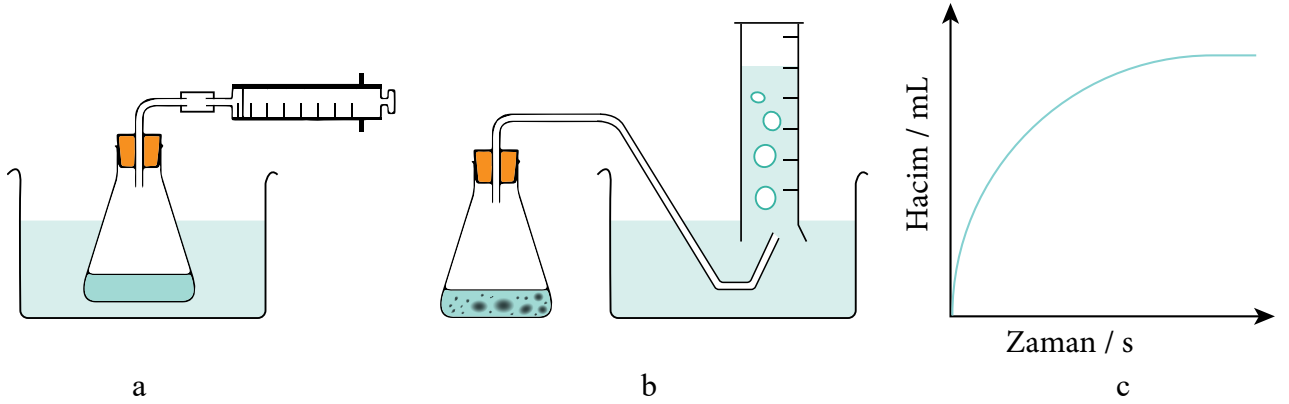
$$\frac{v(\text{O}_2)}{v(\text{H}_2\text{O}_2)} = \frac{\frac{\Delta n(\text{O}_2)}{V \cdot \Delta t}}{\frac{\Delta n(\text{H}_2\text{O}_2)}{V \cdot \Delta t}} = \frac{\Delta n(\text{O}_2)}{\Delta n(\text{H}_2\text{O}_2)} = \frac{v(\text{O}_2)}{v(\text{H}_2\text{O}_2)} = \frac{1}{2}$$

$$v(\text{O}_2) = \frac{v(\text{H}_2\text{O}_2)}{2} = \frac{6,66 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}}{2} = 3,33 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$$

Bir tepkimenin hızı deneysel olarak nasıl izlenebilir?

Sorularda çoğunlukla derişim değışimi kullanılsa da, bu değer bir tepkime sırasında doğrudan ölçülemez. Bunun yerine; maddenin kütlesi, gaz hacmi, pH değeri, elektriksel iletkenlik, basınç gibi derişimle ilişkili diğer nicelikler deneysel olarak ölçülür.

Örneğin, bir kimyasal tepkimenin ürünlerinden biri gaz ise, bu gaz bir şırınga kullanılarak toplanabilir, belirli zaman aralıklarıyla hacim değışimi ölçülebilir ve ardından gazın hacmindeki değışimin zamana bağılı grafiğı çizilebilir. Gaz ayrıca, ters çevrilmiş bir beherdeki suyun dışarı itilmesiyle su altında da toplanabilir. Ancak bu yöntemin uygulanabilmesi için gazın suda çözünmez olması gerekir.

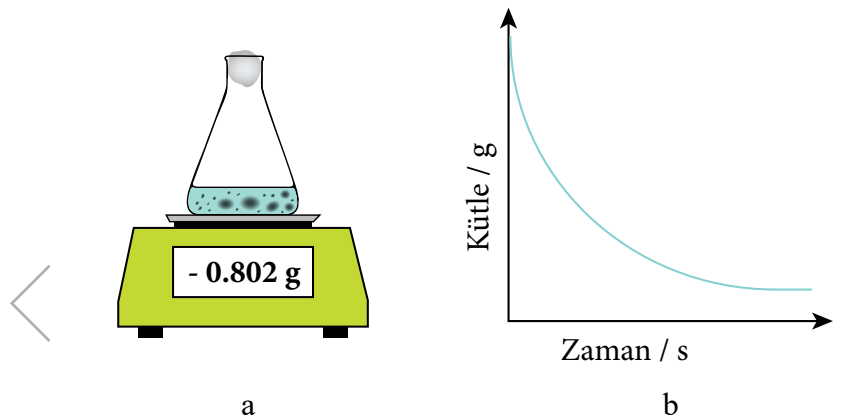


Resim 4.6 Gaz hacminin toplanması ve ölçülmesi (a, b) ile gaz hacminin zamana bağılılığının grafiksel gösterimi (c)

Grafikten, reaksiyon hızının başlangıçta en yüksek olduğu sonucuna varılabilir. Hatta eğrinin eğimi ne kadar dikse, reaksiyon o kadar hızlı ilerler.

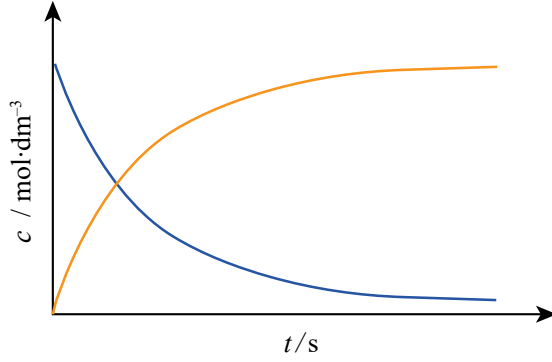
Bir tepkimenin hızı, kütledeki değışim izlenerek de belirlenebilir. Gaz hâlinde bir ürün oluşması durumunda, gazın sistemden ayrılmasıyla birlikte tepkime sisteminin kütlesi zamanla azalır.

Resim 4.7 Reaksiyon sisteminin kütle değışiminin ölçümü (a) ve gazın kütlesinin zamana bağılılığının grafiksel gösterimi (b)



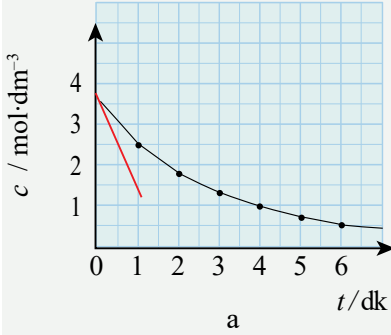
Reaktan ve ürün konsantrasyonlarının zamana bağlılığını grafiksel olarak gösterirsek, Şekil 4.8'dekine benzer bir görüntü elde ederiz; buradan reaktanların konsantrasyonunun zamanla azaldığı, ürünlerin konsantrasyonunun ise arttığı gözlemlenebilir.

Resim 4.8 Reaktant ve ürün derişimlerinin zamana bağlılığının grafiksel gösterimi

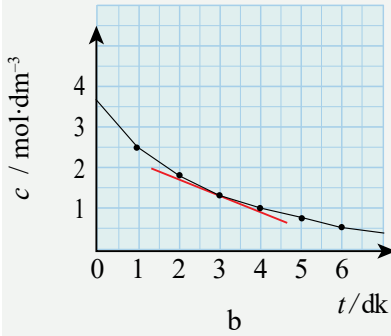


DAHA FAZLA BİLGİ EDİNİN

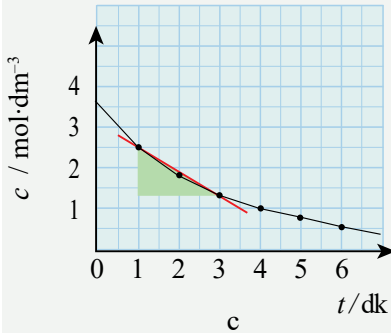
Başlangıç hızı, anlık hız ve ortalama hız arasındaki fark nedir?



Kimyasal bir reaksiyonun **başlangıç hızı**, reaksiyonun başlangıçtaki hızıdır. Başlangıçtaki reaktiflerin konsantrasyonları en yüksek olduğu için bu hız da en yüksektir. Reaksiyon ilerledikçe ve reaktiflerin konsantrasyonu azaldıkça reaksiyonun hızı da azalır, bu durum eğrinin şeklinden açıkça görülebilir.



Bir kimyasal reaksiyonun **anlık hızı**, belirli bir zaman noktasındaki reaksiyon hızıdır. Seçilen bir noktada eğriye teğetin eğimi olarak belirlenir. Teğetin eğimi ne kadar büyükse reaksiyonun anlık hızı da o kadar büyük olur.



Bir kimyasal tepkimenin **ortalama hızı** belirli bir zaman aralığında belirlenir ve girenlerin ya da ürünlerin derişimindeki değişimin, söz konusu aralıktaki süreye oranıdır. Grafiksel olarak bu hız, aralığın başlangıç ve bitiş noktalarını birleştiren kesen doğrunun eğimi ile ifade edilir.



Düşün ve Cevapla:

- Aşağıdaki süreçlerden hangileri hızlı, hangileri ise yavaş kabul edilir?
 - meyvenin çürümesi
 - odunun yanması
 - gazın patlaması
 - kayaların kimyasal aşınması
 - plastik malzemelerin bozunması
 - elmasın grafitte dönüşmesi.
- Amonyak derişiminin değişim hızı $0,7 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$ ise, azot derişiminin değişim hızı nedir? Tepkime denklemi $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) = 2\text{NH}_3(\text{g})$ şeklindedir.
- Oksijen atmosferinde amonyağın yükseltgenmesi sırasında, amonyak derişimi 300 saniyede $0,120 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 'ten $0,084 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 'e düşmüştür. Tepkime hızı nedir? Kimyasal tepkime denklemi şöyledir: $4\text{NH}_3(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) = 4\text{NO}(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g})$.
- Potasyum kloratın bozunma tepkimesi şu kimyasal denklemle ifade edilir: $2\text{KClO}_3(\text{s}) = 2\text{KCl}(\text{s}) + 3\text{O}_2(\text{g})$. Potasyum klorür derişimindeki değişim hızı $0,48 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$ ise; tepkime hızını, oksijen derişimindeki değişim hızını ve potasyum klorat derişimindeki değişim hızını hesaplayınız!
- Azot dioksitin bozunması şu kimyasal denklemle ifade edilir: $2\text{NO}_2(\text{g}) = 2\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$. 200 mL'lik bir kaptaki başlangıçta $0,150 \text{ g}$ NO_2 bulunuyordu ve 40 saniye sonra geriye $0,126 \text{ g}$ kaldı. Azot dioksit derişiminin değişim hızını ve oksijen derişiminin değişim hızını hesaplayınız!
- Bilyana ve Züleyha, oda sıcaklığında, aşırı miktarda alınan seyreltik hidroklorik asit çözeltisi ile kalsiyum karbonat arasında bir tepkime gerçekleştirdiler. Tepkime hızı hakkında bilgi edinmek amacıyla, tepkime sisteminin kütlesini zamanla ölçtüler. Ardından, elde ettikleri verilere dayanarak, her bir zaman aralığı için CO_2 oluşumunun ortalama hızını $\Delta m(\text{CO}_2)/\Delta t$ oranı olarak hesapladılar. Sonuçları aşağıdaki tabloda sundular:

t/dk	sistemin kalan kütlesi $m(\text{sistem})/\text{g}$	$\Delta m(\text{sistem})/\text{g}$	$m(\text{CO}_2)/\text{g}$	$\Delta m(\text{CO}_2)/\text{g}$	$\Delta t/\text{dk}$	$v(\text{CO}_2)/\text{g} \cdot \text{dk}^{-1}$
0	5,00	—	0,00	—	—	—
1	3,98	-1,02	0,45	0,45	1	0,45
2	3,52	-0,46	0,65	0,20	1	0,20
3	3,18		0,80			
4	2,95		0,90			
5	2,82		0,96			
6	2,75		0,99			
7	2,73		1,00			
8	2,73		1,00			

- Bu deneyi gerçekleştirmek için ayrıntılı bir prosedür yazın! Gerekli laboratuvar ekipmanlarını ve maddeleri listeleyin!
- Tabloyu defterine çiz ve boşlukları doldur!
- Karbondioksit kütlesinin zamana bağıllığını grafiksel olarak gösterin!
- Tepkime ne kadar sürdü? Cevabınızı açıklayın!
- Kaç gram karbondioksit açığa çıktı? Cevabınızı açıklayın!
- Reaksiyon hangi zaman aralığında en hızlıydı?

KİMYASAL TEPKİMELERİN HIZINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Kimyasal tepkimeler aynı hızda gerçekleşmez. Bir kimyasal tepkimenin meydana gelebilmesi için, tepkimeye giren maddeleri oluşturan taneciklerin birbirine yaklaşması ve uygun bir şekilde çarpışması gerekir. Taneciklerin hareketi gaz halindeki maddelerde en fazladır; bu nedenle gazlar arasındaki tepkimelerin hızlı olması beklenir. Çözelti içindeki iyonlar arasında gerçekleşen iyonik tepkimeler de hızlıdır. Tepkime hızı, tepkime sistemine bağlıdır. Tanecikler arasındaki çarpışmaların sıklığını ve verimliliğini etkileyen koşullardaki herhangi bir değişiklik, tepkimenin gerçekleşme hızını da etkileyecektir. Kimyasal tepkimelerin hızını etkileyen çeşitli faktörler vardır; bunlardan en önemlileri şunlardır:

- Maddelerin doğası
- Katı haldeki reaktifin yüzey alanı
- Reaktantların konsantrasyonu
- Sıcaklık
- Katalizörler

Maddelerin doğasının reaksiyon hızına etkisi

Bir reaksiyonun hızının bağlı olduğu başlıca faktörlerden biri, reaksiyona giren maddelerin doğasıdır. Örneğin, hidrojen klorla şiddetli bir şekilde reaksiyona girerken, aynı koşullar altında azotla reaksiyonu yavaştır. Sodyumun oksijenle reaksiyonu, aynı koşullar altında demir ve oksijen arasındaki reaksiyondan çok daha hızlıdır; farklı metallerin hidroklorik asit çözeltisiyle reaksiyonları farklı hızlarda gerçekleşir, vb.

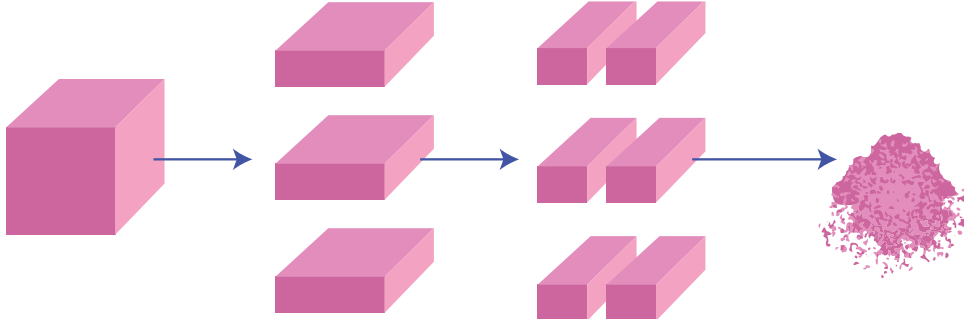
Katı haldeki reaktantların yüzey alanının kimyasal reaksiyon hızına etkisi

Reaktifler gaz halinde veya çözelti halindeyken, parçacıklar kolayca hareket eder ve aralarında daha sık etkili çarpışmalar meydana gelir, bu nedenle bu tür reaksiyonlar hızlıdır. Bununla birlikte, reaktiflerden biri katı haldeyse, reaksiyon hızı temas yüzeyine bağlı olacaktır. Temas yüzeyi, katı maddenin yüzeyinin ne kadarının diğer reaktif ile temas halinde olduğunun bir ölçüsüdür. Madde ne kadar ince taneli ise, temas yüzeyi o kadar büyük olur.

Dolayısıyla, bir kömür parçası havada tutuşturulduğunda yavaşça yanar. Kömür daha küçük parçalara ayrılırsa, yanma hızı artırılabilir çünkü kömürün daha büyük bir yüzey alanı havaya maruz kalır. Kömür toz haline getirildikten sonra havada dağılmış halde tutuşturulursa, patlayıcı bir şekilde yanar. Kömür madenlerindeki patlamaların nedeni budur.



Resim 4.9 Kömür tozundan kaynaklanan patlama



Resim 4.10 Bir katıyı öğütmek, onun yüzey alanını artırır.

Yüzey alanının artırılması, reaksiyon hızında bir artışa yol açar. Bu durum aşağıdaki deneyle gösterilebilir.



HAYDİ KEŞFEDELİM

Katı bir reaktantın yüzey alanının reaksiyon hızı üzerindeki etkisi

Gerekli ekipman ve malzemeler: iki adet 100 mL'lik laboratuvar beheri, bir çay kaşığı, katı kalsiyum karbonat (kireç taşı), seyreltilmiş hidroklorik asit çözeltisi, havan ve havan tokmağı, terazi, ölçü kabı, önlük, koruyucu gözlük, eldiven.

İşlem: İki beherin içine eşit hacimde seyreltik hidroklorik asit çözeltisi (örneğin, 30 mL) koyun. Kireç taşını havan ve tokmak kullanarak ezin. Bir terazide, bir parça kireç taşını ve eşit kütlerde toz haline getirilmiş kireç taşını tartın. Kireç taşı parçasını birinci behere, toz haline getirilmiş kireç taşını ise ikinci behere ekleyin. Ne gözlemliyorsunuz? Sonuçları laboratuvar raporunuza ekleyin!

Deneyden, toz halindeki kireçtaşının yerleştirildiği bardakta daha yoğun bir kabarcık salınımı gözlemlendiği sonucuna varılabilir. Bu durumda kireçtaşının temas yüzeyi çok daha büyüktür, bu nedenle yüzeyin daha büyük bir kısmı asitle temas halindedir. Bu, kireçtaşı parçacıkları ile asit parçacıkları arasında daha sık çarpışmalara ve dolayısıyla daha hızlı bir reaksiyona yol açar. Öte yandan, ilk bardakta, asit parçacıkları yalnızca parçanın yüzey tabakasında bulunan kireçtaşı parçacıklarıyla reaksiyona girebilirken, parçanın içindeki parçacıklar asit parçacıklarıyla hiç temas halinde değildir. Bu nedenle, bu durumda reaksiyon daha yavaştır. Bu reaksiyonun denklemi şöyledir:



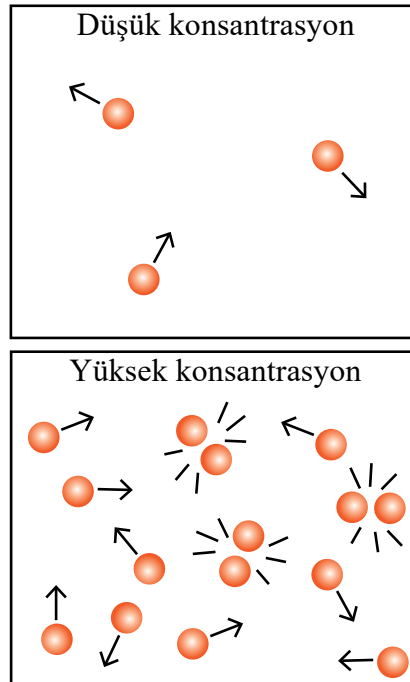
Reaktif madde konsantrasyonunun kimyasal reaksiyonların hızına etkisi

Maddelerin saf oksijen içindeki yanması, havadakine kıyasla çok daha şiddetlidir; çünkü saf oksijende oksijen derişimi havadakinden yaklaşık beş kat daha yüksektir (havada yaklaşık %21 oranında oksijen bulunur). Örneğin, kömürün yanması yalnızca katı maddenin temas yüzeyine değil, aynı zamanda gaz halindeki maddenin derişimine de bağlı olacaktır.

Homojen bir sistemde, bir reaksiyonun hızı, reaktanların konsantrasyonuna bağlıdır. Genel olarak, **reaktanların konsantrasyonu arttıkça, reaksiyon hızı da artar**. Bir veya daha fazla reaktanın konsantrasyonu artarsa, belirli bir hacimde daha fazla sayıda parçacık bulunur ve aralarındaki çarpışma olasılığı artar. Bu da reaksiyon hızını artırır.

Eğer reaksiyon geri dönüşümsüz ise, reaksiyon hızı sadece reaktantların konsantrasyonundan etkilenir, geri dönüşümlü bir reaksiyon durumunda ise hem reaktantların hemde ürünlerin konsantrasyonu etkiler. Bununla birlikte bazı durumlarda reaksiyon hızının konsantrasyona bağlılığını tahmin etmek zordur, çünkü reaksiyon birkaç aşamada gerçekleşebilir ve bunlardan sadece biri reaksiyon hızını belirler. Bu nedenle deneysel olarak belirlenmesi gerekir.

Gazlar arasında gerçekleşen reaksiyonlar için de basıncın etkisi aynıdır, yani sistemin basıncın artması reaksiyon hızının artmasına neden olur.



Resim 4.11 Reaktiflerin konsantrasyonu daha yüksek olduğunda, daha fazla sayıda parçacık bulunur



HAYDİ KEŞFEDELİM

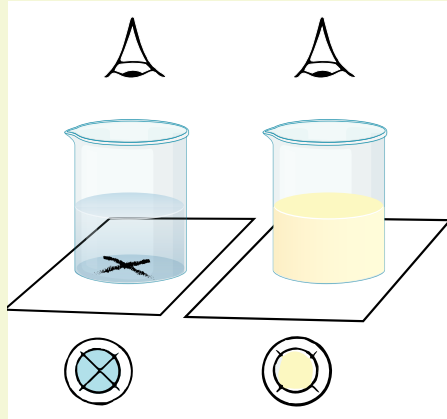
Konsantrasyonun reaksiyon hızına etkisi

Gerekli ekipman ve malzemeler: beş adet 100 mL'lik laboratuvar beheri, iki adet 50 mL'lik beher, şırınga, işaretleyici kalem, beş adet cam çubuk, kronometre, damıtılmış su, sodyum tiyosülfat çözeltisi ($c = 0,15 \text{ mol/L}$), hidroklorik asit çözeltisi ($c = 2 \text{ mol/L}$), laboratuvar önlüğü, koruyucu gözlük, eldiven.

İşlem: Her bir bardağın dibine, dış tarafına, bir kalemle "X" işareti çizin ve ardından bardakları sırasıyla 1-5 olarak etiketleyin. Bardakların altına beyaz bir kağıt yerleştirin. İki ayrı beher kullanarak, sodyum tiyosülfat çözeltisini ve damıtılmış suyu bardaklara aşağıdaki şekilde ekleyin:

Bardak	1	2	3	4	5
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq})$	10 mL	20 mL	30 mL	40 mL	50 mL
$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	40 mL	30 mL	20 mL	10 mL	0 mL

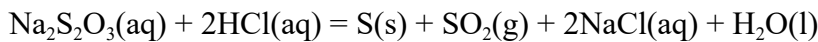
Herbir beherdeki sodyum tiyosülfat konsantrasyonunu hesaplayın! Bir şırınga (iğnesiz) kullanarak 10 mL HCl çözeltisi ölçün ve ilk behere ekleyin! HCl çözeltisi tamamen eklendiğinde kronometreyi başlatın. Cam bir çubukla 3-4 kez karıştırın! Reaksiyon sırasında çözeltiyi daha fazla karıştırmayın. "X" işareti görünmez olana kadar geçen süreyi ölçün! Beherdeki çözeltiye yukarıdan bakarak "X" işaretine doğru gözlem yapın. Kalan beherlerle işlemi tekrarlayın! Her bir beherdeki reaksiyon tamamlandıktan sonra kullanılan laboratuvar ekipmanlarını hemen yıkayın!



Aşağıdakileri grafiksel olarak gösterin: $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ve b) konsantrasyonunun zamana (saniye cinsinden) bağıllığı ve b) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ konsantrasyonunun zamana (saniye cinsinden) ters bağıllığı. Sonuçları laboratuvar raporunuza ekleyin!

Önlemler: Bu reaksiyon kükürt dioksit üretir, bu nedenle deneyi iyi havalandırılmış bir odada gerçekleştirin.

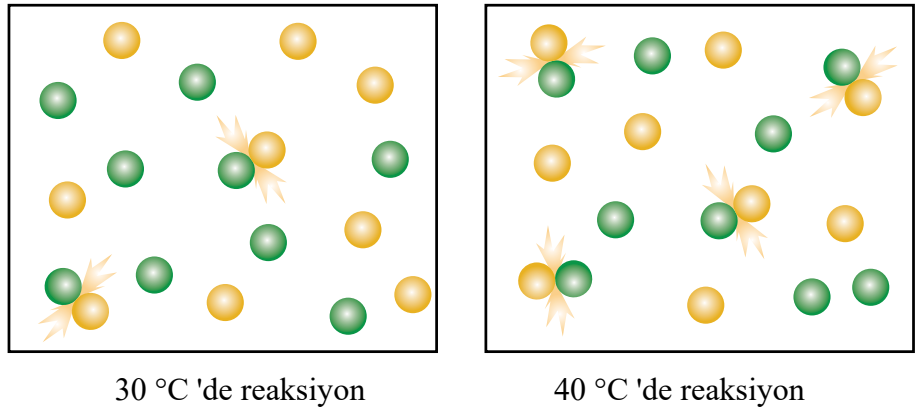
Bu deneyden elde edilen sonuçlar, reaktan konsantrasyonu arttıkça reaksiyon hızının da arttığı iddiasını doğrulamaktadır. Bu nedenle, "X" işaretinin görülemez hale gelmesine neden olan bulanıklığın oluşmasına kadar geçen süre, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ konsantrasyonunun en yüksek olduğu beherde en kısadır (en kısa süre en hızlı reaksiyon hızına karşılık gelir). Bulanıklık, kolloidal kükürtün ayrışmasının sonucudur. Reaksiyon denklemi şöyledir:



Sıcaklığın Kimyasal Reaksiyonların Hızı Üzerindeki Etkisi

Sıcaklık, günlük yaşamda gerçekleşen kimyasal reaksiyonların hızını önemli ölçüde etkiler. Daha yüksek sıcaklıklarda, yiyecekler daha hızlı bozulur çünkü bileşenlerinin parçalanmasıyla ilgili kimyasal reaksiyonlar daha hızlı gerçekleşir. Bu nedenle yiyecekler buzdolabında saklanır; burada daha düşük sıcaklık bu reaksiyonları yavaşlatır ve tazeliğini uzatır. Benzer şekilde, hamur sıcak koşullarda daha hızlı kabarır, demir sıcak ve nemli koşullarda daha hızlı paslanır, vb.

Dolayısıyla sıcaklık, reaksiyon hızını etkileyen bir diğer faktördür. Sıcaklıktaki artış parçacıkların ortalama kinetik enerjisinde artışa yol açar. Bu nedenle parçacıklar daha hızlı hareket eder ve birbirleriyle daha sık çarpışır. Daha sık çarpışmalar sonucunda kimyasal reaksiyon daha hızlı ilerler yani hızı artar. Dolayısıyla **bir çok kimyasal reaksiyonda sıcaklıktaki artış, reaksiyon hızında artışa neden olur.**



Resim 4.12 Parçacıklar arasındaki çarpışmalar daha yüksek sıcaklıklarda daha siktir.

HAYDİ KEŞFEDELİM

Sıcaklığın reaksiyon hızına etkisi

Gerekli ekipman ve malzemeler: dört adet 100 mL'lik laboratuvar beheri, 50 mL'lik ölçme silindiri, şırınga, termometre, işaretleyici kalem, dört adet cam çubuk, kronometre, ısıtıcı plaka, sodyum tiyosülfat çözeltisi ($c = 0,15 \text{ mol/L}$), hidroklorik asit çözeltisi ($c = 2 \text{ mol/L}$), önlük, güvenlik gözlüğü, eldiven.

İşlem: Her beherin dibine, dış tarafına, işaretleyici kalemle bir "X" işareti koyun ve beherleri sırasıyla 1-4 olarak etiketleyin!



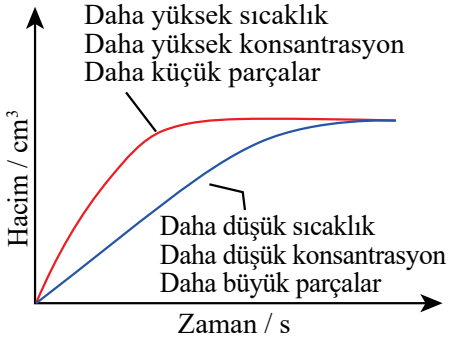
Beherlerin altına beyaz bir kağıt yerleştirin. . Ölçme silindiri kullanarak, ilk behere 50 mL sodyum tiyosülfat çözeltisi ekleyin! Çözeltinin sıcaklığını ölçün. Şırınga (iğnesiz) kullanarak, 10 mL HCl çözeltisi ölçün ve ilk behere ekleyin! Bu reaksiyonun hızına konsantrasyonun etkisini incelediğiniz deneyde açıklanan prosedürü izleyin. Daha sonra, sodyum tiyosülfat ve hidroklorik asit çözeltilerini, daha önce ölçülen sıcaklıktan 10 °C daha yüksek bir sıcaklığa kadar su banyosunda ısıtın! Örneğin, sıcaklık 25 °C (oda sıcaklığı) ise, çözeltiler şimdi 35 °C'ye ısıtılmalıdır. Reaksiyonu bu sıcaklıkta ve daha sonra oda sıcaklığından 20 ve 30 °C daha yüksek bir sıcaklıkta gerçekleştirin! HCl çözeltisini ekledikten hemen sonra karışımın sıcaklığını ölçün. 55-60 °C'nin üzerinde ısıtma önerilmez. Grafiksel olarak gösterin: a) zamanın (saniye cinsinden) sıcaklığa bağımlılığını ve b) zamanın tersinin sıcaklığa bağımlılığını. Sonuçları laboratuvar raporunuza ekleyin!

Sodyum tiyosülfat ile hidroklorik asit arasındaki tepkimeye ilişkin deney, sıcaklık arttıkça "X" işaretinin kaybolması için geçen sürenin kısaldığını, yani tepkimenin daha hızlı gerçekleştiğini açıkça göstermektedir. Bu durum, sıcaklık artışıyla birlikte tepkime hızının da arttığı anlamına gelir.

Sıcaklığın bir reaksiyonun hızına etkisini niceliksel olarak tanımlamak için, belirli bir sıcaklıkta belirli bir reaksiyonun hızını karakterize eden bir nicelik olan **reaksiyon hızı sabiti (k)** kullanılır. k değeri ne kadar yüksekse, reaksiyon o kadar hızlıdır. Hız sabiti sıcaklık artışıyla arttığı için, aynı reaksiyonun iki farklı sıcaklıkta (10 °C veya 10 K) belirlenen hızlarının oranı olarak ifade edilen **reaksiyonun sıcaklık katsayısı** da kullanılır. Sıcaklık katsayısı, diğer koşullar (konsantrasyon, basınç, katalizör vb.) değişmeden kalırken, sıcaklık 10 °C arttığında reaksiyon hızının (veya hız sabitinin) kaç kat arttığını gösterir. Genellikle γ (gama) ile gösterilir.

$$\gamma = \frac{k_{T+10}}{k_T}$$

Sodyum tiyosülfat ve hidroklorik asit ile yapılan deneyde, reaksiyon hızı doğrudan değil, "X" işaretinin kaybolması için geçen süre üzerinden dolaylı olarak ölçülür. Deneyde maddelerin konsantrasyonları farklı sıcaklıklarda değişmediğinden, reaksiyon hızının ölçülen süreyle ters orantılı olduğu, yani $k \sim \frac{1}{t}$ olduğu varsayılabilir.



Resim 4.13 Tepkime hızını etkileyen faktörlerin değiştirilmesi, eğrinin görünümünü de değiştirir.

Reaksiyon iki farklı sıcaklıkta, T ve $T+10$ 'da gerçekleştirilir ve "X" işaretinin kaybolması için geçen süreler t_T ve t_{T+10} ölçülürse, sıcaklık katsayısı için ifade şu şekilde yazılabilir:

$$\gamma = \frac{k_{T+10}}{k_T} = \frac{\frac{1}{t_{T+10}}}{\frac{1}{t_T}} = \frac{t_T}{t_{T+10}}$$

Deneyssel olarak, birçok reaksiyon için γ 'nın sıcaklıktaki 10°C 'lik artışla iki ila dört kat arttığı gösterilmiştir. Sıcaklık katsayısı γ değerine sahipse, sıcaklık 10°C arttığında reaksiyon hızı γ kat daha yüksek olur. Örneğin, $\gamma = 2$ ise, bu, sıcaklıktaki her 10°C 'lik artış için reaksiyon hızının iki katına çıktığı anlamına gelir; $\gamma = 3$ ise, hız üç katına çıkar. Sıcaklık 10°C 'den fazla arttığında, hızdaki artış, 10°C 'lik aralıkların sayısına bağlı olarak γ 'nın kuvveti olarak hesaplanır.

Örnek 4.5.

Belirli bir reaksiyon için, sıcaklığın 25°C 'den 35°C 'ye çıkarılmasının reaksiyon hızını iki katına çıkardığı belirlenmiştir. 30°C 'de reaksiyon 10 dakikada tamamlanmaktadır. Bu reaksiyon 60°C sıcaklıkta gerçekleştirilirse ne kadar sürede tamamlanır?

Verilenler:

$$\gamma = 2$$

$$t_{30} = 10 \text{ min} = 600 \text{ s}$$

Aranılan:

$$t_{60} = ?$$

Çözüm:

Sıcaklık katsayısı şu şekilde yazılabilir:

$$\gamma = \frac{t_{30}}{t_{40}} = \frac{t_{40}}{t_{50}} = \frac{t_{50}}{t_{60}}$$

Bundan şu sonuç çıkar

$$t_{30} = \gamma \cdot t_{40} = \gamma \cdot \gamma \cdot t_{50} = \gamma \cdot \gamma \cdot \gamma \cdot t_{60} = \gamma^3 \cdot t_{60}$$

Buna göre

$$t_{60} = \frac{600 \text{ s}}{2^3} = 75 \text{ s} = 1,25 \text{ min.}$$

Katalizörün kimyasal reaksiyonların hızına etkisi

Birçok kimyasal reaksiyon, kimyasal denklemde yer almayan belirli maddelerin küçük miktarlarda eklenmesiyle hızlandırılabilir. Bu maddelere **katalizör** denir. Dolayısıyla, kimyasal bir reaksiyonun hızı katalizörlerin varlığına da bağlıdır. Katalizörler, reaksiyonun daha düşük sıcaklıklarda bile daha hızlı ilerlemesini sağlar. Rollerini ve etki mekanizmaları daha sonra daha ayrıntılı olarak ele alınacaktır.



Düşün ve Cevapla:

- Sodyum tiyosülfat ve hidroklorik asit arasındaki reaksiyonun, konsantrasyon ve sıcaklığın reaksiyon hızına etkisini araştırmak amacıyla kullanıldığı göz önünde bulundurularak aşağıdaki soruları araştırıp cevaplayınız:
 - Reaksiyon tamamlandıktan hemen sonra laboratuvar ekipmanları neden yıkanmalıdır?
 - Farklı denemelerde gözlemi aynı kişinin yapması neden önemlidir?
 - „X“ işareti neden ısıtılmamalıdır?
 - Reaksiyonun 60 °C'den yüksek bir sıcaklıkta gerçekleştirilmesi neden önerilmez?
 - Her bir deney için bağımlı değişken, bağımsız değişken ve kontrol değişkenleri nelerdir?
- Her bir durum için reaksiyon hızının ne zaman daha yüksek olacağını belirleyin!
 - 1 g Zn ile 1 mol/L HCl veya 1 g Zn ile 1 mol/L CH₃COOH
 - 1 g Zn ile 1 mol/L HCl veya 1 g Zn ile 2 mol/L HCl
 - Soğuk suyla 1 g Mg veya sıcak suyla 1 g Mg
 - Saf oksijenle 1 g S veya havadaki oksijenle 1 g S
 - 1 mol/L HCl ile 1 g çinko granül veya 1 mol/L HCl ile 1 g çinko tozu
- İki gaz arasındaki tepkime hangi durumda en hızlı gerçekleşir?
 - 5 dm³ hacimli bir kapta 0,5 g hidrojen ve 0,5 g klor.
 - 5 dm³ hacimli bir kapta 1,0 g hidrojen ve 1,0 g klor.
 - 15 dm³ hacimli bir kapta 2,0 g hidrojen ve 2,0 g klor.
- Bir tepkime 30°C'de 24 dakikada tamamlanmaktadır. Bu tepkimenin belirtilen sıcaklıklarda tamamlanması için gereken süreleri kullanarak defterinizdeki tabloyu doldurunuz (sıcaklık katsayısı 2'dir).

T / °C	10	20	30	40	50	60
t / dk			24			

- Matey, tepkime sırasında açığa çıkan gazın hacmini ölçerek kireç taşı ile hidroklorik asit çözeltisi arasındaki tepkimenin hızını incelemek amacıyla bir deney gerçekleştirdi. Aşağıdaki sonuçları elde etti:

t / dk	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
V(CO ₂) / cm ³	0	15	24	28	31	33	35	35	35	35	35

- Matey'in ihtiyaç duyduğu laboratuvar ekipmanlarını listeleyin!
- Karbondioksit hacminin zamana bağlılığını grafiksel olarak gösterin!
- Tepkime hangi noktada en hızlıdır?
45. saniyede kaç mililitre karbondioksit toplandı?
- 30 cm³ karbondioksit toplamak için ne kadar süre gerekti?
- Deneyde daha seyreltik bir asit kullanılsaydı eğri nasıl görünürdü? Bu eğriyi aynı koordinat sisteminde çizin!
- Deneyde toz kalsiyum karbonat kullanılırsa eğri nasıl görünür? Bu eğriyi de aynı koordinat sistemi üzerinde çizin!

4.2 ÇARPIŞMA TEORİSİ VE AKTİFLEŞMİŞ KOMPLEKS TEORİSİ

ÇARPIŞMA TEORİSİ

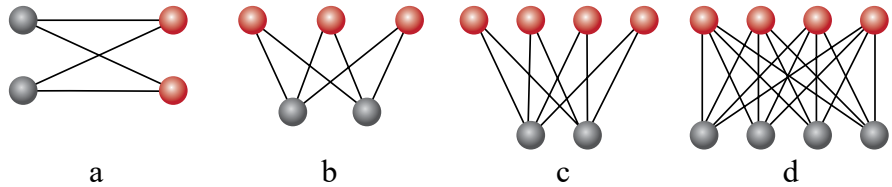
Terimler:

etkin çarpışma, etkin olmayan çarpışma, aktifleşmiş kompleks, aktivasyon enerjisi

Derişim ve sıcaklığın kimyasal tepkime hızları üzerindeki etkisi, kimyasal kinetik teorileri *çarpışma teorisi* ve *aktifleşmiş kompleks teorisi* kullanılarak açıklanabilir. Bu teoriler ayrıca, tepkimelerin mikroskobik (moleküler) düzeyde nasıl gerçekleştiğinin anlaşılmasına da yardımcı olur.

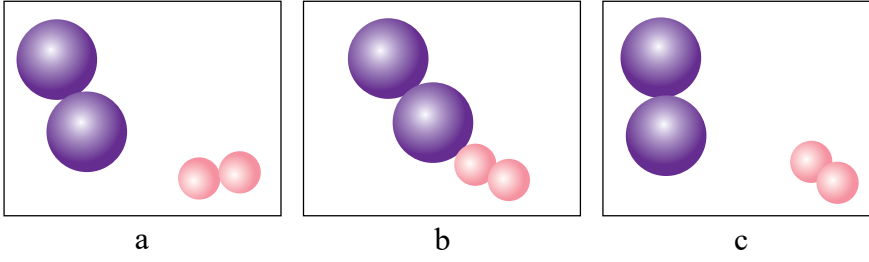
Mikroskobik düzeyde, bir kimyasal denklem, kimyasal dönüşümün temel bir eylemini temsil eder. Bu temel eylem sırasında, kimyasal bağlara katılan atomların ve elektronların yeniden dağılımı gerçekleşir. Söz konusu dönüşüm, tepkimeye giren taneciklerin bünyesindeki mevcut bağların kopmasını ve yeni bağların oluşmasını gerektirir. Bunun gerçekleşebilmesi için, tepkimeye giren taneciklerin birbirine çok yakın konumda bulunması ve böylece aralarında bir çarpışmanın mümkün hale gelmesi gerekir.

Genel olarak kimyasal tepkimeler, tanecikler arasındaki *çarpışmalar* sonucunda gerçekleşir; bu nedenle, tepkime hızının saniyedeki çarpışma sayısı ile doğru orantılı olması beklenir. ***Belirli bir hacimdeki tepkimeye giren tanecik sayısının daha fazla olması yani tepkimeye giren maddelerin derişiminin daha yüksek olması daha fazla sayıda çarpışma ve daha hızlı bir tepkime anlamına gelir.***

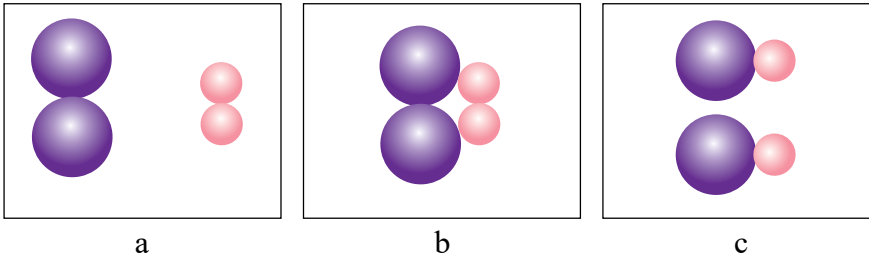


Resim 4.14 X ve Y maddelerinin parçacıkları arasındaki çarpışma olasılığı, sistemdeki parçacık sayısı arttıkça artar: iki X ve iki Y parçacığı arasında dört çarpışma (a), üç X ve iki Y parçacığı arasında altı çarpışma (b), dört X ve iki Y parçacığı arasında sekiz çarpışma (c) ve dört X ve dört Y parçacığı arasında on altı çarpışma.

Ancak, tepkime hızı ile çarpışma sayısı arasındaki ilişki o kadar da basit değildir; çünkü her çarpışma bir tepkimeyle sonuçlanmaz. **Bir çarpışmanın etkili olabilmesi için, tepkimeye giren taneciklerin birbirlerine göre doğru yönelmiş olmaları ve yeterli enerjiye sahip bulunmaları gerekir.** Daha açık bir ifadeyle, çarpışmanın "doğru şekilde" gerçekleşmesi; yani tepkimeye giren taneciklerin, kimyasal bağ oluşturacak atomlar birbirine bakacak ve gerçekten temas edecek biçimde yaklaşmaları şarttır. Bir dönüşümle sonuçlanmayan çarpışmalar, **etkisiz çarpışmalar** olarak adlandırılır.



Resim 4.15 Etkisiz çarpışma: Tepkimeye giren tanecikler birbirine yaklaşır (a) ancak doğru yönelimde değildir ve çarpışma etkisizdir (b); bu nedenle tepkimeye giren tanecikler birbirinden uzaklaşır (c) ve ürün tanecikleri oluşmaz.



Resim 4.16 Etkin çarpışma: Tepkimeye giren tanecikler (a), etkin bir çarpışmayı mümkün kılan doğru yönelimle yaklaşır (b) ve tepkimeye giren tanecikler ürün taneciklerine dönüşür (c).

Hareket halindeki her parçacığın kinetik enerjisi vardır ve ne kadar hızlı hareket ederse, bu enerji de o kadar büyük olur. Her maddenin parçacıkları sürekli hareket halindedir ve farklı kinetik enerji değerlerine sahiptir. Genellikle, parçacıkların ortalama kinetik enerjisi alınır ve bu da Kelvin cinsinden ölçülen sıcaklıkla doğrudan ilişkilidir. Çarpışmalar sırasında, parçacıkların kinetik enerjisinin bir kısmı potansiyel enerjiye dönüşür ve eğer başlangıç kinetik enerjileri yeterince büyükse, bazı bağlar kırılır ve diğer bağlar oluşur; bu da ürünlerin oluşumuna doğru atılan ilk adımdır. Başlangıç kinetik enerjileri küçükse, parçacıklar birbirlerini iter ve değışmeden kalırlar. Bu, etkili bir çarpışmanın gerçekleşmesi için parçacıkların belirli bir minimum enerjiye sahip olması gerektiği anlamına gelir.

Sıcaklığın artması, parçacıkların ortalama kinetik enerjisini artırır; bu da daha fazla sayıda etkili çarpışmaya ve dolayısıyla daha yüksek bir reaksiyon hızına yol açar.

Dolayısıyla, bir çarpışmanın etkili olabilmesi için iki temel ön koşulun yerine getirilmesi gerekir: parçacıkların çarpışma anında yeterli enerjiye sahip olmaları ve uygun yönelimde çarpışmaları gerekir. Ön koşullardan yalnızca biri yerine getirilirse, bir tepkime meydana gelmez.



a



b

Resim 4.17 Değişime yol açan çarpışmalar (a) ve etkisi olmayan çarpışmalar (b)



Düşün ve Cevapla:

1. Aşağıdakilerden hangisi kimyasal bir reaksiyonun gerçekleşip gerçekleşmeyeceğini belirler:
 - i. Reaksiyona giren parçacıkların yönelimi
 - ii. Reaksiyona giren parçacıkların enerjisi
 - iii. Kabin hacmi
 - a) yalnızca iii
 - b) i ve ii
 - c) i ve iii
 - d) i, ii ve iii
2. Aşağıdaki ifadelerin doğruluğunu değerlendirin:
 - a) Reaksiyona giren maddelerin konsantrasyonu arttıkça, aynı hacimde daha fazla parçacık bulunur. Bu nedenle, parçacıklar daha sık çarpışır. Çarpışma sayısı daha fazla olduğunda, etkili çarpışma sayısı da artar, bu nedenle reaksiyon hızı artar.
 - b) Sıcaklık arttıkça, parçacıklar daha hızlı hareket eder. Daha hızlı hareket, parçacıklar arasındaki mesafenin artmasına yol açar, bu nedenle çarpışma sayısı azalır. Bu da daha düşük bir reaksiyon hızına neden olur.

AKTİFLEŞMİŞ KOMPLEKS TEORİSİ

Modern görüşlere göre, reaksiyona giren parçacıkların elektron alışverişi yapabilmeleri için birbirlerine çok yakın olmaları yeterlidir. Bu anda, mevcut bağların kırılması ve yeni bağların oluşumu başlar ve **aktif kompleks** adı verilen bir atom grubu oluşur. Aktif kompleks, bir tür geçiş halidir ve reaksiyona giren maddelerin oluştuğu ve kimyasal dönüşümün temel eylemine katılan tüm parçacıkları içerir. Parçacıklar arasındaki mesafe azaldıkça, sistemin enerjisi artar ve aktif kompleksin oluşumu anında maksimum değerine ulaşır. Bu nedenle, bu grup kararsızdır ve hızla ürün parçacıklarına dönüşür. Ürün parçacıkları birbirinden uzaklaşmaya başladığında, enerjide bir azalma meydana gelir.

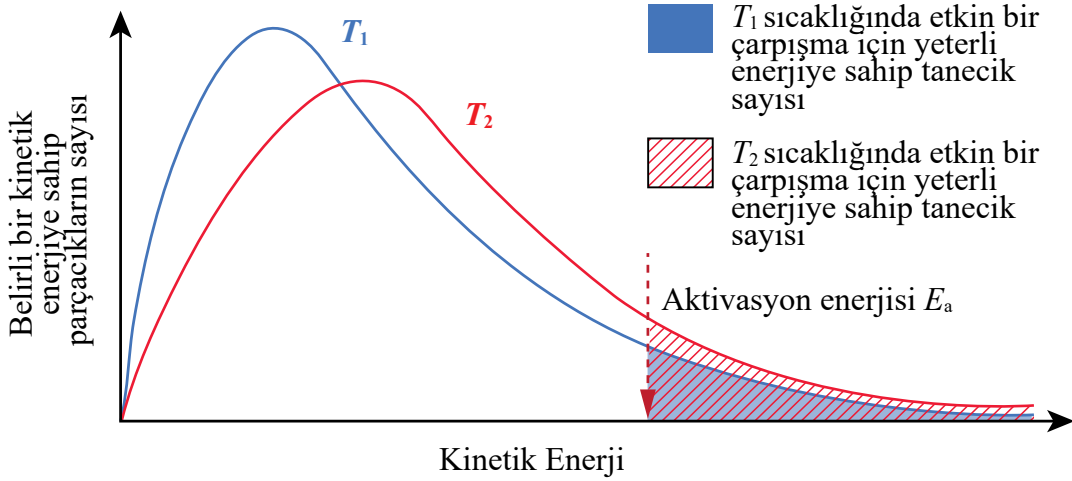
Aktifleşmiş bir kompleksin oluşması için parçacıkların **enerji bariyeri** adı verilen bir bariyeri aşması gerekir. Bunun gerçekleşmesi için parçacıkların bariyeri aşacak yeterli enerjiye sahip olması gerekir. Kimyasal bir reaksiyonu başlatmak için gereken bu minimum enerji miktarına aktivasyon enerjisi denir. Daha açık ifadeyle, **aktivasyon enerjisi**, reaksiyonun hızını bir mol artırmak için reaktanlara verilmesi gereken enerjidir. Bu miktar E_a ile gösterilir ve J/mol veya kJ/mol cinsinden ölçülür. Aktivasyon enerjisinin büyüklüğü bir reaksiyondan diğerine önemli ölçüde değişir ve reaksiyon hızını belirlemede önemli bir faktördür. Genel olarak, yüksek aktivasyon enerjisi ile karakterize edilen reaksiyonlar daha yavaş ilerler, çünkü yalnızca az sayıda parçacık etkili bir çarpışma gerçekleştirmek için gerekli enerjiye sahiptir.

Dolayısıyla, reaksiyona giren parçacıkların dönüşümünün gerçekleşmesi için, toplam kinetik enerjilerinin aktivasyon enerjisine eşit veya ondan büyük olması gerekir. Daha düşük enerjiyle çarpışan parçacıklar birbirleriyle reaksiyona girmez. Buna göre, parçacıkların sadece bir kısmı, yani en hızlı hareket edenler, enerji bariyerini aşmak için yeterli enerjiye sahiptir. Daha yüksek sıcaklıkta, yeterince yüksek enerjiye sahip parçacık sayısı daha fazladır, bu nedenle aktif bir kompleks oluşumu daha olasıdır. Sonuç olarak, reaksiyon hızı daha yüksek sıcaklıkta daha yüksektir. Tersine, sistemin sıcaklığı düşürülürse, parçacıkların ortalama kinetik enerjisi azalır, daha az sıklıkla ve daha düşük enerjiyle çarpışırlar, bu nedenle etkili çarpışma sayısı daha düşük olur ve dolayısıyla reaksiyon hızı da düşer.



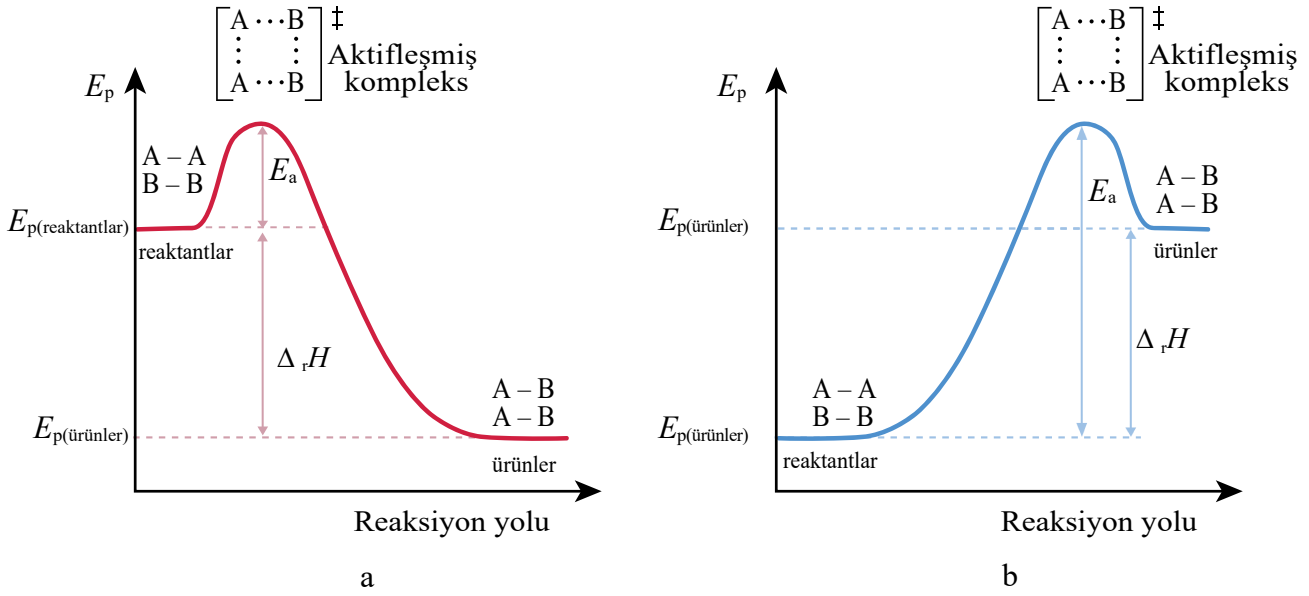
Resim 4.18 Dağın zirvesine ulaşmak için yeterli miktarda enerjiye ihtiyaç vardır.

Aslında, sıcaklık arttıkça, etkili bir çarpışmaya neden olacak yeterli enerjiye sahip parçacıkların sayısı önemli ölçüde artar (Şekil 4.19). İki eğrinin altındaki alan aynıdır, çünkü örnekteki toplam parçacık sayısını temsil eder. Bununla birlikte, daha yüksek sıcaklıklarda, parçacıkların daha büyük bir oranı daha yüksek kinetik enerjilere sahiptir, bu nedenle dağılım sağa doğru kayar. Bu da etkili bir çarpışmaya neden olacak kadar büyük kinetik enerjilere sahip parçacıkların oranını artırır.



Resim 4.19 Düşük (T_1) ve yüksek (T_2) sıcaklıklardaki parçacıkların kinetik enerji dağılımının grafiksel gösterimi.

Bir kimyasal tepkime için **tepkime profili** gösterilebilir. $A_2 + B_2 = 2AB$ denklemiyle ifade edilen tepkimeye ait tepkime profili; ekzotermik durum için Şekil 4.20a'da, endotermik durum için ise Şekil 4.20b'de gösterilmiştir.



Resim 4.20 Ekzotermik (a) ve endotermik (b) bir reaksiyonun reaksiyon profili

Kimyasal bağların kırılması sırasında enerji vermesi gerekir (endotermik süreç), bağ oluşumu sırasında ise enerji açığa çıkar (ekzotermik süreç).

Kimyasal bir reaksiyonun reaksiyon profili, reaktanların ürünlere dönüşümü sırasında potansiyel enerjideki değişimlerin niteliksel bir resmini sunar. Reaksiyonun başlangıcında, reaktan parçacıklarının yaklaşması potansiyel enerjiyi artırır (eğri yukarı doğru eğimlidir). Doğru yönelime ve yeterli enerjiye sahip parçacıklar, enerji bariyerini aşmayı başarır. Enerji bariyerinin yüksekliği, aslında aktivasyon enerjisini temsil eder (eğride, aktifleşmiş kompleksin ve reaktanların enerjileri arasındaki farktır). Daha sonra, bu reaktan parçacıkları aktifleşmiş bir kompleks oluşturur (eğrinin tepe noktası). Bu noktada, A-A ve B-B bağları kırılmaya başlar ve aynı zamanda A-B bağları oluşmaya başlar. Yeni oluşan AB parçacıkları birbirinden uzaklaşır, bu da potansiyel enerjide bir azalmaya yol açar (eğri aşağı doğru eğimlidir). Reaktan parçacıklarının yeterli enerjisi yoksa veya doğru yönelimde değillerse, yeni bağlar oluşmaz ve ürün parçacıkları oluşmaz.

Şekil 4.20a'daki eğri, reaktanların (A_2 ve B_2) potansiyel enerjisinin ürünün (AB) potansiyel enerjisinden daha büyük olması nedeniyle ekzotermik bir reaksiyonu ifade eder. Çevreye enerji salınır ve reaksiyon entalpisindeki değişim negatiftir ($\Delta_r H < 0$). Şekil 4.20b'de, ürünün (AB) enerjisi reaktanların (A_2 ve B_2) enerjisinden daha büyük olduğundan $\Delta_r H > 0$ 'dır; bu da bu reaksiyon profilinin endotermik bir reaksiyonu ifade ettiği anlamına gelir (çevreden ısı alınır).

Kimyasal kinetik teorileri, kimyasal reaksiyonların neden ve nasıl farklı hızlarda gerçekleştiğini anlamamızı sağlar. Bu teorilere göre, parçacıklar arasındaki her çarpışma bir reaksiyona yol açmaz, yalnızca parçacıkların reaksiyonun enerji bariyerini aşmak için yeterli enerjiye ve uygun yönelime sahip olduğu çarpışmalar reaksiyona neden olur. Bu nedenle, termodinamik olarak elverişli (kendiliğinden gerçekleşen) reaksiyonlar bile, aktivasyon enerjisi yüksekse, oda sıcaklığında çok yavaş ilerleyebilir veya neredeyse hiç gözlemlenmeyebilir. Örneğin, karbon ve oksijen arasındaki reaksiyon termodinamik olarak mümkün ve ekzotermiktir, ancak oda sıcaklığında son derece yavaş, pratik olarak tespit edilemez. Bunun nedeni, bu reaksiyonun yüksek bir aktivasyon enerjisine sahip olmasıdır. Oda sıcaklığında, oksijen ve karbon parçacıkları bağlarını koparmak ve aktif bir kompleks oluşturmak için yeterli enerjiye sahip değildir. Bu nedenle, reaksiyon enerjik olarak mümkün olsa da, parçacıklar arasındaki çarpışmalar reaksiyonu başlatmak için yeterince enerjik değildir. Karbon ısıtıldığında (örneğin, yanma sırasında), gerekli enerji sağlanır ve oksijenle reaksiyon başlar ve yanma gibi hızla ilerler.



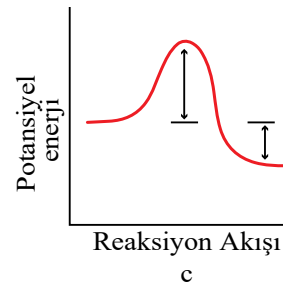
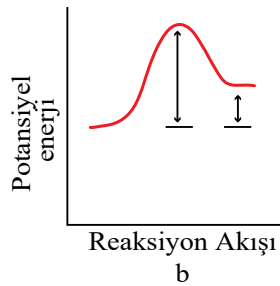
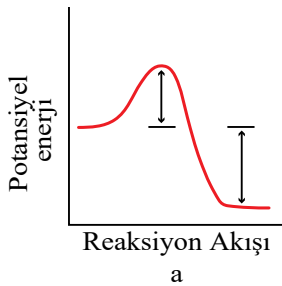
Resim 4.21 Belli bir engeli aşmak için yeterli enerjiye ihtiyaç vardır.



Düşün ve Cevapla:

- Aşağıdaki ifadelerin doğruluğunu değerlendirin:
 - Etkin bir çarpışmadan sonra, aktif bir kompleks oluşur.
 - Aktif kompleks, reaksiyon profilinde en yüksek enerjiye sahiptir.
 - Reaktan parçacıklar çarpıştığında, ürün parçacıkları oluşur.
 - Aktivasyon enerjisi, parçacıkların etkin bir çarpışmanın gerçekleşmesi için sahip olması gereken en büyük enerji miktarıdır.
- Su oluşum reaksiyonunun termokimyasal denklemi şöyledir:

$$2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta_r H = -571,6 \text{ kJ/mol} \text{ na } 298,15 \text{ K.}$$
 - Hidrojen ve oksijen oda sıcaklığında karıştırıldığında neden anlık bir reaksiyonun gerçekleşmediğini açıklayın!
 - Bu reaksiyonun reaksiyon profilini çizin ve etiketleyin!
 - Ters reaksiyonun (suyun hidrojen ve oksijene ayrışması) reaksiyon profilini çizin ve etiketleyin!
- Bir kimyasal reaksiyonda, reaksiyona giren parçacıklar aktivasyon enerjisinden daha büyük bir enerjiyle çarpışır, ancak aktifleşmiş kompleks veya ürün parçacıkları oluşmaz. Bunun sebebi ne olabilir?
- Aşağıdaki grafikleri inceleyin ve aşağıdaki soruları cevaplayın:
 - Reaksiyonları hızlarına göre, en yavaştan başlayarak sıralayın!
 - Her reaksiyon için, ekzotermik mi yoksa endotermik mi olduğunu belirtin!



4.3 KATALİZ

KATALİZÖRLER VE KATALİTİK TEPKİMELER

Katalizörler ve İnhibitörler

Bazen, bir tepkimenin yararlı olabilmesi için hızlandırılması gerekir. Endüstride, tepkime hızı genellikle bir ürünün üretiminin ekonomik olup olmadığını belirler. Tepkimelerin hızlandırılması bazen sıcaklığın artırılmasıyla sağlanır, ancak bu yöntem maliyetli olabilir. Bu nedenle, tepkimeyi hızlandırmak amacıyla tepkime sistemine katalizör adı verilen maddelerin dahil edilmesi avantajlıdır.

Katalizörler, kimyasal ve nicel açıdan değişmeden kalarak kimyasal bir tepkimeyi hızlandıran maddelerdir.

Böylece demir amonyak sentezinde, vanadyum(V) oksit sülfürik asit üretiminde, platin veya rodyum otomotiv katalitik konvertörlerinde ve nikel margarin üretimi amacıyla bitkisel yağların hidrojenasyonunda (ve diğer pek çok alanda) katalizör olarak kullanılır.

Her katalizörün kendine özgü bir etki mekanizması vardır. Bununla birlikte, katalizörlerin birkaç ortak özelliği vardır:

- Reaksiyon tamamlandıktan sonra, katalizörler kimyasal ve niceliksel olarak değişmeden kalır; yalnızca fiziksel olarak değiştirilebilirler.
- Katalizörler yavaş ilerleyen reaksiyonları hızlandırabilir, ancak imkansız olan reaksiyonları hızlandıramazlar.
- Az miktarda katalizör, büyük miktarda reaktan içeren reaksiyonları katalize edebilir ve reaksiyon hızında büyük değişikliklere neden olabilir.
- Katalizörler özgüllük ile karakterize edilir. Bazı katalizörler farklı reaktanlarla çok sayıda reaksiyonu katalize edebilirken, diğer katalizörler yalnızca belirli bir reaksiyonu veya belirli bir reaksiyon türünü katalize eder.
- Katalizörler reaksiyonun denge durumunu değiştiremez, ancak bu duruma daha hızlı ulaşılmasını sağlarlar.
- Katalizörler daha yüksek ürün verimine neden olmaz, yalnızca daha hızlı üretimlerine neden olurlar.

HAYDİ KEŞFEDELİM

Katalizörün reaksiyon hızı üzerindeki etkisi

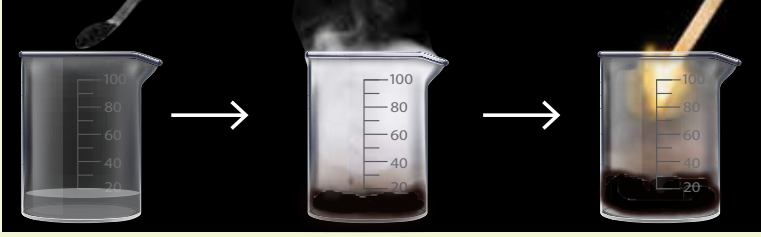
Gerekli araç ve maddeler: iki adet 100 mL'lik beher, sulu hidrojen peroksit çözeltisi (%3–6), mangan(IV) oksit, pipet veya damlalık, küçük kaşık, tahta çubuk, gazlı bek veya ispirto ocağı, çakmak, laboratuvar önlüğü, güvenlik gözlüğü, eldiven.

Terimler:

katalizör, katalitik tepkime, kataliz, inhibitör, homojen kataliz, heterojen kataliz, geçiş hali, ara hal, ara ürün, otokatalitik tepkime, biyokatalizör, fotokatalitik tepkime

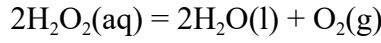


İşlem: Bir pipet veya damlalık kullanarak, iki behere yaklaşık 10–15 mL hidrojen peroksit çözeltisi koyun. Kor halindeki bir çöpü ilk beakerin ağzına yaklaştırın. Ne gözlemliyorsunuz? Ardından, ikinci behere az miktarda (bir kaşığı ucunda) mangan(IV) oksit ekleyin ve aynı şekilde, kor halindeki bir çöpü tekrar beakerin ağzına yaklaştırın. Ne gözlemliyorsunuz? Elde ettiğiniz sonuçları laboratuvar raporunuza ekleyin!



Resim 4.22 Hidrojen peroksitin katalitik bozunması

Hidrojen peroksitin bozunması çok yavaş bir tepkimedir; bu nedenle ilk durumda, kor halindeki bir kıymık yaklaştırıldığında herhangi bir değişim gözlenmez. İkinci durumda ise mangan(IV) oksit bir katalizör görevi görerek tepkimeyi hızlandırır ve sonucunda oksijen daha şiddetli bir şekilde açığa çıkar. Kor halindeki kıymığın yeniden alev alması, açığa çıkan gazın niteliğini kanıtlar niteliktedir. Tepkime tamamlandığında, beherin dibinde katı ve siyah bir madde olan mangan(IV) oksit kalır; bu madde, yeni bir miktar hidrojen peroksiti ayrıştırmak üzere tekrar kullanılabilir. Tepkime denklemi şöyledir:



Tepkimeleri hızlandıran maddelerin yanı sıra, kimyasal tepkimeleri yavaşlatan ve hatta bazı durumlarda tamamen durdurabilen "**inhibitör**" (engelleyici) adı verilen maddeler de vardır. Bu maddeler, tepkimenin normal seyrine müdahale ederek örneğin tepkimeye giren taneciklere bağlanarak veya katalizörlerin aktif bölgelerini (aktif merkezler olarak da bilinir) bloke ederek işlev görürler. Tepkimeleri hızlandıran katalizörlerin aksine, inhibitörler tam tersi bir etki göstererek tepkimeyi yavaşlatırlar.

Inhibitörler büyük pratik öneme sahiptir. Korozyona karşı korumada ve gıdaların bozulmasını yavaşlatmada kullanıldıkları gibi, vücuttaki belirli süreçlerin inhibitörü olarak işlev gören pek çok ilacın yer aldığı tıp alanında da kullanılırlar.

Bazı durumlarda inhibitör, reaktantlar yerine doğrudan katalizör üzerinde etki gösterir. Bu durum, *katalizör zehirlenmesi* olarak bilinir. Bunun klasik bir örneği, platin veya nikel gibi metal katalizörlerin kükürt bileşikler tarafından zehirlenmesidir; bu bileşikler katalizör yüzeyine bağlanarak aktif bölgeleri bloke eder. Bu olgu, katalizörlerin verimli ve uzun ömürlü kullanımı açısından reaktan saflığının kritik önem taşıdığı endüstriyel süreçlerde bilhassa önemlidir.

Aktivite



"Fil Diş Macunu" ve "Şişedeki Cin" olarak bilinen deneyler hakkında internette bilgi edinin!

Bu deneylerin her birinde nasıl bir tepkime gerçekleşir ve tepkimeyi hızlandırmak için hangi katalizör kullanılır?

Katalitik Reaksiyonlar ve Kataliz

Katalizör varlığında gerçekleşen tepkimelere **katalitik tepkimeler**, bu olgunun kendisine ise **kataliz** adı verilir. Katalizör ile tepkimeye giren maddelerin aynı fazda olup olmamasına bağlı olarak, katalitik tepkimeler heterojen veya homojen kataliz tepkimeleri şeklinde sınıflandırılabilir.

Heterojen katalizde, katalizör ve reaktantlar farklı fazlardadır; yani heterojen bir sistem oluştururlar. Çoğu durumda katalizör katı haldedir; reaktanlar ise gaz veya sıvı haldedir ya da çözelti içindedir. Heterojen kataliz, çok sayıda maddenin endüstriyel sentezi açısından önemlidir. Hidrojen peroksitin mangan(IV) oksit varlığında bozunma tepkimesi, heterojen katalize bir örnektir.

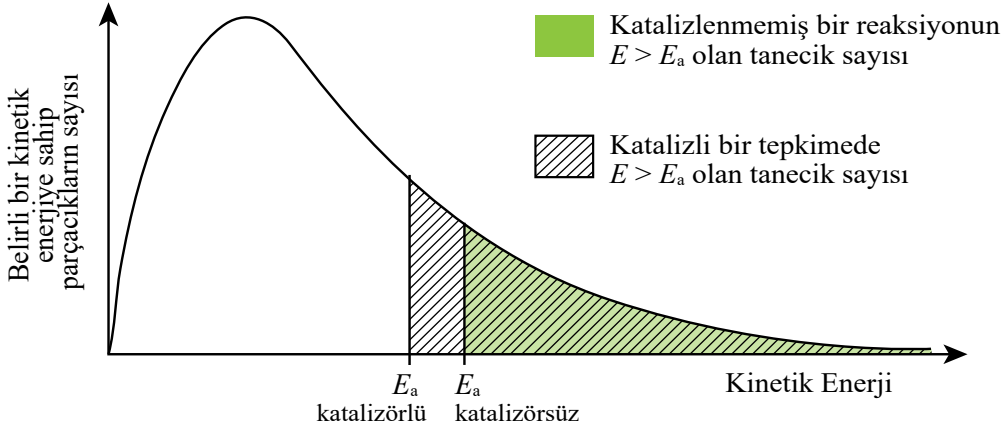
Homojen katalizde, katalizör ve reaktanlar aynı fazda; tipik olarak gaz fazında veya çözelti halindedir. Asit veya baz katalizli reaksiyonlar, çözeltide gerçekleşen homojen kataliz örneklerinin en önemlileri arasındadır. Gaz fazındaki homojen katalize bir örnek, kükürt dioksitin kükürt trioksite yükseltgenmesidir; bu reaksiyon, katalizör görevi gören azot dioksitin varlığında çok daha verimli bir şekilde gerçekleşir.

Homojen katalizde, katalitik sürece katılan tanecik sayısı arttığı için katalizör derişiminin yükseltilmesi genellikle reaksiyon hızında bir artışa yol açar. Heterojen katalizde ise reaksiyon hızı en çok katalizörün yüzey alanından, daha özel bir ifadeyle yüzeyindeki mevcut aktif merkezlerin sayısından etkilenir. Katalizörün aktif merkezleri reaktan tanecikleri tarafından doldurulduğunda, reaktan derişiminin daha da artırılması reaksiyon hızında önemli bir artış sağlamaz; çünkü süreç artık katalizör yüzeyi ile sınırlı hale gelmiştir.

Ayrıca, reaksiyon ürünlerinden birinin katalizör görevi görerek aynı reaksiyonu hızlandırdığı **otokatalitik reaksiyonlar** da vardır. Sonuç olarak, reaksiyon hızı başlangıçta düşüktür; ancak katalitik ürün miktarı arttıkça reaksiyon hızlanır.

Katalizörlerin etki mekanizması

Katalizör, reaksiyon yolunu değiştirerek reaksiyonu hızlandırır. Bu alternatif yol üzerindeki enerji engeli daha düşüktür, yani aktivasyon enerjisi azalır. Sonuç olarak sıcaklık artırılmaksızın daha fazla sayıda reaktant taneciği enerji engelini aşmak ve ürün taneciklerine dönüşmek için yeterli enerjiye sahip olur. Böylece katalizör reaktant tanecikleri arasındaki çarpışmaların daha büyük bir kısmının etkili olmasını sağlar ve bu sayede reaksiyonu hızlandırır.

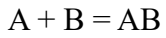
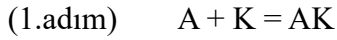


Resim 4.23

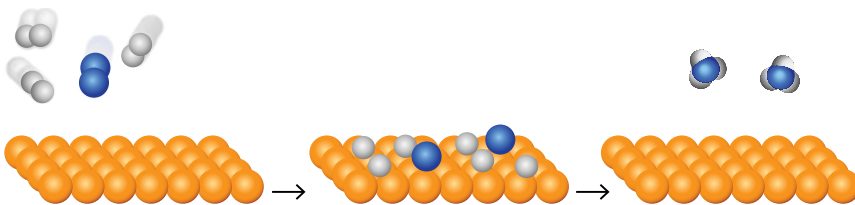
Katalizörün, etkili çarpışma için yeterli enerjiye sahip parçacık sayısını artırma üzerindeki etkisi

Homojen katalizde, katalizör genellikle reaktanlardan biriyle etkileşime girer ve bir ara ürün oluşturur (adım 1). Katalizörle reaksiyona giren reaktana *substrat*, ara ürüne ise ara *bileşik* veya ara *madde* denir. Daha sonra, ara madde diğer reaktanla reaksiyona girerek reaksiyonun ürününü oluşturur ve katalizör yeniden üretilir (adım 2). Dolayısıyla, katalizör kimyasal reaksiyon sırasında tüketilmez, kimyasal ve niceliksel olarak değişmeden kalır.

K katalizörü varlığında gerçekleşen ve $A + B = AB$ denklemiyle ifade edilen bir tepkime için şunlar yazılabilir:



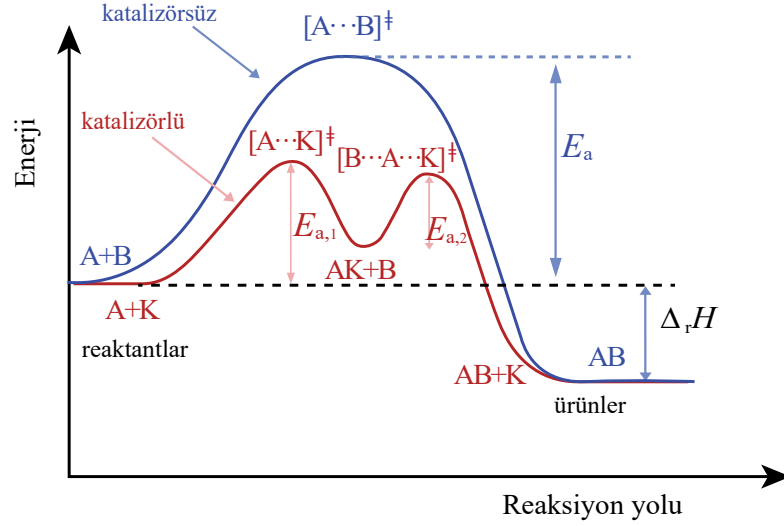
Heterojen katalizde, reaktan parçacıkları katı katalizörün yüzeyine adsorbe edilir. Burada da ara ürünler oluşabilir. Katı katalizörler, temas yüzeyleri ne kadar büyükse o kadar verimlidir; bu nedenle toz halinde kullanılırlar veya destek adı verilen yüzeylere uygulanırlar. Katı metal katalizörler, kütle aynı kalırken yüzey alanlarını artırdığı için ağ şeklinde de kullanılabilir. Katalizörün daha büyük temas yüzeyi, reaktan parçacıkları arasındaki teması kolaylaştırarak reaksiyon hızını artırır.



Resim 4.24 Heterojen kataliz: Amonyak sentezinde katalizör etki mekanizması

Şekil 4.25, $A + B = AB$ denklemiyle temsil edilen katalizli ve katalizsiz bir reaksiyonun reaksiyon profilini göstermektedir. Bu, ekzotermik bir reaksiyondur çünkü ürünlerin enerjisi reaktantların enerjisinden daha düşüktür, yani $\Delta_r H < 0$.

Resim 4.25 Katalizlenen bir tepkimenin tepkime profili ve katalizlenmeyen bir tepkimenin tepkime profili



Reaksiyon süresince meydana gelen potansiyel enerji değişiminin grafiksel gösteriminden, katalizlenen reaksiyonun iki basamakta gerçekleştiği gözlemlenebilir: Önce bir ara ürün oluşur ve ardından bu ara ürün ürüne dönüşürken, katalizör kimyasal açıdan değişmeden kalır.

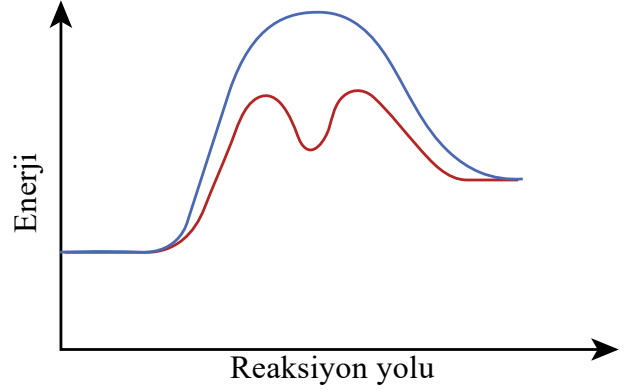
Mikroskobik düzeyde, katalizörün iki temel eyleme katıldığı söylenebilir. Birincisinde, reaktant A'nın parçacıkları katalizör K'nın parçacıklarıyla birleşerek aktif bir kompleks $[A \cdots K]^{\ddagger}$ oluşturur (katalize edilmiş reaksiyon eğrisinin ilk maksimumu). Hemen ardından ilk ara ürün AK oluşur. İkinci temel eylemde, ara ürün AK'nın parçacıkları reaktant B'nin parçacıklarıyla etkileşime girerek başka bir aktif kompleks $[B \cdots A \cdots K]^{\ddagger}$ oluşturur (katalize edilmiş reaksiyon eğrisinin ikinci maksimumu). Bu aktif komplekste, reaktant ve katalizör parçacıkları arasındaki bağlar kademeli olarak zayıflar ve bir noktada kopar. Elektronlar yeniden düzenlenir ve ürün parçacıkları arasında bağlar oluşur. Son olarak, nihai ürün AB oluşur ve katalizör K serbest bırakılır. Bu şekilde, katalizör bir sonraki döngüde reaktan A ile tekrar reaksiyona girmeye hazır hale gelir.

Bu nedenle, **bir katalizör, reaksiyonun aktivasyon enerjisini düşürerek reaksiyon yolunu değiştirir**. Katalizli reaksiyon, yüksek aktivasyon enerjisine sahip tek bir aşamada değil, daha düşük aktivasyon enerjilerine sahip iki aşamada gerçekleşir. Reaktantların ve ürünlerin toplam enerjisinin katalizörün varlığına bağlı olmadığı vurgulanmalıdır. Ayrıca, bir katalizör ürünlerin nihai verimini değiştirmez, sadece reaksiyon hızını artırır.



Düşün ve Cevapla:

- Aşağıdaki ifadelerin doğruluğunu değerlendirin:
 - Katalizörler aktivasyon enerjisini artırır.
 - Katalizörler tepkimelerden kimyasal ve fiziksel olarak değişmeden çıkar.
 - Katalizörler imkansız tepkimeleri hızlandıramazlar.
 - Katalizörler daha yüksek ürün verimi elde edilmesini sağlar
 - Katalizörler özgüllükleri ile katarakterize edilir.
- Bir hidrojen peroksit çözeltisinin potasyum iyodür çözeltisi varlığında bozunması ____ katalizine, manganaz (IV) oksit varlığında bozunması ise ____ katalizine örnektir.
 - homojen, homojen
 - heterojen, heterojen
 - homojen, heterojen
 - heterojen, homojen
- Bir reaksiyonun aktivasyon enerjisi 100 kJ/mol'dür. Katalizör A aktivasyon enerjisini 85 kJ/mol'e, katalizör B ise 60 kJ/mol'e düşürmektedir. Hangi katalizör daha hızlı bir reaksiyon sağlar? Açıklayınız!
- Katalizlenmemiş ve katalizlenmiş endotermik bir reaksiyonun reaksiyon profilinin taslağını tamamlayın ve şunları etiketleyin: reaktantların ve ürünlerin konumu, katalizlenmemiş ve katalizlenmiş reaksiyonun aktifleşmiş komplekslerinin konumu, katalizlenmemiş ve katalizlenmiş aktivasyon enerjileri ve reaksiyon entalpisi. Bu grafiksel gösterimin mikroskobik düzeyde neyi temsil ettiğini açıklayın!



KATALİZÖRLERİN ÖNEMİ VE UYGULAMA ALANLARI

Katalizörler, kimyasal reaksiyonların daha hızlı ve verimli bir şekilde gerçekleşmesini sağladıkları için kimyada ve günlük yaşamda son derece önemli bir rol oynarlar. Katalitik reaksiyonlar, örneğin zararlı gazların daha az zararlı gazlara dönüştürüldüğü otomobillerdeki katalitik konvertörlerde olduğu gibi, her gün kullanılmaktadır. Canlı organizmalarda enzimler biyolojik katalizör görevi görür ve sindirim ve solunum gibi hayati öneme sahip tüm süreçlerin vücut sıcaklığında gerçekleşmesini sağlar. Katalizörler ayrıca endüstride de büyük önem taşır; amonyak, sülfürik asit, yakıtlar, plastikler ve diğer birçok ürünün üretiminde kullanılarak enerji tasarrufu sağlar ve süreçlerin ekonomik ve çevresel verimliliğini artırır.



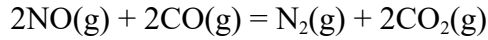
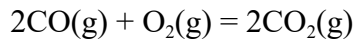
Resim 4.26 Sis, katalitik konvertör bulunmayan egzoz sistemlerinden yayılan zararlı gazların neden olduğu kirlilikten kaynaklanmaktadır

Endüstrideki katalizörler

Otomobil motorlarında yüksek sıcaklıklarda, azot ve oksijen birbirleriyle reaksiyona girerek azot monoksit oluşturur; bu da atmosfere salınır ve havadaki oksijenle birleşerek azot dioksit oluşturur. Ayrıca, eksik yanma sırasında karbon monoksit oluşur ve uçucu organik bileşikler içeren yanmamış yakıt da mevcuttur.

Bu maddelerin tamamı zehirlidir ve hava kirliliğinin önemli bir kaynağıdır. Bu nedenle, Avrupa düzenlemeleri **otomobillerde katalitik konvertör kullanımını** zorunlu kılmaktadır. Otomobillerde, katalitik konvertörler zararlı egzoz gazlarını daha az zararlı maddelere dönüştüren kimyasal reaksiyonlara girer.

Bunlar genellikle platin, paladyum ve rodyum gibi katalizörler içerir ve geniş bir temas yüzeyine uygulanır. Bu katalizörler, karbonmonoksitin karbondioksit oksidasyonu ve azot oksitlerin azota ayrışması gibi reaksiyonların daha hızlı ve daha düşük sıcaklıklarda gerçekleşmesini sağlar. Katalizörler tüketilmez, sadece reaksiyonların seyrini hızlandırır.



Çevresel açıdan bakıldığında, katalitik konvertörler büyük önem taşır çünkü zehirli ve kirletici gazların emisyonunu önemli ölçüde azaltır, hava kalitesinin iyileşmesine katkıda bulunur ve trafiğin insan sağlığı ve çevre üzerindeki olumsuz etkisini azaltır.



Resim 4.27 Otomobil için katalitik konvektör

Haber-Bosch prosesi, kimyadaki en önemli endüstriyel proseslerden biridir ve elementel azot ve hidrojenle amonyak üretmek için kullanılır. Reaksiyon yüksek sıcaklık ve basınçta gerçekleşir ve katalizör olarak genellikle *alüminyum oksit* ilaveli *demir* kullanılır. Katalizörün rolü, aktivasyon enerjisini düşürmek

ve reaksiyonun endüstriyel koşullar altında yeterince yüksek hızda ilerlemesini sağlamaktır.

Katalizör sayesinde proses ekonomik olarak uygulanabilir hale gelir ve yapay gübrelerin üretiminde temel hammadde olan amonyağın seri üretimini mümkün kılar; bu nedenle tarım ve dünya nüfusunun beslenmesi için büyük öneme sahiptir.

Ostwald prosesi, amonyağın önce oksijenle oksitlendiği, nitrik asidin endüstriyel üretiminde kullanılır. Prosesin ilk ve kritik aşamasında, katalizör olarak *platin* (genellikle *rodyumla katkılanmış*) kullanılır. Katalizör, amonyağın azot oksitlere hızlı ve kontrollü bir şekilde oksitlenmesini sağlar; bu azot oksitler daha sonra nitrik aside dönüştürülür. Katalizör çok önemli bir rol oynar, çünkü onsuz reaksiyon çok yavaş ilerler veya istenmeyen ürünlere yol açar.

Sülfürik asit, endüstriyel olarak kükürt dioksitin kükürt trioksite oksitlendiği **temas prosesi** adı verilen yöntemle üretilir. Bu aşamada *vanadyum(V) oksit* katalizör olarak kullanılır. Katalizör, reaksiyonun daha hızlı ve daha düşük sıcaklıklarda gerçekleşmesini sağlayarak prosesin verimliliğini ve güvenliğini artırır.

DAHA FAZLA BİLGİ EDİNİN



Amonyak sentezi, 20. yüzyılın başlarında özellikle önem kazandı ve Birinci Dünya Savaşı sırasında rolü hayati öneme sahip oldu. Amonyak, nitrik asit elde etmek için temel hammadde ve bu sayede patlayıcı madde üretimi de mümkün olur. O dönemde birçok ülke, özellikle savaş ve abluka koşullarında sınırlı ve erişilmesi zor olan doğal nitrat kaynaklarına bağımlıydı. Bu nedenle, havadaki azottan endüstriyel olarak amonyağa dönüştürme yeteneği, büyük bir stratejik avantaj temsil ediyordu.

Ancak amonyak sentezi basit değildi. Azot moleküllerindeki bağlar güçlü olduğundan, azot hidrojenle zorlukla reaksiyona girer. İlk bakışta, reaksiyonun mümkün olan en düşük sıcaklıkta ve mümkün olan en yüksek basınçta gerçekleştirilmesi gerektiği düşünülüyordu. Bununla birlikte, düşük sıcaklıklarda reaksiyon çok yavaş ilerler ve endüstriyel uygulama için pratik olarak uygun değildir. Reaksiyonun gerçekleşmesi için yüksek sıcaklık ve basınçların yanı sıra etkili bir katalizör kullanılması gerekiyordu. Bu koşullar, ekipmanın hasar görmeden aşırı koşullara dayanması gerektiğinden, büyük bir teknik ve mühendislik zorluğu oluştuyordu.

Alman kimyager Fritz Haber, çok sayıda farklı maddeyle deneyler yaparak, demirin, katalizör olarak alüminyum oksit ilavesiyle, bu reaksiyon için etkili bir katalizör olduğunu belirledi. Bu keşfi nedeniyle Haber, 1918'de Kimya Nobel Ödülü'nü aldı. Bu keşfin endüstriyel uygulaması, süreci yüksek sıcaklık ve basınçlarda çalışacak şekilde uyarlayan Carl Bosch tarafından mümkün kılındı. Böylece, ünlü Haber-Bosch prosesi, katalizör olarak demir varlığında, yaklaşık 450-500 °C sıcaklıkta ve yaklaşık 20 MPa basınçta gerçekleştirilir.

Bu süreç, endüstriyel kimyada kataliz uygulamasının en önemli örneklerinden birini teşkil etmekte olup, yapay gübre üretimi ve dünya nüfusunun beslenmesi açısından büyük bir öneme sahiptir.

Biyokatalizörler

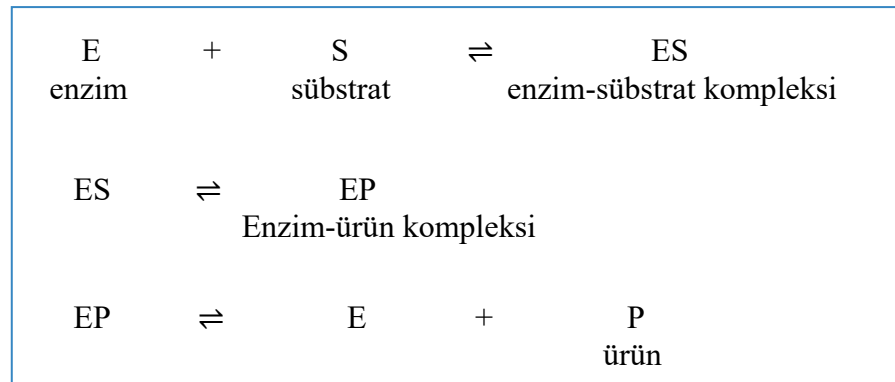
Enzimler (veya fermentler), canlı organizmalardaki kimyasal reaksiyonların çok daha hızlı ve ılımlı koşullar altında (orta sıcaklık, normal basınç ve belirli bir pH değeri) gerçekleşmesini sağlayan biyokatalizörlerdir. Tüm katalizörler gibi enzimler de reaksiyon sırasında tüketilmez ve nihai ürün verimini değiştirmez; bunun yerine, aktivasyon enerjisini düşürerek reaksiyon hızını artırır.

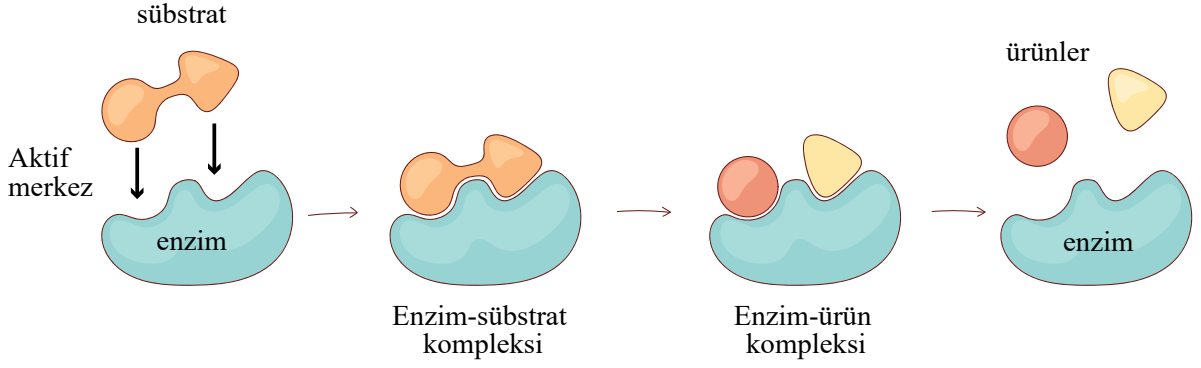
Enzimler, katalizledikleri reaksiyon üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilirler. Örneğin, hidrojen peroksit çözeltisinin ayrışması için gereken aktivasyon enerjisi 76 kJ/mol'dür. İyodür iyonları eklendiğinde aktivasyon enerjisi 57 kJ/mol'e düşer ve reaksiyon yaklaşık 2.000 kat hızlanır. Bu reaksiyon katalaz enzimi varlığında gerçekleştiğinde ise aktivasyon enerjisi 8 kJ/mol olur ve reaksiyon hızı 10^{15} kat daha yüksektir.

Enzim katalizi tipik olarak homojen kabul edilir; çünkü hem enzim hem de substrat sulu bir çözelti içinde bulunur. Ancak enzimler makromolekül (büyük ölçekli parçacıklar) olduklarından, enzim katalizi hem homojen hem de heterojen kataliz özellikleri sergiler.

Enzimlerin en önemli özelliklerinden biri özgüllükleridir. Her enzim yalnızca bir tür reaksiyonu katalize edebilir veya benzer yapıya sahip belirli bir sübstrat veya substratlar üzerinde etki gösterebilir. Bu, enzim molekülünün aktif merkezinin, ***bir anahtarın belirli bir kilide uyması*** gibi, sübstrat molekülüyle yapısal olarak uyumlu olduğu kilit-anahtar modeliyle açıklanabilir. Sübstrat enzime bağlandığında, reaksiyonun daha kolay ilerlediği bir enzim-sübstrat kompleksi oluşur. Daha sonra ürünler serbest bırakılır ve enzim tekrar harekete geçmeye hazır hale gelir.

Basit bir enzimatik reaksiyon için şu şekilde yazılabilir:





Resim 4.28 Enzim etki mekanizması

Başlangıçta, reaksiyon hızı sübrat konsantrasyonu arttıkça artar, ancak tüm enzim aktif bölgeleri dolduktan sonra reaksiyon hızı değişmez. Bu noktadan itibaren, reaksiyon hızı ES ara ürününün ne kadar hızlı parçalandığına bağlıdır.

Enzim katalizinin iyi bilinen bir örneği, hidrojen peroksitin ayrışmasıdır. Hidrojen peroksit çözeltisine ince kıyılmış patates veya maya eklendiğinde, reaksiyon önemli ölçüde hızlanır ve oksijen açığa çıkar. Bunun nedeni, hem bitki hem de hayvan hücrelerinde bulunan katalaz enziminin varlığıdır. Patates ve mayanın yanı sıra katalaz; karaciğerde, kanda ve pek çok mikroorganizmada da bulunur; dolayısıyla bunlar da enzim kaynağı olarak işlev görebilir.

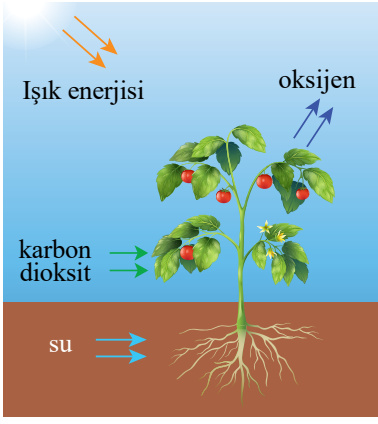
Enzimler gıda endüstrisinde de büyük önem taşır. Yoğurt, ekşi süt ve peynir üretiminde enzimler ve mikroorganizmalar fermentasyonu ve karakteristik bir lezzet ve doku oluşumunu sağlar. Bebek maması üretiminde ise enzimler, karmaşık molekülleri daha küçük ve daha kolay sindirebilir parçalara ayırarak gıdaları daha güvenli ve sindirimi daha kolay hale getirir. Enzimler ayrıca fırıncılıkta, meyve suyu üretiminde, çikolatada, ve ilaç ve biyoteknoloji endüstrisinde de kullanılır.



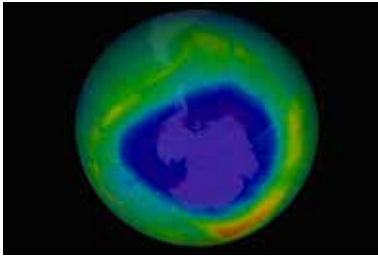
Resim 4.29 Enzimlerin endüstride uygulanması

Fotokatalitik Reaksiyonlar

Işık, fotokimyasal reaksiyonlar olarak adlandırılan bazı kimyasal reaksiyonlarda önemli bir rol oynayabilir. Bunlar, çoğunlukla güneş ışığı olmak üzere, ışığın etkisi altında gerçekleşen reaksiyonlardır. Bazı reaksiyonlarda, reaksiyonun başlaması için ışık gereklidir, diğerlerinde ise reaksiyonu hızlandırır. Işık, ışığı emen bir madde (fotokatalizör olarak adlandırılan) yardımıyla reaksiyonu hızlandığında, **fotokatalitik reaksiyonlardan** bahsediyoruz. Bu tür reaksiyonlarda ışık, reaksiyonun başlamasına ve ardından kendi kendine ilerlemesine izin verdiği için bir tür katalizör görevi görür.



Resim 4.30 Fotosentezde ışığın, suyun ve karbondioksitin rolü



Resim 4.31 Antarktika üzerindeki ozon deliğinin uydu görüntüsü

Bunun tipik bir örneği, klorofilin ışığı soğurarak karbondioksit ve sudan organik maddelerin üretilmesini sağladığı ve bu süreçte oksijen açığa çıkardığı *fotosentezdir*. Klorofil bu süreçte tüketilmez, aksine tepkimeye sürekli katılır; bu da katalizörlerin karakteristik bir özelliğidir.

Işık, güneş radyasyonunun etkisi altında gerçekleşen ozon tabakasıyla ilgili reaksiyonlar gibi atmosferdeki doğal süreçlerde de önemli bir rol oynar. Stratosferdeki *ozon tabakasının* tahribi büyük ölçüde klor ve brom içeren bileşiklerin, özellikle kloroflorokarbonların (CFC'ler) katalitik etkisiyle ilişkilidir. Ozon konsantrasyonundaki azalma, daha fazla zararlı UV radyasyonunun Dünya yüzeyine ulaşmasına izin verir ve bu da canlı organizmalar ve insan sağlığı için ciddi sonuçlar doğurur.

Ayrıca, fotokatalitik reaksiyonlar modern teknolojiye de kullanılmaktadır, örneğin: *hava ve sudaki kirleticileri parçalamak için*.

Düşün ve Cevapla:

- Katalitik konvertörler, zararlı gazları daha az zararlı gazlara dönüştürmek için arabalarda kullanılır.
 - Zehirli ve kirletici gazların emisyonunda azalmaya neden olan reaksiyonların denklemlerini yazın!
 - Metal katalizörler (platin, paladyum ve rodyum) neden genellikle seramik bir alt tabaka üzerine ince bir tabaka halinde uygulanır?
 - Bir katalitik konvertörün, araba motoru çalışma sıcaklığına ulaşana kadar neden genellikle verimli çalışmadığını araştırın!
 - Arabalarda katalitik konvertör kullanımının trafikten kaynaklanan hava kirliliği sorununu tamamen çözüp çözmediğini tartışın!
 - Çevreyi kirlilikten korumaya başka hangi yollarla katkıda bulunulabileceğini araştırın ve bu süreçlerde katalizörlerin rolünü belirtin!
- Mayadaki enzimler glikozun fermantasyonuna katılır. Sıcaklık 45 °C'ye yükseltildiğinde, oda sıcaklığında üretilen miktara kıyasla neden çok daha az miktarda etanol üretildiğini araştırın ve açıklayın!
- Fotokatalitik reaksiyonlara örnekler verin ve önemlerini açıklayın!

Tematik test

1. Monika ve Mila, Kalsiyum karbonat (mermer) ile hidroklorik asit arasındaki reaksiyonu incelediler. Hangi durumda reaksiyon en hızlı gerçekleşti?
- 1 g mermer parçası 20 °C’de 50 mL hidroklorik asit ile birlikte.
 - 1 g mermer tozu 20 °C’de 50 mL hidroklorik asit ile karıştırılır.
 - 1 g mermer parçası 30 °C’de 50 mL hidroklorik asit ile birlikte
 - 1 g mermer tozu 30 °C’de 50 mL hidroklorik asit ile karıştırılır.

5 p.

2. Aşağıdaki değişikliklerin kimyasal tepkime hızına ne gibi bir etki yapacağını gösteren doğru kombinasyonu daire içine alın:

<i>Katalizör eklenmesi</i>	<i>Sıcaklığı düşürmek</i>
Reaksiyonu hızlandırır	Reaksiyonu hızlandırır
Reaksiyonu hızlandırır	Reaksiyonu yavaşlatır
Reaksiyonu yavaşlatır	Reaksiyonu hızlandırır
Reaksiyonu yavaşlatır	Reaksiyonu yavaşlatır

5 p.

3. Katalizörün ve sıcaklığın çarpışma sayısı ve aktivasyon enerjisi üzerindeki etkisini gösteren doğru seçeneğin önündeki harfi daire içine alın!

<i>Katalizör eklenmesi</i>	<i>Sıcaklığı arttırmak</i>
a) Daha fazla çarpışma	Daha fazla çarpışma
b) Aktivasyon enerjisi azalır	Daha fazla çarpışma
c) Daha fazla çarpışma	Aktivasyon enerjisi artar
d) Aktivasyon enerjisi artar	Aktivasyon enerjisi azalır

5 p.

4. Katalizörlerin *iki* özelliğini söyleyin!

5 p.

5. Otomobillerde katalitik konvektörlerin rolünü açıklayın ve gerçekleşen reaksiyonların kimyasal denklemlerini yazın!

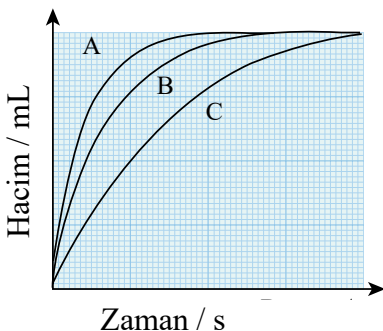
10 p.

6. Mattea, magnezyum ve sülfürik asit arasındaki reaksiyonun hızının sıcaklığa bağlılığını incelemek amacıyla bir deney yaptı. Reaksiyonu üç farklı sıcaklıkta gerçekleştirdi: 30 °C, 40 °C ve 50 °C.

I. Tepkimenin kimyasal denklemini yazın! Tepkimeye katılan tüm maddelerin hallerini, kimyasal sembollerin/formüllerin hemen ardından aşağıdaki sembolleri kullanarak belirtin: s – katı, l – sıvı, g – gaz ve aq – sulu çözelti!

II. Matea’nın sonuçlarının güvenilir olması için hangi faktörleri sabit tutması gerekir?

III. Elde ettiği sonuçları grafiksel olarak sundu .



50 °C’de gerçekleştirilen reaksiyona hangi eğri karşılık gelir?

- A eğrisi
- B eğrisi
- C eğrisi
- belirlemek için yeterli veri yok.

10 p.

7. Aşağıdaki termokimyasal denklemle temsil edilen reaksiyonun reaksiyon profilini, katalizörlü ve katalizörsüz olarak grafiksel olarak gösterin: $S(g) + O_2(g) = SO_2(g)$ $\Delta_r H = -296 \text{ kJ/mol}$.
- a) Katalizörsüz reaksiyonun reaktan ve ürünlerin konumlarını, aktifleşmiş kompleksin konumunu, aktivasyon enerjisini ve reaksiyon entalpisini etiketleyin!
- b) Katalizli reaksiyonun reaktan ve ürünlerin konumlarını, aktifleşmiş kompleksin konumunu, aktivasyon enerjisini ve reaksiyon entalpisini etiketleyin!
- c) Mikroskobik düzeyde katalizli bir reaksiyonun grafiksel gösteriminin neyi temsil ettiğini açıklayın!

30 p.

8. Azot monoksitin ayrışması sırasında, reaktan konsantrasyonu ilk 1200 saniyede $0,3 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ 'ten $0,2 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ 'e değişti. Reaksiyon hızı nedir? Kimyasal reaksiyonun denklemi $2NO(g) = N_2(g) + O_2(g)$ 'dir.

10 p.

9. Propanın yanması aşağıdaki kimyasal denklemle gösterilir:
 $C_3H_8(g) + 5O_2(g) = 3CO_2(g) + 4H_2O(g)$. Karbondioksit konsantrasyonunun değişim hızı $0,015 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}\cdot\text{s}^{-1}$ ise, aşağıdakileri belirleyin:
- a) reaksiyon hızı
- b) propan konsantrasyonunun değişim hızı

10 p.

10. Tersinir bir reaksiyonun sıcaklık katsayısı 3'tür. Reaksiyon 50°C sıcaklıkta 10 dakikada tamamlanmaktadır. Aynı reaksiyonun 30°C 'de tamamlanması ne kadar süreceğini hesaplayın!

10 p.

ÖZET

- Bir tepkime hızı, tepkimeyi bir bütün olarak tanımlayan ve tepkimedeki hangi reaktant veya ürün için hesaplandığına bağlı olmayan bir niceliktir. Tepkime hızının birimi $\text{mol}/(\text{dm}^3 \cdot \text{s})$ veya $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$ 'dir.
- Bir kimyasal reaksiyona katılan kişinin konsantrasyonundaki değişim oranı, reaksiyona katılan belirli bir katılımcının konsantrasyonundaki değişiklik ile konsantrasyonda böyle bir değişikliğin meydana gelmesi için gereken süre arasındaki oran olarak tanımlanır. Birimi $\text{mol}/(\text{dm}^3 \cdot \text{s})$ veya $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$ 'dir.
- Kimyasal reaksiyonların hızını etkileyen çeşitli faktörler vardır. Bunların en önemlileri şunlardır: maddelerin doğası, katı haldeki reaktantların yüzey alanı, reaktantların konsantrasyonu, sıcaklık ve katalizörler.
- Temas yüzeyinin artması, reaksiyon hızının artmasına yol açar.
- Reaktiflerin konsantrasyonunun artması reaksiyon hızını da artırır.
- Birçok kimyasal reaksiyonda sıcaklığın artması reaksiyon hızının artmasına neden olur.
- Tepkime hızı sabiti (k), belirli bir sıcaklıkta belirli bir tepkimenin hızını karakterize eden bir niceliktir. k değeri ne kadar yüksekse tepkime o kadar hızlıdır.
- Bir reaksiyonun sıcaklık katsayısı (γ), aynı reaksiyon için 10°C (veya 10 K) farkla belirlenen iki sıcaklıktaki hızların oranı olarak ifade edilir. Bir çok reaksiyon için γ 'nin sıcaklıktaki 10°C 'lik bir artışla iki ila dört kat arttığı deneysel olarak gösterilmiştir.
- Kimyasal reaksiyonların hızına konsantrasyon ve sıcaklığın etkisi, kimyasal kinetik teorileri olan çarpışma teorisi ve aktif kompleks teorisi kullanılarak açıklanabilir.
- Çarpışmanın etkili olabilmesi için, tepkimeye giren parçacıkların birbirlerine doğru şekilde yönelmiş olmaları ve yeterli enerjiye sahip olmaları gerekir.
- Aktifleşmiş kompleks, bir tür geçiş halidir ve kimyasal dönüşümün temel eylemine katılan ve reaktantları oluşturan tüm parçacıkları içerir.
- Kimyasal bir reaksiyonu başlatmak için gereken minimum enerji miktarına aktivasyon enerjisi denir. Bu miktar E_a ile gösterilir ve J/mol veya kJ/mol cinsinden ölçülür.
- Katalizörler, kimyasal reaksiyonu hızlandıran ancak kimyasal ve niceliksel olarak değişmeden kalan maddelerdir. Reaksiyonun aktivasyon enerjisini düşürerek reaksiyonun seyrini değiştirir.
- İnhibitörler, kimyasal reaksiyonu yavaşlatan ve bazı durumlarda tamamen durdurabilen maddelerdir.
- Katalizörlerin varlığında gerçekleşen reaksiyonlara katalitik reaksiyonlar, olayın kendisine ise kataliz denir.
- Heterojen katalizde, katalizör ve reaktantlar farklı fazlardadır, yani heterojen bir sistem oluştururlar. Homojen katalizde ise katalizör ve reaktantlar aynı fazdadır, genellikle gaz fazında veya çözelti halindedirler.
- Otokatalitik reaksiyonlarda, reaksiyonun ürünlerinden biri katalizör görevi görerek reaksiyonu hızlandırır.
- Katalizörlerin endüstride geniş uygulama alanları vardır.
- Enzimler (veya fermentler), canlı organizmalardaki kimyasal reaksiyonların çok daha hızlı ve hafif koşullar altında gerçekleşmesini sağlayan biyokatalizörlerdir.
- Işık, ışığı emen bir madde (fotokatalizör olarak adlandırılan) yardımıyla bir reaksiyonu hızlandırdığında fotokatalitik reaksiyonlardan bahsediyoruz. Bu tür reaksiyonlarda ışık, reaksiyonun başlamasına ve ardından kendi kendine devam etmesine olanak sağlandığı için bir tür katalizör görevi görür.

5. KİMYASAL DENGİ

Bu konuyu inceledikten sonra şunları yapabileceksiniz:

- Kimyasal denge oluşumunu ve kimyasal dengenin dinamik doğasını açıklayabileceksiniz, ayrıca tersinir ve tersinmez kimyasal tepkimelerdeki kimyasal denge durumları ile homojen ve heterojen denge arasındaki farkları belirtebileceksiniz;
- Çeşitli kimyasal tepkimeler için girenlerin ve ürünlerin denge derişimlerine dayalı kimyasal denge sabiti ifadesini oluşturmak ve diğerini uygun birimde hesaplamak;
- Girenlerin ve ürünlerin derişimindeki, sıcaklıktaki ve basınçtaki değişimlerin kimyasal denge üzerindeki etkisini açıklayın ve Le Chatelier-Braun ilkesini uygulayarak kimyasal dengenin kayma yönünü belirleyebileceksiniz.



İÇİNDEKİLER:

- 5.1 Kimyasal Denge
- 5.2 Kimyasal Denge Sabiti
- 5.3 Kimyasal Dengenin Kayması

5. 1 KİMYASAL DENGE

KİMYASAL DENGE

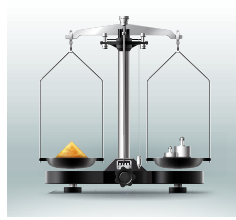
Denge kavramı günlük hayatta sıklıkla kullanılır. İki çocuk tahterevallide oturduğunda ve tahterevalli hareketsiz kaldığında veya iki kefeli bir terazide her iki tarafta da eşit kütle görüldüğünde, sistemin dengede olduğu söylenir. Bu durumlarda, durum zamanla değişmez ve gözle görülür bir şey olmaz. Buna **statik denge denir** ve bu kavram fizikte zaten incelenmiştir. Ancak kimyada denge farklı bir anlama gelir. Kimyasal reaksiyonlar iki zıt yönde gerçekleşebilir ve sistem değişmemiş gibi görünse bile, mikroskobik düzeyde sürekli değişiklikler meydana gelir. Bu duruma **dinamik denge denir**. İnsanların sürekli olarak her iki yönde hareket ettiği bir föniküler veya yürüyen merdivenle karşılaştırılabilir. İnsanların her iki yöndeki hareket hızı eşitse, belirli bir anda föniküler veya yürüyen merdivenin bir ve diğer tarafındaki toplam insan sayısı aynı kalır. Benzer şekilde, kimyasal dengede, **reaktan ve ürün parçacıkları sürekli olarak aynı hızda birbirine dönüşür, bu nedenle sistemin bileşimi değişmeden kalır**.

Terimler:

kimyasal denge, kimyasal dengenin dinamik karakteri, homojen denge, heterojen denge.



a



b



c

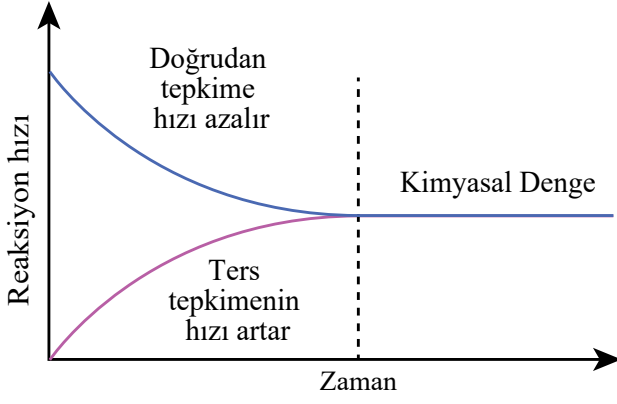


d

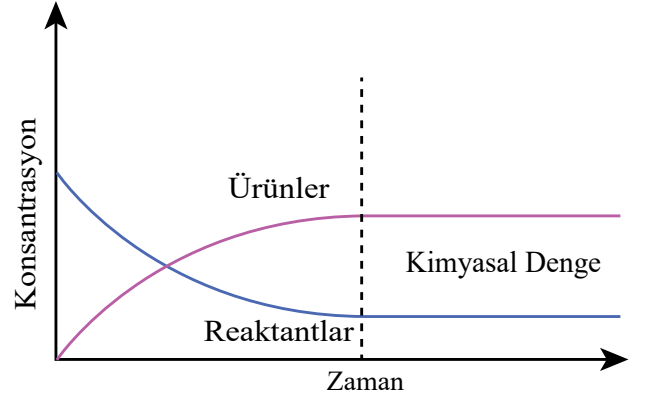
Resim 5.1 Statik (a, b) ve dinamik (c, d) dengenin benzetimi

Kimyasal bir reaksiyonun başlangıcında, reaksiyon sisteminde yalnızca reaktifler bulunuyorsa, reaktif parçacıklarının dönüşümü gerçekleşir ve bu sırada ürün parçacıkları oluşmaya başlar. Bu noktada, reaktiflerden ürünlere doğru **doğrudan reaksiyon** gerçekleşmektedir. Sistemde ürün parçacıkları da bulunduğunda, **ters reaksiyon** gerçekleşmeye başlar, yani ürün parçacıkları reaktif parçacıklarına dönüşmeye başlar. Dolayısıyla, kimyasal bir reaksiyon sırasında reaktif miktarı azalır ve ürün miktarı artar. Bir noktada, doğrudan ve ters reaksiyonların hızları eşitlenir ve **kimyasal denge** durumu kurulur.

Hem ileri hem de geri tepkimeler eş zamanlı olarak gerçekleşmeye devam etse de, girenlerin ve ürünlerin miktarları (ve dolayısıyla derişimleri) artık değişmez ve makroskobik düzeyde sistemin bileşiminde herhangi bir değişiklik gözlenmez. Ancak mikroskobik düzeyde kimyasal dönüşümler sürekli olarak gerçekleşmektedir; bu nedenle kimyasal dengenin doğası gereği dinamik olduğu ifade edilir.



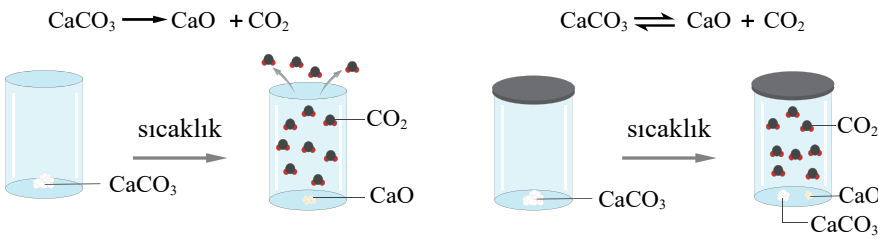
Resim 5.2 Başlangıçta ileri tepkimenin hızı daha yüksektir, ancak zamanla ürün miktarı arttıkça ters tepkime de hızlanır. Bir noktada sistem dengeye ulaşır ve bu noktada ileri ve ters tepkimelerin hızları eşitlenir.



Resim 5.3 Kimyasal bir reaksiyon sırasında, reaktiflerin konsantrasyonu azalır ve ürünlerin konsantrasyonu artar. Dengeye ulaşıldığında, reaktiflerin ve ürünlerin konsantrasyonları zaman içinde sabit kalır.

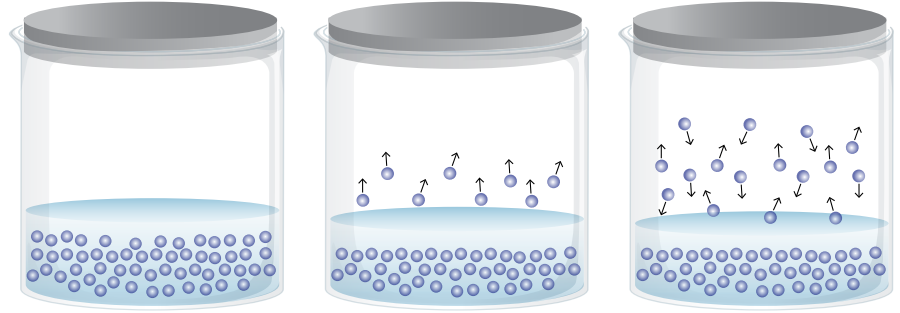
Kesin olarak söylemek gerekirse, kimyasal denge hem geri dönüşümsüz hem de geri dönüşümlü reaksiyonlarda kurulur. *Geri dönüşümsüz* reaksiyonlar, reaksiyon sistemindeki reaktanlardan en az birinin varlığı tespit edilene kadar devam eder. Daha sonra, kimyasal bir denge durumu kurulur ve reaktan ve ürün miktarları sabit kalır. Ancak bu durumda, denge karışımına ürünler hakim olurken, reaktan miktarı ihmal edilebilir derecede küçüktür. Bu nedenle, geri dönüşümsüz reaksiyonların tamamlandığı söylenir. Bu tür reaksiyonlara örnek olarak, çökelme, gaz veya zayıf ayrışmış bileşik oluşan yanma reaksiyonları ve iyonik reaksiyonlar verilebilir. *Geri dönüşümlü* reaksiyonlarda, denge karışımında tüm reaktan ve ürünlerin ölçülebilir miktarları bulunur. Reaktan parçacıkları ile ürün parçacıkları arasında kurulan denge, miktarlarının sabit kalmasını sağlar.

Denge durumunda reaktif ve ürün miktarlarının değişmemesi, bunların birbirine eşit olduğu anlamına gelmediğini belirtmek önemlidir.



Resim 5.4 Kapalı bir sistemde denge sağlanabilir. Kireçtaşı ayrıştığında, açık bir sistemde karbondioksit kaptan dışarı çıkar ve reaksiyon tamamlanır (a). Kapalı bir sistemde karbondioksit sistemde bulunur ve denge kurulur (b).

Kimyasal denge söz konusu olduğunda, reaktifler ve ürünler farklı maddelerdir. Bununla birlikte, denge fiziksel süreçlerde de kurulabilir. Örneğin, su oda sıcaklığında kapalı bir kapta bekletilirse, sıvının yüzey tabakasındaki su molekülleri sıvıyı terk ederek gaz fazına geçer (buharlaşma adı verilen bir süreç gerçekleşir). Kapalı bir sistem olduğu için, su molekülleri sistemi terk edemez, bu nedenle gaz fazındaki konsantrasyonları zamanla artar ve yoğunlaşma adı verilen bir süreç başlar. Bir noktada, yoğunlaşma hızı buharlaşma hızına eşit olur, bu nedenle sıvı su ve su buharı miktarları artık değişmez. Sistem dengeye ulaşmıştır. Mikroskobik düzeyde, sıvıyı terk eden molekül sayısı, sıvı faza geri dönen molekül sayısına eşittir.



Resim 5.5 Kapalı bir sistemde fiziksel süreçlerde denge

Özetle, denge halindeki sistemler için aşağıdaki ortak özellikler sıralanabilir:

- 1) Denge dinamiktir. Reaksiyon durmaz, ancak ileri ve geri reaksiyonlar aynı hızda ilerler.
- 2) Denge kapalı bir sistemde kurulur. Kapalı bir sistemde, çevreyle madde alışverişi olmaz, bu nedenle reaktantlardan ürünlere ve ürünlerden reaktantlara dönüşümler mümkündür.
- 3) Denge durumunda, reaktan ve ürün miktarları sabit kalır. Reaktanlar ve ürünler aynı hızda tüketilir ve oluşturulur.
- 4) Denge, sistemde gözle görülür makroskopik bir değişiklik olmaz. Maddelerin makroskopik özellikleri (örneğin, renk ve yoğunluk) değişmez, çünkü bunlar denge karışımındaki bileşen miktarına bağlıdır. Bununla birlikte, mikroskopik düzeyde, kimyasal dönüşümler sürekli olarak meydana gelir.
- 5) Denge, reaksiyonun her iki yönünde de sağlanabilir. Aynı koşullar altında, yalnızca reaktanlarla, yalnızca ürünlerle veya reaktan ve ürün karışımıyla başlanırsa aynı denge karışımı elde edilir.

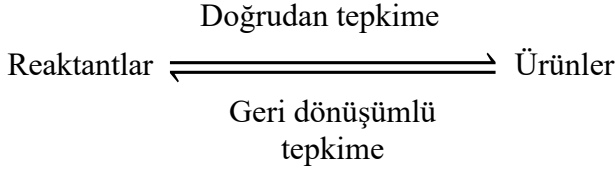


Düşün ve Cevapla:

- Kimyasal denge hakkında aşağıdaki ifadelerden hangileri doğrudur?
 - İleri ve geri reaksiyonlar devam eder.
 - İleri ve geri reaksiyonların hızları eşittir.
 - Reaktiflerin ve ürünlerin konsantrasyonları eşittir.
 - i ve ii
 - i ve iii
 - ii ve iii
 - i, ii ve iii
- Sabit sıcaklıkta denge halindeki buz ve sıvı su karışımı hakkında aşağıdaki ifadelerin doğruluğunu değerlendirin?
 - Erime hızı donma hızına eşittir.
 - Sistemde gözle görülür bir değişiklik yoktur.
 - Sıvı su ve buz miktarları eşittir.
 - Suyu soğutarak veya buzı ısıtarak aynı denge durumuna ulaşılır.

KİMYASAL DENGİ DURUMUNDAKİ KİMYASAL TEPKİMELERİN GÖSTERİMİ

Denge halindeki bir kimyasal sistemi temsil eden kimyasal denklemler yazılırken, çift yarım ok ($\rightleftharpoons$) kullanılır. Sağa doğru yönelen yarım ok ileri tepkimeyi (reaktiflerin ürünlere dönüşümü), sola doğru yönelen yarım ok ise ters tepkimeyi (ürünlerin reaktiflere dönüşümü) temsil eder.

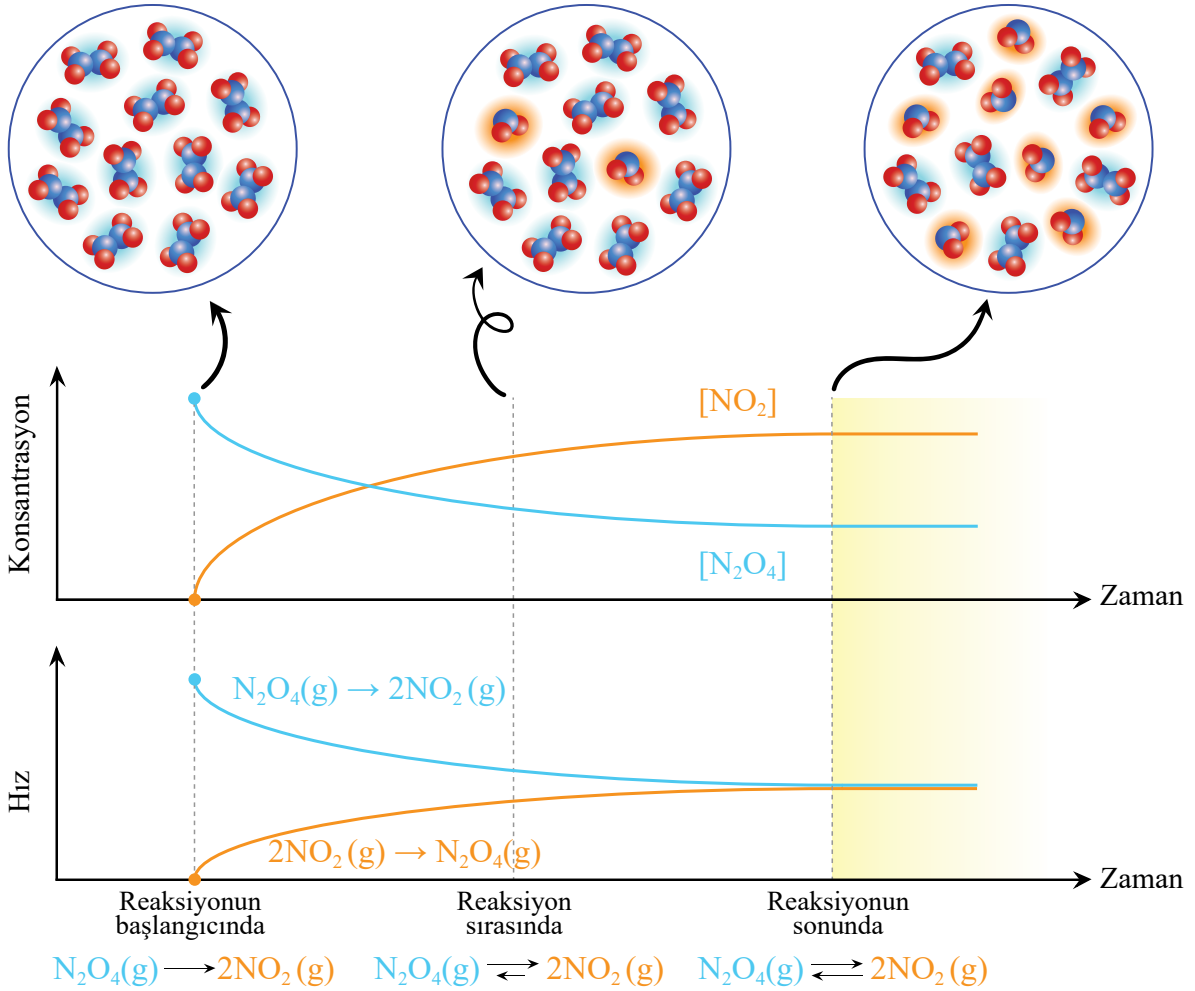
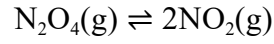


Bazen reaksiyonlar, okların eşit olmayan uzunluklara sahip olduğu denklemlerle temsil edilir. Bu gösterim, dengenin konumunu, yani hangi katılımcıların denge karışımında daha yüksek konsantrasyonda bulunduğunu niteliksel olarak gösterir.

İleri reaksiyonu gösteren ok daha uzunsa, bu, ürünlerin dengede daha yüksek konsantrasyonda bulunduğu anlamına gelir. Genellikle böyle bir durumda, ileri reaksiyonun tercih edildiği söylenir. Tersine, ters reaksiyonu gösteren ok daha uzunsa, reaktifler daha yüksek konsantrasyonda bulunur (ters reaksiyon tercih edilir). Her iki durumda da ileri ve ters reaksiyonların aynı hızda ilerlediği, bunun kimyasal dengenin temel bir özelliği olduğu akılda tutulmalıdır.



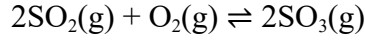
Azot dioksit (NO_2) ve dinitrojen tetroksit (N_2O_4) içeren reaksiyonun seyri, azot dioksit koyu kahverengi bir gaz, dinitrojen tetroksit ise renksiz olduğu için kolayca takip edilebilir. Başlangıçta sistemde sadece dinitrojen tetroksit bulunuyorsa, renklenme gözlenmez. Ancak, azot dioksit molekülleri oluşmaya başlar başlamaz, kahverengi bir renklenme ortaya çıkar. Denge kurulana kadar renk giderek yoğunlaşır. Bu noktada, reaksiyon sisteminde hem dinitrojen tetraoksit hem de azot dioksit ölçülebilir miktarlarda bulunur. Bundan sonra, iki gazın konsantrasyonları sabit kaldığı için renk değişimi olmaz. Renk değişimi olmamasına rağmen, dengede dinitrojen tetraoksitin azot dioksite ve azot dioksitin dinitrojen tetraoksite dönüşümü hala gerçekleşmektedir, ancak ileri ve geri reaksiyonların hızları eşittir. Bu geri reaksiyon şu şekilde yazılabilir:



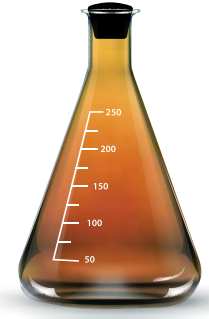
Resim 5.6 Dinitrojen tetraoksit ve azot dioksit arasında dinamik bir denge kurulması

Azot dioksit başlangıç noktası olarak kullanıldığında da dengeye ulaşılabilir. Başlangıçta renk koyu kahverengidir ve azot dioksit molekülleri birleşip azot tetroksit moleküllerine dönüşmeye başladıkça, denge kurulana kadar renk solmaya başlar. Bu iki gazın karışımı başlangıç noktası olarak kullanıldığında da dengeye ulaşılabilir.

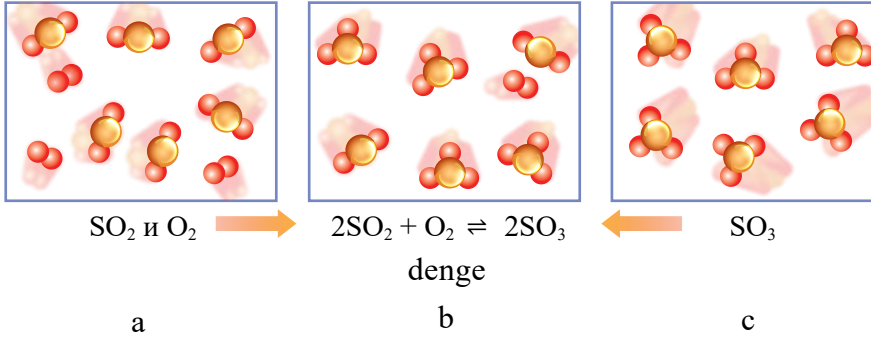
Tersinir bir tepkimeye başka bir örnek de kükürt dioksit ile oksijen arasındaki tepkimedir; bu tepkime sonucunda kükürt trioksit oluşur.



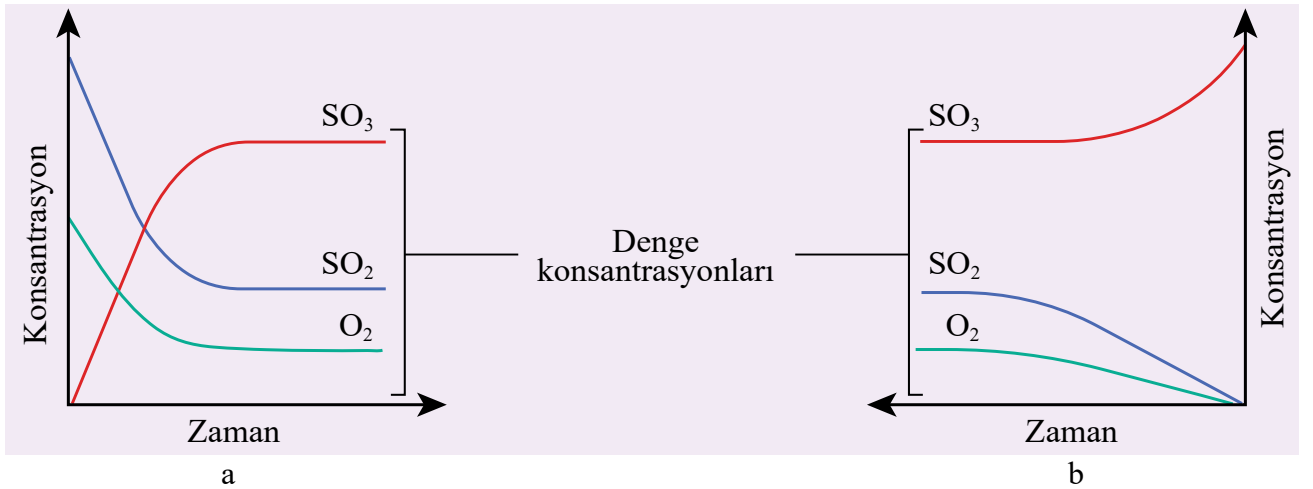
Kükürt dioksit ve oksijenle başlarsak, bunlar birbirleriyle tepkimeye girer ve başlangıçta sadece doğrudan tepkime gerçekleşir. Ters tepkimenin hızı sıfırdır, çünkü henüz kükürt trioksit oluşmamıştır; bu da kükürt dioksit ve oksijene ayrışır. Kükürt trioksit konsantrasyonu arttıkça, ters tepkimenin hızı da artar. Öte yandan, kükürt dioksit ve oksijen tüketildiği için doğrudan tepkimenin hızı azalır. Bir noktada, doğrudan ve ters tepkimelerin hızları eşitlenir ve kimyasal denge kurulur.



Resim 5.7 NO₂ ve N₂O₄'ten oluşan denge karışımı



Resim 5.8 Kükürt dioksit molekülleri oksijen molekülleriyle reaksiyona girer (a). Kükürt trioksit molekülleri kükürt dioksit ve oksijen moleküllerine ayrışır (c). Denge durumunda, her üç molekül türü de mevcuttur (b).



Resim 5.9 Denge karışımının bileşimi, başlangıçta yalnızca kükürt dioksit ve oksijen (a) veya yalnızca kükürt trioksit (b) mevcut olsa da aynıdır.



HAYDİ KEŞFEDELİM



Resim 5.10 Potasyum dikromat ve potasyum kromat çözeltileri

Kimyasal dengenin incelenmesi

Gerekli ekipman ve maddeler: iki adet 100 mL'lik beher, potasyum kromat ve hidroklorik asidin seyreltik sulu çözeltileri, dereceli silindir, pipet veya damlalık, laboratuvar önlüğü, güvenlik gözlüğü ve eldiven.

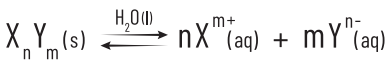
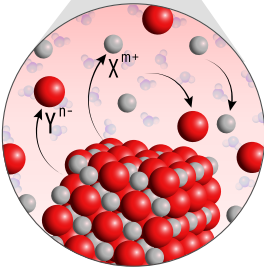
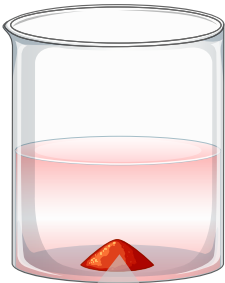
İşlem: Dereceli silindir kullanarak, iki behere yaklaşık 30 mL potasyum kromat çözeltisi koyun. Çözeltinin rengi nedir? Ardından, bir pipet kullanarak, çözeltinin rengi değişene kadar hidroklorik asit çözeltisi ekleyin. Çözeltinin rengi şimdi nedir? Son olarak, elde edilen çözeltiye saf su ekleyin. Ne gözlemliyorsunuz?

Potasyum kromatın hidroklorik asit ile tepkimesi, tersinir bir tepkimeye örnektir. Hidroklorik asit çözeltisi eklendiğinde, çözeltinin rengi sarıdan turuncuya döner. Bu durum, asidik ortamın kromat iyonlarının (sarı çözelti) tüketilmesini ve dikromat iyonlarının (turuncu çözelti) oluşmasını desteklediğini gösterir. Dikromat çözeltisine su eklendiğinde, tepkime kromat iyonlarının oluşumu yönünde ilerler ve çözeltinin sarı rengi tekrar ortaya çıkar.



Sarı çözelti

turuncu çözelti



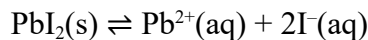
Resim 5.11 Bir çökelti ile onun doymuş çözeltisi arasındaki denge

Kimyasal bir dengedeki tüm katılımcılar aynı agregasyon durumundaysa (daha doğrusu aynı fazdaysa), **homojen dengeden** bahsederiz. Buna örnek olarak azot dioksit ve dinitrojen tetraoksit arasında kurulan denge verilebilir.

Öte yandan, reaksiyona katılan maddelerin agregasyon durumları farklıysa, **heterojen denge** oluşur. Örneğin, kapalı bir kapta kalsiyum karbonat ısıtıldığında, aşağıdaki kimyasal denklemle gösterilen bir denge oluşur:



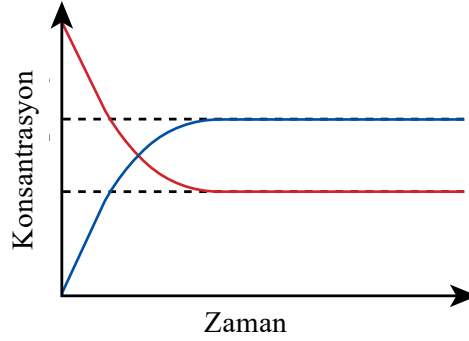
Heterojen dengeye bir diğer örnek, az çözünen bir bileşik (çökelek) ve onun doymuş çözeltisini içeren bir sistemdir. Maddenin çözünen kısmının ayrışması sonucu oluşan iyonlar, doymuş çözelti içinde bulunur. Bu sistemde, çökelekten kopan taneciklerin çözeltiye geçtiği ve aynı anda ve eşit hızda çözeltideki iyonların yeniden birleşerek çökelek oluşturduğu dinamik bir denge kurulur.





Düşün ve Cevapla:

- Aşağıdaki kimyasal reaksiyonların denge halindeki tanımlarını uygun kimyasal denklemlerle verin ve hangi durumlarda homojen, hangi durumlarda heterojen denge olduğunu belirtin:
 - Katı sodyum hidrojen karbonat ısıtıldığında sodyum karbonat, karbondioksit ve su buharı oluşur.
 - Hidrojen ve klor birleştiğinde hidrojen klorür oluşur.
 - Sulu çözeltide asetik asit hidrojen ve asetat iyonlarına ayrışır.
 - Su buharı karbona etki ettiğinde karbonmonoksit ve hidrojen elde edilir.
 - Gümüş sülfat çökeltisi, bu tuzun doymuş çözeltisinde bulunan iyonlarla denge halindedir.
- Aşağıdaki grafik, başlangıçta yalnızca hidrojen ve iyot bulunan bir tepkimedeyse, reaktanların ve ürünlerin derişimlerinin zamana bağlı değişimini göstermektedir. Kırmızı eğri, gaz hâlindeki hidrojen ile gaz hâlindeki iyodun gaz hâlindeki hidrojen iyodüre dönüşümünü; mavi eğri ise ters tepkimeyi göstermektedir.
 - Aynı tepkime için, aynı koşullarda, başlangıçta yalnızca hidrojen iyodür bulunması durumunda derişimlerin zamana bağlı değişimini grafik üzerinde gösteriniz.
 - Bu tepkime homojen mi yoksa heterojen bir dengeye mi örnektir?

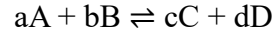


5.2 KİMYASAL DENGESABİTİ

KİMYASAL DENGESABİTİ

Kimyasal reaksiyonların özünde, reaktantların istenen ürünlere dönüşümü yer alır. Kimyagerler genellikle, bu reaktantların mümkün olduğunca büyük bir kısmını ürünlere dönüştürmeyi hedefler. Reaktantların ürünlere dönüşme derecesi, denge sabitinin sayısal değeri ile ifade edilir.

Genel olarak, A ve B reaktantlarının C ve D ürünlerini oluşturmak üzere tepkimeye girdiği tersinir tepkime, dengede aşağıdaki genel kimyasal denklemle gösterilebilir:



Denge kurulduktan sonra, koşullar aynı kaldığı sürece A, B, C ve D'nin konsantrasyonları artık değişmez. Bu, denge konsantrasyonlarının oranının da sabit kalacağı anlamına gelir. Denge konsantrasyonları kullanılarak, kimyasal denge sabiti şu şekilde tanımlanır:

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

Dolayısıyla, **kimyasal denge sabiti**, ürünlerin denge konsantrasyonlarının çarpımının, reaktantların denge konsantrasyonlarının çarpımına oranıdır; her biri ilgili stokiyometrik katsayı ile ölçeklendirilmiştir. Köşeli parantezler, bunların **denge konsantrasyonları** olduğunu, yani reaktantların ve ürünlerin denge anında ulaştığı konsantrasyonlar olduğunu belirtmek için kullanılır. Bu sabit, katılımcıların başlangıç konsantrasyonlarına bağlı değildir.

Bu ifade 1864 yılında Norveçli kimyagerler Guldberg ve Waage tarafından formüle edilmiş olup kütlelerin etkisi yasası için matematiksel bir ifadeyi temsil etmektedir.

Denge durumunda, ileri ve geri tepkimelerin hızları eşittir. Kimyasal bir tepkimenin hızı sıcaklığa bağlı olduğundan, kimyasal denge sabiti de sıcaklığa bağlıdır. Değeri yalnızca belirli bir sıcaklıkta sabittir.

Belirli bir denge sistemi için K_c 'nin sayısal değeri deneysel olarak elde edilir. Belirli bir sıcaklıkta belirli bir reaksiyon için K_c değeri, reaktantların ürünlere ne ölçüde dönüştüğünü gösterir. K_c değeri küçükse, denge kurulmadan önce doğrudan reaksiyon çok az bir ölçüde ilerlemiştir ve denge karışımına reaktantlar hakimdir. K_c 'nin büyük bir değeri, denge anında reaksiyon sisteminde reaktantlardan daha fazla ürün olduğunu, yani doğrudan reaksiyonun daha büyük ölçüde ilerlediğini gösterir.

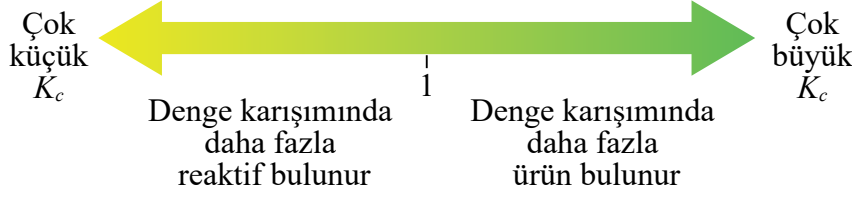
Terimler:

kimyasal denge sabiti, denge nicel konsantrasyonu

Ters tepkimenin denklemi ters yönde yazılırsa, denge sabiti orjinal denge sabitinin tersi olur.

Denge sabiti, kimyasal denklemin nasıl dengelendiğine bağlıdır.

K_c değeri, reaksiyonun gerçekleşme hızı veya dengenin kurulma hızı hakkında bilgi vermez, yalnızca denge karışımının niteliği hakkında bilgi verir.



K_c değeri

$$K_c \ll 1$$

$$K_c < 1$$

$$K_c \approx 1$$

$$K_c > 1$$

$$K_c \gg 1$$

Reaksiyonun ilerleme derecesi

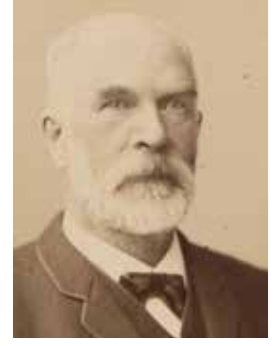
Tepkime neredeyse hiç gerçekleşmiyor.

Denge karışımında daha fazla giren madde bulunur.

Denge karışımında hem reaktanların hem de ürünlerin önemli miktarları mevcuttur.

Denge karışımında daha fazla miktarda ürün bulunur.

Tepkime neredeyse tamamlanana kadar ilerler.



Resim 5.12 Kato Guldberg (Cato Maximilian Guldberg, 1836 – 1902)



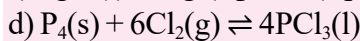
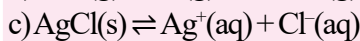
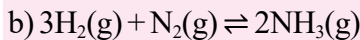
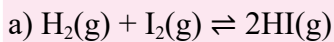
Resim 5.13 Peter Vare (Peter Waage, 1833 – 1900)

K_c ifadesi, yalnızca derişimleri gerçekten değışebilen maddelerin derişimlerini içerir. Bu durum, derişimleri pratik olarak değışmeden kaldığı için saf katıların ve sıvıların ifadenin dışında tutulduğu anlamına gelir.

Belirli bir tepkime için denge sabitinin birimi, kimyasal denklemde yer alan türlerin stokiyometrik katsayılarına bağlıdır. Girenlerin stokiyometrik katsayılarının toplamı, ürünlerin stokiyometrik katsayılarının toplamına eşit olduğunda, K_c boyutsuz bir nicelik olur.

Örnek 5.1.

Aşağıdaki kimyasal denklemlerle gösterilen tepkimeler için kimyasal denge sabitini, girenlerin ve ürünlerin denge molar derişimleri cinsinden ifade edin ve birimlerini belirleyin:



Çözüm:

a) K_c ifadesine göre, pay ürünü (HI) konsantrasyonunun stokiyometrik katsayıya (2) yükseltilmiş halidir. Payda ise, her biri ilgili stokiyometrik katsayıya (bu durumda katsayılar 1'dir) yükseltilmiş reaktantların konsantrasyonlarının çarpımıdır. Bu nedenle K_c ifadesi şöyledir:

$$K_c = \frac{[\text{c}(\text{HI})]^2}{[\text{c}(\text{H}_2)] \cdot [\text{c}(\text{I}_2)]}$$

Denklemdaki HI'nın önündeki katsayı 2'dir
Denklemdaki H₂'nin önündeki katsayı 1'dir
Denklemdaki I₂'nin önündeki katsayı 1'dir

Bu ifadeye dayanarak K_c 'nin ölçüldüğü birim aşağıdaki gibi türetilir:

$$\frac{[\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}]^2}{[\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}] \cdot [\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}]} = \frac{[\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}]^2}{[\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}]^2} = 1$$

$$\text{veya} \quad \frac{[\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}]^2}{[\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}] \cdot [\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}]} = \frac{[\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}]^2}{[\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}]^2} = 1$$

Dolayısıyla K_c boyutsuz bir niceliktir.

Benzer şekilde ilerleyerek, diğİer reaksiyonlar için K_c ifadeleri yazılabilir ve uygun birimler belirlenebilir. Saf katı ve sıvıların konsantrasyonlarının K_c ifadelerinde yer almadığına dikkat edilmelidir.

$$b) \quad K_c = \frac{[c(\text{NH}_3)]^2}{[c(\text{H}_2)]^3 \cdot [c(\text{N}_2)]}$$

$$\frac{[\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}]^2}{[\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}]^3 \cdot [\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}]} = \frac{[\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}]^2}{[\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}]^4} = \frac{1}{[\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}]^2}$$

$$= \frac{1}{\text{mol}^2 \cdot \text{dm}^{-6}} = \text{dm}^6 \cdot \text{mol}^{-2} = \text{L}^2 \cdot \text{mol}^{-2}$$

$$c) \quad K_c = \frac{[c(\text{Ag}^+)] \cdot [c(\text{Cl}^-)]}{[c(\text{AgCl})]} = [c(\text{Ag}^+)] \cdot [c(\text{Cl}^-)]$$

$$[\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}] \cdot [\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}] = [\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}]^2 = \text{mol}^2 \cdot \text{dm}^{-6} = \text{mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}$$

$$d) \quad K_c = \frac{[c(\text{PCl}_3)]^4}{[c(\text{P}_4)] \cdot [c(\text{Cl}_2)]^6} = \frac{1}{[c(\text{Cl}_2)]^6}$$

$$\frac{1}{[\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}]^6} = \frac{1}{\text{mol}^6 \cdot \text{dm}^{-18}} = \text{dm}^{18} \cdot \text{mol}^{-6} = \text{L}^6 \cdot \text{mol}^{-6}$$

Düşün ve Cevapla:

1. Belirli bir sıcaklıkta dengeye ulaşıldığı anda tepkime denklemi $\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}(\text{g})$ ve bu sıcaklıktaki denge sabiti $2,7 \cdot 10^{-18}$. Denge karışımında daha fazla reaktif mi yoksa ürün mü vardır?
2. Aşağıdaki kimyasal denklemlerle yazılan reaksiyonlar için kimyasal denge sabitinin ifadelerini katılımcıların denge halindeki kantitatif konsantrasyonları aracılığıyla temsil edin ve birimlerini belirleyin:
 - a) $2\text{N}_2\text{O}_5(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{NO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$
 - b) $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$
 - c) $\text{HF}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{F}^-(\text{aq})$
 - d) $2\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g})$
3. Denge sabiti ifadesine dayanarak, tüm katılımcıların toplam hallerini belirterek reaksiyonun dengelenmiş kimyasal denklemini yazın!

$$K_c = \frac{[c(\text{CO})] \cdot [c(\text{H}_2)]^3}{[c(\text{CH}_4)] \cdot [c(\text{H}_2\text{O})]}$$

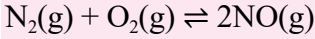


KİMYASAL DENGİ SABİTLERİNİ İÇEREN KİMYASAL HESAPLAMALAR

Kimyasal denge durumu, reaktantların denge konsantrasyonları ile tanımlanabilir. Bu konsantrasyonlar biliniyorsa, belirli bir sıcaklıkta belirli bir reaksiyon için karakteristik olan kimyasal denge sabitinin değeri hesaplanabilir. Değeri belirlendikten sonra, bilinmeyen denge konsantrasyonlarını hesaplamak ve denge karışımının bileşimini tahmin etmek için kullanılabilir. Denge sabitinin yalnızca belirli bir sıcaklıkta sabit bir değere sahip olduğu ve sıcaklık değişimine bağlı olarak değerinin değiştiği vurgulanmalıdır.

Örnek 5.2.

1500 K'deki denge karışımı, nicel konsantrasyonları sırasıyla $6,4 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, $1,7 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ve $1,1 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ olan azot, oksijen ve azot monoksitten oluşmaktadır. Kimyasal denklemlerle gösterilen reaksiyon için bu sıcaklıktaki denge sabitini hesaplayın.



Verilenler:

$$[c(\text{N}_2)] = 6,4 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$[c(\text{O}_2)] = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$[c(\text{NO})] = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

Aranılan:

$$K_c = ?$$

Çözüm:

Tepkimeye katılan tüm maddelerin denge halindeki nicel konsantrasyonları verildiğinden, bunları denge sabiti ifadesine yerleştirmek yeterlidir.

$$K_c = \frac{[c(\text{NO})]^2}{[c(\text{N}_2)] \cdot [c(\text{O}_2)]}$$

$$K_c = \frac{[1,1 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}]^2}{[6,4 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}] \cdot [1,7 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}]}$$

$$K_c = 0,111 \cdot 10^{-4} = 1,11 \cdot 10^{-5}$$

Örnek 5.3.

298 K sıcaklıkta, $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$ kimyasal denklemlerle temsil edilen bir denge kurulmuştur. 10 L hacimli bir kapta, dengede 2 mol N_2O_4 ve 0,344 mol NO_2 bulunmaktadır. Denge sabitini hesaplayınız!

Verilenler:

$$V = 10 \text{ L}$$

$$n(\text{N}_2\text{O}_4) = 2 \text{ mol}$$

$$n(\text{NO}_2) = 0,344 \text{ mol}$$

Aranılan:

$$K_c = ?$$

Çözüm:

Tepkimeye katılan maddelerin denge halindeki kantitatif konsantrasyonları bilinmemektedir, ancak miktarları kullanılarak hesaplanabilirler.

$$[c(\text{N}_2\text{O}_4)] = \frac{n(\text{N}_2\text{O}_4)}{V} = \frac{2 \text{ mol}}{10 \text{ L}} = 0,2 \text{ mol/L}$$

$$[c(\text{NO}_2)] = \frac{n(\text{NO}_2)}{V} = \frac{0,344 \text{ mol}}{10 \text{ L}} = 0,0344 \text{ mol/L}$$

Daha sonra bu değerler K_c ifadesine yerleştirilir.

$$K_c = \frac{[c(\text{NO}_2)]^2}{[c(\text{N}_2\text{O}_4)]} = \frac{[0,0344 \text{ mol/L}]^2}{0,2 \text{ mol/L}} = 5,9 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

Örnek 5.4.

600 °C'de, $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$ kimyasal denklemiyle gösterilen denge durumunda, 5 L hacimli bir kapta dengede 2,56 g SO_2 , 0,96 g O_2 ve 6,4 g SO_3 bulunmaktadır. Denge sabitini hesaplayınız!

Verilenler:

$$m(\text{SO}_2) = 2,56 \text{ g}$$

$$m(\text{O}_2) = 0,96 \text{ g}$$

$$m(\text{SO}_3) = 6,4 \text{ g}$$

$$V = 5 \text{ L}$$

Aranılan:

$$K_c = ?$$

Çözüm:

Bu durumda, reaksiyona katılanların kütleleri verildiğinden, öncelikle molar kütleler ve karşılık gelen konsantrasyonlar hesaplanmalı ve daha sonra bunlar K_c ifadesine yerleştirilmelidir.

$$M_r(\text{SO}_2) = 32 + 2 \cdot 16 = 64$$

$$M_r(\text{O}_2) = 2 \cdot 16 = 32$$

$$M_r(\text{SO}_3) = 32 + 3 \cdot 16 = 80$$

$$[c(\text{SO}_2)] = \frac{n(\text{SO}_2)}{V} = \frac{m(\text{SO}_2)}{M(\text{SO}_2) \cdot V} = \frac{2,56 \text{ g}}{64 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 5 \text{ L}} = 0,008 \text{ mol/L}$$

$$[c(\text{O}_2)] = \frac{n(\text{O}_2)}{V} = \frac{m(\text{O}_2)}{M(\text{O}_2) \cdot V} = \frac{0,96 \text{ g}}{32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 5 \text{ L}} = 0,006 \text{ mol/L}$$

$$[c(\text{SO}_3)] = \frac{n(\text{SO}_3)}{V} = \frac{m(\text{SO}_3)}{M(\text{SO}_3) \cdot V} = \frac{6,4 \text{ g}}{80 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 5 \text{ L}} = 0,016 \text{ mol/L}$$

$$K_c = \frac{[c(\text{SO}_3)]^2}{[c(\text{O}_2)] \cdot [c(\text{SO}_2)]^2} = \frac{[0,016 \text{ mol/L}]^2}{[0,006 \text{ mol/L}] \cdot [0,008 \text{ mol/L}]^2}$$

$$K_c = 667 \text{ L/mol}$$

Örnek 5.5.

Denge karışımı hidrojen, iyot ve hidrojen iyodürden oluşmaktadır. Hidrojen ve iyotun konsantrasyonları eşittir ve $0,015 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 'tür.

425 °C'de $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$ denklemiyle temsil edilen reaksiyonun denge sabiti 54,34 ise, hidrojen iyodürün denge konsantrasyonunu hesaplayınız.

Verilenler:

$$[c(\text{H}_2)] = 0,015 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$[c(\text{I}_2)] = 0,015 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$K_c = 54,34$$

Aranılan:

$$[c(\text{HI})] = ?$$

Çözüm:

İfadeden $K_c = \frac{[c(\text{HI})]^2}{[c(\text{H}_2)] \cdot [c(\text{I}_2)]}$ hidrojen iyodür konsantrasyonu şu şekilde hesaplanabilir:

$$[c(\text{HI})] = \sqrt{K_c \cdot [c(\text{H}_2)] \cdot [c(\text{I}_2)]}$$

$$[c(\text{HI})] = \sqrt{54,34 \cdot 0,015 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot 0,015 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}}$$

$$[c(\text{HI})] = 0,11 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$



Düşün ve Cevapla:

1. 700 K'de aşağıdaki denge kurulmuştur: $\text{H}_2(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{CO}(\text{g})$. Katılımcıların denge konsantrasyonları şöyledir: $c(\text{H}_2) = 0,422 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, $c(\text{CO}_2) = 0,484 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, $c(\text{H}_2\text{O}) = 0,148 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ve $c(\text{CO}) = 0,148 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$. Bu reaksiyonun denge sabitini hesaplayınız!
2. L'lik bir kapta 0,6 mol PCl_5 , 0,12 mol PCl_3 ve 0,12 mol Cl_2 dengededir. $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ kimyasal denklemiyle gösterilen reaksiyonun denge sabitini hesaplayınız!
3. 450 °C sıcaklıkta aşağıdaki denge kurulmuştur: $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$. 10 L'lik bir kapta 14 g azot, 3,02 g hidrojen ve 0,52 g amonyak dengededir. Denge sabitini hesaplayın!
4. Brom klorür, $2\text{BrCl}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Cl}_2(\text{g}) + \text{Br}_2(\text{g})$ kimyasal denklemine göre ayrışır. Reaksiyonun gerçekleştirildiği belirli bir sıcaklıkta denge kurulmuş ve denge sabiti 11,1 olarak bulunmuştur. Reaksiyon 1 L'lik bir kapta gerçekleşirse ve dengede 4 mol klor ve 4 mol brom bulunursa, denge karışımında bulunan brom klorür miktarını hesaplayın!



5.3 KİMYASAL DENGİNİN KAYDIRILMASI

KİMYASAL DENGİYİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Terimler:

Le Chatelier-Braun İlkesi

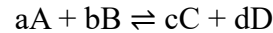
Belirli bir sistem, ileri ve geri reaksiyonların hızları eşit olduğu sürece denge halinde kalır. Bu durum, örneğin bazı dış faktörlerdeki bir değişiklik nedeniyle bozulursa, denge koşulları artık sağlanamaz. Dolayısıyla, deneysel koşullardaki değişiklikler dengeyi bozabilir. Böyle bir durumda, sistem dengeyi yeniden kurmak için gerekli ayarlamaları yapar. Ancak, yeni kurulan dengenin konumu, orijinal dengenin konumundan farklıdır. Bu fark, **denge kayması** olarak bilinir. Kimyacılar, dengeyi istenen yönde kaydırarak, belirli bir kimyasal reaksiyonda elde etmek istedikleri ürünün verimini artırabilirler.

Kimyasal dengeyi etkileyen faktörler konsantrasyon, basınç ve sıcaklıktır. Katalizör, ileri ve geri reaksiyonların aktivasyon enerjilerini aynı oranda düşürerek her ikisini de hızlandırdığı için dengeyi değiştirmez veya verimi artırmaz. Dengenin daha hızlı kurulmasını sağlar, ancak denge sabiti üzerinde hiçbir etkisi yoktur.

Reaktan derişimindeki değişikliklerin kimyasal denge üzerindeki etkisi

Kimyasal bir reaksiyonda bir reaktan konsantrasyonundaki değişim, dengenin kaymasına neden olur. Konsantrasyon değişimi, hacmi değişmeyen bir sisteme belirli bir miktarda reaktan eklendiğinde veya çıkarıldığında meydana gelebilir.

Reaksiyonun genel denklemini ele alırsak

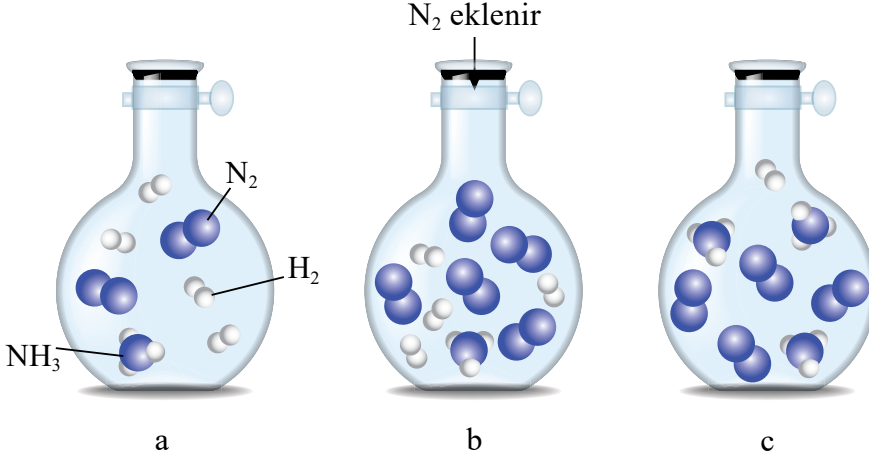


belirli miktarda A reaktifinin eklenmesinin konsantrasyonunda bir artışa yol açtığı söylenebilir. Denge sabiti için verilen ifadeyi ele alırsak:

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

Paydadaki çarpımın arttığı açıktır. Sıcaklık değişmezse, denge sabiti değerini değiştirmez, bu nedenle K_c değerinin sabit kalması için paydaki değerin artması gerekir. Bu sistemde daha fazla ürün oluşacağı yani doğrudan reaksiyonun hızının artacağı anlamına gelir.

Dengenin sağa kaydığı söylenir. Bu, denge sisteminin bileşiminin değişime uğradığı ve yeni bir denge durumunun kurulduğu anlamına gelir. Bu durumda, dengenin yeniden kurulduğu reaksiyon hızının değeri daha büyüktür.



Resim 5.14 Kapalı bir sistemde (a) azot, hidrojen ve amonyak denge halindedir. Azot eklenmesi dengeyi bozar ve doğrudan reaksiyonu destekler (b). Bir süre sonra, azot ve amonyak konsantrasyonlarının daha yüksek, hidrojen konsantrasyonunun ise orijinal dengedekinden daha düşük olduğu yeni bir denge konumu oluşur.

Aynı etki (dengeyi sağa kaydırma), ürünlerden birinin reaksiyon sisteminden uzaklaştırılması, yani konsantrasyonunun azaltılması durumunda da elde edilir. Bu prosedür, belirli ürünlerin endüstriyel üretiminde verimi artırmak için önemli bir uygulama alanına sahiptir. Dolayısıyla, ürün sürekli olarak sistemden uzaklaştırılırsa, sistem yeni ürün miktarları oluşturmaya çalışacak ve böylece reaktanlar birbirleriyle reaksiyona girerek ürünlerin oluşumuna yol açan doğrudan reaksiyonu hızlandıracaktır. Benzer şekilde, sistemdeki ürünlerden birinin konsantrasyonu artarsa veya reaktanlardan birinin konsantrasyonu azalır, denge sola (aralığın daha düşük değerlerine doğru), yani daha fazla reaktan elde etme yönünde kayar.

Basıncın değişiminin kimyasal denge üzerindeki etkisi

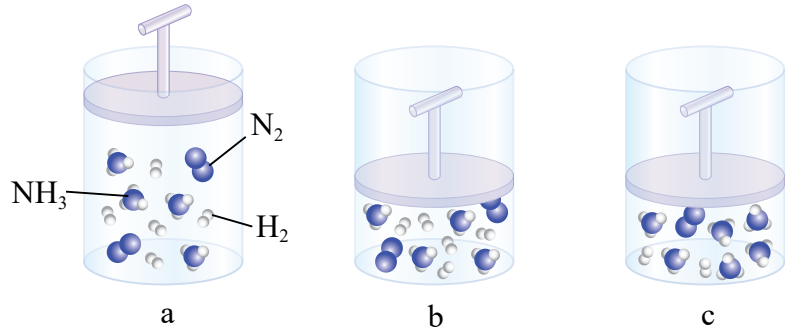
Basıncıdaki bir değişiklik, gaz halindeki katılımcıların yer aldığı denge sistemlerini etkiler. Sıvılar ve katılar sıkıştırılmaz olduğundan, bir sistemin basıncının değiştirilmesi konsantrasyonlarını etkilemez. Basıncın etkisi, gaz halindeki reaktiflerin stokiometrik katsayılarının toplamı ile gaz halindeki ürünlerin stokiometrik katsayılarının toplamı farklı olduğunda önemlidir.

Makroskobik olarak, bu, denklemin sol tarafındaki toplam gaz halindeki madde miktarının, sağ tarafındaki toplam gaz halindeki madde miktarından farklı olması gerektiği anlamına gelir. Mikroskobik düzeyde ise, sol taraftaki gaz halindeki maddelerin toplam molekül sayısı, sağ taraftaki gaz halindeki maddelerin toplam molekül sayısından farklı olmalıdır.

Basınç ve hacim ters orantılıdır, yani basınçtaki artış hacimde azalmaya yol açar. Bu durumda, aynı sayıda molekül daha küçük bir hacimde bulunacak, dolayısıyla konsantrasyon artacaktır ($c = \frac{n}{V}$).

Kimyasal denge sabiti ifadesindeki farklı katılımcıların konsantrasyonları, stokiometrik katsayılara bağlı olarak farklı derecelerde artar; bu nedenle basıncın artırılması, reaksiyona bağlı olarak pay veya paydayı daha fazla artıracaktır. Genel olarak, basıncın artırılması, toplam gaz halindeki katılımcı miktarının azaldığı (stoikiyometrik katsayıların toplamının daha küçük olduğu) reaksiyonu, basıncın azaltılması ise toplam gaz halindeki katılımcı miktarının arttığı (stoikiyometrik katsayıların toplamının daha büyük olduğu) reaksiyonu destekler. Toplam gaz halindeki katılımcı miktarında değişiklik olmayan reaksiyonlarda, basınçtaki bir değişiklik denge konumunu etkilemez.

Resim 5.15 Basınç değişiminin kimyasal denge üzerindeki etkisi
 $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$



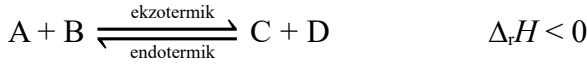
$\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$ denklemiyle gösterilen reaksiyonda, azot, hidrojen ve amonyakın bulunduğu bir denge kurulur (Şekil 5.15 a). Denklem mikroskopik olarak incelendiğinde, solda dört, sağda iki molekül olduğu söylenebilir. Basıncın artırılması dengeyi bozar (Şekil 5.15 b) ve tüm gaz halindeki katılımcıların konsantrasyonunda artışa yol açsa da, molekül sayısı daha az olduğu için dengeyi sağa doğru kaydırır ve bu da basınç artışını hafifletme eğilimindedir. Oluşan her iki amonyak molekülü için, reaktanların dört molekülü tüketilir (bir azot molekülü ve üç hidrojen molekülü). Buna göre, yeni kurulan dengede (Şekil 5.15 c) toplam molekül sayısı daha azdır.

Sıcaklık değişiminin kimyasal denge üzerindeki etkisi

Konsantrasyon ve basınç (veya hacim) değişiklikleri denge konumunu değiştirebilir, ancak denge sabitinin değeri aynı kalır. Sadece sıcaklık değişimi denge sabitini değiştirebilir. Denge sabiti sıcaklığa bağlıdır, bu nedenle sistemin sıcaklığındaki herhangi bir değişiklik K_c değerinde de bir değişikliğe yol açar. K_c 'nin hangi yönde değişeceğini tahmin etmek için, reaksiyonun termal etkilerini dikkate almak gerekir. Ekzotermik reaksiyonlarda ısı çevreye salınır ($\Delta_r H < 0$), endotermik reaksiyonlarda ise ısı sistem tarafından emilir ($\Delta_r H > 0$). İleri ve geri reaksiyonlar için entalpi değişimleri mutlak değer olarak eşittir, ancak zıt işaretlere sahiptir.

$$\Delta_r H_{\text{doğrudan}} = -\Delta_r H_{\text{tersi}}$$

Dolayısıyla, ileri tepkime ekzotermik ise, ters tepkime endotermiktir. Tersine, ileri tepkime endotermik ise, ters tepkime ekzotermiktir. Denge kurulduğunda, net tepkime olmadığı için ısı etkisi sıfırdır.



Sıcaklığın artırılması hem ileri hem de geri reaksiyonları hızlandırır, ancak farklı derecelerde. Bir sistemin sıcaklığının artırılmasının endotermik reaksiyonu, sıcaklığın düşürülmesinin ise ekzotermik reaksiyonu desteklediği söylenebilir.

Azot dioksit (kahverengi bir gaz) ve dinitrojen tetroksit (renksiz bir gaz) denge halinde bulunduğu bir sistemde sıcaklığın denge üzerindeki etkisi görsel olarak gözlemlenebilir.



$\Delta_r H$ 'nin negatif işareti, bu reaksiyonun ekzotermik olduğunu gösterir. Denge sisteminin sıcaklığı düşerse, doğrudan reaksiyon daha büyük ölçüde ilerlemeye başlar, yani denge sağa doğru kayar. Bu durumda, daha fazla diazot tetroksit oluşur, bu nedenle karışımın renk yoğunluğu azalır (Şekil 5.16 b). Daha sonra, yeni bir denge durumu kurulur ve K_c değeri artar. Dolayısıyla, bu reaksiyon daha düşük sıcaklıkta daha yüksek ürün verimine sahip olacaktır.

Öte yandan, sistemin sıcaklığı artarsa, endotermik olan ters reaksiyon daha çok gerçekleşecektir. Buna göre, denge sola doğru kayacak ve K_c değeri azalacaktır. Azot dioksit konsantrasyonundaki artış nedeniyle reaksiyon karışımı daha koyu hale gelecektir (Şekil 5.16 a).

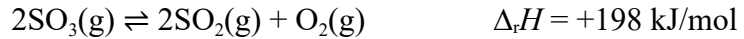


a b

Resim 5.16 Denge halindeki bir sistemde sıcaklık değişiminin kimyasal denge üzerindeki etkisi $2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$

Bu durumda düşük sıcaklık, ürünlerin oranının daha yüksek olduğu bir denge karışımına yol açsa da, düşük sıcaklıklarda reaksiyon hızının daha yavaş olduğu akılda tutulmalıdır. Bu nedenle, zaman içinde daha yüksek bir verim elde edilebilse de, pratik ve ekonomik amaçlar için (özellikle endüstriyel koşullarda) bu genellikle kabul edilemez, çünkü işlem çok uzun sürer.

Termokimyasal denklemle gösterilen endotermik reaksiyon için



Sıcaklığın artırılması, dengeyi sağa doğru kaydıracak (endotermik reaksiyonu destekleyecek) ve daha fazla ürün oluşacaktır (K_c artar). Sistemin sıcaklığı düşürülürse, denge sola doğru kayar ve K_c azalır.

Dolayısıyla, sıcaklığın artması endotermik bir reaksiyonu, sıcaklığın azalması ise ekzotermik bir reaksiyonu destekler. Sıcaklık arttıkça, endotermik bir reaksiyon için K_c değeri artar, ekzotermik bir reaksiyon için ise azalır. Başka bir deyişle, sıcaklık arttığında denge, eklenen ısıyı emen yöne doğru kayar, sıcaklık azaldığında ise ısıyı salan yöne doğru kayar.

Sıcaklık bağımlılığı, termal etkinin (mutlak değer olarak) daha büyük olması durumunda daha belirgindir. Bu nedenle, sıcaklıktaki bir değişiklik, küçük bir sıcaklık etkisinin eşlik ettiği reaksiyonlara kıyasla, kuvvetli ekzotermik ve kuvvetli endotermik reaksiyonlar için denge sabitlerini daha fazla değiştirecektir.



Düşün ve Cevapla:

1. Bir reaksiyon sisteminden ürünlerden birinin çıkarılmasının etkisi nedir ve bu işlemin hangi endüstriyel uygulamaları vardır?
2. Aşağıdaki denklemlerle temsil edilen denge sistemlerinde basınç azaltılırsa ne olacağını açıklayın:
 - a) $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$
 - b) $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$
3. $PCl_5(s) \rightleftharpoons PCl_3(l) + Cl_2(g)$ denklemiyle temsil edilen denge sisteminde sıcaklığın artırılması klor miktarını artırır. Bunun en iyi açıklaması nedir?
 - a) Sıcaklığın artırılması sadece ileri reaksiyonun hızını artırır.
 - b) Sıcaklığın artırılması sadece ters reaksiyonun hızını artırır.
 - c) Sıcaklığın artırılması hem ileri hem de ters reaksiyonların hızını artırır, ancak etkisi ters reaksiyondan ziyade ileri reaksiyon üzerinde daha büyüktür.
 - d) Sıcaklığın artması hem ileri hem de geri reaksiyonların hızını artırır, ancak bu etki ileri reaksiyona göre geri reaksiyon üzerinde daha büyüktür.

LE-CHATELIER BRAUN İLKESİ

Bazı dış faktörlerdeki bir değişiklik, denge durumunda bir değişikliğe yol açar. Konsantrasyon ve basınçtaki değişiklikler denge konsantrasyonlarını değiştirebilir, ancak sıcaklık değişmedikçe denge sabitinin değerini değiştirmez. Belirli bir sıcaklıkta belirli bir reaksiyonun farklı denge konumları olabilir, ancak o sıcaklıkta K_c için yalnızca bir değer vardır. Bir katalizör, ileri ve geri reaksiyonların hızlarını artırır, ancak ne denge sabitini ne de reaktanların denge konsantrasyonlarını etkilemez; katalizör yalnızca dengenin daha hızlı kurulmasını sağlar. Bu, Tablo 5.1'de özetlenmiştir.

Tablo 5.1. Dış faktörlerin kimyasal denge üzerindeki etkisi

Etkisi	Denge durumundaki değişim	K_c değerinin değiştirilmesi
konsantrasyon	Evet	Hayır
basınç	Evet, gaz fazındaki girenlerin ve ürünlerin toplam miktarı farklıysa	Hayır
sıcaklık	Evet	Evet
katalizör	Hayır	Hayır

**Aktivite**

Le Chatelier-Braun ilkesinin uygulandığı endüstriyel süreçleri araştırın ve bunlara örnek verin!

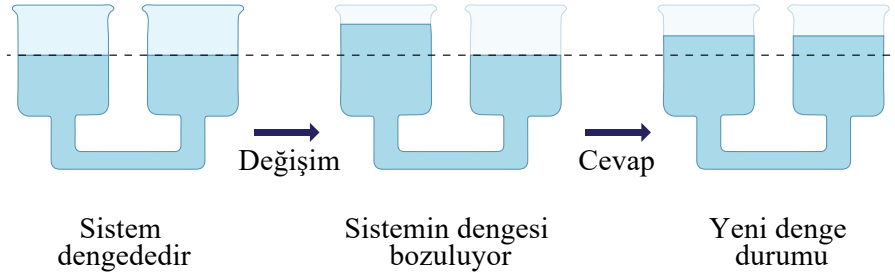


Resim 5.18 Henri Louis Le Chatelle (Henry Louis Le Chatelier, 1850 – 1836)



Resim 5.19 Karl Ferdinand Braun (Karl Ferdinand Braun, 1850 – 1918)

Konsantrasyon, basınç veya sıcaklık değiştiğinde denge kaymasını tahmin etmemizi sağlayan genel bir kural vardır. **Le Chatelier-Brown ilkesi** olarak bilinen bu kurala göre, denge halindeki bir sisteme denge durumunu bozan bir dış kuvvet uygulandığında, sistemde bu kuvvete karşı koyan değişiklikler meydana gelir ve yeni bir denge durumu kurulana kadar bu süreç devam eder. Başka bir deyişle, sistem meydana gelen değişimin etkisini azaltarak tepki verir ve yeni bir denge durumu kurma eğiliminde olur.

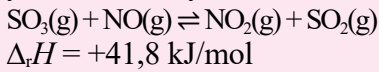


Resim 5.17 Le Chatelier-Braun ilkesini açıklamak için su deposu benzetmesi

Le Chatelier-Braun ilkesi, hem kimyasal tepkimelere hem de fiziksel değişimlere uygulanabilir. Ayrıca bu ilke, homojen veya heterojen denge sergileyen sistemler için de geçerlidir.

Örnek 5.6.

Termokimyasal denklemlerle gösterilen reaksiyon için kimyasal dengenin kayma yönünü belirleyin.



eğer:

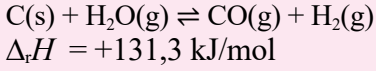
- kükürt dioksit miktarını azaltmak
- azot monoksit miktarını artırmak
- sıcaklığı düşürmek
- basıncı artırmak
- katalizör eklemek

Çözüm:

- Kükürt dioksit miktarı ve dolayısıyla konsantrasyonu azalırsa sistem daha fazla kükürt dioksit üreterek reaksiyona girer. Bu nedenle denge sağa, yani doğrudan reaksiyon yönünde kayar.
- Azot monoksit miktarındaki (konsantrasyonundaki) artış denge konumunu değiştirir ve sistem, eklenen nitrojen monoksiti tüketerek bu değişikliğe karşı koyar. Böylece nitrojen monoksit, kükürt tri ile reaksiyona girer. oksit, böylece denge sağa kayar (daha fazla ürün oluşur).
- Reaksiyon entalpisinin pozitif işareti bunun endotermik bir reaksiyon olduğunu gösterir. Sıcaklığın düşürülmesi ekzotermik reaksiyonun lehinedir ve bu durumda reaksiyon terstir. Buna göre denge sola, yani reaktanların oluşumuna doğru kayar.
- Gaz halindeki reaktanların stokiometrik katsayılarının toplamı, gazlı ürünlerin stokiometrik katsayılarının toplamına eşit olduğundan, yani gazın mol sayısı her iki tarafta eşit olduğundan basınç dengeliği değiştirmeyecektir.
- Katalizör dengenin konumunu değiştirmez ancak daha çabuk kurulmasını sağlar.

Örnek 5.7.

Termokimyasal denklemle gösterilen reaksiyon için kimyasal dengenin kayma yönünü belirleyin.



eğer:

- a) su buharı miktarı azalır
- b) sisteme karbon eklenirse
- c) sıcaklık artar
- d) basınç azalır
- e) bir katalizör eklenir

Çözüm:

a) Sistem, su buharı miktarındaki (konsantrasyonundaki) azalmaya karşı, onu artırmaya, yani daha fazla su buharı oluşturmaya çalışarak karşı koyar. Bu nedenle, denge sola, ters reaksiyon yönüne doğru kayar.

b) Karbon katı haldedir ve heterojen bir dengede katıların konsantrasyonu sabittir ve K_c ifadesine girmez.

Bu nedenle, karbon katı fazda bulunduğu sürece, daha fazla karbon eklemek dengenin konumunu değiştirmez.

c) Sıcaklığın artması endotermik (bu durumda, doğrudan) reaksiyonu destekler, bu nedenle denge sağa kayar.

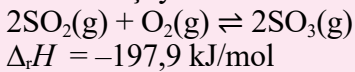
d) Gaz halindeki reaktanların stokiometrik katsayılarının toplamı 1'e eşittir (karbondan önceki stokiometrik katsayı dikkate alınmaz, çünkü katı bir reaktandır) ve gaz halindeki ürünlerin stokiometrik katsayılarının toplamı 2'dir. Basıncın azaltılması, toplam gaz miktarının arttığı yönü destekler, bu nedenle denge sağa kayar.

e) Katalizör, dengenin konumunu değiştirmez, aksine daha hızlı kurulmasını sağlar.

Örnek 5.8.

Kimyasal dengenin sağa kayması için reaktiflerin konsantrasyonunun, sıcaklığın ve basıncın nasıl değiştirilmesi gerektiğini belirleyin.

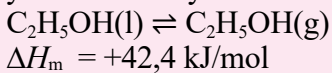
Tepkimenin termokimyasal denklemi şöyledir:

**Çözüm:**

Le Chatelier-Brown prensibine göre, reaktanlardan birinin (SO_2 veya O_2) konsantrasyonu artırılırsa veya ürünlerin (SO_3) konsantrasyonu azaltılırsa denge sağa kayar. Solda 3 mol, sağda 2 mol gaz bulunduğundan, basıncın artırılması daha az gaz bulunan tarafı destekler, bu nedenle denge sağa kayar. Reaksiyon ekzotermiktir ($\Delta_r H < 0$), bu nedenle sıcaklığın düşürülmesi dengeyi sağa kaydırır ve daha fazla kükürt trioksit oluşumuna olanak tanır.

Örnek 5.9.

Termokimyasal denklemle gösterilen etanol buharlaşma süreci için denge kaymasının yönünü belirleyin.



eğer:

- a) basınç arttı
- b) sıcaklık arttı

Çözüm:

a) Basıncın artması, gaz fazının miktarının azaldığı yönü destekler. Bu nedenle, denge sola kayar, yani yoğunlaşma (gazdan sıvıya geçiş) desteklenir.

b) Buharlaşma endotermik bir süreçtir ($\Delta H_m > 0$), bu nedenle sıcaklığın artması doğrudan süreci (buharlaşma) destekler ve denge sağa kayar.

Çökelti ile ayrılmış iyonları arasında heterojen bir denge bulunan bir sistemde, çökelti ile ortak iyonlar içeren bir çözelti doymuş bir çözeltiye eklenirse, tuzun çökmesi meydana gelir. Bu olaya *ortak iyon etkisi* denir.

Dolayısıyla, $\text{AgCl(s)} \rightleftharpoons \text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$ denklemiyle temsil edilen bir denge sistemine sodyum klorür çözeltisi eklenirse, çözeltideki klorür iyonlarının konsantrasyonu artar. Le Chatelier ve Brown prensibine göre, sistem klorür iyonlarının konsantrasyonunu azaltarak bu değişime karşı koyar, yani denge sola kayar ve sonuç olarak gümüş klorür çöker.

Düşün ve Cevapla:



- Termokimyasal denklemle gösterilen $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HCl}(\text{g})$ $\Delta_r H = -184,6 \text{ kJ/mol}$ reaksiyonu için kimyasal dengenin kayma yönünü belirleyin:
 - hidrojen miktarı azalırsa
 - sıcaklık artarsa
 - basınç artarsa
 - katalizör eklenirse
- Termokimyasal denklemle gösterilen $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$ $\Delta_r H = +178,1 \text{ kJ/mol}$ reaksiyonu için kimyasal dengenin kayma yönünü belirleyin:
 - karbondioksit miktarı azalırsa
 - kalsiyum karbonat miktarı artarsa
 - sıcaklık artarsa
 - basınç azalırsa
- Kimyasal dengeyi sağa kaydırmak için katılımcıların konsantrasyonlarının, sıcaklığın ve basıncın nasıl değişmesi gerektiğini belirleyin. $\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}(\text{g})$ reaksiyonunun termokimyasal denklemi $\Delta_r H = +180,5 \text{ kJ/mol}$ 'dür.
- Yaklaşık 0°C sıcaklıkta (normal atmosfer basıncında) buz ve sıvı suyun aynı anda bulunduğu kapalı bir sistemde, $\text{H}_2\text{O(l)} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O(s)}$ denklemiyle temsil edilen bir denge kurulmuştur. Sıcaklık artarsa denge hangi yöne kayacaktır?

Tematik test

1. Kimyasal dengenin kurulduğu tersinir reaksiyonlarla ilgili aşağıdaki ifadelerin doğruluğunu değerlendirin:
- Reaksiyonun başlangıcında reaktiflerin konsantrasyonu en yüksektir.
 - Tepkime hızı denge durumunda en yüksektir.
 - Dengede reaktantların ve ürünlerin derişimleri eşittir.
 - Denge durumunda ileri ve geri tepkimelerin hızları eşittir.
 - Kimyasal denge ancak daha yüksek bir sıcaklıkta kurulabilir.

10 p.

2. Aşağıdaki denge durumlarından hangisinde denge karışımında en fazla ürün bulunur?

- | | |
|--|-------------------------|
| a) $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ | $K_c = 2$ |
| b) $H_2(g) + Br_2(g) \rightleftharpoons 2HBr(g)$ | $K_c = 1 \cdot 10^{10}$ |
| c) $H_2(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons 2HCl(g)$ | $K_c = 1 \cdot 10^{18}$ |

5 p.

3. Denge sabiti ifadesine dayanarak, tüm katılımcıların agregasyon durumlarını belirterek reaksiyonun dengeli kimyasal denklemini yazın!

$$K_c = \frac{[c(NH_3)]^2 \cdot [c(H_2O)]^4}{[c(NO_2)]^2 \cdot [c(H_2)]^7}$$

5 p.

4. Aşağıdaki $CH_3OH(l) \rightleftharpoons CH_3OH(g)$ dengesi için, sıcaklık düştüğünde denge konumunun ve K_c değerinin nasıl değiştiğini belirtin!

- | Denge şu yöne doğru kayıyor | K_c 'nin değeri |
|-----------------------------|-------------------|
| a) sol | azalıyor |
| b) sol | artıyor |
| c) sağ | azalıyor |
| d) sağ | artıyor |

5 p.

5. Amonyak sentezi için kullanılan Haber-Bosch prosesine katalizör eklenmesinin NH_3 oluşum hızı ve oluşan NH_3 miktarı üzerindeki rolü nedir?

- | NH_3 oluşum hızı | Oluşan NH_3 miktarı |
|--------------------|-----------------------|
| a) artıyor | artıyor |
| b) artıyor | azalıyor |
| c) artıyor | Değişiklik yok |
| d) Değişiklik yok | artıyor |

5p.

6. En fazla miktarda azot dioksit (NO_2) oluşmasını sağlamak için sıcaklık ve basınç hangi değerlerde olmalıdır?

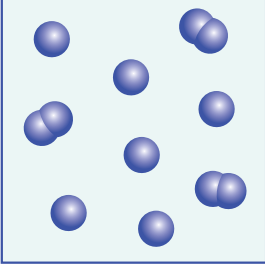
Termokimyasal denklem şöyledir:



- | Sıcaklık | Basınç |
|-----------|--------|
| a) Düşük | düşük |
| b) düşük | yüksek |
| c) yüksek | yüksek |
| d) yüksek | düşük |

5 p.

7. Şekil, denge halindeki $2A(g) \rightleftharpoons A_2(g)$ denklemiyle temsil edilen reaksiyonu göstermektedir. Sistemin basıncı azalır, bu da katılımcıların konsantrasyonlarında bir değişikliğe yol açar. Yeni bir denge kurulduğunda A ve A_2 'nin konsantrasyonları nasıl değişecektir? Bunu bir diyagramla gösterin!



5 p.

8. 25 °C'de denge halinde bulunan 2,5 L'lik bir kapta 0,1 mol NO_2 ve 0,0276 mol N_2O_4 bulunmaktadır. $2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g)$ kimyasal denklemiyle gösterilen reaksiyonun denge sabitini hesaplayınız!

10 p.

9. 800 K'de $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$ denge sisteminin denge sabiti $7,9 \cdot 10^4$ L/mol 'dür. SO_2 'nin denge konsantrasyonu $1 \cdot 10^{-3}$ mol/L, O_2 'nin denge konsantrasyonu ise $1,5 \cdot 10^{-3}$ mol/L 'dir. SO_3 'ün denge konsantrasyonunu hesaplayınız!

10 p.

10. Termokimyasal denklemle gösterilen denge sistemi için



aşağıdaki soruları cevaplayınız:

I. Denge sabitinin ifadesini yazınız!

II. Denge sabitinin birimlerini belirleyiniz!

III. Kimyasal dengenin kayma yönünü aşağıdaki durumlarda belirleyiniz:

a) ozon miktarı azalırsa

b) sıcaklık artarsa

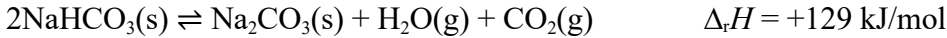
c) basınç azalırsa

d) bir katalizör eklenirse

IV. Bu homojen mi yoksa heterojen bir denge midir?

20 p.

11. Termokimyasal denklemle gösterilen denge sistemi için:



aşağıdaki soruları cevaplayınız:

I. Denge sabitinin ifadesini yazınız!

II. Denge sabitinin birimlerini belirleyiniz!

III. Kimyasal dengenin kayma yönünü aşağıdaki durumlarda belirleyiniz:

a) karbondioksit miktarı azaltılırsa

b) belirli bir miktar $NaHCO_3$ eklenirse

c) sıcaklık azaltılırsa

d) basınç azaltılırsa

IV. Bu homojen mi yoksa heterojen bir denge midir?

20 p.

ÖZET

- Kimyasal denge dinamik bir karaktere sahiptir, bu reaktiflerin ve ürünlerin parçacıklarının sürekli olarak birbirine dönüştüğü yani doğrudan ve ters reaksiyonların hızlarının eşit olduğu anlamına gelir.
- Homojen dengede tüm katılımcılar aynı toplam haldedir (yani aynı fazdadır) ve eğer reaksiyona katılan maddelerin toplam halleri farklıysa bu heterojen bir dengedir.
- Kimyasal denge sabiti, ürünlerin denge konsantrasyonlarının çarpımı ile reaktantların denge kantitatif konsantrasyonlarının çarpımının her birinin ilgili stokiyometrik katsayı ile ölçeklendirilmesiyle elde edilen orandır.
- Belirli bir reaksiyonun denge sabitinin birimi, kimyasal denklemdeki katılımcıların her birinin stokiyometrik katsayıların ne olduğuna bağlıdır.
- Kimyasal dengeyi etkileyen faktörler konsantrasyon, basınç ve sıcaklıktır. Katalizör dengeyi değiştirmez aksine dengenin daha hızlı kurulmasını sağlar.
- Tepkimeye giren maddelerden birinin konsantrasyonunu arttırarak veya ürünlerden birinin konsantrasyonunu azaltarak denge sağa doğru kayar (daha fazla ürün elde edilir), Sistemdeki ürünlerden birinin konsantrasyonu arttarsa veya tepkimeye giren maddelerden birinin konsantrasyonu azalırsa denge sola doğru kayar (daha fazla tepkimeye giren madde elde edilir).
- Basıncın artması, gaz halindeki katılımcıların toplam mol sayısının azaldığı (stokiyometrik katsayıların toplamının daha küçük olduğu) reaksiyonu destekler, basıncın azalması ise gaz halindeki katılımcıların toplam mol sayısının arttığı (stokiyometrik katsayıların toplamının daha büyük olduğu) reaksiyonu destekler.
- Sıcaklığın artması endotermik bir reaksiyonu, sıcaklığın azalması ise ekzotermik bir reaksiyonu destekler. Sıcaklık arttıkça endotermik bir reaksiyon için K_c değeri artar, ekzotermik bir reaksiyon için ise azalır.
- Le Chatelier ve Brown ilkesine göre denge halindeki bir sisteme denge durumunu bozan bir dış etki uygulandığında yeni bir denge konumu kurulana kadar sistemde bu etkiye karşıt değişiklikler meydana gelir.

6. YÜKSELTGENME - İNDİRGENME SÜREÇLERİ

Bu konuyu inceledikten sonra şunları yapabileceksiniz:

- Oksidasyon (Yükseltgenme) sayılarını belirleme kurallarını belirtmek ve uygulamak;
- Kimyasal bir denkleme dayanarak redoks tepkimelerini, yükseltgenmeyi, indirgenmeyi, yükseltgen ve indirgen maddeleri tanımlayıp belirlemek ve elektron yöntemini kullanarak redoks denklemlerini denkleştirmek,
- Metallerin elektrokimyasal serisini kullanarak, metallerin asitlerle veya diğer metallerin tuzlarının çözeltileriyle girdikleri tepkimelerdeki indirgen özelliklerini açıklayabileceksiniz ve bu tepkimeleri kimyasal denklemlerle gösterebileceksiniz.



İÇİNDEKİLER:

- 6.1 Yükseltgenme basamakları
- 6.2 Yükseltgenme-İndirgenme tepkimeleri
- 6.3 Metallerin elektrokimyasal serisi

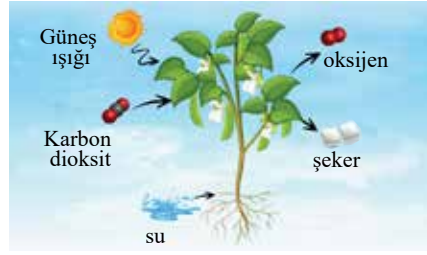
6.1 YÜKSELTGENME BASAMAKLARI

YÜKSELTGENME BASAMAKLARI

Çok sayıda kimyasal reaksiyon, elektron alışverişi sonucunda gerçekleşir. Bu tür reaksiyonlar **yükseltgenme-indirgenme reaksiyonları (veya redoks reaksiyonları)** olarak adlandırılır ve doğadaki ve günlük yaşamdaki pek çok sürecin temelini oluşturdukları için büyük önem taşır. Yakıtların yanması, metallerin paslanması, canlılarda solunum, fotosentez ve pillerde meydana gelen reaksiyonlar, redoks reaksiyonlarına örnek olarak verilebilir.

Terimler:

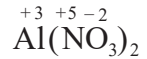
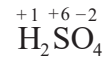
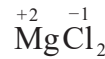
yükseltgenme (oksidasyon) basamağı



Resim 6.1 Günlük hayatta karşılaştığımız redoks

Bu tür reaksiyonları incelemeyi ve tanımlamayı kolaylaştırmak için, **oksidasyon sayısı kavramı ortaya atılmıştır; bu sayı, belirli bir molekülde, iyonunda veya formül biriminde farklı elementlerin atomlarına atfedilen bir sayıdır.** Oksidasyon sayısı, değerlik ve elektrik yükü kavramlarıyla ilişkilidir, ancak onlarla aynı şey değildir. Belirli bir birimdeki bir atomun, elektronların tamamen daha elektronegatif atoma aktarılması durumunda, yani bağların tamamen iyonik olduğu varsayılırsa, sahip olacağı formal yük sayısını temsil eder. Bazen, belirli bir birimdeki bir elementin atomlarının oksidasyon sayısından değil, elementin kendi oksidasyon sayısından da bahsederiz.

Yükseltgenme basamağı pozitif veya negatif değerlerin yanı sıra sıfır değerini de alabilir. Bu değer, önce işareti (pozitif veya negatif) ve ardından Arap rakamı kullanılarak sayısal değeri belirtilmek suretiyle element sembolünün üzerine yazılır. Örneğin:



Oksidasyon sayıları, birkaç basit kural uygulanarak belirlenebilir:

- 1) Basit maddelerin atomlarının oksidasyon sayıları sifıra eşittir.
- 2) Tek atomlu iyonların oksidasyon sayıları, iyonların bağlı elektriksel yüküne eşittir.
- 3) Bileşiklerindeki alkali metallerin atomlarının oksidasyon sayıları her zaman +1'e eşittir.

Yükseltgenme sayısı, yükseltgenme durumu veya yükseltgenme derecesi olarak da adlandırılır.

- 4) Bileşiklerindeki alkali toprak metallerinin atomlarının oksidasyon sayıları her zaman +2'ye eşittir.
- 5) Bileşiklerindeki flor atomlarının oksidasyon sayısı her zaman -1'e eşittir.
- 6) Bileşiklerindeki oksijen atomlarının oksidasyon sayısı çoğunlukla -2'ye eşittir.
- 7) Bileşiklerindeki hidrojen atomlarının oksidasyon sayısı çoğunlukla +1'e eşittir.
- 8) Birimdeki (molekül veya formül birimi) tüm atomların oksidasyon sayılarının toplamı sıfıra eşittir ve çok atomlu bir iyonda, bağlı yüküne sayısal olarak eşittir.

İstisnalar:

peroksitler, örn. $\overset{+1}{\text{H}}_2\overset{-1}{\text{O}}_2$,
 süperoksitler, örn. $\overset{+1}{\text{K}}\overset{+1}{\text{O}}_2$,
 oksijen diflorid $\overset{+2}{\text{O}}\overset{-1}{\text{F}}_2$,
 hidritler, örn. $\overset{+1}{\text{Li}}\overset{-1}{\text{H}}$

Örnek 6.1.

Na, O₂, O²⁻ ve Na₂O'daki herbir atomun oksidasyon sayısı kaçtır?

Çözüm:

Na ve O₂ sembolleri basit maddeleri ifade eder, bu nedenle bu iki durumda oksidasyon sayısı 0 olacaktır.

$\overset{0}{\text{Na}}$ ve $\overset{0}{\text{O}}_2$ şeklinde yazılabilir.

O²⁻ sembolü tek atomlu bir iyonu ifade eder. İkinci kuraldan oksijenin oksidasyon sayısının -2 olduğu ve O²⁻ 'nin (-2) şeklinde yazılabileceği anlaşılır. Oksidasyon sayılarının ve iyon yüklerinin yazılış biçimindeki farklılığa dikkat etmek gerekir. Oksidasyon sayısı, elementin sembolünün üzerine, önce işaret, sonra karşılık gelen rakam şeklinde yazılır. Yük, sembolün sağ üst köşesine, önce rakam, sonra işaret şeklinde yazılır. Yükler yazılırken 1 rakamı yazılmaz.

Na₂O bileşiği iki elementten oluşur: oksidasyon sayısı +1 olan bir alkali metal olan sodyum ve oksidasyon sayısı -2 olan oksijen. Bu nedenle, $\overset{+1}{\text{Na}}_2\overset{-2}{\text{O}}$ şeklinde yazabiliriz.



Düşün ve Cevapla:

1. Yükseltgenme basamağı ile yük arasındaki fark nedir?
2. Aşağıdakilerde yer alan atomların her birinin yükseltgenme basamağı nedir: Ca, F₂, F⁻ ve CaF₂?

YÜKSELTGENME BASAMAKLARININ BELİRLENMESİ

Yükseltgenme basamakları, bir tepkimenin redoks tepkimesi olup olmadığını belirlemek için kullanılabilir. Belirli bir molekül, iyon veya formül birimindeki atomların yükseltgenme basamaklarını belirlemek, yükseltgenme basamaklarını atama kuralları uygulanarak nispeten basit bir şekilde yapılabilir. Yükseltgenme basamaklarına ilişkin bilgiler Elementlerin Periyodik Tablosu'nda yer almaktadır. Bu tablonun farklı versiyonlarında, yükseltgenme basamağı değerleri ilgili elementin hücresi içinde farklı konumlarda görülebilir.

24	krom	1,66	Oksidasyon sayıları
6,3,2			
Cr	2672	1857	
		7,19	
	[Ar]3d ⁵ 4s ¹	51,996	

Belirli bir yapıdaki element atomlarının yükseltgenme basamakları biliniyorsa, bileşiğin kimyasal formülü belirlenebilir. Hatta yükseltgenme basamakları, bazı bileşiklerin adlandırılmasında da kullanılır.

Örnek 6.2.

PbO₂'deki her bir atomun yükseltgenme basamağı nedir?

Çözüm:

Oksijen atomlarının yükseltgenme basamağı -2 iken, kurşun atomları +2 ve +4 olmak üzere iki olası yükseltgenme basamağı değerine sahip olabilir. Nötr bir yapıdaki tüm atomların yükseltgenme basamakları toplamının sıfıra eşit olduğu bilgisinden hareketle, kurşun atomlarının yükseltgenme basamağı şu şekilde hesaplanabilir:

$$x \cdot 1 + (-2) \cdot 2 = 0 \quad x = +4$$

Bu bileşiğin bir biriminde iki oksijen atomu bulunur; bu nedenle oksijenin yükseltgenme basamağı 2 ile çarpılır. Yükseltgenme basamaklarının formül içindeki uygun konumlara yazılması, ⁺⁴PbO₂⁻² ifadesini ortaya çıkarır.

Örnek 6.3.

H₃PO₄'teki her bir atomun yükseltgenme basamağı nedir?

Çözüm:

Bu durumda da nötr bir yapıyla karşı karşıyayız; dolayısıyla tüm atomların yükseltgenme basamaklarının toplamı sıfıra eşit olmalıdır. Oksijen atomları -2, hidrojen atomları ise +1 yükseltgenme basamağına sahiptir. Önceki örnekteki gibi ilerlediğimizde şu sonucu elde ederiz:

$$3 \cdot (+1) + 1 \cdot x + 4 \cdot (-2) = 0 \quad x = +5$$

Şu şekilde yazılabilir ⁺¹H₃⁺⁵P⁻²O₄.

Örnek 6.4.

K₂Cr₂O₇ bileşiğindeki her bir atomun yükseltgenme basamağı nedir?

Çözüm:

Potasyum atomları +1, oksijen atomları ise -2 yükseltgenme basamağına sahiptir. Yüksüz bir yapıdaki tüm atomların yükseltgenme basamakları toplamının sıfıra eşit olduğu kuralı uygulandığında, şu ifade yazılabilir:

$$2 \cdot (+1) + 2 \cdot x + 7 \cdot (-2) = 0 \quad x = +6$$

Şunlar elde edildi: ⁺¹K₂⁺⁶Cr₂⁻²O₇.

Örnek 6.5.

NO₃⁻ molekülündeki her bir atomun oksidasyon sayısı kaçtır?

Çözüm:

Bu örnekte, çok atomlu bir iyondaki atomların yükseltgenme basamaklarının belirlenmesi gerekmektedir. Oksijen atomlarının yükseltgenme basamağı -2'dir. Söz konusu tür nötr olmadığından, tüm atomların yükseltgenme basamaklarının toplamı sıfıra değil, iyonun bağlı yüküne eşit olacaktır.

$$1 \cdot x + 3 \cdot (-2) = -1 \quad x = +5$$

Buna göre: ⁺⁵NO₃⁻².

Örnek 6.6.

$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ bileşiğindeki her bir atomun yükseltgenme basamağı nedir?

Çözüm:

Oksijen atomlarının yükseltgenme basamağı -2 'dir. Azot atomlarının yükseltgenme basamağı, nitrat iyonunun veya nitrik asidin formülünden belirlenebilir. Önceki örneğin çözümüne dayanarak, azot atomlarının yükseltgenme basamağı $+5$ 'tir. Şimdi, bakır atomlarının yükseltgenme basamağı iki yolla belirlenebilir.

Birinci yol: $1 \cdot x + 2 \cdot (+5) + 6 \cdot (-2) = 0$, yani $x = +2$

İkinci yol: Nitrat iyonu, -1 yükseltgenme basamağına (sayısal değeri yüke eşit olan) sahip tek bir birim olarak ele alınabilir. Bu nedenle, $1 \cdot x + 2 \cdot (-1) = 0$ veya $x = +2$ olur.

Örnek 6.7.

Oksidinin formül birimindeki demir atomlarının yükseltgenme basamağı $+3$ 'tür. Bu oksidin basit formülünü belirleyin.

Çözüm:

Bu örnekte yükseltgenme basamakları bilinmemektedir ancak bileşiğin kimyasal formülündeki alt indisler bilinmemektedir, dolayısıyla bileşik Fe_xO_y . Şeklinde yazılabilir. Elementlerin yükseltgenme basamakları ile alt indislerinin çarpımlarının toplamı sıfıra eşit olmalıdır. Formüldeki alt indisleri belirlemek için 3 ve 2 sayılarının en küçük ortak katı (EKOK) bulunmalıdır. Ardından alt indisleri belirlemek amacıyla EKOK değeri ilgili yükseltgenme basamaklarına bölünür ($6 \div 3 = 2$ ve $6 \div 2 = 3$). Kimyasal formül Fe_2O_3 tür.

**Düşün ve Cevapla:**

- Aşağıdaki maddelerdeki her bir atomun oksidasyon sayısı kaçtır?

a) $\text{Zn}(\text{OH})_2$	e) As_2S_3
b) CrO_3	f) FeCO_3
c) H_2	g) NH_4^+
d) Na_3PO_4	h) MnO_4^-
- Hangi maddede kükürt atomlarının oksidasyon sayısı en düşüktür?
 - sülfürik asit
 - elementel kükürt
 - hidrojen sülfür
 - kükürt dioksit
 - kalsiyum sülfat
- Aşağıdaki birimleri azotun artan oksidasyon sayısına göre sıralayın: N_2 , NH_3 , NO_3^- , HNO_2 ve N_2O_4 !
- Üçüncü periyottaki elementlerin oksitlerinin kimyasal formüllerini yazın; bu oksitlerde bu elementlerin atomlarının oksidasyon sayısı mümkün olan en yüksektir!



6.2 YÜKSELTGENME (OKSİDASYON)-İNDİRGENME (REDÜKSİYON) TEPKİMELERİ

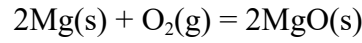
REDOKS TEPKİMELERİ

Terimler:

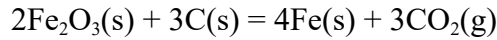
oksidasyon-indirgeme reaksiyonu/redoks reaksiyonu, oksidasyon yarı reaksiyonu, indirgeme yarı reaksiyonu, oksitleyici madde, indirgeyici madde, orantısızlık reaksiyonu, elektron diyagramı

Yükseltgenme ve İndirgenme

Uzun bir süre boyunca *oksitlenme* terimi, basit bir maddenin oksijenle birleşerek bir oksit oluşturduğu kimyasal bir süreci ifade etmiştir. Örneğin magnezyum, oksijen varlığında yanarak magnezyum oksit meydana getirir; bu durumda magnezyumun oksitlenmeye uğradığı söylenebilir.



Ters süreç yani oksijen kaybı *indirgenme* olarak kabul edilirdi. Hidrojenle gerçekleşen bir tepkime de indirgenme olarak değerlendirilirdi. Örneğin, demir cevherinin demire indirgenmesi işlemi kömür (karbon) kullanılarak gerçekleştirilir ve bu süreç oksijenin uzaklaştırılmasını içerir.

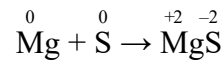


Oksidasyon ve indirgeme aynı anda gerçekleşir. Tıpkı demir oksidin oksijen kaybederek demire indirgenmesi gibi, karbon da oksijen eklenerek karbondioksit oksitlenir.

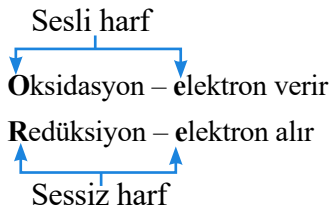
Daha sonra, oksijen içermeyen reaksiyonlara da uygulanan daha kapsamlı oksidasyon ve indirgeme tanımları geliştirildi. Bu tanımların özünde elektron alışverişi yer alır. Dolayısıyla, **oksidasyon elektronların verildiği bir süreç, indirgeme ise elektronların alındığı bir süreç olarak anlaşılır.**

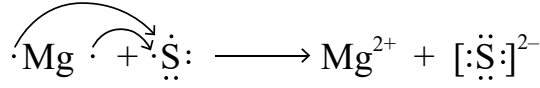
Elektron verilmesinin gerçekleşmesi için, atomları bu elektronları alacak bir madde olmalıdır. Aynı anda bir oksidasyon süreci gerçekleşmezse indirgeme gerçekleşemez. Bu nedenle, elektronların bir maddenin birimlerinden diğer bir maddenin birimlerine aktarıldığı reaksiyonlar olan **oksidasyon-indirgeme** reaksiyonlarından veya **redoks** reaksiyonlarından bahsediyoruz. Redoks reaksiyonlarında, reaksiyona katılan atomların bazılarının oksidasyon sayıları değişir.

Magnezyum ve kükürtün birleşme reaksiyonu sırasında, her redoks reaksiyonunda olduğu gibi, magnezyum ve kükürtün oksidasyon sayılarında bir değişiklik meydana gelir.

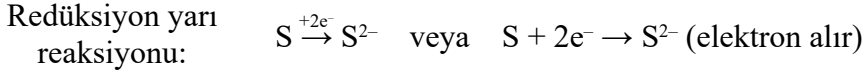


Aslında, reaksiyon sırasında elektronlar metalden ametale aktarılarak magnezyum sülfür iyonik bileşiğini oluşturur.



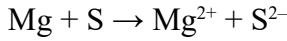
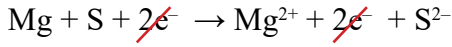
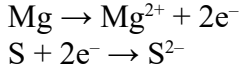


Magnezyum atomu iki elektron kaybederek magnezyum iyonuna oksitlenir. Aynı zamanda kükürt atomu iki elektron alarak sülfür iyonuna indirgenir. Tüm süreç, iki yarı reaksiyon denklemiyle gösterilebilir: bir oksidasyon yarı reaksiyonu ve bir indirgeme yarı reaksiyonu.

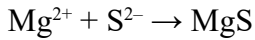


Oksidasyon yarı reaksiyonunda atomun oksidasyon sayısının arttığı, indirgeme yarı reaksiyonunda ise atomun oksidasyon sayısının azaldığı gözlemlenmiştir.

Genel olarak, verilen ve alınan elektron sayısı eşit olmalıdır. Magnezyum ve kükürt arasındaki reaksiyon için bu durum geçerli olduğundan, oksidasyon ve indirgeme yarı reaksiyonlarının iki denklemini toplayıp reaksiyonun genel denklemini yazabiliriz.

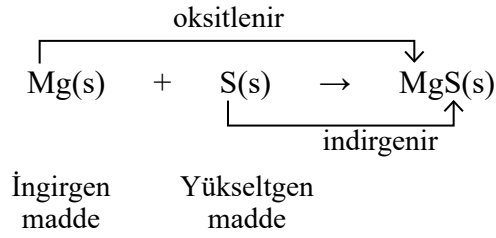


Magnezyum ve sülfür iyonları birleşerek magnezyum sülfürün formül birimini oluşturur.



Yükseltgen ve indirgen maddeler

Her redoks tepkimesinde, yükseltgenen (elektron kaybeden) madde, tepkimeye girdiği diğer maddeyi indirgediği için **indirgen madde** olarak adlandırılır. İndirgen maddedeki atomlardan birinin yükseltgenme basamağı artar. İndirgenen (elektron kazanan) madde ise diğer tepkimeye giren maddeyi yükseltir ve bu nedenle **yükseltgen madde** görevi görür. Yükseltgen maddedeki atomlardan birinin yükseltgenme basamağı azalır. Böylece magnezyum, kendisi yükseltgenirken kükürdü indirger, kükürt ise kendisi indirgenirken magnezyumu yükseltir.



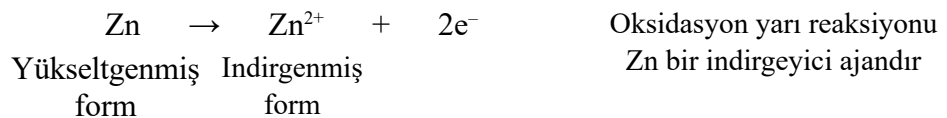
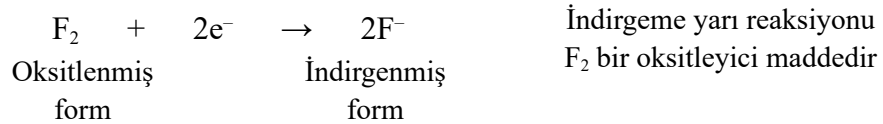
Kavram	Verilen bir atomun oksidasyon sayısı	Elektronlar
Yükseltgenme	arttırır	verirler
İndirgenme	azaltır	alırlar
Yükseltgen madde	azaltır	alırlar
İndirgen madde	arttırır	verirler

Farklı maddelerin oksidasyon ve indirgeme yetenekleri farklıdır. Bazı maddeler yalnızca oksitleyici, bazıları yalnızca indirgeyici, bazıları ise hem oksitleyici hem de indirgeyici olabilir. Bu, elektronik konfigürasyona ve olası oksidasyon sayılarına dayanarak çıkarılabilir. Belirli bir elementin atomunun maksimum oksidasyon sayısına sahip olduğu bir madde yalnızca oksitleyici olabilir ve belirli bir elementin atomunun minimum oksidasyon sayısına sahip olduğu bir madde yalnızca indirgeyici olarak davranabilir. Örneğin, azotun oksidasyon sayıları -3 ile +5 arasında olabilir, bu nedenle oksidasyon sayısına bağlı olarak bileşikler oksitleyici veya indirgeyici olarak davranacaktır.

NH ₃	N ₂ H ₄	NH ₂ OH	N ₂	N ₂ O	NO	NO ₂ ⁻	NO ₂	NO ₃ ⁻
-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5
Sadece indirgeyici madde			Hem oksitleyici hem de indirgeyici bir madde					Sadece yükseltgen madde

Resim 6.2 Azotun farklı yükseltgenme basamaklarına sahip olduğu bileşik örnekleri

Flor 0 ve -1 olmak üzere iki yükseltgenme basamağına sahip olabilir; çinko da yine 0 ve +2 olmak üzere iki yükseltgenme basamağına sahiptir. Bu durum, çinko ve flor tepkimeye girdiğinde florun yükseltgen (yükseltgenme basamağı 0'dan -1'e değişir), çinkonun ise indirgen (yükseltgenme basamağı 0'dan +2'ye değişir) olarak görev yaptığı anlamına gelir.

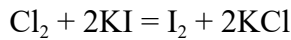


Bir atom türünün oksitlenmiş ve indirgenmiş hallerini oluşturan birim çiftine **redoks çifti** denir. Bir redoks çifti, önce oksitlenmiş hal, sonra indirgenmiş hal yazılarak gösterilir. Örneğin, $F_2/2F^-$ ve Zn^{2+}/Zn .

Güçlü oksitleyici maddeler, elektronları kolayca kabul etme eğiliminde olan, yani yüksek oksidasyon sayısına sahip atomlara sahip maddelerdir. Ametaller, elektronları kolayca kabul ettikleri (yüksek elektronegatiflik değerine sahip oldukları) için başlıca güçlü oksitleyici maddelerdir. Bunlara flor, klor, brom, iyot, oksijen, ozon vb. dahildir. Flor, yüksek elektron ilgisine ve en yüksek elektronegatiflik değerine sahip olduğundan en güçlü oksitleyici maddedir. Güçlü bir oksitleyici madde zayıf bir indirgeyici madde haline gelir, bu nedenle florür iyonları zayıf indirgeyici maddeler olacaktır.

Güçlü oksitleyici madde olarak kabul edilen diğer maddeler şunlardır: permanganatlar (örneğin $KMnO_4$), dikromatlar (örneğin $K_2Cr_2O_7$), kloratlar (örneğin $KClO_3$), perkloratlar (örneğin $NaClO_4$), oksitleyici özelliklere sahip asitler (örneğin HNO_3 ve H_2SO_4), vb.

Oksitleyici maddelerin güçlerindeki farklılıklar, girdikleri reaksiyonlarla gösterilebilir. Aynı periyottaki elementlerden oluşan basit maddelerde, oksitleyici özellikler elementin atom numarası arttıkça artar. Periyodik Tablodaki bir grup içinde ise, oksitleyici özellikler kural olarak elementin atom numarası arttıkça azalır. Örneğin, flor, karşılık gelen halojenürler grubundaki kendisinden aşağıda yer alan tüm halojen elementlerini yerinden çıkarabilir. Klor hem bromu hem de iyodu yerinden çıkarabilir, ancak brom sadece iyodu yerinden çıkarır.



Güçlü indirgeyici maddeler, elektronları kolayca veren maddelerdir. Reaktif metaller, güçlü indirgeyici maddelere örnektir. Örneğin, lityum lityum iyonlarına oksitlenebilir. Lityum iyonlarının elektron alma eğilimi yoktur, bu nedenle zayıf oksitleyici maddelerdir. Metaller, indirgeyici madde olarak güçlerine göre, daha sonra ele alınacak olan metallerin elektrokimyasal serisi olarak adlandırılan bir düzende sıralanır.

Metallere ek olarak, iyi indirgeyici maddeler arasında hidrojen, elementel karbon, karbonmonoksit, hidrojen sülfür, amonyak ve düşük oksidasyon sayısına sahip atomlar içeren diğer maddeler bulunur.

İndirgen maddeler	Yükseltgen maddeler
Li	Li ⁺
K	K ⁺
Ca	Ca ²⁺
Na	Na ⁺
Mg	Mg ²⁺
Al	Al ³⁺
Zn	Zn ²⁺
Cr	Cr ³⁺
Fe	Fe ²⁺
Ni	Ni ²⁺
Sn	Sn ²⁺
Pb	Pb ²⁺
H ₂	H ₃ O ⁺
H ₂ S	S
Cu	Cu ²⁺
I ⁻	I ₂
MnO ₄ ²⁻	MnO ₄ ⁻
Fe ²⁺	Fe ³⁺
Hg	Hg ₂ ²⁺
Ag	Ag ⁺
NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻
Br ⁻	Br ₂
Mn ²⁺	MnO ₂
SO ₂	H ₂ SO ₄ (kons.)
Cr ³⁺	Cr ₂ O ₇ ²⁻
Cl ⁻	Cl ₂
Mn ²⁺	MnO ₄ ⁻
F ⁻	F ₂

Güç artar

Güç artar

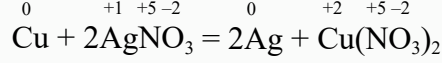
Resim 6.3 İndirgeyici ve yükseltgeyici maddelerin relativ kütlesi

Örnek 6.8.

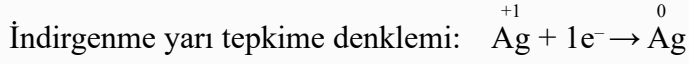
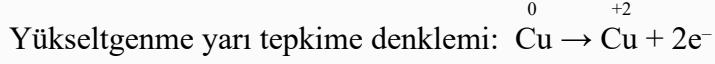
$\text{Cu} + 2\text{AgNO}_3 = 2\text{Ag} + \text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ denklemiyle gösterilen yer değiştirme tepkimesi için yükseltgenme ve indirgenme yarı tepkime denklemlerini yazın; yükseltgenen ve indirgenen elementlerin atomlarını belirleyin; ayrıca hangi maddenin yükseltgen, hangisinin ise indirgen olduğunu belirtin.

Çözüm:

Öncelikle, tüm elementlerin atomlarının yükseltgenme basamakları belirlenmelidir.

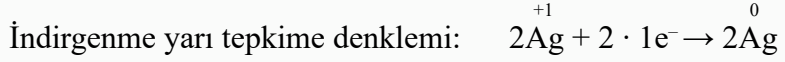
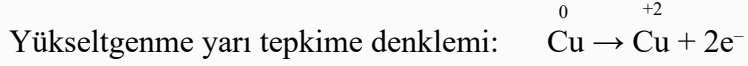


Yarı tepkime denklemleri şu şekilde yazılabilir:

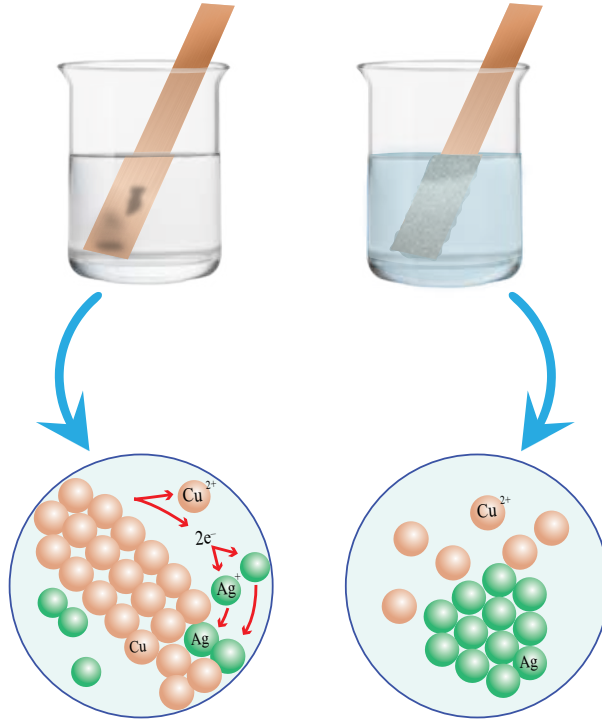


Kazanılan ve kaybedilen elektron sayısının eşit olması gerektiğinden, ikinci denklem ikiyle çarpılmalıdır.

Bu da şu sonucu verir:

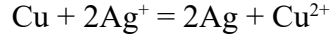


Bakır atomlarının oksidasyon sayılarının arttığı, yani oksitlendiği gözlemlenmiştir. Bu nedenle bakır indirgeyici bir maddedir. Gümüş atomlarının oksidasyon sayıları azalır (indirgenir), bu nedenle gümüş nitrat oksitleyici bir maddedir.

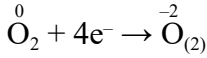
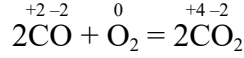


Resim 6.4 Bakır ve gümüş nitrat çözeltisi arasındaki redoks reaksiyonu

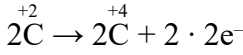
Bazen, oksidasyon sayıları değişen katılımcıları listeleyen net iyon denklemleri, redoks reaksiyonlarını temsil etmek için kullanılır. Bu nedenle, bakır ve gümüş nitrat arasındaki reaksiyonun denklemi şu şekilde yazılabilir:



Redoks reaksiyonları, kovalent bileşikler arasında da meydana gelir; yani, elektronların tam olarak aktarılmadığı durumlarda. Örneğin, karbon monoksit ve oksijenin reaksiyonunda oksidasyon ve indirgeme süreçleri gerçekleşir.



İndirgenme yarı reaksiyonu.
O₂ oksitleyici bir maddedir.



Oksidasyon yarı reaksiyonu.
CO indirgeyici bir maddedir.

Redoks reaksiyonları, birleşme ve yer değiştirme reaksiyonlarına ek olarak, çok sayıda ayrışma reaksiyonunu da içerir.

Aktivite

Temizlik ürünlerinde ve canlı organizmalardaki biyolojik süreçlerde kullanılan oksitleyici ve indirgeyici maddelerin örneklerini inceleyin!



Düşün ve Cevapla:

- Aşağıdaki reaksiyon denklemlerinin her biri için, tüm elementlerin atomlarının oksidasyon sayılarını belirleyin ve ardından hangi denklemlerin redoks reaksiyonlarını temsil ettiğini belirleyin!
 - $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
 - $2\text{KClO}_3 = 2\text{KCl} + 3\text{O}_2$
 - $\text{N}_2\text{O}_4 = 2\text{NO}_2$
 - $\text{Cl}_2 + 2\text{HBr} = 2\text{HCl} + \text{Br}_2$
 - $3\text{H}_2\text{S} + 2\text{HNO}_3 = 3\text{S} + 2\text{NO} + 4\text{H}_2\text{O}$
- Önceki örnekteki her bir redoks reaksiyonu için:
 - Oksitlenen ve indirgenen elementin atomlarını belirleyin
 - Oksidasyon ve indirgeme yarı reaksiyonlarının denklemlerini yazın
 - Hangi maddenin oksitleyici, hangisinin indirgeyici olduğunu belirleyin
- Hangisi oksitleyici olamaz?
 - $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$
 - MnO_4^-
 - Br^-
 - Cl_2

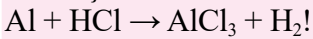
REDOKS REAKSİYON DENKLEMLERİNİN DENKLEŞTİRİLMESİ

Kimyasal denklemler denkleştirilirken, kütlenin korunumu yasası uyarınca sol taraftaki atom sayısının sağ taraftaki atom sayısına eşit olması önemlidir. Redoks tepkime denklemleri için ek bir kriter daha vardır: kazanılan elektron sayısı, kaybedilen elektron sayısına eşit olmalıdır. Bu nedenle, redoks denklemlerini denkleştirmek için bir elektron şeması kullanılır. Redoks denklemleri denkleştirilirken çeşitli adımlar izlenir:

- 1) Tüm elementlerin atomlarının oksidasyon sayılarını belirleyin ve oksidasyon sayıları değişen atomları bulun.
- 2) Aşağıdaki gibi bir elektron diyagramı çizin:
 - Oksidasyon ve indirgeme yarı reaksiyonlarının denklemlerini yazın ve kimyasal formülde element sembolüne ek olarak bir indeks varsa, onu da yazın.
 - İlgili element sembollerinin üzerine oksidasyon sayılarını yazın.
 - Alınan ve verilen elektron sayısı için EKOK değerini bulun.
 - EKOK değerini verilen veya alınan elektron sayısına bölerek uygun katsayıları seçin.
- 3) Bu katsayılar, tam oksidasyon veya indirgeme geçirmiş olan reaksiyon katılımcılarının ilgili sembolleri ve formüllerinden önce dengesiz kimyasal denkleme aktarılır.
- 4) Bu katsayıları değiştirmeden, kimyasal denklemin geri kalanını dengeleyin. Genellikle hidrojen ve oksijen atomları en son dengelenir.
- 5) Denklemin her iki tarafındaki her tür atomun sayısını ve toplam yükü kontrol edin.

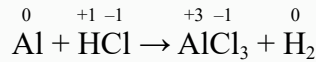
Örnek 6.9.

Aşağıdaki denklemi denkleştirin:

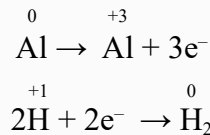


Çözüm:

Öncelikle tüm elementlerin atomlarının yükseltgenme basamakları belirlenmelidir.

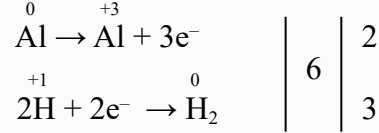


Ardından, yükseltgenme ve indirgenme yarı tepkimelerine ait denklemler kullanılarak bir elektronik şema oluşturulur.

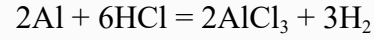


Denklemin sağ tarafında hidrojen elementinin sembolüne ek olarak bir alt simge 2 bulunur, bu nedenle yarı reaksiyon denkleminde de yazılır. Sol ve sağ taraftaki atom sayılarının eşit olması gerektiğinden, soldaki hidrojen elementinin sembolünün önüne 2 katsayısı eklenir. Bu, atomların "toplam" oksidasyon sayısını verir. Bu nedenle, toplamda iki elektron kazanılır.

Ardından, kazanılan ve kaybedilen elektron sayılarının en küçük ortak katı bulunur (bu sayı 6'dır) ve dengelenmemiş denklemde yer alacak olası katsayılar belirlenir.



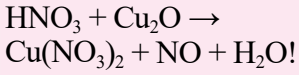
Bu durumda, Al ve AlCl₃'ün önüne 2 katsayısı, H₂'nin önüne 3 katsayısı ve HCl'nin önüne 6 (3 · 2) katsayısı getirilmelidir.



Son olarak, denklemin her iki tarafındaki her bir türden atomun sayısı ve toplam yük kontrol edilir. Bu durumda, denklemin her iki tarafında iki alüminyum atomu, altı hidrojen atomu ve altı klor atomu bulunur; toplam yük ise sıfırdır. Böylece denklem denkleştirilmiş olur.

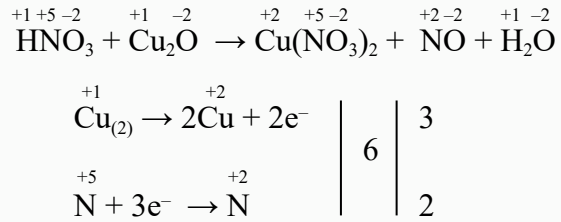
Örnek 6.10.

Aşağıdaki denklemi denkleştirin:



Çözüm:

Yükseltgenme basamakları belirlenir ve önceki örneğe benzer bir şekilde bir elektron diyagramı oluşturulur.

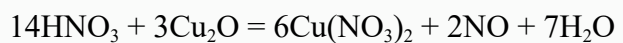


Bu nedenle, Cu₂O 'nun önüne 3 katsayısı, Cu(NO₃)₂ 'nin önüne ise 6 (3 · 2) katsayısı konulmalıdır. Denklemden, nitrik asitteki azotun bir kısmının indirgendiği (azot monoksit'e dönüştürüldüğü), (azot monoksit'e dönüştürüldüğü), diğer bir kısmının ise oksidasyon durumunun değişmediği (hem nitrik asitte hem de bakır(II) nitratta azotun oksidasyon durumu +5'tir) gözlemlenebilir.

Nitrat iyonlarının bir kısmı redoks değişimine uğramadığından, nitrat iyonları içeren maddelerin formüllerinin önüne 2 katsayısı konulmaz. Bu da şu sonucu verir:



Ardından, her iki taraftaki her bir türden atom sayılarını denkleştirilir. Sonuç olarak, denkleştirilmiş denklem şöyledir:



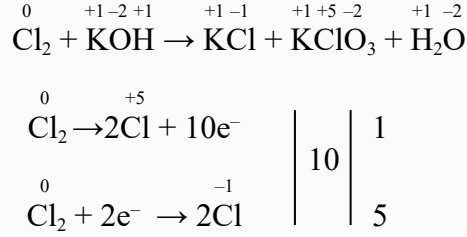
Redoks reaksiyonlarının özel bir türü de **orantısızlık reaksiyonlarıdır**. Bu reaksiyonlarda, aynı elementin atomları aynı anda oksitlenir ve indirgenir, bu nedenle aynı madde hem indirgeyici hem de oksitleyici madde görevi görür. Ürünlerde, bu elementin hem daha yüksek hem de daha düşük oksidasyon sayılarına sahip atomlarını içeren maddeler bulunur.

Örnek 6.11.

Aşağıdaki denklemi denkleştirin:
 $\text{Cl}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{KCl} + \text{KClO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

Çözüm:

Bu, klor atomlarının eş zamanlı olarak hem yükseltgendiği (yükseltgenme basamağı 0'dan +5'e değişir) hem de indirgenildiği (yükseltgenme basamağı 0'dan -1'e değişir) bir disproporsiyonasyon tepkimesi denklemdir.



Elektron şemasından elde edilen katsayılar ürün formüllerinin önüne yerleştirilir: KClO_3 'ün önüne 2 (2·1) ve KCl 'nin önüne 10 (2·5). Toplam klor atomu sayısı 12'ye (daha önce elde edilen iki katsayının toplamı) eşit olacak şekilde, disproporsiyonasyona uğrayan reaktantın formülünün önüne 6 katsayısı getirilir.



Kimyasal denklemin geri kalanı da denkleştirildiğinde sonuç şöyledir:



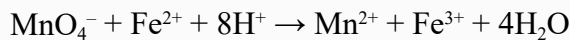
Dengelenmiş kimyasal denklemdeki tüm katsayılar çifttir; bu nedenle 2'ye bölünebilirler. Aksi yönde özel bir neden bulunmadığı sürece, dengelenmiş kimyasal denklemlerde genellikle en küçük tam sayı katsayılar kullanılır.

**Örnek 6.12.**

Aşağıdaki denklemi denkleştirin:
 $\text{MnO}_4^- + \text{Fe}^{2+} + \text{H}^+ \rightarrow \text{Mn}^{2+} + \text{Fe}^{3+} + \text{H}_2\text{O}$

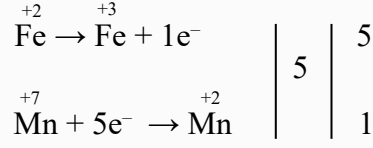
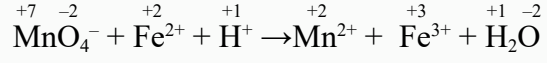
Çözüm:

Redoks tepkimesi denklemleri, bu denklemde olduğu gibi iyonik biçimde de yazılabilir. Bu denklem bir elektron şeması kullanılmadan denkleştirilirse sonuç şöyle olur:

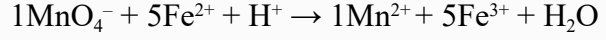


Bu tür dengelenmiş bir denklemde, her bir türden atomun sayısı her iki tarafta da eşittir ancak toplam yük eşit değildir. Bu nedenle, redoks denklemlerinin elektron yöntemi kullanılarak dengelenmesi her zaman önerilir.

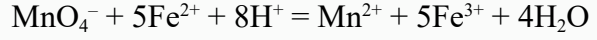
Yükseltgenme basamakları belirlenir ve önceki örneğe benzer bir şekilde bir elektron diyagramı oluşturulur.



Katsayıları denklemdaki ilgili yerlerine yerleştirerek şunları elde ederiz:



Kimyasal denklemlerde 1 katsayısı genellikle yazılmaz; ancak denkleştirme işlemi sırasında, bu katsayının değiştirilmemesi gerektiğini akılda tutmak adına onu dahil etmek yararlıdır. Oksijen ve hidrojen atomlarının sayıları eşitlendiğinde, denkleştirilmiş denklem şu şekildedir:



Son olarak, denklemin sol ve sağ taraflarındaki toplam yükün eşit olup olmadığı kontrol edilmelidir.

$$\text{Sol: } 1 \cdot (-1) + 5 \cdot (+2) + 8 \cdot (+1) = +17 \quad \text{Sağ: } 1 \cdot (+2) + 5 \cdot (+3) + 4 \cdot 0 = +17$$



Düşün ve Cevapla:

- Aşağıdaki kimyasal denklemlerden hangisi orantısızlaşma reaksiyonunu temsil eder?
 - $\text{HI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O}$
 - $\text{HCl} + \text{KMnO}_4 \rightarrow \text{KCl} + \text{MnCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2$
 - $\text{As} + \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{NO}$
 - $\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HNO}_3 + \text{HNO}_2$
 - $\text{NH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
- Önceki sorudaki denklemleri elektron diyagramı kullanarak dengeleyin!
- Aşağıdaki iyonik formdaki denklemleri elektron diyagramı kullanarak dengeleyin!
 - $\text{S}^{2-} + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}^+ \rightarrow \text{S} + \text{Cr}^{3+} + \text{H}_2\text{O}$
 - $\text{I}^- + \text{MnO}_4^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{I}_2 + \text{MnO}_2 + \text{OH}^-$
 - $\text{SO}_3^{2-} + \text{IO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}$

6.3 METALLERİN ELEKTROKİMYASAL SERİSİ

METALLERİN ELEKTROKİMYASAL SERİSİ

Metaller; renk, fiziksel hal, yoğunluk, erime ve kaynama noktaları, elektriksel ve ısı iletkenlik gibi çeşitli özellikler bakımından birbirinden farklılık gösterir. Fiziksel özelliklerinin yanı sıra metaller kimyasal davranışları özellikle elektron verme ve redoks tepkimelerine katılma eğilimleri açısından da farklılık arz eder. Sonuç olarak, metallerin indirgen madde olarak gösterdikleri güç değişkenlik gösterir; bu durum, metallerin elektrokimyasal seride sıralanabilmesini sağlar.

Metallerin elektrokimyasal serisi, metallerin elektron verme eğilimlerine yani indirgen madde olarak güçlerine göre sıralandığı ve redoks tepkimelerindeki bağıl reaktivitliklerini gösteren bir dizidir.

Terimler:

metallerin elektrokimyasal serisi

Metallerin elektrokimyasal serisi aynı zamanda voltaj serisi olarak da bilinir.

Metallerin reaktivitesi artar

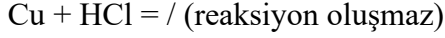
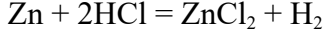
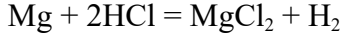
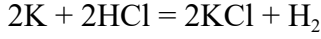


Resim 6.5 Metallerin elektrokimyasal serisi

Bu seri, metalleri karşılaştırmak için bir temel oluşturan hidrojeni de içerir. Serinin en solunda yer alan metaller daha düşük elektronegatiflik değerlerine sahiptir, elektronları daha kolay kaybeder ve daha güçlü indirgeyici maddelerdir.

Bu seride hidrojenin öncesinde yer alan metaller, asitlerden hidrojenin yerini alabilir; bu sırada metal ile asit arasındaki tepkime sonucunda hidrojen gazı açığa çıkar. Hidrojenin sonrasında yer alan metaller ise asitlerden hidrojenin yerini almaz. Hatta bu metallerin bazıları asitlerle hiç tepkimeye girmez.

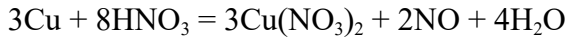
Metalleri ile asitler arasındaki tepkimenin hızı ve şiddeti, metalin elektrokimyasal serideki konumuna özellikle de hidrojene olan uzaklığına bakılarak öngörülebilir. Buna göre, oldukça reaktif bir metal olan potasyum, hidroklorik asitle çok hızlı ve şiddetli bir şekilde tepkimeye girer. Magnezyum da şiddetli bir tepkime verir ancak bu tepkime daha az yoğunluktadır. Çinko daha yavaş tepkimeye girerken, bakır hidroklorik asitle tepkimeye girmez.



Bununla birlikte bakır, yükseltgen özellik gösteren asitlerle (örneğin H_2SO_4 ve HNO_3) tepkimeye girebilir; ancak ürünlerden biri olarak hidrojen açığa çıkmaz.



Derişik sülfürik
asit

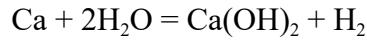
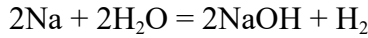


Seyreltik
Nitrik asit



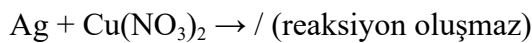
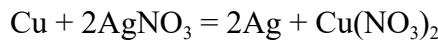
Derişik
Nitrik asit

Alkali metaller ve bazı toprak alkali metaller o kadar güçlü indirgen maddelerdir ki, sudan bile hidrojeni açığa çıkarabilirler.



Metallere ait elektrokimyasal seri, metallerin diğer metallerin tuzlarını içeren çözeltilerdeki davranışlarını öngörmek için kullanılabilir. **Daha güçlü bir indirgen olan bir metal, elektrokimyasal seride kendisinin sağında yer alan yani daha zayıf bir indirgen olan başka bir metalin yerini alabilir.**

Örneğin, bir gümüş nitrat çözeltisine bakır bir tel konulduğunda, elementel gümüş çökmeye başlar ve oluşan tuzdan kaynaklanan bakır(II) iyonlarının varlığı nedeniyle çözelti açık mavi renge döner. Bu durum, bakırın gümüşten daha güçlü bir indirgen madde olması ve metallerin elektrokimyasal serisinde gümüşün önünde yer alması nedeniyle gerçekleşir. Eğer bir bakır(II) nitrat çözeltisine bir parça gümüş konulursa, herhangi bir tepkime gerçekleşmez.



Resim 6.6 Bakırın derişik nitrik asit ile tepkimesi



Aktivite

Metallerin cevherlerinden nasıl elde edildiğini ve bu süreçlerde redoks tepkimelerinin oynadığı rolü araştırın! Belirli metaller (örneğin; demir, bakır, alüminyum, sodyum veya altın) seçin ve şunları yanıtlayın:

- 1) Metaller doğada hangi formda bulunur (saf element olarak mı yoksa bileşik halinde mi)?
- 2) Neden altın gibi bazı metaller doğal halde (serbest element olarak) bulunurken, sodyum gibi diğerleri bulunmaz?
- 3) Metalleri cevherlerinden elde etmek için hangi redoks süreçleri kullanılır?

Metallerin reaktivliği, doğada bulunma biçimleri ve elde edilmelerinde kullanılan yöntemler arasındaki ilişkiye dair bir sonuca varın!



Resim 6.7 Bakırın gümüş nitrat çözeltisi ile tepkimesi

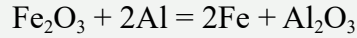


DAHA FAZLA BİLGİ EDİNİN



Resim 6.8 Termit tepkimesi – alüminyum ile demir(III) oksit arasındaki tepkime

Metallere ait elektrokimyasal seri, yalnızca çözeltide gerçekleşen tepkimelere değil, aynı zamanda katı hal tepkimelerine de uygulanabilir. Bir metalin, bir diğerinin bileşiğindeki (örneğin bir oksitteki) yerini aldığı yer değiştirme tepkimeleri, cevherlerinden saf metal elde etmek amacıyla metalurjide yaygın olarak kullanılır. Termit reaksiyonu; daha reaktif bir metal ve daha güçlü bir indirgen olan alüminyumun, başka bir metali kendi oksitinden uzaklaştırdığı, kuvvetli ekzotermik bir redoks reaksiyonudur. Bunun en bilinen örneği, demir(III) oksit ile alüminyum arasındaki reaksiyondur.



Metalurjide termit reaksiyonu, karbonla indirgenmesi zor olan metalleri (krom, manganez ve vanadyum gibi) elde etmek için kullanılır; bu süreçte alüminyum, indirgeyici madde görevi görür. Bu metal üretim yöntemi, alüminotermi olarak bilinir. Ayrıca termit reaksiyonu, demiryolu raylarının kaynağında da yaygın olarak kullanılır; zira reaksiyon sırasında açığa çıkan erimiş demir, fırınlara veya karmaşık ekipmanlara ihtiyaç duyulmaksızın metal parçaları doğrudan yerinde kaynaştırabilir.

Düşün ve Cevapla:



- Her çiftteki hangi element daha güçlü indirgeyici ajandır?
 - kalsiyum veya magnezyum
 - demir veya çinko
 - çinko veya bakır
 - altın veya gümüş
- Aşağıdaki kimyasal denklemlerle temsil edilen hangi ikame reaksiyonlarının gerçekleşebileceğini belirleyin ve ardından ürünleri tahmin edin. Son olarak, denklemleri bir elektron diyagramı kullanarak dengeleyin.
 - $\text{Ca} + \text{CuSO}_4 \rightarrow$
 - $\text{Fe} + \text{ZnCl}_2 \rightarrow$
 - $\text{Ag} + \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{conc.}) \rightarrow$
 - $\text{Zn} + \text{NiCl}_2 \rightarrow$
 - $\text{Mg} + \text{KCl} \rightarrow$
 - $\text{Al} + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow$
 - $\text{Ba} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
 - $\text{Cu} + \text{NaNO}_3 \rightarrow$
- Altın ve bakır gibi bazı metaller eski uygarlıklar tarafından bilinirken, sodyum ve potasyum gibi diğerleri 19. yüzyıla kadar keşfedilmemiştir. Metallerin reaktivitesi ve üretim yöntemleri, keşfedilme zamanlarını nasıl etkilemiştir?

METALLERİN ELEKTROKİMYASAL SERİSİNİN İNCELENMESİ

Metallerin elektrokimyasal serisi, reaktivitelerini karşılaştırmak ve birçok kimyasal reaksiyonun seyrini tahmin etmek için önemli bir araçtır. Hangi metallerin elektronları daha kolay verdiğini ve bu nedenle daha güçlü indirgeyici maddeler olduğunu, ayrıca hangi metallerin bileşiklerinden diğer metalleri uzaklaştırabileceğini belirlemek için kullanılabilir. Elektrokimyasal seri, metallerin asitlerle reaksiyonlarını inceleyerek, hidrojen gazı açığa çıkıp çıkmadığını gözlemleyerek ve metallerin diğer metallerin tuz çözeltileriyle reaksiyonlarını inceleyerek deneysel olarak doğrulanabilir. Bu tür deneylere dayanarak, metallerin reaktivitesi ile elektrokimyasal serideki konumları arasında bir ilişki kurulur.



HAYDİ KEŞFEDELİM

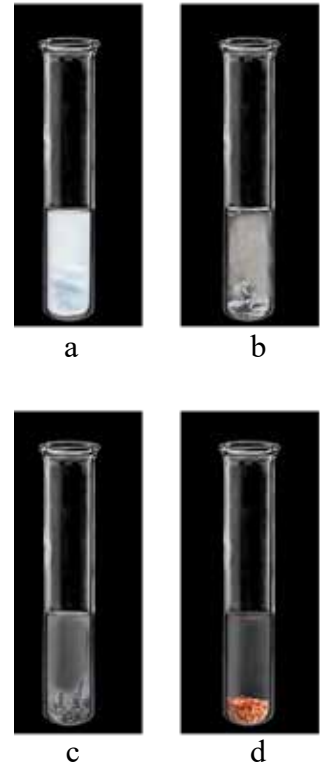
Metallerin asitlerle tepkimeleri

Gerekli ekipman ve maddeler: dört adet deney tüpü, pens, deney tüpü standı, emniyetli çakmak veya kibrit, hidroklorik asit çözeltisi ($c = 2 \text{ mol/dm}^3$), magnezyum, çinko, demir, bakır, laboratuvar önlüğü, güvenlik gözlüğü ve eldiven.

İşlem: Dört deney tüpünü, hacimlerinin üçte biri veya dörtte biri kadar HCl çözeltisiyle doldurun. Birinci tüpe küçük parçalar halinde magnezyum, ikinciye çinko, üçüncüye demir ve dördüncüye bakır koyun. Hangi tüpte kimyasal tepkime gerçekleştiğini ve tepkimenin nerede en şiddetli olduğunu gözlemleyin. Tepkimenin en şiddetli olduğu tüpün ağzına yanan bir kibrit veya emniyetli bir çakmak yaklaştırın. Ne gözlemliyorsunuz? Sonuçları laboratuvar raporunuza ekleyin.

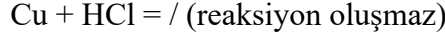
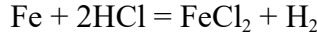
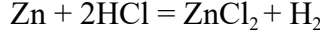
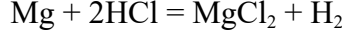
Hidroklorik asit çözeltisine çeşitli metaller eklendiğinde, tepkimenin her metalle gerçekleşmediği ve tepkime şiddetinin değişkenlik gösterdiği gözlemlenir. Bakır gözle görülür bir tepkime vermezken; demir, çinko ve magnezyumda gaz çıkışına bağlı olarak kabarcıklar oluştuğu görülür. Çinko ile gerçekleşen tepkime demirinkinden daha şiddetlidir; en şiddetli tepkime ise magnezyumla gerçekleşir ve bu sırada önemli miktarda hidrojen gazı açığa çıkar. Açığa çıkan gaz, yakınına yanan bir kibrit yaklaştırıldığında karakteristik bir "pıt" sesi çıkarmasıyla tanınır ve ardından gaz, neredeyse renksiz bir alevle yanar.

Bu gözlemler, metallerin elektrokimyasal serisiyle uyumludur. Bu seriye göre magnezyum, çinko ve demir hidrojenin önünde yer alır ve onu asitlerden açığa çıkarabilirken, bakır hidrojenin gerisinde bulunur ve hidroklorik asit gibi yükseltgen olmayan asitlerle tepkimeye girmez.



Resim 6.9 Hidroklorik asidin magnezyum (a), çinko (b), demir (c) ve bakır (d) ile tepkimesi

Magnezyum, çinko ve demir; hidroklorik asitteki hidrojen iyonlarını elementel hidrojene indirgerken, metallerin kendileri de çözeltiye geçen ilgili iyonlara yükseltgenir. Reaksiyonun şiddeti, metalin serideki konumu ve indirgeme yeteneği ile ilişkilidir. Metalin serideki konumu ne kadar yüksekse, reaksiyon o kadar hızlı gerçekleşir.



HAYDİ KEŞFEDELİM

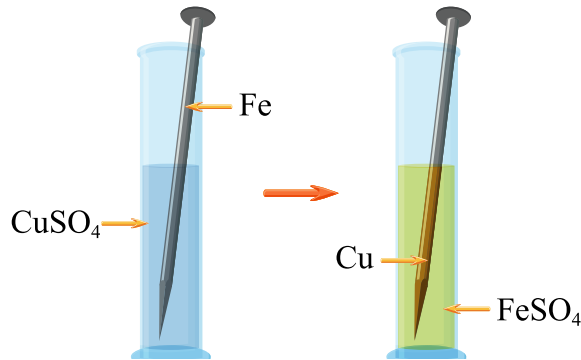
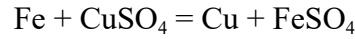


Demir ile bakır(II) sülfat çözeltisi arasındaki tepkime

Gerekli ekipman ve maddeler: demir çivi, bakır(II) sülfat çözeltisi, deney tüpü, laboratuvar önlüğü, güvenlik gözlüğü, eldiven.

İşlem: Bir deney tüpünü, hacminin yaklaşık yarısına kadar bakır(II) sülfat çözeltisiyle doldurun. Ardından, içine dikkatlice bir demir çivi bırakın ve zamanla meydana gelen değişimleri gözlemleyin. Elde ettiğiniz sonuçları laboratuvar raporunuza ekleyin!

Bir demir çivi bakır(II) sülfat çözeltisine bırakıldığında kademeli bir değişim gözlemlenir: Demir yüzeyinde kırmızımsı kahverengi bir bakır çökeltisi oluşur ve demir(II) sülfatın meydana gelmesiyle birlikte çözeltinin mavi rengi zamanla yeşilimsi bir tona döner. Bu değişimler, demirin bakırı bileşiğinden uzaklaştırdığını; daha spesifik olarak, demirin yükseltgenerek demir(II) iyonlarına dönüşürken bakır(II) iyonlarının indirgenerek metalik bakıra dönüştüğünü gösterir. Bu davranış, demirin bakırdan önce geldiği ve daha yüksek bir indirgeme yeteneğine sahip olduğu metallerin elektrokimyasal serisiyle uyumludur.



Resim 6.10 Demir, bakır(II) sülfat çözeltisindeki bakırın yerini alır.



HAYDİ KEŞFEDELİM

Kim kimi dışlıyor?

Gerekli ekipman ve maddeler: magnezyum, çinko, kurşun ve bakır şeritleri; magnezyum nitrat, çinko nitrat, kurşun(II) nitrat ve bakır(II) nitrat çözeltileri (çözeltilerdeki tüm maddelerin molar derişimi $c = 0,1 \text{ mol/dm}^3$ tür); 12 adet deney tüpü; penset; laboratuvar önlüğü; güvenlik gözlüğü; eldiven.

İşlem: Şemada gösterildiği gibi 12 deney tüpüne bir metal şerit ile bir nitrat çözeltisi kombinasyonu yerleştirin. Bir süre sonra neler olduğunu gözlemleyin. Sonuçları laboratuvar raporunuza ekleyin!

1. Zn Pb Cu Mg(NO ₃) ₂ (aq)	2. Mg Pb Cu Zn(NO ₃) ₂ (aq)	3. Mg Zn Cu Pb(NO ₃) ₂ (aq)	4. Mg Zn Pb Cu(NO ₃) ₂ (aq)
--	--	--	--

Farklı metallerden yapılmış şeritler, diğer metallerin tuzlarının sulu çözeltilerine daldırıldığında, yer değiştirme reaksiyonunun yalnızca belirli kombinasyonlarda meydana geldiği gözlemlenir. Daha yüksek indirgeme yeteneğine sahip bir metal, daha az reaktif bir metalin tuzunun çözeltisinde bulunduğu anda, metal çözeltiden ayrılır veya çözeltinin rengi değişir; bu da bir redoks reaksiyonunun meydana geldiğini gösterir. Örneğin, çinko, bakır(II) sülfat çözeltisinden bakırı yerinden çıkarabilir ve bu çözeltide metalik bakır ayrılır; ancak ters olay mümkün değildir - bakır, çinkoyu kendi tuzunun çözeltisinden yerinden çıkaramaz. Bu sonuçlar, metallerin reaktivitelerine ve indirgeme yeteneklerine göre sıralandığı elektrokimyasal metal serisiyle uyumludur.

Metal Çözüm	Mg(NO ₃) ₂	Zn(NO ₃) ₂	Pb(NO ₃) ₂	Cu(NO ₃) ₂
Mg	–	✓	✓	✓
Zn	✗	–	✓	✓
Pb	✗	✗	–	✓
Cu	✗	✗	✗	–



Düşün ve Cevapla:

1. *Kim kimi yerinden çıkarır!* deneyinde gerçekleşen reaksiyonların dengeli denklemlerini yazın.
2. *Kim kimi yerinden çıkarır" ve Metallerin asitlerle reaksiyonları* deneylerinde araştırmayı doğru bir şekilde yürütmek için hangi faktörler sabit tutulmalıdır?
3. Tablo, beş farklı metalin (A-E) şeritlerinin sülfatların sulu çözeltilerine daldırıldığı deneylerin sonuçlarını göstermektedir. "✓" işareti, bir metalin çözeltiden yerinden çıkarıldığını, "X" işareti ise bir reaksiyonun gerçekleşmediğini gösterir.
 - a) Verilen verilere dayanarak, A-E metallerini reaktivitelerine göre, en reaktiften en az reaktife doğru sıralayın!
 - b) Sonuçların hangi metalin daha büyük indirgeme yeteneğine sahip olduğunu belirlemek için nasıl kullanılabileceğini açıklayın!

	ASO ₄	BSO ₄	CSO ₄	DSO ₄	ESO ₄
A	–	✓	✓	✓	X
B	X	–	X	X	X
C	X	✓	–	✓	X
D	X	✓	X	–	X
E	✓	✓	✓	✓	–

Tematik Test



Li K Ba Ca Na Mg Al Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb H₂ Cu Ag Hg Au

1. Aşağıdakilerde yer alan atomların her birinin yükseltgenme basamağı nedir?

- | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| a) Ca(OH) ₂ | f) FeSO ₄ |
| b) PbO ₂ | g) H ₂ CO ₃ |
| c) Cl ₂ | h) ClO ₃ ⁻ |
| d) K ₃ PO ₃ | i) Li ₃ N |
| e) CuS | j) SO ₂ |

20 p.

2. Hangi bileşik grubunda azot atomları aynı yükseltgenme basamağına sahiptir?

- NH₃, (NH₄)₂SO₄, NaNO₂
- N₂O₄, NO₂, HNO₃
- (NH₄)₂CO₃, (NH₄)₂Cr₂O₇, NH₄NO₃
- HNO₃, N₂O₅, Mg(NO₃)₂

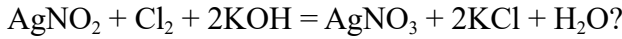
10 p.

3. Belirli bir tepkimede klorun yükseltgenme basamağı +5'ten -1'e değişmiştir. Klor atomu hakkında hangisi doğrudur?

- dört elektron aldı
- dört elektron verdi
- oksitlenmiş
- indirgenmiş

5 p.

4. Kimyasal denklemle gösterilen tepkimede hangi madde yükseltgen olarak görev yapar?



- AgNO₂
- Cl₂
- KOH
- KCl

5 p.

5. Ne indirgen madde **olamaz**?

- Fe²⁺
- MnO₄⁻
- S²⁻
- Br₂

5p.

6. Aşağıdaki kimyasal denklemle gösterilen redoks tepkimesi için



- tüm elementlerin atomlarının yükseltgenme basamaklarını belirleyin (6 p.)
- yükseltgenme ve indirgenme yarı tepkimelerinin denklemlerini yazın (10 p.)
- hangi maddenin yükseltgen, hangisinin ise indirgen olduğunu belirleyin (4 p.)
- elektron şeması kullanarak denklemi denkleştirin (10 p.)

30 p.

7. Aşağıdaki kimyasal denklemlerle gösterilen yer değiştirme tepkimelerinden hangilerinin gerçekleşebileceğini belirleyin ve ardından denklemleri tamamlayın.

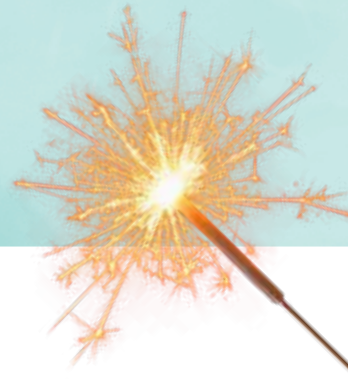
- $\text{Cl}_2 + \text{KBr} \rightarrow$
- $\text{Fe} + \text{CuCl}_2 \rightarrow$
- $\text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{conc.}) \rightarrow$
- $\text{Ag} + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow$
- $\text{Na} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$

15 p.

8. Tablodaki verilere dayanarak A-D metallerini en aktiften en az aktife doğru sıralayın!

	ANO ₃	BNO ₃	CNO ₃	DNO ₃
A	–	X	✓	X
B	✓	–	✓	✓
C	X	X	–	X
D	✓	X	✓	–

10 p.



ÖZET

- Yükseltgenme-İndirgenme tepkimeleri (veya redoks tepkimeleri), elektron alışverişi sonucunda gerçekleşen yani elektronların bir maddenin taneciklerinden başka bir maddenin taneciklerine aktarıldığı kimyasal tepkimelerdir.
- Yükseltgenme basamağı, belirli bir molekül, iyon veya formül birimindeki farklı elementlerin atomlarına atanan bir sayıdır. Yükseltgenme basamağı, önce işareti (pozitif veya negatif) ve ardından arap rakamlarıyla sayısal değeri yazılmak suretiyle element sembolünün üzerine yazılır.
- Yükseltgenme elektronların kaybedildiği bir süreçken, indirgenme elektron kazanma sürecidir.
- Yükseltgenen (elektron kaybeden) madde, tepkimeye girdiği diğer maddeyi indirgediği için indirgen madde olarak adlandırılır. İndirgen maddenin atomlarının yükseltgenme basamağı artar.
- İndirgen (elektron alan) madde, diğer reaktantın yükseltgenmesine neden olur ve bu nedenle yükseltgen bir madde (yükseltgen) görevi görür. Yükseltgen maddedeki atomların yükseltgenme basamağı azalır.
- Belirli bir atom türünün yükseltgenmiş ve indirgenmiş formlarını oluşturan tür çiftine redoks çifti denir.
- Güçlü yükseltgen maddeler, kolaylıkla elektron alma eğiliminde olan yani yüksek yükseltgenme basamağı değerlerine sahip atomlar içeren maddelerdir. Örnekler arasında flor, klor, brom, iyot, oksijen, ozon, permanganatlar, dikromatlar, kloratlar, perkloratlar, yükseltgen özellik gösteren asitler vb. yer alır.
- Güçlü indirgen maddeler kolaylıkla elektron veren maddelerdir. Örnekler arasında reaktif metaller, hidrojen, elementel karbon, karbon monoksit, hidrojen sülfür, amonyak vb. yer alır.
- Redoks tepkime denklemlerini denkleştirmek için sözde elektron yöntemi kullanılır.
- Disproporsiyonasyon tepkimelerinde aynı elementin atomları eş zamanlı olarak yükseltgenir ve indirgenir, böylece aynı madde hem indirgen hemde yükseltgen olarak görev yapar.
- Metallerin elektrokimyasal serisi, metallerin elektron verme eğilimlerine yani indirgen madde olarak güçlerine göre sıralandığı ve redoks tepkimelerindeki bağıl reaktivliklerini gösteren bir dizidir.
- Metallerin elektrokimyasal serisinde hidrojenin önünde yer alan metaller, asitlerden hidrojenin yerini alabilir, böylece metal ile asit arasındaki tepkime sırasında hidrojen gazı açığa çıkar. Hidrojenin ardından gelen metaller ise asitlerden hidrojenin yerini almaz.
- Daha güçlü bir indirgen olan bir metal, metallerin elektrokimyasal serisinde kendisinin sağında yer alan yani daha zayıf bir indirgen olan başka bir metalin yerini alabilir.

TERİMLER SÖZLÜĞÜ

A

Açık sistem – çevreyle hem madde hem de enerji alışverişinin mümkün olduğu bir sistem.

Aerosol – sıvı veya katı dağılan fazın, sıvı bir dağıtma ortamı içinde dağıldığı bir dağılma sistemi.

Aktif kompleks – tepkimeye giren maddeleri oluşturan ve kimyasal dönüşümün temel adımına katılan tüm tanecikleri içeren bir tür geçiş hali.

Aktivasyon enerjisi – Kimyasal bir reaksiyonu başlatmak için gereken minimum enerji miktarı.

Aşırı doymuş çözelti – belirli bir sıcaklıkta, belirli bir hacimdeki çözücüde çözülebilenden daha fazla miktarda çözünen madde içeren çözelti.

Asitler – (Arrhenius teorisine göre) bileşimlerinde hidrojen bulunduran ve suda ayrıştıklarında hidrojen iyonları veren maddeler.

Ayrışma reaksiyonları – bir maddeden iki veya daha fazla maddenin üretildiği reaksiyonlar.

B

Bazlar – (Arrhenius teorisine göre) suda ayrıştıklarında hidroksit iyonları veren, hidroksit grubu içeren maddeler.

Birleşme reaksiyonları – iki veya daha fazla maddenin birleşerek daha karmaşık bir madde oluşturduğu reaksiyonlar.

Ç

Çevre – sistemin hemen yakınında bulunan evrenin bir parçası.

Çift değişim reaksiyonları - reaktantların bir parçası olan atomların veya atom gruplarının karşılıklı değişiminin olduğu özel bir değişim reaksiyonu türü.

Çözücü – bkz. çözünen.

Çözücü – çözünen maddenin içinde çözündüğü madde.

Çözümler – moleküler dağılımlı sistemlere bakınız.

Çözünen madde – belirli bir çözücüde çözünen madde.

Çözünürlük – doymuş bir çözeltideki çözünen maddenin konsantrasyonu.

Çözünürlük eğrisi – Bir maddenin çözünürlüğünün sıcaklığa bağlılığını gösteren grafiksel bir gösterimdir; belirli bir miktar çözücüde (genellikle 100 g) çeşitli sıcaklıklarda çözünebilen madde miktarını gösterir.

D

Dağılan faz – bkz. dağılmış madde.

Dağılmış madde – diğer maddenin içine dağılmış olan madde

Dağılmış sistemler – Bir veya daha fazla maddenin taneciklerinin, başka bir maddenin tanecikleri içine dağıldığı (dispersiyon oluşturduğu) sistemler.

Dağıtma ortamı – Parçacık dağılımının gerçekleştiği madde.

Doğrudan tepkime – girenlerden ürünlere doğru ilerleyen bir tepkime.

Dönüştürme hızı – tepkime derecesindeki değişimin, bu değişimin gerçekleşmesi için gereken süreye oranını ifade eden bir nicelik.

Doymuş çözelti – Belirli bir sıcaklıkta, belirli bir miktar çözücü içinde mümkün olan en fazla miktarda çözünen maddenin çözündüğü çözelti.

Doymamış çözelti – belirli bir sıcaklıkta ilave miktarda çözünen maddenin çözülebildiği çözelti.

E

Ekzoenerjetik süreçler – sistemin enerji açığa çıkardığı süreçler.

Ekzotermik süreçler – sistemin ısı biçiminde enerji açığa çıkardığı süreçler.

Elektrolit ayrışma derecesi – ayrışan molekül sayısı ile toplam çözünmüş molekül sayısı arasındaki oran.

Elektrolitik ayrışma – İyonlardan veya polar moleküllerden oluşan maddelerin çözeltisinde, çözücünün polar moleküllerinin etkisiyle hareketli iyonların oluşumu.

Elektrolitler – Eriyikleri veya çözeltileri hareketli iyonlar içeren ve elektrik akımını ileten maddeler.

Emülsiyon – sıvı dağılmış fazın bir sıvı dağılma ortamı boyunca dağıtıldığı dağılmış bir sistem.

Endotermik süreçler – Isı formunda enerji girişi gerektiren işlemler.

Endüstriyel prosedürler – Enerji girdisi gerektiren süreçler.

Entalpi – İç enerjinin, o sistemin hacmi ve içindeki basıncın çarpımının toplamı olarak ifade edilen bir nicelik.

Enzimler – Canlı organizmalardaki kimyasal reaksiyonların çok daha hızlı ve hafif koşullar altında gerçekleşmesini sağlayan maddeler.

Erişimdeki tek bir değişiklik – Belirli bir biçimde yazılmış denklemde, söz konusu tepkime bileşeninin (giren veya ürün) önünde yer alan stokiyometrik katsayıya sayısal olarak eşit olan, o bileşenin miktarındaki değişim.

Etkin çarpışma – Tepkimeye giren parçacıkların birbirlerine doğru yönlendiği ve yeterli enerjiye sahip olduğu bir çarpışma.

Etkin iyonik denklemler – Kimyasal reaksiyona etkin olarak katılan iyonları içeren denklemler.

F

Faz – heterojen bir sistemin diğer kısmıyla temas halinde olan, ancak belirgin sınırlarla ayrılmış homojen bir parçası.

Fotokatalitik reaksiyonlar – ışığın bir tür katalizör görevi gördüğü, reaksiyonun başlamasına ve ardından kendi kendine devam etmesine olanak sağlayan reaksiyonlardır.

G

Geri dönüşümsüz reaksiyonlar – reaksiyon sisteminden en az bir reaktif tamamen kaybolana kadar devam eden, yani sadece tek yönde ilerleyen reaksiyonlardır – reaktiflerden ürünlere doğru.

Gözlemci iyonlar – Tepkimeye katılmayan iyonlar.

H

Hacim oranı – B bileşeninin hacminin, tüm bileşenlerin hacimlerinin toplamına oranı (bölümü).

Hacim oranı – İki bileşenin hacimleri arasındaki oran.

Hacimsel derişim – B bileşeninin hacminin çözeltinin hacmine oranı.

Heterojen denge – tepkimeye katılan maddelerin toplam hallerinin farklı olduğu kimyasal bir denge.

Heterojen kataliz – katalizör ve reaktanların farklı fazlarda olduğu, yani heterojen bir sistem oluşturduğu kataliz türüdür.

Heterojen sistem – bileşenleri arasında sınır yüzeylerinin gözlemlenebildiği bir sistem.

Homojen denge – tüm katılımcıların aynı toplam durumda (yani aynı fazda) olduğu kimyasal denge.

Homojen kataliz – katalizör ve reaktanların aynı fazda, genellikle gaz fazında veya çözelti halinde bulunduğu kataliz türüdür.

Homojen sistem – bileşenler arasında hiçbir sınırın bulunmadığı bir sistem.

I

Isı – bir sistem ile çevresi arasında sıcaklık farkı nedeniyle gerçekleşen enerji alışverişi.

İ

İç enerji – Sistemdeki tüm parçacıkların kinetik ve potansiyel enerjilerinin toplamı.

İndikatörler – Asidik, nötr veya bazik bir çözeltide renk değiştiren maddeler.

İndirgenme – elektron kazanma süreci.

İndirgeyici madde – oksitlenen (elektron veren) ve tepkimeye girdiği diğer maddeyi indirgeyen madde.

İnhibitörler – Kimyasal bir tepkimeyi yavaşlatan ve bazı durumlarda onu tamamen durdurabilen maddeler.

İyonik tepkimeler – Sulu çözeltilerde iyonlar arasında gerçekleşen tepkimeler.

K

Kaba dağılmış sistemler – Dağılan maddenin parçacık boyutunun 1000 nm'den büyük olduğu heterojen dispers sistemler.

Kalorimetreler – Sabit basınçta meydana gelen ısı etkileri ölçmek için kullanılan cihazlar.

Kapalı sistem – Sadece enerjinin alışverişinin yapılabildiği bir sistem.

Katalitik reaksiyonlar – Katalizörler varlığında gerçekleşen tepkimeler.

Katalizörler – Kimyasal ve niceliksel olarak değişmeden kalarak kimyasal bir tepkimeyi hızlandıran maddeler.

Kimyasal bir tepkimede bir giren veya ürünün derişiminin değişim hızı – belirli bir tepkime bileşiminin derişimindeki değişim ile bu derişim değişiminin gerçekleşmesi için gereken süre arasındaki oran olarak tanımlanan bir nicelik.

Kimyasal denge – reaktif ve ürün parçacıklarının sürekli olarak birbirine dönüştüğü, yani ileri ve geri reaksiyon hızlarının eşit olduğu bir durumdur.

Kimyasal denge sabiti – Her biri ilgili stokiometrik katsayısı kadar bir üsse yükseltilmiş olan ürünlerin denge derişimleri çarpımının, girenlerin denge derişimleri çarpımına oranını ifade eden bir nicelik.

Kimyasal denklemler – kimyasal değişimler sırasında meydana gelen süreçlerin sembolik kaydı.

Kimyasal dönüşümün temel eylemi – Bir parçacığı başka bir parçacığa dönüştürmek.

Kimyasal reaksiyonlar – maddelerin kimyasal kimliklerinin değiştiği ve orijinal maddelerden farklı yeni maddelerin oluştuğu süreçlerdir.

Kinetik enerji – Bir cismin (veya parçacığın) hareketiyle ilişkili enerji.

Kolloidal olarak dağılmış sistemler – Dağılan maddenin parçacık boyutunun 1 ile 1000 nm arasında olduğu heterojen dispers sistemler.

Köpük – gaz halindeki dağılmış bir fazın sıvı bir dağılım ortamı boyunca dağıldığı bir dağılım sistemi.

Kütle konsantrasyonu – B bileşenin kütlesi ile çözeltinin hacmi arasındaki oran.

Kütle oranı – B bileşenin kütlesi ile tüm bileşenlerin toplam kütlesi arasındaki oran (bölüm).

Kütle oranı – İki bileşenin kütleleri arasındaki oran.

L

Le Chatelier ve Brown ilkesi – denge halindeki bir sisteme dışarıdan bir etki uygulanarak denge durumunun bozulması halinde, sistemde bu etkiye karşıt değişiklikler meydana gelir ve bu süreç yeni bir denge pozisyonu kurulana kadar devam eder.

M

Madde miktarı derişimi – B bileşenin miktarının çözeltinin hacmine oranı.

Metallerin elektrokimyasal serisi – Metallerin elektron verme eğilimlerine, yani indirgeyici madde olarak güçlerine göre sıralandığı, redoks reaksiyonlarındaki göreceli reaktivitelerini gösteren bir seri.

Molalite – çözünen madde miktarı ile çözücü madde kütlesi arasındaki oran (bölüm).

Molar entalpi değişimi – bir sistemin entalpi değişimi ile madde miktarı arasındaki ilişkiyi gösteren bir nicelik.

Molar kesir – nicel kesirlere bakınız.

Molar konsantrasyon – bkz. kantitatif konsantrasyon.

Molar oran – nicel orana bakınız.

Moleküler kimyasal denklemler – kimyasal reaksiyonları göstermenin yaygın bir yolu.⁴

Moleküler olarak dağılmış sistemler – dağılmış maddenin parçacık boyutunun 1 nm'den küçük olduğu homojen dağılmış sistemler.

N

Nicel oran – İki bileşenin miktarları arasındaki oran.

Nicel pay – B bileşenin miktarının, tüm bileşenlerin toplam miktarına oranı (bölümü).

O

Oksidasyon – elektronların açığa çıktığı bir süreç.

Oksidasyon sayısı – belirli bir molekül, iyon veya formül birimindeki farklı elementlerin atomlarına atanan bir sayı.

Oksidasyon-indirgeme reaksiyonları – elektron alışverişi sonucu meydana gelen kimyasal reaksiyonlardır; bu reaksiyonlarda elektronlar bir maddenin parçacıklarından diğer bir maddenin parçacıklarına aktarılır.

Oksitleyici madde – indirgenen (elektron alan) ve diğer reaktantı oksitleyen madde.

Orantısızlaşma reaksiyonları – aynı elementin atomlarının aynı anda oksitlendiği ve indirgendiği, böylece aynı maddenin hem indirgeyici hem de oksitleyici madde olarak davrandığı redoks reaksiyonlarıdır.

Otokatalitik tepkimeler – tepkime ürünlerinden birinin katalizör görevi görerek aynı tepkimeyi hızlandırdığı tepkimeler.

P

pH değeri – hidrojen iyonu konsantrasyonunun bir ölçüsüdür.

Potansiyel enerji – bir cismin veya sistemin uzaydaki konumundan ve sistemdeki cisimler arasındaki karşılıklı etkileşimlerden (etkileşimlerden) yanı sıra sistemi oluşturan parçacıklar ve çevreleri arasındaki etkileşimlerden dolayı sahip olduğu enerji.

R

Reaksiyon derecesi – Bir tepkime bileşeninin (giren veya ürün) madde miktarında tepkimenin başlangıcından belirli bir ana kadar meydana gelen değişim ile bu bileşenin kimyasal denklemdeki stokiyometrik katsayısı arasındaki ilişki.

Reaksiyon hız sabiti – Belirli bir sıcaklıkta, söz konusu reaksiyonun hızını karakterize eden bir nicelik.

Reaksiyon hızı – kimyasal reaksiyonu bir bütün olarak tanımlayan ve reaksiyon ilerlemesindeki değişimin hacim ile söz konusu değişimin gerçekleşmesi için gereken sürenin çarpımına oranını temsil eden bir nicelik.

Reaktifler – bir reaksiyonun başlangıcında mevcut olan maddelerdir; miktarları reaksiyon süresince azalır.

Redoks çifti – tek bir atom türünün oksitlenmiş ve indirgenmiş hallerini oluşturan iki birim.

Redoks reaksiyonları – oksidasyon-indirgeme reaksiyonlarına bakınız.

S

Sayısal derişim – B bileşeninin tanecik sayısı ile çözeltinin hacmi arasındaki ilişki.

Sayısal oran – iki bileşenin birim sayıları arasındaki oran.

Sayısal pay – B bileşeninin birim sayısı ile tüm bileşenlerin toplam birim sayısı arasındaki oran (bölüm).

Sıcaklık – içindeki parçacıkların ortalama kinetik enerjisinin bir ölçüsü.

Sistem – doğanın ilgimizi çeken ve çevreyle madde ve/veya enerji alışverişi yapabilen bir parçası.

Süspansiyon – katı bir dağılmış fazın sıvı bir dağılım ortamı içinde dağıldığı bir dağılım sistemi.

T

Tam iyon denklemleri – maddelerin (reaktiflerin veya ürünlerin) ayrışması sonucu oluşan tüm iyonları listeleyen denklemlerdir.

Tepkime entalpisi – bir sistemin entalpi değişiminin, tepkimenin gerçekleşme derecesindeki değişime oranı olarak ifade edilen bir nicelik.

Tepkime sıcaklık katsayısı – aynı tepkimenin, aralarında 10 °C (veya 10 K) fark olan iki sıcaklıkta belirlenen hızlarının oranı olarak ifade edilen bir nicelik.

Termokimyasal denklemler – stokiyometrik ve nicel kısımlardan oluşan denklemlerdir. Stokiyometrik kısım, tepkimeye giren sistemin kimyasal bileşimindeki değişimi verirken, nicel kısım denklemin yazıldığı şekilde tepkimenin ısı etkisini temsil eder.

Ters tepkime – ürünlerden reaktiflere doğru gerçekleşen bir tepkime.

Tersinir reaksiyonlar – reaktiflerin ürünlere (doğrudan reaksiyon) ve ürünlerin reaktiflere (ters reaksiyon) dönüştüğü süreçlerin eş zamanlı olarak gerçekleştiği reaksiyonlardır.

Tyndall etkisi – heterojen bir sistemden yanal olarak geçen ışığın saçılması olayı.

Ü

Ürünler – kimyasal bir reaksiyonun sonunda elde edilen maddelerdir; reaksiyon sırasında miktarları artar.

Y

Yalıtılmış sistem – Ne madde ne de enerji alışverişinin mümkün olduğu bir sistem.

Yer değiştirme reaksiyonları – bir maddenin atomlarının, başka bir maddenin atomlarının veya iyonlarının yerini aldığı reaksiyonlardır.

Yoğuşma reaksiyonları – mikroskobik düzeyde iki (veya daha fazla) parçacığın birleşerek tek bir parçacık oluşturduğu ve küçük bir parçacığın (çoğunlukla su veya amonyak molekülü) ayrıldığı reaksiyonlardır.

ALFABETİK DİZİN

Açık sistem	84	Ekzotermik süreç	86
Aerosol	12	Elektrolit olmayan	36
Aktif kompleks	126	Elektrolit	35, 36
Aktivasyon enerjisi	126	Elektrolitik ayrışma derecesi	42
Ara durum	133	Elektrolitik ayrışma	38
Ara ürün	133	Elektroliz	62
Aracı	133	Elektronik şema	184
Arrhenius'un teorisi	40	Emülsiyon	12, 13
Aşırı doymuş çözelti	28	Endoenerjik süreç	86
Ayrışma tepkimesi	62	Endotermik süreç	86
Bir kimyasal tepkimenin ilerleme derecesi	69	Enerji	82
Birinci tür iletken	35	Entalgi	90
Birleşme tepkimesi	60	Entalpi değişimi	90
Biyokatalizör	138	Etkili çatışma	124
Boyut bölümü	97	Etkisiz çatışma	124
Çift yer değiştirme tepkimesi	65	Faz	10
Çözelti	12, 15	Fotokatalitik reaksiyon	139
Çözücü	15	Fotoliz	62
Çözücü	15	Geçiş durumu	133
Çözünme	38	Geri dönüş tepkimesi	59
Çözünmüş madde	15	Gözlemci" iyonlar	51
Çözünürlük eğrisi	31	Güçlü elektrolit	37
Çözünürlük	27	Hacim oranı	19
Dağılmış madde	12	Hacimsel oran	17
Dağılmış faz	12	Heterojen denge	152
Dağılmış sistem	12	Heterojen kataliz	132
Dağıtma ortamı	12	Heterojen sistem	10
Denge nicel derişimi	154	Hidratasyon	38
Doğrudan tepkime	59	Homojen denge	152
Dönüşüm hızı	109	Homojen kataliz	132
Doygun çözelti	27	Homojen sistem	10
Doymamış çözelti	27	İç enerji	84
Ekzoenerjik süreç	86	İkinci tür iletken	35
		İndikatör	45

İndirgen madde	179, 181	Nicel oran	17
İndirgenme yarı tepkimesi	179	Nicel oran	19
İnhibitör	131	Oksidasyon sayısı	174
İyonik denklem	51	Oran	19
İyonik tepkime	48	Oran	17
İzole sistem	84	Orantısızlık reaksiyonu	186
Kaba dispers sistem	12, 13	Otokatalitik reaksiyon	132
Kapalı sistem	84	Piroliz	62
Katalitik enerji	132	Potansiyel enerji	83
Kataliz	132	Redoks tepkimesi	178
Katalizör	130	Sayısal derişim	20
Kimyasal bir reaksiyonda yer alan bir maddenin konsantrasyonundaki değişim hızı	109	Sayısal oran	17
Kimyasal denge sabiti	154	Sayısal oran	19
Kimyasal denge	146	Sıcaklık katsayısı	121
Kimyasal dengenin dinamik doğası	146	Sistem	84
Kimyasal dengeyi kaydırma	160	Sistem ortamı	84
Kimyasal reaksiyon hızı	109	Stokiyometrik katsayı	67
Kinetik enerji	82	Stokiyometrik kısım	97
Kolloidal olarak dağılmış sistem	12, 13	Süspansiyon	12, 13
Kondenzasyon tepkimesi	65	Tam iyonik denklem	51
Konsantrasyon	20	Tepkime entalpisi	91
Konsantrasyon, hacim esaslı	20	Termokimyasal denklem	97
Köpük	12	Ters tepkime	59
Kütle derişimi	20	Tersinmez tepkime	59
Kütle oranı	17	Tyndall etkisi	11
Kütle oranı	19	Yer değiştirme reaksiyonu	64
Le Chatelier-Braun ilkesi	165, 166	Yükseltgen madde	179, 181
Molalite	21	Yükseltgenme yarı tepkimesi	179
Molar entalpi değişimi	91	Yükseltgenme-indirgenme tepkimesi	178
Moleküler düzeyde dağılmış sistem	12, 13	Zayıf elektrolit	37
Net iyonik denklem	51		
Net iyonik denklem	51		
Nicel derişim	20		

KAYNAKLAR

Bukleski, M., Grupce, O., Ivanoska Dacic, A., Ivanovski, V., Petreska Stanoeva, J., Stafilov T. ve Stojanovska, M. (2024). Makedon Bilimsel ve Mesleki Terminolojisi. Kimya (Cilt I). Üsküp: Makedonya Bilimler ve Sanatlar Akademisi, "Georgi Stardelov" Sözlükbilim Merkezi; Makedonya Kimyacılar ve Teknoloji Uzmanları Birliği.

Erişim adresi: https://sctm.mk/publications/Recnik-hemija/Terminoloski_recnik_hemija.pdf

Jovanovski, G., Petrushevski, V., Aleksovska, S., Bacheva Andonovska, K., Bogdanov, J., Bukleski, M., Grupce, O., Ivanoska Dacic, A., Ivanovski, V., Petreska Stanoeva, J., Stafilov T. ve Stojanovska, M. (2024). Makedon Bilimsel ve Mesleki Terminolojisi. Kimya (Cilt II). Üsküp: Makedonya Bilimler ve Sanatlar Akademisi, "Georgi Stardelov" Sözlükbilim Merkezi; Makedonya Kimyacılar ve Teknoloji Uzmanları Birliği.

Erişim adresi: https://sctm.mk/publications/Recnik-hemija/Terminoloski_recnik_hemija.pdf

Cheng, R. (2011). Kimya (10. baskı, İngilizceden çevrilmiştir). Üsküp: Akademik Yayınevi.

Brown, T. L., LeMay, H. E., Bursten, B. E., Murphy, C. J., & Woodward, P. M. (2012). Chemistry: The central science (12th ed.). Pearson Prentice Hall.

McNaught, A. D. & Wilkinson, A. (2019). Compendium of Chemical Terminology. IUPAC Recommendations (2nd ed.). International Union of Pure and Applied Chemistry

Silberberg, M. (2006). Chemistry. The molecular nature of matter and change (4th ed.). The McGraw-Hill Companies.

Wilbraham, A. C., Staley, D. D., & Matta, M. S. (1997). Chemistry (4th ed.). Addison-Wesley Publishing Company.

1

1

1.008

H

Hidrojen

2

3

6.94

4

9.012

Li

Be

Lityum

Berilyum

3

11

22.99

12

24.31

Na

Mg

Sodyum

Magnezyum

4

19

39.10

20

40.08

21

44.96

22

47.87

23

50.94

24

52.00

25

54.94

26

55.85

27

58.93

28

58.69

29

63.55

30

65.38

31

69.72

32

72.63

K

Ca

Potasyum

Kalsiyum

Skandiyum

Titanyum

Vanadyum

Krom

Mangan

Demir

Nikel

Çinko

Galyum

Germanyum

5

37

85.47

38

87.62

39

88.91

40

91.22

41

92.91

42

95.96

43

98

44

101.1

45

102.9

46

106.4

47

107.9

48

112.4

49

114.8

50

118.7

51

121.8

52

127.6

53

126.9

54

131.3

Rb

Sr

Rubidyum

Stronsiyum

İtriyum

Zirkonyum

Niyobyum

Molibden

Teknesiyum

Rutenyum

Rodyum

Paladyum

Gümüş

Kadmiyum

İndiyum

Kalay

Sn

Sb

Antimon

Tellür

Xe

Ksenon

6

55

132.9

56

137.3

57-71

58

138.9

59

140.1

60

144.2

61

145

62

150.4

63

152.0

64

157.3

65

158.9

66

162.5

67

164.9

68

167.3

69

168.9

70

173.1

71

175.0

Cs

Ba

Sezyum

Baryum

La

Ce

Pr

Nd

Pm

Sm

Eu

Gd

Tb

Dy

Ho

Er

Tm

Yb

Lu

Lutesyum

7

87

223

88

226

89-103

90

232.0

91

231.0

92

238.0

93

237

94

244

95

243

96

247

97

247

98

251

99

252

100

257

101

258

102

259

103

262

Fr

Ra

Fransiyum

Radyum

La

Ce

Pr

Nd

Pm

Sm

Eu

Gd

Tb

Dy

Ho

Er

Tm

Yb

Lu

Lutesyum

18

2

4.003

He

Helyum

13

5

10.81

6

12.01

7

14.01

8

16.00

9

19.00

10

20.18

B

C

N

O

F

Ne

Bor

Karbon

Azot

Oksijen

Flor

Neon

12

13

26.98

14

28.09

15

30.97

16

32.06

17

35.45

18

39.95

Al

Si

P

S

Cl

Ar

Alüminyum

Silisyum

Fosfor

Kükürt

Klor

Argon

11

31

69.72

32

72.63

33

74.92

34

78.96

35

79.90

36

83.80

Ga

Ge

As

Se

Br

Kr

Galyum

Germanyum

Arsenik

Selenyum

Brom

Kripton

10

49

114.8

50

118.7

51

121.8

52

127.6

53

126.9

54

131.3

In

Sn

Sb

Te

I

Xe

İndiyum

Kalay

Antimon

Tellür

İyot

Ksenon

9

82

207.2

83

209.0

84

209

85

210

86

222

Tl

Pb

Bi

Po

At

Rn

Talyum

Kurşun

Bizmut

Polonyum

Astatin

Radon

6

57

138.9

58

140.1

59

140.9

60

144.2

61

145

62

150.4

63

152.0

64

157.3

65

158.9

66

162.5

67

164.9

68

167.3

69

168.9

70

173.1

71

175.0

La

Ce

Pr

Nd

Pm

Sm

Eu

Gd

Tb

Dy

Ho

Er

Tm

Yb

Lu

Lutesyum

7

89

227

90

232.0

91

231.0

92

238.0

93

237

94

244

95

243

96

247

97

247

98

251

99

252

100

257

101

258

102

259

103

262

Ac

Th

Pa

U

Np

Pu

Am

Cm

Bk

Cf

Es

Fm

No

Lr

Aktinyum

Toryum

Protaktinyum

Uranyum

Neptünyum

Amerikyum

Küryum

Berkelyum

Kaliforniyum

Ayştaynyum

Fermiyum

Mendelevyum

Nobelyum

Lavrensiyum

