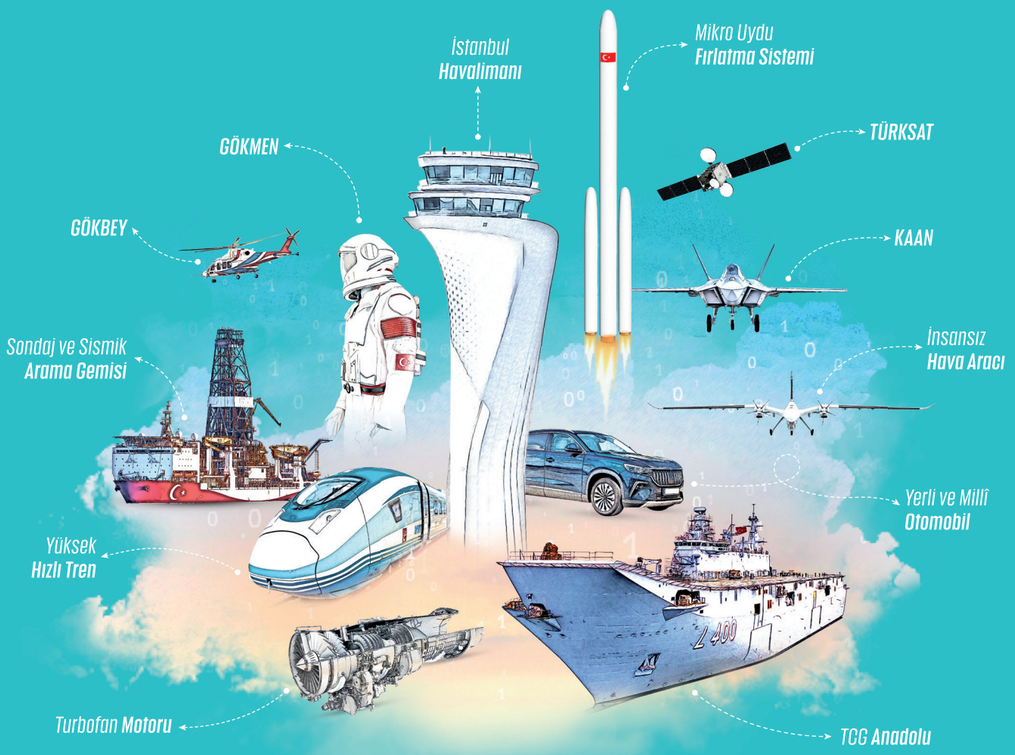
July 12, 2025 13:18:13

Bu kitaba sığmayan daha neler var!

eba
www.eba.gov.tr

Karekodu okut, bu kitapla ilgili EBA içeriklerine ulaş!

Teknoloji Yolculuğumuz



BU DERS KİTABI MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞINCA ÜCRETSİZ OLARAK VERİLMİŞTİR.
PARA İLE SATILAMAZ.

ISBN: 978-975-11-6223-6

Bandrol Uygulamasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmeliğin Beşinci Maddesinin İkinci Fıkrası Çerçevesinde Bandrol Taşıması Zorunlu Değildir.

KİMYA TEKNOLOJİSİ ALANI

KİMYASAL KİNETİK 10

DERS MATERYALİ

MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

KİMYA TEKNOLOJİSİ ALANI

KİMYASAL KİNETİK

10

DERS MATERYALİ

MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

KİMYA TEKNOLOJİSİ ALANI

KİMYASAL KİNETİK

10

DERS MATERYALİ

YAZARLAR

Emral EVREN
Levent GÜZEL
Mehmet İlhami ATAMAN

MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI YAYINLARI.....: 7984
YARDIMCI VE KAYNAK KİTAPLAR DİZİSİ.....: 1912

Her hakkı saklıdır ve Millî Eğitim Bakanlığına aittir. Ders materyalinin metin, soru ve şekilleri kısmen de olsa hiçbir surette alınıp yayımlanamaz.

HAZIRLAYANLAR

Editör
Prof. Dr. Memduh Sami TANER

Dil Uzmanı
Hüseyin KAPSON

Program Geliştirme Uzmanı
Erkan AKGÜN

Ölçme ve Değerlendirme Uzmanı
Fatma YILMAZ

Rehberlik Uzmanı
Serpil GÜLER

Görsel Tasarım Uzmanı
Ahmet Arif ÖZEN
Asiye Canan KELEŞ
Burcu ÖZTÜRK

ISBN: 978-975-11-6223-6

Millî Eğitim Bakanlığının 24.12.2020 gün ve 18433886 sayılı oluru ile Meslekî ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğünce ders materyali olarak hazırlanmıştır.

BASKI
Ayrıntı Basım Yayım ve Mat. Hiz. Sanayi Ticaret A.Ş.
Saray Mahallesi 126. Cadde No: 20
Kahramankazan/Ankara
Sertifika No: 49599

İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak;
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak.
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak;
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, çehreni ey nazlı hilâl!
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl?
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl.
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl.

Ben ezelden beridir hür yaşadım, hür yaşarım.
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? Şaşarım!
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.
Yırtarım dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbın âfâkını sarmışsa çelik zırhlı duvar,
Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var.
Ulusun, korkma! Nasıl böyle bir imanı boğar,
Medeniyyet dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş, yurduma alçakları uğratma sakın;
Siper et gövdeni, dursun bu hayâsızca akın.
Doğacaktır sana va'dettiği günler Hakk'ın;
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın.

Bastığın yerleri toprak diyerek geçme, tanı:
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatanı.
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıktır, atanı:
Verme, dünyaları alsan da bu cennet vatanı.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki feda?
Şüheda fışkıracak toprağı sıksan, şüheda!
Cânı, cânânı, bütün varımı alsın da Huda,
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüda.

Ruhumun senden İlâhî, şudur ancak emeli:
Değmesin mabedimin göğsüne nâmahrem eli.
Bu ezanlar -ki şehadetleri dinin temeli-
Ebedî yurdumun üstünde benim inlemeli.

O zaman vecd ile bin secde eder -varsa- taşım,
Her cerîhamdan İlâhî, boşanıp kanlı yaşım,
Fışkırır ruh-ı mücerret gibi yerden na'şım;
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalan sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.
Ebediyyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl;
Hakkıdır hür yaşamış bayrağımın hürriyyet;
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl!

Mehmet Âkif Ersoy

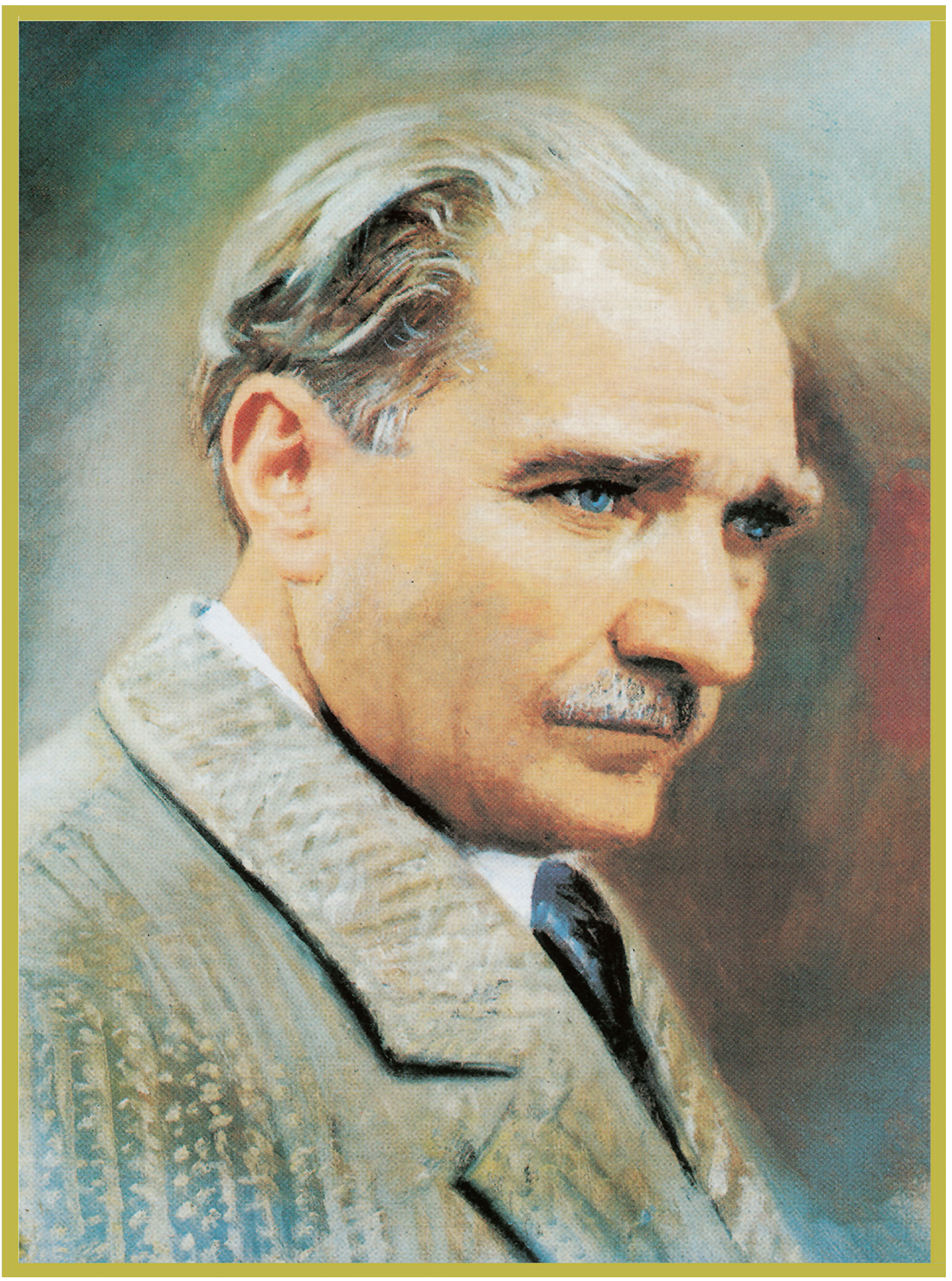
GENÇLİĞE HİTABE

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk Cumhuriyetini, ilelebet muhafaza ve müdafaa etmektir.

Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni bu hazineden mahrum etmek isteyecek dâhilî ve hâricî bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok namüsait bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanın bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dâhilinde iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlîlerin siyasî emelleriyle tevhit edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bîtap düşmüş olabilir.

Ey Türk istikbalinin evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi vazifen, Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır. Muhtaç olduğun kudret, damarlarındaki asil kanda mevcuttur.

Mustafa Kemal Atatürk



MUSTAFA KEMAL ATATÜRK

İÇİNDEKİLER

DERS MATERYALİNİN TANITIMI 11
LABORATUVAR GÜVENLİK İŞARETLERİ 14
KULLANILAN BİRİMLER VE KISALTMALAR 15

1. ÖĞRENME BİRİMİ

1. ÖĞRENME BİRİMİ: GAZLAR VE ÖZELLİKLERİ 16

1.1. GAZLARIN GENEL ÖZELLİKLERİ 19
1.1.1. Gazları Tanımlayan Özellikler 20
1.2. GAZLARDA KİNETİK TEORİ 28
1.2.1. Kinetik Teori 28
1.2.2. Graham Difüzyon Yasası 28
1.3. GAZ KARIŞIMLARI 32
1.3.1. Gaz Karışımlarının Kullanım Alanları 32
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 34

2. ÖĞRENME BİRİMİ

2. ÖĞRENME BİRİMİ: GAZ YASALARI 38

2.1. GAZ YASALARI 41
2.1.1. Basınç-Hacim İlişkisi (Boyle Yasası) 41
2.1.2. Basınç-Sıcaklık İlişkisi (Gay-Lussac Yasası) 44
2.1.3. Hacim-Sıcaklık İlişkisi (Charles Yasası) 48
2.1.4. Hacim-Mol Sayısı İlişkisi (Avogadro Yasası) 51
2.2. İDEAL GAZ YASASI 52
2.3. GERÇEK GAZLAR 54
2.3.1. Gazların Sıvılaştırılması ve Soğutucu Akışkanlar 55
2.3.2. Joule-Thomson Olayı 55
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 58

3. ÖĞRENME BİRİMİ

3. ÖĞRENME BİRİMİ: TEPKİMELERDE ENTALPİ VE HIZ 62

3.1. TEPKİMELERDE ISI DEĞİŞİMİ 65
3.1.1. Endotermik Tepkimeler 68
3.1.2. Ekzotermik Tepkimeler 69
3.2. OLUŞUM ENTALPİSİ VE BAĞ ENERJİLERİ 72
3.2.1. Oluşum Entalpileri 72
3.2.2. Bağ Enerjileri ve Tepkime Entalpisi 78
3.3. TEPKİME ISILARININ TOPLANABİLİRLİĞİ 81
3.3.1. Hess Yasası 81
3.4. TEPKİME HIZLARI 83
3.4.1. Çarpışma Teorisi 83
3.4.2. Potansiyel Enerji-Tepkime Koordinatı Grafikleri 83
3.4.3. Tepkime Hızlarının Ölçülmesi 86
3.4.4. Homojen ve Heterojen Tepkimeler 88
3.4.5. Tek Basamaklı Tepkimelerde Hız İfadeleri 88
3.5. TEPKİME HIZINA ETKİ EDEN FAKTÖRLER 90
3.5.1. Mekanizmalı Tepkimelerde Hız 98
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 100

İÇİNDEKİLER

4. ÖĞRENME BİRİMİ

4. ÖĞRENME BİRİMİ: KİMYASAL TEPKİMELERDE DENGE 104

4.1. KİMYASAL DENGE 107
4.1.1. Fiziksel ve Kimyasal Değişimlerde Denge 107
4.2. DENGEYİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER 113
4.2.1. Derişimin Dengeye Etkisi 116
4.2.2. Basınç ve Hacim Değişiminin Dengeye Etkisi 120
4.2.3. Sıcaklık Değişiminin Dengeye Etkisi 121
4.2.4. Katalizörün Dengeye Etkisi 122
4.3. SULU ÇÖZELTİ DENGELERİ 124
4.3.1. Suyun Otoiyonizasyonu 124
4.3.2. Brönsted-Lowry Asit Baz Tanımı 129
4.3.3. Asit ve Bazların Kuvveti 129
4.3.4. Tuz Çözeltilerinin Asitlik/Bazlık Özelliği 132
4.3.5. Tampon Çözeltiler 133
4.4. ÇÖZÜNME-ÇÖKELME TEPKİMELERİ 136
4.4.1. Çözünürlük Çarpımı 137
4.4.2. Çözünürlük 137
4.4.3. Tuzların Çözünürlüğüne Etki Eden Faktörler 140
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 142

5. ÖĞRENME BİRİMİ

5. ÖĞRENME BİRİMİ: ELEKTROKİMYA 146

5.1. İNDİRGENME-YÜKSELTGENME TEPKİMELERİNDE ELEKTRİK AKIMI 149
5.1.1. Yükseltgenme Basamakları 150
5.1.2. Redoks Tepkimelerinin Denkleştirilmesi 152
5.1.3. Elektrik Enerjisi ve Redoks Tepkimeleri 154
5.2. ELEKTROTLAR VE ELEKTROKİMYASAL HÜCRELER 157
5.2.1. Elektrot, Elektrolit ve Yarı Hücreler 157
5.3. ELEKTROT POTANSİYELLERİ 162
5.3.1. Metallerin Aktifliği 163
5.3.2. Elektrokimyasal Pillerde Standart Hücre Potansiyelinin Hesaplanması 165
5.3.3. Redoks Tepkimelerinin İstemliliği ve Elektrot Potansiyelleri 168
5.4. KİMYASALLARDAN ELEKTRİK ÜRETİMİ 169
5.5. ELEKTROLİZ 172
5.5.1. Elektroliz Olayı 172
5.5.2. Faraday Yasaları 173
5.5.3. Elektrolizin Kullanım Alanları 174
5.6. KOROZYON 178
5.6.1. Korozyon Oluşumu 178
5.6.2. Korozyona Karşı Alınabilecek Önlemler 178
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 181

KAYNAKÇA 185
PERİYODİK TABLO 186
CEVAP ANAHTARI 188
BAZI TUZLARIN ÇÖZÜNÜRLÜK ÇARPIMLARI 193

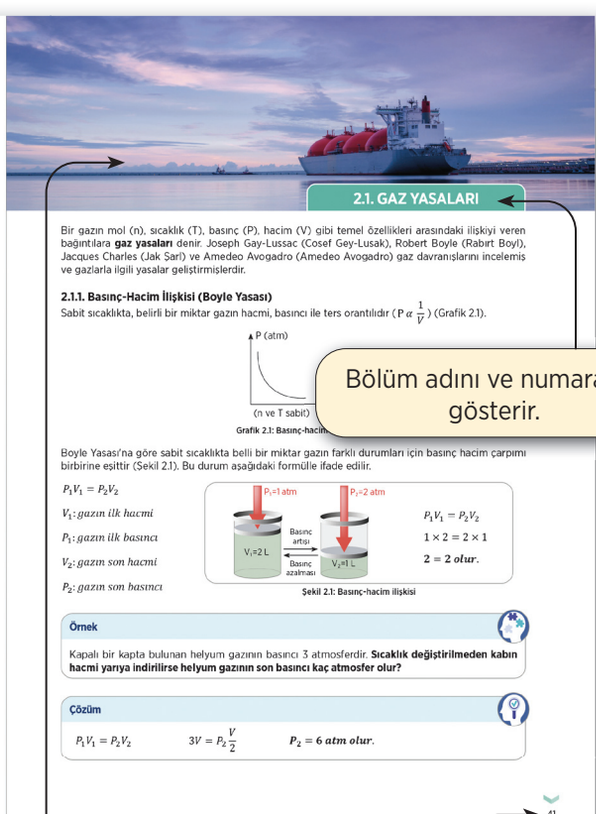
DERS MATERYALİNİN TANITIMI

Öğrenme birimi tanıtım yazısını gösterir.

Öğrenme biriminde öğrenilecek konuları gösterir.

Öğrenme biriminin adını ve numarasını gösterir.

Öğrenme birimine giriş görselini gösterir.



Bölüm adını ve numarasını gösterir.

Öğrenme birimi hazırlık sorularının ve bunlara ait görsellerin olduğu sayfayı gösterir.

Bölüm görselini gösterir.

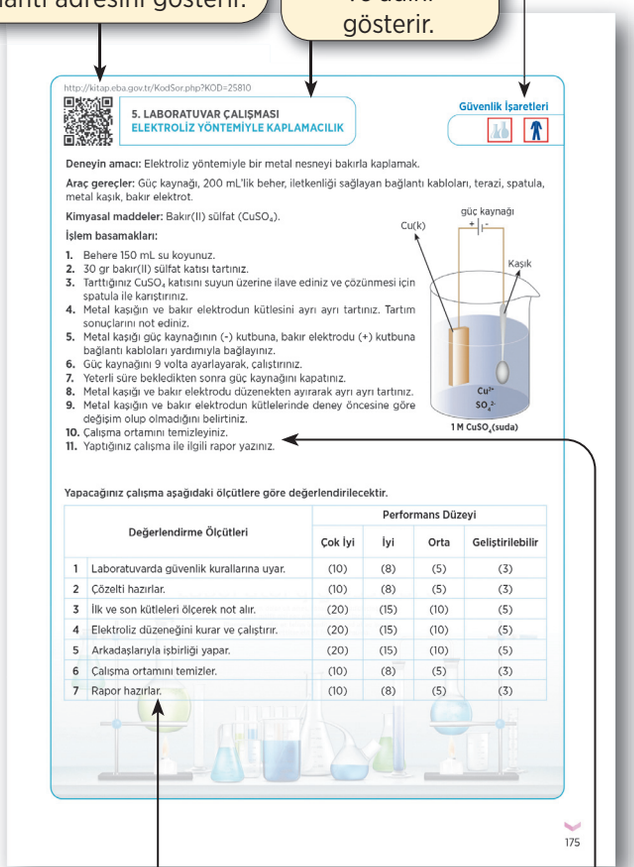
Sayfa numarasını gösterir.

DERS MATERYALİNİN TANITIMI

Laboratuvar çalışmalarına yönelik hazırlanmış dijital materyalleri içeren karekod ve bağlantı adresini gösterir.

Laboratuvar çalışmasının numarasını ve adını gösterir.

Güvenlik işaretlerini gösterir.



http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=25810

5. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
ELEKTROLİZ YÖNTEMİYLE KAPLAMACILIK

Güvenlik İşaretleri

Deneyin amacı: Elektroliz yöntemiyle bir metal nesneyi bakırla kaplamak.

Araç gereçler: Güç kaynağı, 200 mL'lik beher, iletkenliği sağlayan bağlantı kabloları, terazi, spatula, metal kaşık, bakır elektrot.

Kimyasal maddeler: Bakır(II) sülfat ($CuSO_4$).

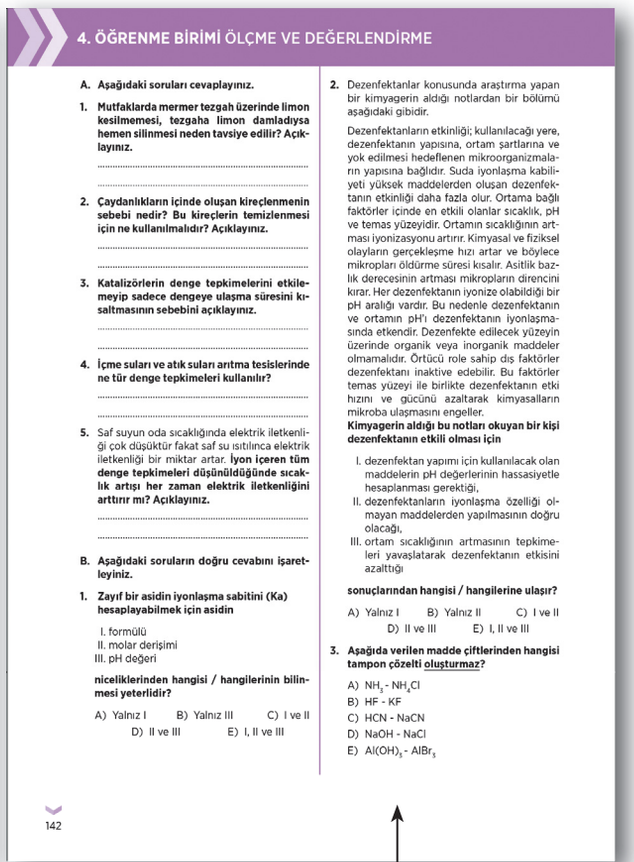
İşlem basamakları:

1. Behere 150 mL su koyunuz.
2. 30 gr bakır(II) sülfat katısı tartınız.
3. Tarttığınız $CuSO_4$ katısını suyun üzerine ilave ediniz ve çözünmesi için spatula ile karıştırınız.
4. Metal kaşığın ve bakır elektrodun kütlesini ayrı ayrı tartınız. Tartım sonuçlarını not ediniz.
5. Metal kaşığı güç kaynağının (-) kutbuna, bakır elektrodu (+) kutbuna bağlantı kabloları yardımıyla bağlayınız.
6. Güç kaynağını 9 volta ayarlayarak, çalıştırınız.
7. Yeterli süre bekledikten sonra güç kaynağını kapatınız.
8. Metal kaşığı ve bakır elektrodu düzenekten ayırarak ayrı ayrı tartınız.
9. Metal kaşığın ve bakır elektrodun kütlelerinde deney öncesine göre değişim olup olmadığını belirtiniz.
10. Çalışma ortamını temizleyiniz.
11. Yaptığınız çalışma ile ilgili rapor yazınız.

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

	Değerlendirme Ölçütleri	Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	(10)	(8)	(5)	(3)
2	Çözelti hazırlar.	(10)	(8)	(5)	(3)
3	İlk ve son kütleleri ölçerek not alır.	(20)	(15)	(10)	(5)
4	Elektroliz düzeneğini kurar ve çalıştırır.	(20)	(15)	(10)	(5)
5	Arkadaşlarıyla işbirliği yapar.	(20)	(15)	(10)	(5)
6	Çalışma ortamını temizler.	(10)	(8)	(5)	(3)
7	Rapor hazırlar.	(10)	(8)	(5)	(3)

175



4. ÖĞRENME BİRİMİ ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A. Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. Mutfaklarda mermer tezgah üzerinde limon kesilmemesi, tezgaha limon damladıysa hemen silinmesi neden tavsiye edilir? Açıklayınız.

2. Çaydanlıkların içinde oluşan kireçlenmenin sebebi nedir? Bu kireçlerin temizlenmesi için ne kullanılmalıdır? Açıklayınız.

3. Katalizörlerin denge tepkimelerini etkilemeyip sadece dengeye ulaşma süresini kısaltmasının sebebini açıklayınız.

4. İçme suları ve atık suları arıtma tesislerinde ne tür denge tepkimeleri kullanılır?

5. Saf suyun oda sıcaklığında elektrik iletkenliği çok düşüktür fakat saf su ısıtılınca elektrik iletkenliği bir miktar artar. **İyon içeren tüm denge tepkimeleri düşünüldüğünde sıcaklık artışı her zaman elektrik iletkenliğini arttırır mı? Açıklayınız.**

B. Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

1. Zayıf bir asidin iyonlaşma sabitini (Ka) hesaplayabilmek için asidin

I. formülü
II. molar derişimi
III. pH değeri

niceliklerinden hangisi / hangilerinin bilinmesi yeterlidir?

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

2. Dezenfektanlar konusunda araştırma yapan bir kimyagerin aldığı notlardan bir bölümü aşağıdaki gibidir.

Dezenfektanların etkinliği; kullanılacağı yere, dezenfektanın yapısına, ortam şartlarına ve yok edilmesi hedeflenen mikroorganizmaların yapısına bağlıdır. Suda iyonlaşma kabiliyeti yüksek maddelerden oluşan dezenfektanın etkinliği daha fazla olur. Ortama bağlı faktörler içinde en etkili olanlar sıcaklık, pH ve temas yüzeyidir. Ortamın sıcaklığının artması iyonizasyonu artırır. Kimyasal ve fiziksel olayların gerçekleşme hızı artar ve böylece mikropları öldürme süresi kısalır. Asitlik bazlık derecesinin artması mikropların direncini kırar. Her dezenfektanın iyonize olabildiği bir pH aralığı vardır. Bu nedenle dezenfektanın ve ortamın pH'ı dezenfektanın iyonlaşmasında etkendir. Dezenfekte edilecek yüzeyin üzerinde organik veya inorganik maddeler olmamalıdır. Örtücü role sahip dış faktörler dezenfektanı inaktive edebilir. Bu faktörler temas yüzeyi ile birlikte dezenfektanın etki hızını ve gücünü azaltarak kimyasalların mikroba ulaşmasını engeller.

Kimyagerin aldığı bu notları okuyan bir kişi dezenfektanın etkili olması için

I. dezenfektan yapımı için kullanılacak olan maddelerin pH değerlerinin hassasiyetle hesaplanması gerektiği,
II. dezenfektanların iyonlaşma özelliği olmayan maddelerden yapılmasının doğru olacağı,
III. ortam sıcaklığının artmasının tepkimeleri yavaşlatarak dezenfektanın etkisini azalttığı

sonuçlarından hangisi / hangilerine ulaşır?

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

3. Aşağıda verilen madde çiftlerinden hangisi tampon çözelti oluşturmaz?

A) NH_3 - NH_4Cl
B) HF - KF
C) HCN - NaCN
D) NaOH - NaCl
E) $Al(OH)_3$ - $AlBr_3$

142

Laboratuvar çalışması sayfalarındaki değerlendirme bölümünü gösterir.

Laboratuvar çalışması sayfalarındaki yönergeleri gösterir.

Öğrenme birimlerinin sonunda bulunan değerlendirme sorularının olduğu sayfayı gösterir.

Yaparak Öğrenelim

Kazanımlarla ilgili teorik bilgileri pratiğe dönüştürmek için yapılacak uygulamaları içeren kısımdır.

Sıra Sizde

Konunun hemen arkasından konuyu pekiştirmek amacıyla hazırlanan sorular yer alır.

DERS MATERYALİNİN TANITIMI

Örnek

Kazanımlarla ilgili öğrenilenleri pekiştirmek amacıyla hazırlanmış örnekler bulunur.

Çözüm

Kazanımlarla ilgili örneklerin çözümünü içerir.

Nerede Kullanıyoruz?

Kazanımların güncel hayattaki kullanım alanlarını açıklayan bilgileri içerir.

Meraklısına

Kazanımlarla ilgili merak edilen, ilgi çekici bilgileri içerir.

Bilgi Kutusu

Kazanımlarla ilgili ek bilgilerin verildiği kısımdır.

Niçin Öğreniyoruz?

Konu ile ilgili bilgilerin niçin öğrenildiğinin güncel hayattaki örnekleriyle ilişkilendirilerek anlatıldığı kısımdır.

GÖRSEL KAYNAKÇASI

http://kitap.eba.gov.tr/karekod/Kaynak.php?KOD=1527

Görsel kaynakçaya ulaşabileceğiniz karekodu gösterir.

LABORATUVAR GÜVENLİK İŞARETLERİ

Korozif (aşındırıcı) madde

Patlayıcı madde

Tahriş edici madde

Basınçlı tüp

Yanıcı madde

Yakıcı (oksitleyici) madde

Çevreye zararlı madde

Zehirli (toksik) madde

Kesici cisim güvenliği

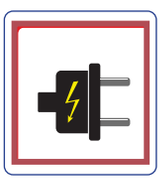
Isı güvenliği

Göz güvenliği

Elbise güvenliği

Kırılabilir cam güvenliği

Sıcak cisim güvenliği


Elektrik güvenliği

Maske güvenliği

KULLANILAN BİRİMLER VE KISALTMALAR

DERS MATERYALİNDE KULLANILAN BİRİMLERİN KISALTMALARI

A	Amper	**K**	Kelvin
atm	Atmosfer	**kj**	Kilojoule
bar	Bar	**L**	Litre
C	Coulomb	**mL**	Mililitre
°C	Derece Celcius	**mmHg**	Milimetre cıva
cm	Santimetre	**mol**	Mol
cmHg	Santimetre cıva	**M**	Molar
cm^3	Santimetreküp	**Pa**	Pascal
dm^3	Desimetreküp	**s**	Saniye
g	Gram	**torr**	Torr
j	Joule	**V**	Volt

- Bu ders materyalinde uluslararası ölçü birimleri kullanılmıştır.

DERS MATERYALİNDE KULLANILAN KISALTMALAR

B	Isı sığası	**PE**	Potansiyel enerji
c	Öz ısı	**r**	Tepkime hızı
e^-	Elektron	**R**	Gaz sabiti
E_a	Aktifleşme enerjisi	**s**	Sıvı
E°	Standart pil potansiyeli	**t**	Sıcaklık (°C)
g	Gaz	**T**	Mutlak sıcaklık (K)
k	Katı	**TK**	Tepkime koordinatı
m	Kütle	**Q**	Isı
n	Mol	**V**	Hacim
P	Basınç (gaz basıncı)		

1. ÖĞRENME BİRİMİ
GAZLAR VE ÖZELLİKLERİ

KONULAR

1.1. GAZLARIN GENEL ÖZELLİKLERİ
1.2. GAZLARDA KİNETİK TEORİ
1.3. GAZ KARIŞIMLARI

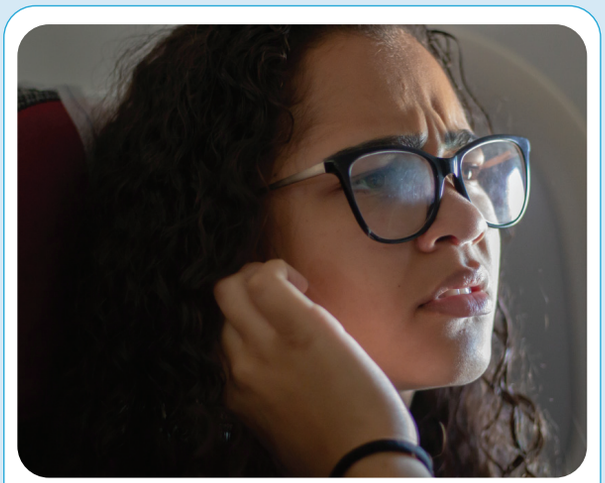
NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

Yaşamın devamı için gereken hava, birçok gazdan oluşan homojen bir karışımdır. Atmosferde %21 oranında bulunan oksijen gazı hem solunum hem de yanma olayının gerçekleşmesi için gereklidir. Solunum sırasında oksijen gazı (O_2) alınıp karbondioksit gazı (CO_2) verilir. Bu durum vücutta gerçekleşen biyokimyasal reaksiyonlarda rol alan gazların önemini gösterir. Bitkiler de CO_2 gazı sayesinde fotosentez yapar.

Kimyasal reaksiyonlarda gazlar kimi zaman kullanılır kimi zaman da üretilir. Gazların özelliklerini bilmek canlı kimyasının anlaşılmasında önemlidir. Gazların davranışını öğrenmek ise kimyasal tepkimeler içeren işlemlerin doğru yürütülmesi ve gazların güvenli bir şekilde sanayide kullanılabilmesi için gereklidir. Bu öğrenme biriminde gazların davranışlarını; basınç, hacim, sıcaklık ve miktar gibi ölçülebilir özelliklerini öğreneceksiniz.

NELER BİLİYORSUNUZ?

Gazlar günlük hayatta ve sanayide hangi alanlarda kullanılır?



Uçak kalkarken kulaklarda hissedilen ağrının sebebi nedir?

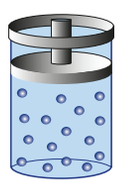
Uçan balonlarda, zeplinlerde gazların hangi özelliğinden yararlanılır?

Dünyanın atmosferi olmasaydı neler farklı olurdu? Tartışınız.

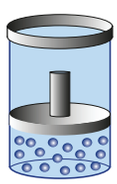
1.1. GAZLARIN GENEL ÖZELLİKLERİ

Gazların özelliklerini bilmek davranışlarını anlamayı sağlar (Şekil 1.1).
Gazların bazı özellikleri şunlardır:

- Katı ve sıvılara göre daha yüksek enerjili ve daha düzensizdir.
- Sıkıştırılabilir.
- Maddenin en akışkan hâlidir.
- Genleşme özelliği vardır.
- Bulundukları kaba homojen dağılır ve kabın hacmini alır.
- Belirli şekli yoktur.
- Maddenin yoğunluğu en az olan hâlidir.
- Molekülleri öteleme, dönme ve titreşim hareketlerini yapar.
- Bulundukları kabın her noktasına eşit basınç yapar.
- Birbirleriyle her oranda karışabilir ve daima homojen karışım oluşturur.

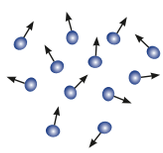


Gazlar genleştirilebilir.



Gazlar sıkıştırılabilir.

Doğrusal hareket eder ve düzensizdir.



Yayılma özelliği vardır.

Şekil 1.1: Gazların özellikleri

Niçin Öğreniyoruz?

Günlük hayatta sprey, yangın söndürme tüpü, mutfak tüpü, doğal gaz, buzdolabı, klima gibi pek çok yerde gazlar kullanılır. Gazların davranışlarını bilmek, günlük hayatımızı kolaylaştıran bu tür araçların tasarlanmasında ve doğru kullanılmasında önem taşır.

Yaparak Öğrenelim

Gerekli malzemeler: Kolonya.

Yapılışı:

1. Kolonyayı sınıfın bir köşesinde elinize dökünüz.
2. Sınıfın diğer köşelerine geçen arkadaşlarınıza kolonyanın kokusunu alıp almadıklarını sorunuz.

Bu yaptığınız çalışmayı gazların hangi özelliği ile ilişkilendirebilirsiniz? Arkadaşlarınızla tartışınız.

1.1.1. Gazları Tanımlayan Özellikler

Gazlar; sıcaklık, basınç, hacim ve madde miktarına bağlı olarak farklı fiziksel özellikler gösterir.

Gazlarda Basınç ve Basınç Birimleri

Gaz tanecikleri, sürekli hareket eder. Oldukça hızlıdır ve kabın her noktasına yayılarak kap çeperlerine çarpar. Bu çarpma hareketleri basınç meydana getirir. Gaz tanecikleri, kabı homojen doldurdukları için bu taneciklerin kabın her noktasına yaptıkları basınç eşittir.

Atmosfer, gazlardan oluşur ve yeryüzüne basınç uygular. Atmosferin yeryüzüne uyguladığı basınca **atmosfer basıncı** veya **açık hava basıncı** adı verilir. Deniz seviyesinden yukarılara çıkıldıkça atmosfer tabakası incelir. Bu nedenle yüksek yerlerdeki açık hava basıncı deniz seviyesindekine göre daha düşüktür. Yüksek yerlere çıkarken veya aşağılara inerken kulaklarda meydana gelen rahatsızlıkların sebebi ani basınç değişimleridir.

Yaparak Öğrenelim

Gerekli malzemeler: Tabak, kırmızı pancar, mum, su bardağı, çakmak.

Yapılışı:

1. Kırmızı pancarı küçük parçalar hâlinde doğrayıp bir bardak suyun içine koyunuz.
2. Kırmızı pancar ile renklendirilmiş suyu tabağın içine dökünüz.
3. Tabağın ortasına mumu yerleştirerek yakınız.
4. Mumun üzerine su bardağını kapatıp bir süre bekleyerek sonucu gözlemleyiniz.

Bu yaptığınız çalışmayı gazların hangi özelliği ile ilişkilendirebilirsiniz? Arkadaşlarınızla tartışınız.

Basınç, birim yüzeye uygulanan kuvvet olarak tanımlanır ve **P** ile gösterilir. Gazlarda basınç birimi olarak en fazla atmosfer **(atm)** ve milimetre cıva **(mmHg)** kullanılır. **Torr**, santimetre cıva **(cmHg)**, pascal **(Pa)** ve **bar** diğer basınç birimleridir.

Bilgi Kutusu

Torr, açık hava basıncını ilk ölçen bilim insanı Torricelli'nin (Toriçelli) isminden alınmıştır.

Basınç birimleri arasındaki ilişki şu şekildedir:

- **1 atm = 76 cmHg = 760 mmHg = 760 torr**
- **1 mmHg = 1 torr**
- **1 atm = 101325 Pa**
- **1 bar = 10^5 Pa**

Örnek

Aşağıda verilen birim dönüşümlerini yapınız.

a) 2 atm = ... mmHg

b) 380 mmHg = ... cmHg

c) 0,1 atm = ... torr

ç) 3 bar = ... Pa

Çözüm

a) *1 atm* — *760 mmHg*; *2 atm* — *x mmHg*

1.x = 2.760 ***x = 1520 mmHg*** *olur.*

b) *760 mmHg* — *76 cmHg*; *380 mmHg* — *x cmHg*

760.x = 380.76 ***x = 38 cmHg*** *olur.*

c) *1 atm* — *760 torr*; *0,1 atm* — *x torr*

0,1.760 = 1.x ***x = 76 torr*** *olur.*

ç) *1 bar* — *10^5 Pa*; *3 bar* — *x Pa*

$1.x = 3.10^5$ ***$x = 3.10^5$ Pa*** *olur.*

1. Sıra Sizde

Aşağıda verilen birim dönüşümlerini yapınız.

a) 380 mmHg = ... atm

b) 2 atm = ... cmHg

c) 1520 torr = ... atm

ç) 2.10^5 Pa = ... bar

d) 19 cmHg = ... mmHg

Gazlarda Hacim ve Hacim Birimleri

Gazlar, sürekli hareket hâlindedir ve bulundukları kabı doldurur. Öz hacimlerini ölçmek oldukça zordur. Bu nedenle bulundukları kabın hacmi gazların hacmi olarak kabul edilir. Gazların hacmi; gazın miktarına, basınca ve sıcaklığa bağlı olarak değişir.

Hacim **V** ile gösterilir. Gazlarda en çok kullanılan hacim birimi litredir **(L)**. Kullanılan diğer hacim birimleri **mL**, **dm^3** ve **cm^3**tür.

- **1 L = 1000 mL**
- **1 L = 1 dm^3**
- **1 mL = 1 cm^3**

Örnek

Aşağıda verilen birim dönüşümlerini yapınız.

a) 100 mL = ... L **b)** 0,5 L = ... mL **c)** 1000 cm^3 = ... L **ç)** 100 dm^3 = ... L

Çözüm

a) *1000 mL — 1 L*
100 mL — x L
1000.x = 100.1 **x = 0,1 L** *olur.*

b) *1 L — 1000 mL*
0,5 L — x mL
1.x = 0,5.1000 **x = 500 mL** *olur.*

c) *1 cm^3 — 1 mL*
1000 cm^3 — x mL
1.x = 1000.1 **x = 1000 mL** **x = 1 L** *olur.*

ç) *1 dm^3 — 1 L*
100 dm^3 — x L
1.x = 100.1 **x = 100 L** *olur.*

2. Sıra Sizde

Aşağıda verilen birim dönüşümlerini yapınız.

a) 10 L = ... mL **b)** 200 mL = ... L **c)** 4 dm^3 = ... L **ç)** 0,1 cm^3 = ... mL

Yaparak Öğrenelim

Gerekli malzemeler: Büyük boy iğnesiz enjektör.

Yapılışı:

1. Enjektör boşken pistonunu çekerek içini hava ile doldurunuz.
2. Enjektörün ucunu parmağınızla kapatarak pistonu itiniz. Pistonun hareketini gözlemleyiniz.
3. Enjektörü su ile doldurup ucunu parmağınızla kapatarak pistonu itiniz. Pistonun hareketini gözlemleyiniz.

Futbol toplarının niçin su yerine hava ile doldurulduğunu bu deneydeki gözlemlerinizle ilişkilendirerek açıklayınız.

Gazlarda Sıcaklık ve Sıcaklık Birimleri

Gazların sıcaklığı termometre ile ölçülür. Sıcaklık **T** ile gösterilir ve sıcaklık birimi olarak en çok kelvin **(K)** ve Celcius (Selsiyus) **(°C)** kullanılır. Kelvin cinsinden sıcaklığa **mutlak sıcaklık** denir. Gazlarla ilgili hesaplamalar yapılırken sıcaklık birimi olarak kelvin kullanılmalıdır.

Kelvin ile Celcius arasındaki ilişki: $K = t\ ^0C + 273$

Örnek

Aşağıda verilen birim dönüşümlerini yapınız.

a) 273 K = ... °C **b)** -173 °C = ... K **c)** 0 K = ... °C **ç)** 546 °C = ... K

Çözüm

a) $K = t\ ^0C + 273$

$273 = t\ ^0C + 273$

$\boldsymbol{t = 0\ ^0C\ olur.}$

b) $K = t\ ^0C + 273$

$K = -173 + 273$

$\boldsymbol{K = 100\ K\ olur.}$

c) $K = t\ ^0C + 273$

$0 = t + 273$

$\boldsymbol{t = -273\ ^0C\ olur.}$

ç) $K = t\ ^0C + 273$

$K = 546 + 273$

$\boldsymbol{K = 819\ K\ olur.}$

3. Sıra Sizde

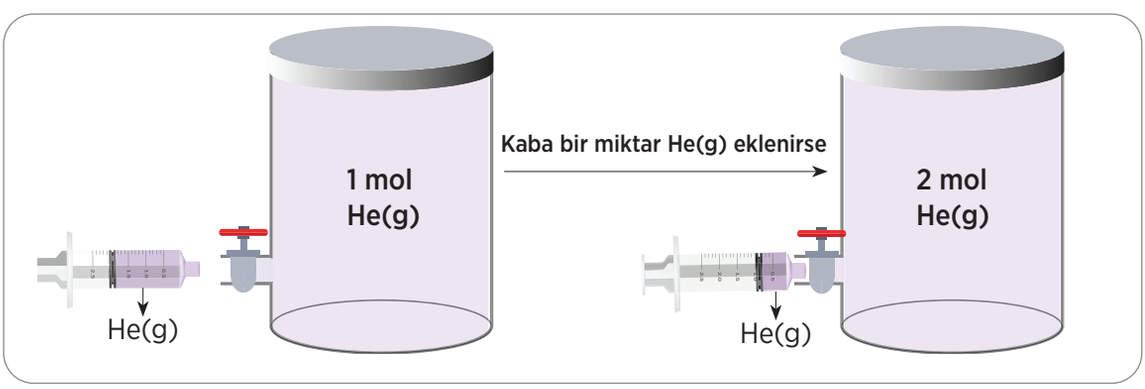
Aşağıda verilen birim dönüşümlerini yapınız.

a) 23 °C = ... K **b)** 0 K = ... °C

c) 300 K = ... °C **ç)** 127 °C = ... K

Gazların Miktarı ve Mol Kavramı

Gaz taneciklerinin miktarını belirtmek için mol kavramı kullanılır. Bir gazın miktarı arttıkça mol sayısı **(n)** artar (Şekil 1.2).



Şekil 1.2: Gazın miktarı ile mol sayısı ilişkisi

4. Sıra Sizde

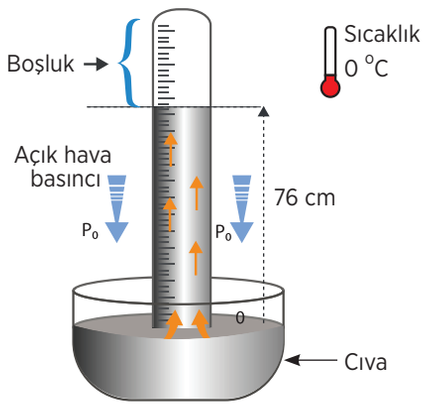
Aşağıda verilen tabloda bazı alanlar boş bırakılmıştır. Verilen boşluklara gazları niteleyen büyüklükler ile bu büyüklüklerin sembol ve birimlerinden uygun olanlarını yazınız.

Gazları Niteleyen Büyüklükler	Sembolü	Birimi
Basınç		atm, mmHg, torr, cmHg, bar, Pa
	T	
	V	
Miktar		mol

Gaz Basıncının Ölçülmesi

Açık hava basıncının ölçülmesinde barometre kullanılır. Kapalı kaplardaki gaz basıncı ise manometre ile ölçülür.

Açık hava basıncının ölçülmesinde kullanılan barometre Torricelli tarafından geliştirilmiştir (Şekil 1.3).



Şekil 1.3: Barometre

Bilgi Kutusu

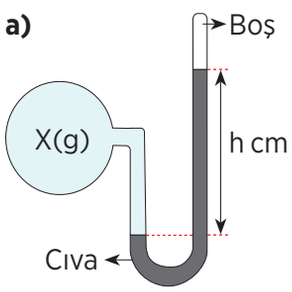
Açık hava basıncı, deniz seviyesinden yükseldikçe azalır. Örneğin dünyanın çatısı olarak bilinen Everest'in (8849 m) zirvesinde basınç 250 mmHg civarındadır. Bu basınçta soluk alıp vermek zordur. Dağcılar Everest'in zirvesine çıktıktan sonra oksijen tüpü takarak destekli solunum yapar ve çok kısa süre sonra zorunlu olarak inişe geçerler. Çünkü insanların çok düşük basınçlarda yaşamlarını sürdürmesi mümkün değildir.

Nerede Kullanıyoruz?

Basınç altında çalışan sistemlerde yeterli basıncın sağlanıp sağlanmadığını ölçmek için manometreler kullanılır. Hastanelerde kan basıncı ve solunum yollarındaki basınç manometrelerle ölçülür. Manometreler ayrıca kazan dairelerinde, doğal gaz ve LPG ile çalışan sistemlerde kullanılır.

Laboratuvarlarda gaz basıncını ölçmek için civalı manometreler kullanılır (Şekil 1.4).

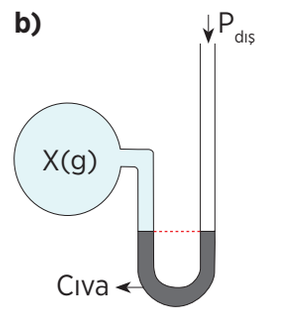
a)



Kapalı manometrelerin içindeki gazın basıncı kollar arasındaki cıva yüksekliği farkına eşittir.

$P_x = h$ cmHg

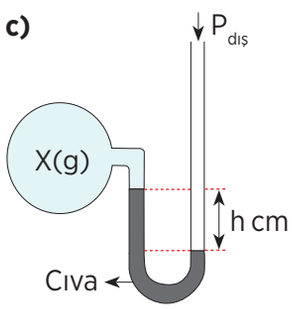
b)



Açık uçlu manometrelerde atmosfer basıncı da dikkate alınır. Kollardaki cıva seviyeleri eşit ise gazın basıncı atmosfer basıncına eşit olur.

$P_x = P_{dış}$

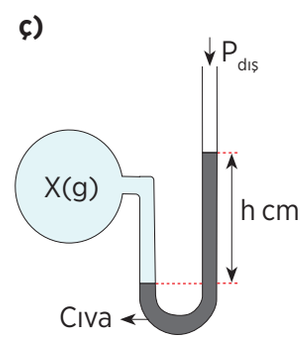
c)



Gazın bulunduğu taraftaki kolda cıva yükselmişse açık hava basıncı gaz basıncından yüksek olur. Gazın basıncı bulunurken atmosfer basıncından kollar arasındaki cıva yüksekliği farkı çıkarılır.

$P_x = P_{dış} - h$

ç)



Manometrenin açık uçlu tarafında civa yükselmişse açık hava basıncı gaz basıncından düşüktür. Gazın basıncı bulunurken atmosfer basıncına kollar arasındaki civa yüksekliği farkı eklenir.

$P_x = P_{dış} + h$

Şekil 1.4: Kapalı ve açık uçlu manometrelerle gaz basıncının ölçülmesi

Yaparak Öğrenelim

Gerekli malzemeler: Tansiyon aleti.

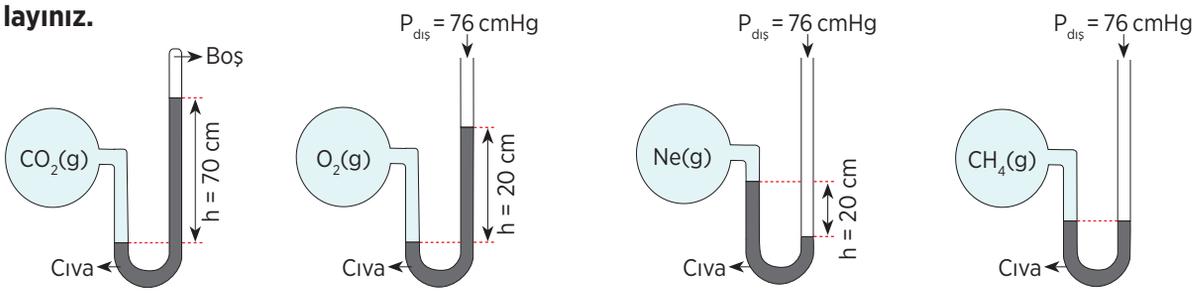
Yapılışı:

1. Arkadaşınızın koluna taktığınız tansiyon ölçme aletini çalıştırınız.
2. Manşon (kola sarılan kısım) şişerken manometrenin ibresini gözlemleyiniz.
3. Manometrenin yanındaki vidayı gevşetiniz.
4. Manşon inerken manometrenin ibresini gözlemleyiniz.

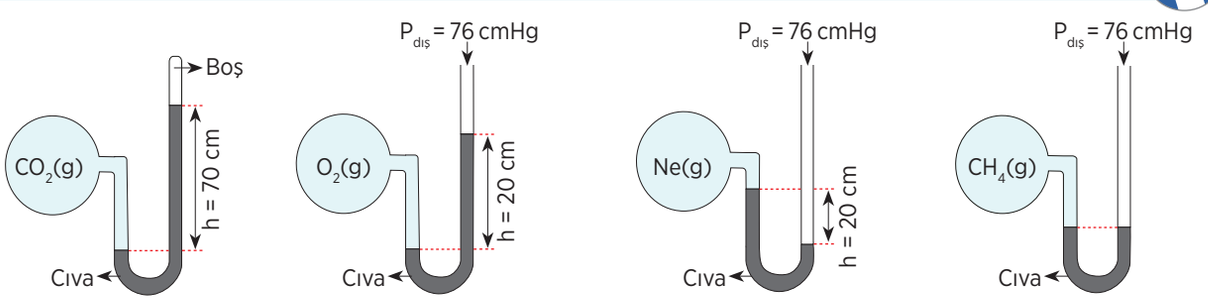
Bu yaptığınız çalışmayı gazların hangi özelliği ile ilişkilendirebilirsiniz? Arkadaşlarınızla tartışınız.

Örnek

Aşağıda dört farklı gazın açık ve kapalı uçlu manometrelerdeki basınç ölçümleri verilmiştir. Şekilleri inceleyerek içlerindeki gazların basınçlarını hesaplayıp büyükten küçüğe doğru sıralayınız.



Çözüm



$P_{CO_2} = h$

$\boldsymbol{P_{CO_2} = 70\ cmHg}$

$P_{O_2} > P_{dış}$

$P_{O_2} = P_{dış} + h$

$P_{O_2} = 76 + 20$

$\boldsymbol{P_{O_2} = 96\ cmHg}$

$P_{Ne} < P_{dış}$

$P_{Ne} = P_{dış} - h$

$P_{Ne} = 76 - 20$

$\boldsymbol{P_{Ne} = 56\ cmHg}$

$P_{CH_4} = P_{dış}$

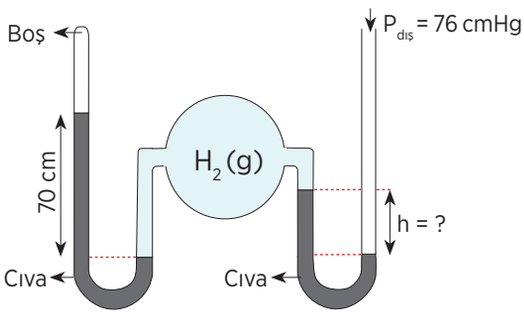
$\boldsymbol{P_{CH_4} = 76\ cmHg}$

$P_{CO_2} = 70\ cmHg, P_{O_2} = 96\ cmHg, P_{Ne} = 56\ cmHg, P_{CH_4} = 76\ cmHg$

$\boldsymbol{P_{O_2} > P_{CH_4} > P_{CO_2} > P_{Ne}}$

5. Sıra Sizde

Aşağıda verilen manometre sisteminde h yüksekliği kaç cm olur?



Sanayide kadranlı ve dijital manometreler kullanılmaktadır. Manometreler aynı zamanda hidrolik sistemler, tansiyon ölçme aleti, otomobil lastik basıncını ölçme aleti (Görsel 1.1) gibi birçok yerde de kullanılır.

a) Lastik basınç ölçümü

b) Tansiyon ölçümü

c) Hidrolik basınç ölçümü

Görsel 1.1: Manometrelerin kullanım alanları

Meraklısına

Sanayide kullanılan manometreler kullanım alanlarına göre farklı tiplerdedir. Çalışma şekline göre üç çeşit manometre vardır: Bourdon tüplü manometre, diyaframlı manometre ve fark basınç manometresi.

Bourdon tüplü manometreler: Sıkıştırılmış gazların bulunduğu veya basınçlı havaya sahip araçlarda kullanılır. Otomobil lastiklerindeki havanın basıncını ölçmek için kullanılan manometreler de bu tiptendir.

Diyaframlı manometreler: Paslanmış, temizlenmemiş veya yüksek viskoziteli ortamlar için daha uygun bir manometre çeşitidir. Bu tip manometreler bourdon tüplü manometrelere oranla, titreşime karşı daha hassastır. Beton ve çimento pompaları, çamur pompaları, kok tesisleri, maden ocağı lokomotifleri ve yol yapım makinalarında kullanılır.

Fark basınç manometreleri: Bu tip manometrelerde iki çalışma basıncı arasındaki fark ölçülür. İçleri genellikle gliserinle doldurulur. Titreşimin ve sarsıntının çok olduğu, ani basınç yükselmesi veya düşmesi olan yerlerde kullanılır. Pompalarda, kompresörlerde, preslerde, hidrolik tesislerde bu manometrelere rastlanır.

1.2. GAZLARDA KİNETİK TEORİ

Eve gelen misafirlere kolonya ikram etmek Türk milletinin kültürel özelliklerindendir. Misafirlere ikram edilen kolonyanın kokusu odanın her yerine yayılır. Bunun yanında komşuda pişen kekin, böreğin, yemeğin kokusu çoğu zaman algılanır. Lavanta tarlasında yürünürken lavantanın ya da sahilde oturulup dalgaların kıyıya vuruşu izlenirken iyotun kokusu hissedilir. Kokuların kaynağından daha uzak yerlerde algılanması, gazların yayılma ve bulundukları kabı doldurma isteklerinden kaynaklanır. Bu özellik gaz yasalarıyla açıklanmıştır.

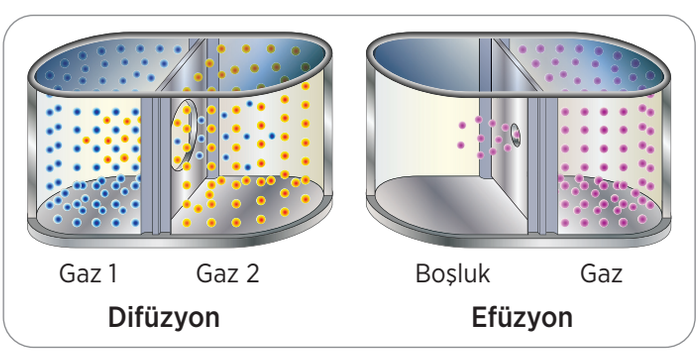
1.2.1. Kinetik Teori

Gazların davranışlarını açıklayan teoriye **kinetik teori** (hareket ve hızla ilgili teori) denir. Bu teoriye göre

- Gaz molekülleri gelişigüzel ve sürekli hareket eder.
- Gaz molekülleri konuldukları kabın çeperlerine ve birbirlerine hızlı ve esnek çarpar.
- Gaz molekülleri arasındaki çekim kuvvetleri ihmal edilir.
- Gaz moleküllerinin hacmi, konuldukları kabın hacminin yanında ihmal edilecek kadar küçüktür.
- Aynı sıcaklıkta farklı gazların moleküllerinin ortalama kinetik enerjileri birbirine eşittir.
- Gazların ortalama kinetik enerjileri mutlak sıcaklıkla doğru orantılıdır.

1.2.2. Graham Difüzyon Yasası

Gaz molekülleri sürekli ve gelişigüzel hareket eder. Aralarında büyük boşluklar olduğu için birbirleriyle kolayca homojen olarak karışır. Gaz moleküllerinin başka gaz molekülleri içinde dağılmasına **difüzyon (yayılma)** denir. Kapalı bir kapta bulunan gaz moleküllerinin küçük bir delikten boşluğa dağılmasına ise **efüzyon** denir (Şekil 1.5).



Şekil 1.5: Gazların difüzyon ve efüzyon özelliği

Gazların difüzyon hızı, gazın molekül kütlesine ve sıcaklığa bağlıdır.
Buna göre

- Aynı sıcaklıkta molekül kütlesi küçük olan gaz daha hızlıdır.
- Sıcaklık arttıkça gaz moleküllerinin ortalama hızı artar.

Graham Difüzyon Yasası'na göre gaz moleküllerinin hızı; mutlak sıcaklığın kareköküyle doğru, mol kütlesinin kareköküyle ters orantılıdır.

İki gazın difüzyon hızları oranı için;

$\frac{\vartheta_A}{\vartheta_B} = \sqrt{\frac{M_B T_A}{M_A T_B}}$ bağıntısı, sıcaklıklar eşit ise $\frac{\vartheta_A}{\vartheta_B} = \sqrt{\frac{M_B}{M_A}}$ bağıntısı kullanılır.

ϑ_A: A gazının yayılma hızı M_A: A gazının mol kütlesi T_A: A gazının sıcaklığı

ϑ_B: B gazının yayılma hızı M_B: B gazının mol kütlesi T_B: B gazının sıcaklığı

Nerede Kullanıyoruz?

Uranyum (^{92}U), tüm izotopları radyoaktif olan bir elementtir. Uranyum-235 nükleer enerji santrallerinde ve tıpta kullanılmaktadır. Ancak doğal uranyumun %99'u uranyum-238 izotopundan oluşur. Uranyum-235 izotopunun oranı %0,71 seviyesindedir. Doğal uranyumun nükleer enerji santrallerinde ve bazı parçalanma ürünlerinin tıpta kullanılabilmesi için ^{235}U oranının en az %5 civarına çıkarılması gerekir. Bu işleme **uranyum zenginleştirme** denir. Uranyum zenginleştirmede Graham Difüzyon Yasası'ndan yararlanılır. Uranyum, flor gazı ile tepkimeye sokularak UF_6 gazına dönüştürülür. Ağır olan ^{238}U daha yavaş hareket ederek ^{235}U'dan ayrılır.

Örnek

Eşit sıcaklıktaki H_2 ile O_2 gazlarının difüzyon hızları oranını bulunuz?

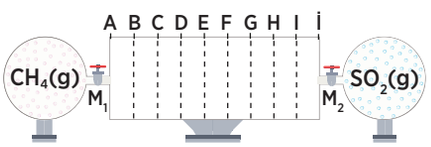
(H_2 = 2 g/mol, O_2 = 32 g/mol)

Çözüm

$\frac{\vartheta_{H_2}}{\vartheta_{O_2}} = \sqrt{\frac{M_{O_2}}{M_{H_2}}}$ $\frac{\vartheta_{H_2}}{\vartheta_{O_2}} = \sqrt{\frac{32}{2}}$ $\frac{\vartheta_{H_2}}{\vartheta_{O_2}} = \sqrt{\frac{16}{1}}$ $\boldsymbol{\frac{\vartheta_{H_2}}{\vartheta_{O_2}} = \frac{4}{1}}$ bulunur.

Örnek

25 °C'ta şekildeki eşit bölmeli cam borunun iki ayrı ucundan CH_4 ve SO_2 gazları, musluklar açılarak aynı anda gönderiliyor. Gazlar ilk olarak hangi noktada karşılaşır?



(CH_4 = 16 g/mol, SO_2 = 64 g/mol)

Çözüm

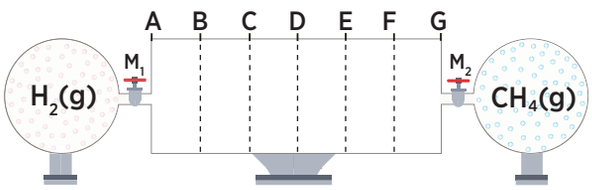
$\frac{\vartheta_{CH_4}}{\vartheta_{SO_2}} = \sqrt{\frac{M_{SO_2}}{M_{CH_4}}}$ $\frac{\vartheta_{CH_4}}{\vartheta_{SO_2}} = \sqrt{\frac{64}{16}}$ $\frac{\vartheta_{CH_4}}{\vartheta_{SO_2}} = 2$

$\boldsymbol{\vartheta_{CH_4} = 2\vartheta_{SO_2}}$

CH_4 gazı 2 birim yol alırken SO_2 gazı 1 birim yol alır. Gazlar ilk olarak G noktasında karşılaşır.

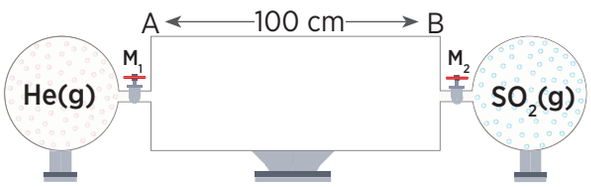
6. Sıra Sizde

Şekildeki eşit bölmeli cam boruya H_2 ve CH_4 gazları musluklar açılarak aynı anda gönderiliyor.
H_2 gazının mutlak sıcaklığı 273 K, CH_4 gazının mutlak sıcaklığı 546 K olduğuna göre gazlar, ilk olarak hangi noktada karşılaşır? (H_2 = 2 g/mol, CH_4 = 16 g/mol)



7. Sıra Sizde

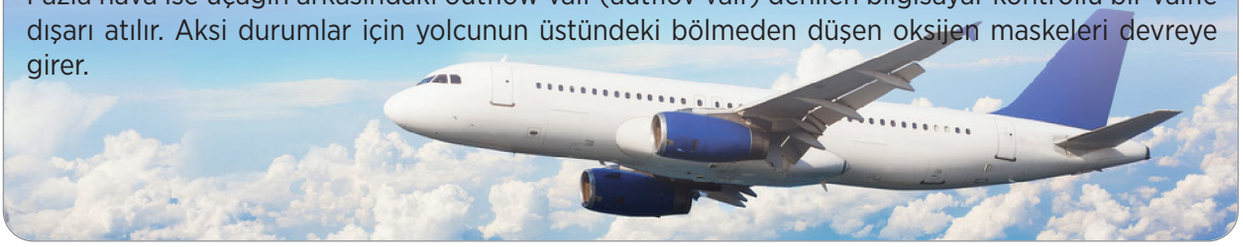
Şekildeki 100 cm uzunluğundaki cam boruya M_1 ve M_2 muslukları aynı anda açılarak aynı sıcaklıktaki He ve SO_2 gazları gönderiliyor.
Buna göre gazların ilk karşılaştıkları yer A noktasından kaç cm uzaklıktadır?
(He = 4 g/mol, SO_2 = 64 g/mol)



Meraklısına

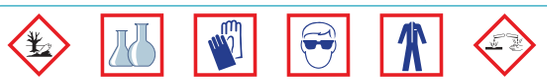
Seyahati kolaylaştırmak için üretilen uçakların ilk modellerinde kabin basıncı problemlerine bağlı kazalar yaşanmıştır. 1950'li yıllardan günümüze kadar yaklaşık otuz adet basınca bağlı büyük kaza gerçekleşmiştir. Uçaklar; dağa çarpmamak, yağmur, türbülans ve fırtına ile karşılaşmamak için yüksek irtifada uçar. On bin fitten (yaklaşık 3000 metre) yüksekte seyahat ederken dış basıncın ve oksijen miktarının düşmesinden kaynaklanan sorunlar ortaya çıkar. Uçak içindeki oksijen miktarını artırmak ve açık hava basıncı ile iç basıncın dengelenmesini sağlamak önemlidir. Bu nedenle kabin basıncının ayarlanması gerekir. Kabin basıncı ayarları, uçağın içindeki ve dışındaki gaz basıncının hassas şekilde hesaplanması ile yapılır.

Uçağın içindeki havanın 2-3 dakikada bir değişmesi gerekir. Gereken temiz hava, motorun kompresöründen yanma odasına geçen havanın bir kısmının kontrollü şekilde içeriye alınmasıyla sağlanır. Fazla hava ise uçağın arkasındaki outflow valf (autflov valf) denilen bilgisayar kontrollü bir valfle dışarı atılır. Aksi durumlar için yolcunun üstündeki bölmeden düşen oksijen maskeleri devreye girer.



1. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
GAZLARIN DİFÜZYONU

Güvenlik İşaretleri



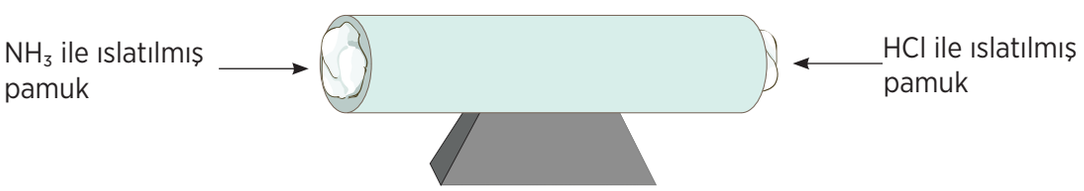
Deneyin amacı: Sabit sıcaklıkta molekül kütleleri ile yayılma hızları arasındaki ilişkiyi incelemek.

Araç gereçler: İki ucu açık 50 cm uzunluğunda cam boru, mantar tıpa, pamuk, pipet veya damlalık, cetvel, cam boruyu yatay tutacak destek çubuğu, kronometre.

Kimyasal maddeler: HCl ve NH_3 çözeltileri.

İşlem basamakları:

1. Cam boruyu yatay şekilde destek çubuğuyla sabitleyiniz.
2. Pamuklardan birine HCl, diğerine NH_3 çözeltisinden eşit miktarda damlatınız.
3. Islattığınız pamukları cam borunun uçlarına aynı anda yerleştirerek borunun uçlarını mantar tıpa ile kapatınız ve kronometreyi çalıştırınız.
4. Cam boruyu dikkatle izleyiniz. Beyaz halka oluşumunu gözlemlediğiniz anda kronometreyi durdurup geçen süreyi not ediniz.
5. Cetvel yardımıyla oluşan beyaz halkanın cam boruya olan uzaklığını ölçerek not ediniz.
6. Ölçtüğünüz uzaklıkları kıyaslayarak HCl ve NH_3'ın difüzyon hızlarının oranını hesaplayınız.
7. Gazların yayılma hızları oranını Graham Difüzyon Kanunu'nu kullanarak hesaplayınız. Bulduğunuz sonuçları kıyaslayınız. (NH_3: 17 g/mol, HCl: 35,5 g/mol)



Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

	Değerlendirme Ölçütleri	Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	(10)	(8)	(5)	(3)
2	Düzeneği hazırlar.	(10)	(8)	(5)	(3)
3	Oluşan beyaz halkanın cam borunun uçlarına olan uzaklığını ölçer.	(20)	(15)	(10)	(5)
4	Cam boruya pamukların yerleştirmesi ile beyaz halkanın oluşumu arasında ne kadar süre geçtiğini ölçer.	(20)	(15)	(10)	(5)
5	Arkadaşlarıyla iş birliği yapar.	(20)	(15)	(10)	(5)
6	Çalışma ortamını temizler.	(10)	(8)	(5)	(3)
7	Rapor hazırlar.	(10)	(8)	(5)	(3)

1.3. GAZ KARIŞIMLARI

Gaz karışımlarıyla günlük hayatta birçok alanda karşılaşılır. Örneğin gıdaların taze kalması, aşıların ve bazı ilaçların korunması için kullanılan soğutucular gaz karışımlarından faydalanılarak yapılmıştır.

1.3.1. Gaz Karışımlarının Kullanım Alanları

Gaz karışımları, bilgisayar kontrollü karıştırıcılar yardımı ile gereken miktarlarda hazırlanır. Karışım yapılırken gazların özelliklerine ve karışma miktarlarına dikkat edilmelidir. Yanlış oranlarda ve birbirleri ile tepkime veren gazların karıştırılması patlama ve yangınlara sebep olabilir. Gaz karışımları, özel depolarda kullanıma hazır hâlde saklanır. Dikkatle ve uzman kişiler eşliğinde hazırlanan gaz karışımları;

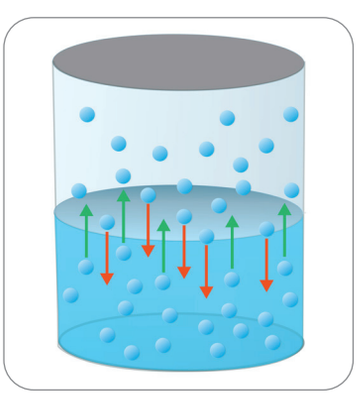
- gıda ürünlerinin üreticiden tüketiciye ulaştırılması aşamasındaki soğutucularda,
- doğal gaz bileşenlerinin hazırlanmasında,
- dalış tüplerinde,
- tıp alanında,
- gazaltı kaynağında kullanılır.

Gaz karışımları, kullanım alanına özgü olarak farklılık gösterebilir. Örneğin gıda sektöründe azot-karbondioksit karışımı, gıdaların paketlenmesinde kullanılır. Gazaltı kaynaklarında ise argon-oksijen-lpg karışımı veya argon-karbondioksit karışımından faydalanılır.

Kısmi Basınç ve Doygun Buhar Basıncı

Gaz karışımının, bulunduğu kaba yaptığı basınç, karışımı oluşturan gazların basınçları toplamına eşittir. Karışımda bulunan her bir gazın tek başına uyguladığı basınca **kısmi basınç** denir.

Su her sıcaklıkta buharlaştığı için kapalı kaba koyulan suyun bir kısmı da zamanla buharlaşır. Ortamdaki buhar molekülleri sayısı artar. Zamanla enerjisini kaybeden buhar molekülleri sıvı hâle geçmeye başlar. Bir süre sonra buharlaşma hızı ile yoğunlaşma hızı birbirine eşit olur. Bu duruma **sıvı-buhar dengesi** denir (Şekil 1.6). Dengede buhar moleküllerinin sıvı yüzeyine ve ortama yaptığı basınca **denge buhar basıncı** veya **doygun buhar basıncı** denir. Doygun buhar basıncı sıcaklık arttıkça yükselir. Suyun bu özelliğinden yararlanılarak laboratuvarda çeşitli gazların hacmi ve basıncı ölçülebilir. Kimyasal tepkimelerde açığa çıkan gazlar, su üstünde toplanarak saf hâlde elde edilebilir. Su üstünde toplanan gazların basıncı Dalton'un Kısmi Basınçlar Yasası ile hesaplanır. Su üstünde toplanan gazın basıncı ile suyun o sıcaklıktaki doygun buhar basıncı toplamı kaptaki toplam gaz basıncını verir.



Şekil 1.6: Suyun buharlaşma yoğunlaşma dengesi

$$P_T = P_{gaz} + P_{H_2O}$$

P_T: *toplam basınç* P_{gaz}: *su üzerinde toplanan gaz basıncı*

P_{H_2O}: *suyun o sıcaklıktaki doygun buhar basıncı*

2. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
GAZLARIN KISMÎ BASINCI

Güvenlik İşaretleri

Deneyin amacı: Bir tepkimeden elde edilen gazı su üstünde toplamak, toplanan gazın hacmini ölçmek ve basıncını hesaplamak.

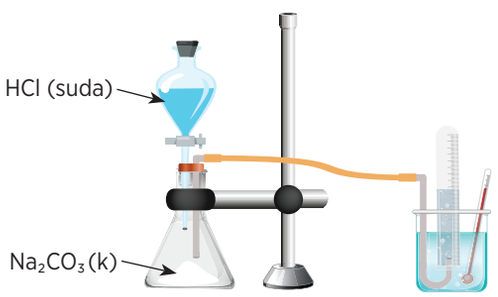
Araç gereçler: Gaz ölçüm büreti, beher, erlen, ayırma hunisi, dik açılı cam boru, termometre, iki delikli lastik tıpa, lastik hortum, bunzen mesnedi, bunzen kıskacı.

Kimyasal maddeler: 3 M HCl çözeltisi, 2 gram Na_2CO_3 katısı.

İşlem basamakları:

1. Şekildeki deney düzeneğini kurunuz.
2. Gaz ölçme büretini tamamen suyla doldurarak beherdeki suyun içine şekildeki gibi ters çeviriniz.
3. Na_2CO_3 katısının üzerine, ayırma hunisinin musluğunu açarak tepkime tamamlanıncaya kadar HCl çözeltisini azar azar ekleyiniz.
4. Tepkimenin denklemini yazarak hangi gazın toplandığını gösteriniz.
5. Termometre ile beherdeki suyun sıcaklığını ölçerek not ediniz ve ölçtüğünüz sıcaklığa göre aşağıdaki tablodan uygun buhar basıncı değerini alınız.

Sıcaklık (°C)	Suyun Buhar Basıncı (mmHg)
10	9
25	24
40	55



6. Gaz ölçme büretinde toplanan gazın hacmini ölçünüz.
7. $P_T = P_{gaz} + P_{H_2O}$ formülünü kullanarak su üstünde toplanan gazın basıncını hesaplayınız. (Atmosfer basıncını 760 mmHg alınız.)
8. Tepkimede açığa çıkan gazın neden su üstünde toplanarak basınç ve hacminin ölçüldüğünü tartışınız.

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

	Değerlendirme Ölçütleri	Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	(10)	(8)	(5)	(3)
2	Deney düzeneğini kurar.	(10)	(8)	(5)	(3)
3	Tepkime denklemini yazar.	(20)	(15)	(10)	(5)
4	Oluşan gazı belirler.	(20)	(15)	(10)	(5)
5	Deneyi ve verilen işlemleri yapar.	(20)	(15)	(10)	(5)
6	Çalışma ortamını temizler.	(10)	(8)	(5)	(3)
7	Rapor hazırlar.	(10)	(8)	(5)	(3)

A. Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. Futbol topunu şişirmek için kullanılan pompa, gazların hangi özelliği dikkate alınarak yapılmıştır?

.....

.....

2. Biri gaz diğeri suyla dolu özdeş iki kaptan gazla dolu olan, suyla dolu olandan daha hafiftir. **Gazla dolu olan kabın daha hafif olmasının sebebini açıklayınız.**

.....

.....

3. Hava yastıklarının şişmesi için neden N_2 gazı kullanılır? Hava yastıklarının kaza anında şişmesi gazların hangi özelliğinden kaynaklanır? Açıklayınız.

.....

.....

4. Özel adı olan gaz karışımlarına üç örnek veriniz.

.....

.....

5.

Derece Celsius (°C)	Kelvin (K)
-273	0
0	273
273	546

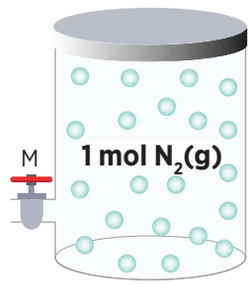
Tabloda verilen değerleri kullanarak aşağıdaki grafiği çiziniz.

B. Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

1. Aşağıda verilen birimler arası dönüşümlerden hangisi doğrudur?

A) 10 torr = 100 mmHg
B) 100 cmHg = 10 torr
C) 0,1 atm = 76 mmHg
D) 76 mmHg = 760 cmHg
E) 10 atm = 1 torr

2. Gazlar, bulundukları kabın hem hacmini hem de şeklini alır. Dolayısıyla bir gazın hacmi bulunduğu kabın hacmine eşittir.



Şekildeki sabit hacimli kapta bir mol azot gazı vardır. Sıcaklık değiştirilmeden M musluğundan azot gazının mol sayısının on katı kadar helyum gazı eklenerek sistemin dengeye ulaşması bekleniyor.

Buna göre son durumda aşağıdaki ifadelerden hangisi doğrudur?

A) Kaptaki basınç onda birine düşer.
B) Helyum ve azot gazlarının toplam hacmi kabın hacmine eşittir.
C) Helyum gazının hacmi, azot gazının hacminin 10 katı kadar olur.
D) Azot gazının hacmi V ise helyum gazı eklendikten sonra toplam hacim 11 V olur.
E) Azot gazı sıkışır ve hacmi küçülür.

3. I. Kaynak ve alevle kesme işlemleri
II. Oksijen tedavi cihazları
III. Yangın söndürme cihazları
IV. Araba yakıt sistemleri

Yukarıda verilen alanların hangilerinde basınçlı gaz tüpleri kullanılır?

A) I ve II B) II ve III C) II ve IV
D) I, III ve IV E) I, II, III ve IV

4. 1 atm basınç değeri için,

I. 760 mmHg'dır.
II. Deniz seviyesindeki açık hava basıncına eşittir.
III. 76 Torr'dur.

ifadelerinden hangisi / hangileri doğrudur?

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

5. Gazların sıkıştırılabilme özelliği;

I. daha küçük hacimlerde daha çok gaz taşınması,
II. depolanmasının kolaylaşması,
III. futbol topu ve araba lastiklerine işlev kazandırması

olaylarından hangisinin / hangilerinin gerçekleşmesine imkân sağlar?

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

6.

Hava-metan gazı (CH_4) karışımına **grizu** denir. Havadaki metan oranı %4 ile %16 arasında olursa bu karışım patlayıcı nitelik kazanır. Metan gazı, kömür madenlerinde kendiliğinden oluşabilmekte ve patlamalara neden olmaktadır. Günümüzde, grizu patlamalarının önüne geçebilmek için metan gazına duyarlı elektronik sensörler kullanılmaktadır. Kömür madenlerinde havadaki metan oranı %1'in üzerine çıktığında kanunen üretime ara verilmesi gerekmektedir.

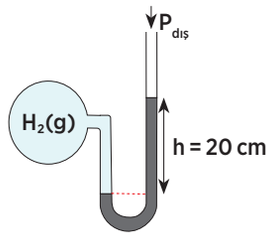
Yukarıdaki metne göre aşağıdaki ifadelerden hangisi yanlıştır?

A) Gazları istediğimiz oranda karıştırmanın herhangi bir tehlikesi yoktur.
B) Bazı gaz karışımlarının özel ismi vardır.
C) Gaz karışımlarında bileşenlerin oranı önemlidir.
D) Gaz karışımlarında bileşenlerin oranı sensörlerle belirlenir.
E) Gaz karışımları doğal yollarla da oluşabilir.

7. Kinetik teoriyle ilgili aşağıda verilen bilgilerden hangisi yanlıştır?

A) Gaz tanecikleri esnek çarpışma yapar.
B) Aynı sıcaklıkta, tüm gazların ortalama kinetik enerjileri eşittir.
C) Gaz tanecikleri arasındaki çekim kuvveti yok denecek kadar azdır.
D) Aynı sıcaklıkta molekül kütlesi büyük olan gazlar daha hızlı hareket eder.
E) Gaz taneciklerinin kendi hacimleri ihmal edilecek kadar küçüktür.

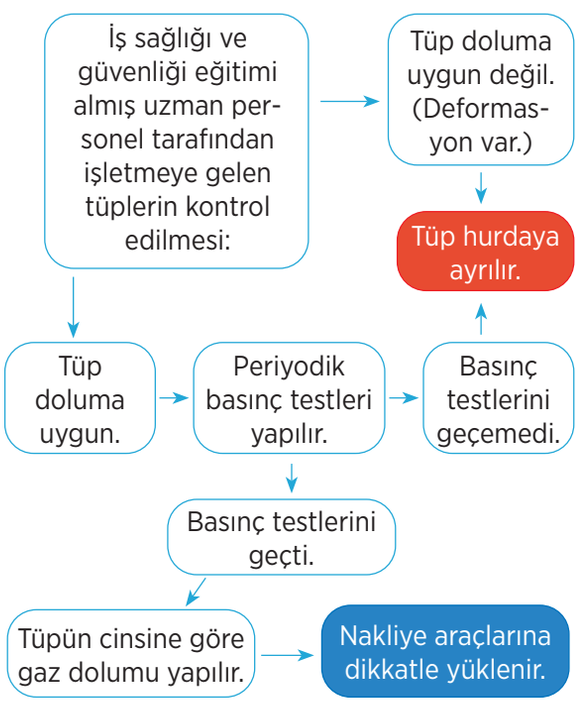
8.



Şekildeki sistemde H_2 gazının basıncı 60 cmHg olduğuna göre dış basınç kaç cmHg'dır?

A) 40 B) 50 C) 60 D) 70 E) 80

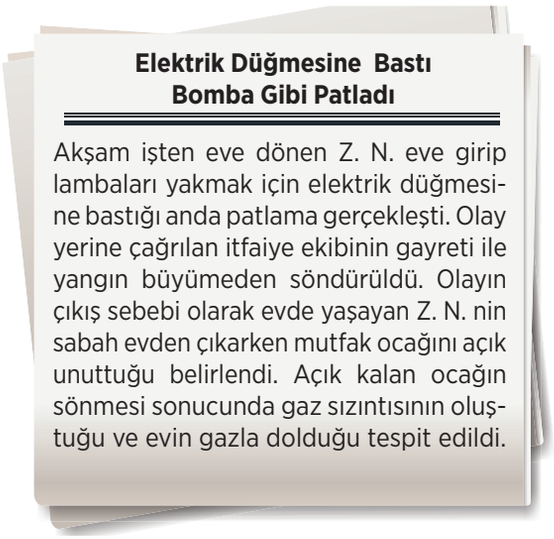
9. Aşağıda kimyasal gaz dolum işletmesi için iş akış şeması verilmiştir.



Bu şemayı inceleyen bir kişi aşağıda verilen sonuçlardan hangisine ulaşamaz?

A) Gazların davranışları konusunda eğitim alan personel bu tür bir işletmede çalıştırılabilir.
B) Tüpler gazla doldurulduktan sonra basınç testine alınır.
C) Deformasyona uğramamış tüpler gaz sızdırmayacağından dolum işlemlerinde kullanılabilir.
D) Gazlarla ilgili çalışma yapılırken iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili tedbirleri almak önemlidir.
E) Tüplerin nakliye araçlarına yüklenmesi özenle yapılmalıdır.

10. Aşağıda bir gazete küpüründen alınan bir haber yer almaktadır.



Elektrik Düğmesine Bastı Bomba Gibi Patladı

Akşam işten eve dönen Z. N. eve girip lambaları yakmak için elektrik düğmesine bastığı anda patlama gerçekleşti. Olay yerine çağrılan itfaiye ekibinin gayreti ile yangın büyümeden söndürüldü. Olayın çıkış sebebi olarak evde yaşayan Z. N. nin sabah evden çıkarken mutfak ocağını açık unuttuğu belirlendi. Açık kalan ocağın sönmesi sonucunda gaz sızıntısının oluştuğu ve evin gazla dolduğu tespit edildi.

Bu haberi okuyan bir kişi olayda gazlarla ilgili aşağıdaki özelliklerden hangisinin etkili olduğunu söyler?

A) Gaz taneciklerinin belirli şekli yoktur.
B) Gazlar atomik veya moleküler hâlde bulunabilir.
C) Gazlar difüzlenebilir ve bulundukları kabı doldurur.
D) Gazlar toksik özellikte olabilir.
E) Gazlar titreşim hareketi yapabilir.

11. Bir pipet yardımı ile maden suyu içen Ayla, pipetteki havayı içine çektiğinde maden suyunun pipette neden yükseldiğini arkadaşlarıyla tartışmaktadır.

Ayla ve arkadaşlarından hangisinin yorumu bu durumu açıklamak için kullanılamaz?

A) **Ayla:** Sıvı yüzeyine etki eden açık hava basıncı, sıvının pipet içindeki düşük basınçlı bölgede yükselmesine neden olur.
B) **Burcu:** Sıvının pipet içinde yükselmesinin sebebi yükseklere çıktıkça açık hava basıncının düşmesi sonucudur.
C) **Kemal:** Sıvının pipet içinde yükselmesinin sebebi açık hava basıncının varlığıdır.
D) **Sedat:** Sıvı yüzeyindeki gaz basıncı arttırılıp pipet içindeki basınç sabit tutulsaydı sıvı yine pipet içinde yükselirdi.
E) **Zehra:** Pipetteki hava çekildiğinde sıvının yükselmesi Toriçelli deneyine benzetilebilir.

12. Beş litrelik sabit hacimli bir kapta He ve CH_4 gazları aynı sıcaklıkta bulunmaktadır.

Bu karışım ile ilgili aşağıdaki ifadelerden hangisi yanlıştır?
(He = 4 g/mol, CH_4 = 16 g/mol)

A) He ve CH_4 gazının ortalama kinetik enerjileri birbirine eşittir.
B) He ve CH_4 taneciklerinin yayılma hızları birbirine eşittir.
C) He gazının hacmi beş litredir.
D) CH_4 gazının hacmi He gazının hacmine eşittir.
E) Kaptaki gaz basıncı He ve CH_4 gazlarının basınçları toplamına eşittir.

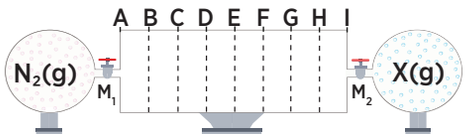
13.

Uçan balonların içleri helyum gazı ile doludur. Şişirildikten bir süre sonra ağız kısımları sıkı bağlansa da içlerindeki helyum gazı dışarıya sızar. Gece tavana yapışmış hâlde bırakılan uçan balon, ertesi gün alçalmış veya yere inmiş olarak bulunur. Açık havada serbest bırakılan uçan balonlar gökyüzüne yükselir ve belirli bir yükseklikte patlayarak yere düşer.

Aşağıda verilen ifadelerden hangisinde uçan balonların belirli bir yüksekliğe ulaştığında patlamasının sebebi doğru olarak açıklanmıştır?

A) Yükseklere çıkıldıkça hava soğur. Ortamın soğuması ile birlikte balonun hacmi küçülür ve balon patlar.
B) Helyum gazı yükseklerde oksijen gazı ile tepkime verir ve balon patlar.
C) Balonun iç basıncı dışarıdaki havanın basıncından daha yüksek olduğu için balon şişerek genişler ve patlar.
D) Balondaki helyum havadan daha hafif bir gazdır. Yukarılara çıkıldıkça helyumun ağırlığı artar ve ağırlığın etkisiyle balon patlar.
E) Balon, hızlı yükseldiği için çevresiyle etkileşimi ve bu etkileşim sonucu oluşan sürtünme kuvveti artar. Bu kuvvetin etkisiyle balon patlar.

14. Aşağıda verilen eşit bölmeli boş kabın iki ucundan sıcaklıkları eşit N_2 ve X gazları musluklar açılarak aynı anda bırakılıyor.



Gazlar ilk olarak E noktasında karşılaştıklarına göre X gazı aşağıda verilen gazlardan hangisi olabilir?
(H_2 = 2 g/mol, Ne = 20 g/mol, N_2 = 28 g/mol, CO = 28 g/mol, O_2 = 32 g/mol, SO_2 = 64 g/mol)

A) SO_2 B) H_2 C) O_2 D) CO E) Ne

15. Yeşim, rüzgârlı havada evinde soba yakıyor. Baca temizliği yapılmadığı için borulardan ve baca girişinden odaya zehirli karbonmonoksit gazı sızıyor. Yeşim kendini hâlsiz hissedince hemen camları açıp odayı havalandırıyor. Daha sonra açık havaya çıkıp 112 acil yardım servisini arıyor.

Yukarıda verilen örnek olay aşağıda verilen gaz özelliklerinden hangisi ile ilgili <u>değildir</u>?

A) Gaz molekülleri birbirinden bağımsız hareket eder.
B) Gaz molekülleri bulundukları kabın her noktasına dağılır.
C) Gazlar yüksek basınç altında sıvılaşabilir.
D) Gaz molekülleri kendi aralarında homojen dağılır.
E) Gazlar akışkandır.

16. Manometre, kapalı kaplardaki gaz basıncını ölçen araçtır.

Buna göre aşağıda verilen basınç ölçümlerinin hangisinde manometre <u>kullanılamaz</u>?

A) Bisiklet lastiğinin basıncının ölçülmesinde
B) Koldaki kan basıncının ölçülmesinde
C) Süphan Dağı'nın zirvesindeki basıncın ölçülmesinde
D) Hastaların solunum yolu basıncının ölçülmesinde
E) Kazan dairelerinde su buharı basıncının ölçülmesinde

17. Yasemin öğretmen sınıfa getirdiği ağzı sıkıca bağlı, şişirilmiş elastik balonu göstererek öğrencilerine aşağıdaki soruları yöneltiyor ve cevaplamalarını istiyor.

1. Soru: Balonu bulunduğu ortamda ısıtırsak hacmindeki değişim nasıl olur?

2. Soru: Balonu aynı sıcaklıkta yüksek bir dağa çıkarırsak hacmindeki değişim nasıl olur?

3.Soru: Balonu aynı sıcaklıkta havası boşaltılmış bir odanın içine koyarsak hacmindeki değişim nasıl olur?

Aşağıdaki tabloda öğrencilerin cevapları verilmiştir.

Öğrenci ismi	1. Sorunun Cevabı	2. Sorunun Cevabı	3. Sorunun Cevabı
Ali	artar	artar	artar
Asya	artar	azalır	artar
Dilara	azalır	artar	azalır
Gözde	azalır	azalır	artar
Yağız	artar	azalır	azalır

Öğrencilerden hangisinin verdiği cevapların hepsi doğrudur?

A) Ali B) Asya C) Dilara
D) Gözde E) Yağız

18. Cıvanın yoğunluğu suyun yoğunluğundan yaklaşık 13,6 kat daha fazladır.

Buna göre Torricelli, deneyinde cıva yerine su kullansaydı aşağıdaki sonuçlardan hangisi ile karşılaşırdı?

A) Açık hava basıncı değişirdi.
B) Su, cam boruda cıvaya göre daha fazla yükselirdi.
C) Su, cam boruda cıvaya göre daha yavaş yükselirdi.
D) Cam boruda suyun yüksekliği 76 cm'den az olurdu.
E) Cıva yerine su kullanıldığında da cam borudaki sıvı yüksekliği aynı olurdu.

19. Termometrede ölçülen -50 °C kaç kelvine eşittir?

A) -323 B) -223 C) 23 D) 223 E) 323

2. ÖĞRENME BİRİMİ
GAZ YASALARI

KONULAR

2.1. GAZ YASALARI
2.2. İDEAL GAZ YASASI
2.3. GERÇEK GAZLAR

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

Sanayi devrimi 18. yüzyılda Avrupa'da başlamıştır. Sanayi devriminin itici gücü buhar makineleridir. İlk üretilen buharlı makineler; düdüklü tencere ve madenlerden su çekmeye yarayan düzeneklerdir. Gelişen buhar makineleri sayesinde tekstil ve kâğıt fabrikalarında üretim artmış, buharlı gemi ve trenlerle dünya yeniden şekillenmiştir.

Buharla çalışan tüm makineler; basınç, sıcaklık ve hacim ilişkisi temeline dayanarak çalışır. Günümüz teknolojisine ulaşmamızda ve daha rahat bir yaşam sürmemizde gaz yasalarıyla çalışan bu makinelerin rolü büyüktür.

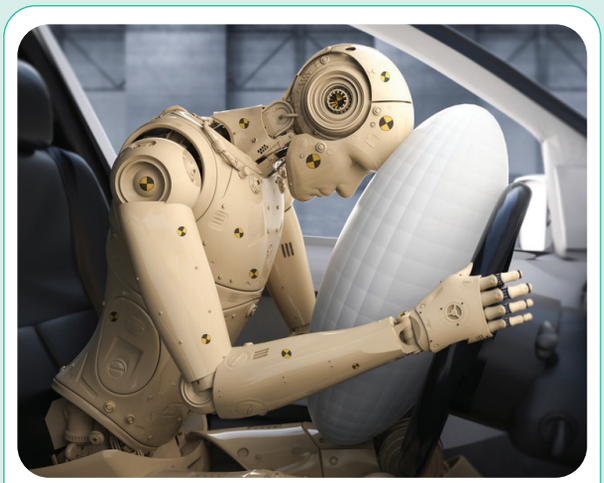
Bu öğrenme biriminde gaz yasalarını ve gaz yasalarının günlük hayatımızda kullanım şekillerini öğreneceksiniz.

NELER BİLİYORSUNUZ?

Bazı yemekleri pişirmek için neden düdüklü tencere kullanırız?

Güneş altında bırakılan topun bir süre sonra şişmesinin sebebi nedir?

Buzdolaplarının arkasına niçin kompresör ve ince borular konulmuştur?



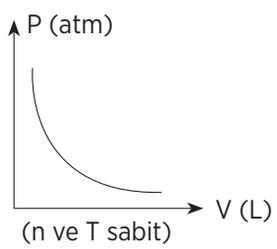
Kaza anında harekete geçen hava yastıklarında gazların hangi özellikleri kullanılır?

2.1. GAZ YASALARI

Bir gazın mol (n), sıcaklık (T), basınç (P), hacim (V) gibi temel özellikleri arasındaki ilişkiyi veren bağıntılara **gaz yasaları** denir. Joseph Gay-Lussac (Cosef Gey-Lusak), Robert Boyle (Rabırt Boyl), Jacques Charles (Jak Şarl) ve Amedeo Avogadro (Amedeo Avogadro) gaz davranışlarını incelemiş ve gazlarla ilgili yasalar geliştirmişlerdir.

2.1.1. Basınç-Hacim İlişkisi (Boyle Yasası)

Sabit sıcaklıkta, belirli bir miktar gazın hacmi, basıncı ile ters orantılıdır ($P \propto \frac{1}{V}$) (Grafik 2.1).



Grafik 2.1: Basınç-hacim ilişkisi

Boyle Yasası'na göre sabit sıcaklıkta belli bir miktar gazın farklı durumları için basınç hacim çarpımı birbirine eşittir (Şekil 2.1). Bu durum aşağıdaki formülle ifade edilir.

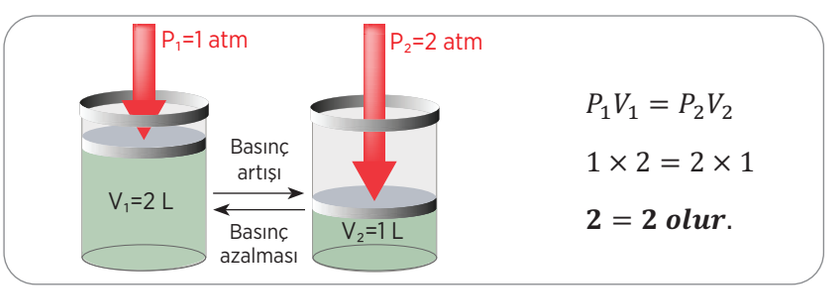
$P_1V_1 = P_2V_2$

V_1: *gazın ilk hacmi*

P_1: *gazın ilk basıncı*

V_2: *gazın son hacmi*

P_2: *gazın son basıncı*



Şekil 2.1: Basınç-hacim ilişkisi

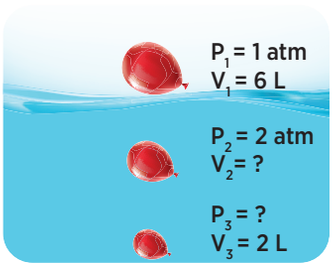
Örnek

Kapalı bir kapta bulunan helyum gazının basıncı 3 atmosferdir. **Sıcaklık değiştirilmeden kabın hacmi yarıya indirilirse helyum gazının son basıncı kaç atmosfer olur?**

Çözüm

$P_1V_1 = P_2V_2$ $\quad 3 \times V = P_2 \times \frac{V}{2}$ $\quad \boldsymbol{P_2 = 6\ atm\ olur.}$

1. Sıra Sizde



Görseldeki gibi deniz seviyesinde, basıncın 1 atm olduğu koşullarda bulunan elastik balonun hacmi 6 litredir.

a) Balon, sıcaklık sabit tutularak basıncın 2 atmosfer olduğu derinliğe götürülürse hacmi (V_2) kaç litre olur?

b) Balonun, sıcaklık değiştirilmeden hacminin 2 litreye düştüğü derinlikteki basıncı (P_3) kaç atmosferdir?

Nerede Kullanıyoruz?

Motorlu araçlarda genellikle içten yanmalı motorlar kullanılır. İçten yanmalı motorlarda gaz yasaları kullanılarak kimyasal enerji, mekanik enerjiye dönüştürülür. Çalışma esnasında motorun içindeki silindirlerde dört farklı durum söz konusudur:

1. **Emme zamanı:** Hava ve yakıt buharı karışımı içeri emilir.
2. **Sıkıştırma zamanı:** Hava ve yakıt buharı sıkıştırılır.
3. **Yanma zamanı:** Yakıt yanar. Açığa çıkan ısı gazı genleştirerek pistonu aşağı iter.
4. **Egzoz zamanı:** Yanma sonucu oluşan gaz karışımı dışarı atılır.

Döngü sürekli tekrarlanarak pistonun aşağı yukarı hareketi, krank mili sayesinde dönme hareketine dönüştürülür. Ancak motoru çalıştıran kuvvet, pistondaki gazların basınç, sıcaklık ve hacim ilişkisi ile elde edilir.

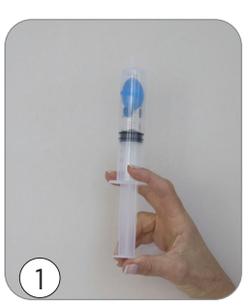
Yaparak Öğrenelim

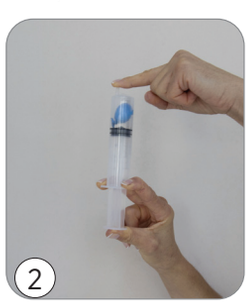
Gerekli malzemeler: Enjektör, küçük elastik balon.

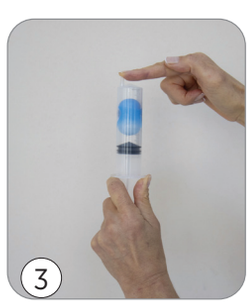
Yapılışı:

1. Balonu enjektöre yerleştirilebilecek kadar şişirerek enjektör içine koyunuz.
2. Enjektörün pistonunu ileri itip içindeki havayı sıkıştırarak basıncı artırınız.
3. Enjektörün pistonunu geri çekip basıncı azaltınız.

Enjektördeki basınç değişimi sırasında balonun hacminin nasıl değiştiğini gözlemleyerek bu değişimlerin sebebini arkadaşlarınızla tartışınız.







1. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
GAZLARDA BASINÇ-HACİM İLİŞKİSİ

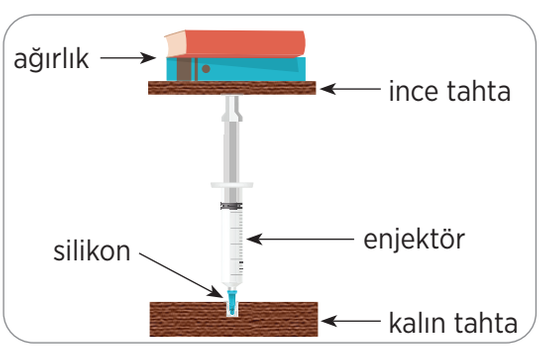
Güvenlik İşaretleri

Deneyin amacı: Gazlarda basınç-hacim ilişkisini incelemek.

Araç gereçler: Terazi, 50 cc'lik enjektör, silikon, 20 x 20 cm boyutlarında biri kalın diğeri ince 2 adet tahta blok, ağırlıklar.

İşlem basamakları:

1. Tahta bloğu, deney düzeneğinde görüldüğü gibi enjektör ucunun yerleştirilebileceği şekilde oyunuz.
2. Pistonu çıkarıp üzerine ince tahta bloğu yapıştırarak ağırlığını ölçünüz.
3. Pistonu enjektöre içinde 30 cc hava kalacak şekilde yerleştiriniz.
4. Enjektörün iğne giriş ucunu silikonlayarak kapatınız.
5. Tahta bloğun oyuk kısmına, ucu kapatılmış enjektörü şekildeki gibi hareket etmeyecek şekilde sabitleyiniz.
6. Tahta bloğun üzerinde ağırlık yokken hacmi okuyarak verilen tablodaki 1 numaralı satıra not ediniz.
7. Üç cismi, her birinin ağırlığını ölçüp **sırasıyla** tahta bloğun üzerine üst üste yerleştiriniz. Her bir eklemede enjektörün üzerindeki **toplam ağırlığı** ve enjektördeki **yeni hacim değerlerini** verilen tabloya sırasıyla not ediniz.
8. Sayfadaki karekodu okutarak ölçtüğünüz değerleri bağlantıdaki excel (egzel) tablosuna giriniz. Girdiğiniz değerlere göre çizilen grafikleri inceleyiniz.



	Kütle (gram)	Hacim (mL)
1	0	
2		
3		
4		

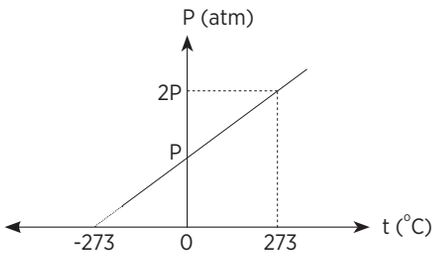
Excel tablosu için karekod

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

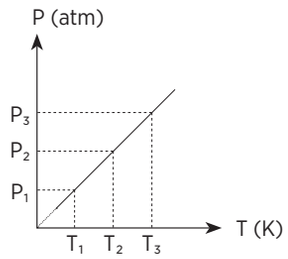
	Değerlendirme Ölçütleri	Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	(10)	(8)	(5)	(3)
2	Düzeneği kurar.	(10)	(8)	(5)	(3)
3	İşlem basamaklarını uygular.	(20)	(15)	(10)	(5)
4	Ölçümleri not eder.	(20)	(15)	(10)	(5)
5	Grafikleri yorumlar.	(20)	(15)	(10)	(5)
6	Çalışma ortamını temizler.	(10)	(8)	(5)	(3)
7	Rapor hazırlar.	(10)	(8)	(5)	(3)

2.1.2. Basınç-Sıcaklık İlişkisi (Gay-Lussac Yasası)

Sabit hacimli belirli bir miktar gazın mutlak sıcaklığı ile basıncı doğru orantılıdır ($P \propto T$). Bu yasaya göre sabit hacimde bulunan bir gazın sıcaklığı artırılırsa basıncı da artar (Grafik 2.2a ve b).



Grafik 2.2a: Basınç-sıcaklık (°C) ilişkisi



Grafik 2.2b: Basınç-sıcaklık (K) ilişkisi

Gay-Lussac Yasası'na göre sabit hacimli bir kapta, belli bir miktar gazın farklı durumları için basınç-sıcaklık oranları birbirine eşittir (Şekil 2.2). Bu durum aşağıdaki formülle ifade edilir.

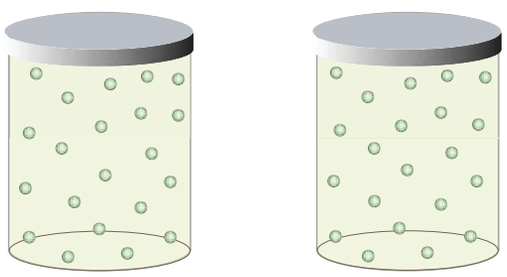
$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

T_1: *gazın ilk sıcaklığı*

T_2: *gazın son sıcaklığı*

P_1: *gazın ilk basıncı*

P_2: *gazın son basıncı*



$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

$$\frac{1}{273} = \frac{2}{546}$$

$$\boldsymbol{\frac{1}{273} = \frac{1}{273}\ olur.}$$

Şekil 2.2: Basınç-sıcaklık ilişkisi

Örnek

27 °C sıcaklıkta, 3 atmosfer basınç altında, sabit hacimli kapta bir miktar gaz bulunmaktadır. **Kabın sıcaklığı 127 °C'a çıkarılırsa gazın basıncı kaç atmosfer olur?**

Çözüm

Kapta madde miktarında ve hacimde değişim yoktur. Sıcaklık artırılmış ve basınç değişmiştir.

$T_1 = 27 + 273 = 300\ K$ $\qquad$ $T_2 = 127 + 273 = 400\ K$

$P_1 = 3\ atm$ $\qquad$ $P_2 = ?$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \qquad \frac{3}{300} = \frac{P_2}{400}$$

$$P_2 = \frac{3 \times 400}{300}$$

$\boldsymbol{P_2 = 4\ atm\ olur.}$

2. Sıra Sizde

11 atmosfer basınca dayanıklı bir tüp, -23 °C sıcaklıkta 6 atmosfer basınç altında oksijen gazı ile dolduruluyor. Tüpün taşınması esnasında yaşanan bir kazada sıcaklık 227 °C'a çıkıyor. **Son basıncı hesaplayarak tüpün bu basınca dayanıp dayanamayacağını yorumlayınız.**

Meraklısına

Düdüklü tencere, mutfaktaki önemli yardımcı araçlardan biridir. Bu basınçlı kap, sağlıklı ve lezzetli besinler pişirmek için harcanan süreyi kısaltmak ve enerji tasarrufu sağlamak amacıyla kullanılır.

Düdüklü tencereyi geliştirmek için 1600'lü yıllardan günümüze kadar birçok bilim insanı çalışmıştır. 1679 yılında, Robert Boyle'un asistanı olan Denis Papin (Dönis Papin) düdüklü tencerenin ilk atası olan **basınçlı yiyecek tenceresi**ni yapar. 1860'ta Alman kimyacı Liebig (Libig) düdüklü tencerenin kaynama noktasına etkisi üzerinde çalışır. Daha sonra Pasteur (Pastör) düdüklü tencereyi sütü sterilize etmek için kullanır. Ancak icat edilen birçok araç gibi düdüklü tencere de gelişim sürecinde kazalara sebep olur. Bu kazalar sonucunda yanmalar, ölümler meydana gelir. Bu nedenle düdüklü tencerenin gelişimi sekteye uğrar, yaygın kullanımı uzunca bir süre gerçekleşmez.

Midesine düşkünlüğü ile tanınan Napoleon Bonaparte (Napolyon Bonapart) yemeklerin daha lezzetli ve iyi pişmesi, aynı zamanda pişirme masraflarının azaltılması amacıyla bir yarışma düzenler. Nicolas Appert (Nikolas Apırt) bu icadı kullanarak yarışmayı kazanır ve Napoleon'dan ödülünü alır. Fakat onun yaptığı basınçlı kap çok ağırdır ve kullanımı zordur. 1927 yılında Fransız mühendis Hautier'ın (Hotiır) kontrollü düşük basınçlı tencere modeli de pahalı olduğu için mutfaklarda yerini alamaz. 1950 yılından sonra Lescure (Leskua) kardeşler daha hafif alaşımlar kullanarak eksiklikleri giderir. Tasarladıkları düdüklü tencere için uygunluk belgesi almayı başarır.

Bu basınçlı kaplar, günümüze kadar yeni eklentilerle gelişmeye ve evlerimizde yerlerini sağlamlaştırmaya devam eder. Günümüzde de bu basınçlı kapların sağlıklı pişirmeyi, vitaminleri korumayı ve pişme süresini daha da kısaltmayı amaçlayan biyomodelleri geliştirilmektedir.

2. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
GAZLARDA SICAKLIK-BASINÇ İLİŞKİSİ

Güvenlik İşaretleri

Deneyin amacı: Gaz basıncının sıcaklıkla değişimini gözlemlemek.

Araç gereçler: Balon, buz parçaları veya soğuk su, haşlanmış yumurta, ısıtıcı, cam şişe, uygun büyüklükte hafif derin bir kap.

İşlem basamakları:

1. Şişeye bir miktar su koyunuz.
2. Şişeyi sıcak su banyosuna koyunuz.
3. Şişenin ağzına balon yerleştiriniz.
4. Ağzına balon yerleştirilmiş şişeyi buzlu suya koyarak bir süre bekleyiniz. Sonuçları gözlemleyerek not ediniz.
5. Deneyin ikinci kısmı için ilk iki basamağı tekrarlayınız.
6. Haşlanmış yumurtayı şişenin ağzına, içine girmeyecek şekilde yerleştiriniz.
7. Yumurta yerleştirilmiş şişeyi buzlu suya koyunuz. Sonuçları gözlemleyerek not ediniz.

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

	Değerlendirme Ölçütleri	Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	(10)	(8)	(5)	(3)
2	Düzeneği kurar.	(10)	(8)	(5)	(3)
3	İşlem basamaklarını uygular.	(20)	(15)	(10)	(5)
4	Gözlemlerini not eder.	(20)	(15)	(10)	(5)
5	Arkadaşları ile işbirliği yapar.	(20)	(15)	(10)	(5)
6	Çalışma ortamını temizler.	(10)	(8)	(5)	(3)
7	Rapor hazırlar.	(10)	(8)	(5)	(3)

3. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
GAZLARDA SICAKLIK-BASINÇ İLİŞKİSİ

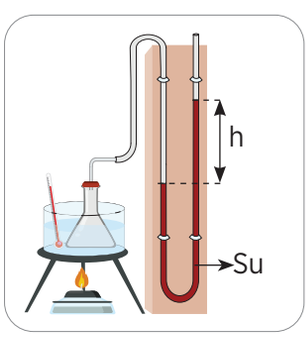
Güvenlik İşaretleri

Deneyin amacı: Sabit hacimli bir kapta gazların sıcaklığı ile basıncı arasındaki ilişkiyi incelemek.

Araç gereçler: Termometre, ısıtıcı, erlen, su banyosu, tek delikli tıpa, dik açılı cam boru, renklendirilmiş su, 1 m uzunluğunda 5 cm eninde tahta çıta, şeffaf hortum, uygun boyutlu kroşeler, şerit metre.

İşlem basamakları:

1. Tahta çıta üzerine şeffaf hortumunu görseldeki gibi kroşelerle tutturarak açık uçlu manometre hazırlayınız.
2. Manometreyi renklendirilmiş su ile yarısına kadar doldurunuz.
3. İçi boş, uygun boyutlu bir erlenin ağzını tıpa ile kapatıp şekildeki gibi dik açılı cam boruyu hava kaçırmayacak şekilde yerleştiriniz.
4. Erleni su banyosuna koyarak dik açılı cam boruyu manometreye görseldeki gibi bağlayınız.
5. Su banyosunun sıcaklığını ve manometrenin kolları arasındaki suyun yükseklik farkını (h) ölçüp tablodaki 1 numaralı satıra not ediniz.
6. Su banyosunun sıcaklığını kontrollü ve yavaş yavaş artırınız. Farklı farklı üç sıcaklık değeri için ölçümleri yapınız. Ölçtüğünüz değerleri tabloya sırasıyla not ediniz.
7. Sayfadaki karekodu okutarak ölçtüğünüz değerleri bağlantıdaki excel tablosuna giriniz. Girdiğiniz değerlere göre çizilen grafikleri inceleyiniz.



	Sıcaklık (°C)	Su Sütunu Yüksekliği (cm)
1		
2		
3		
4		

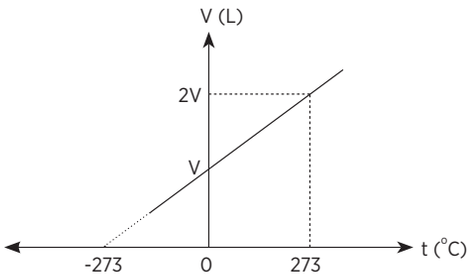
Excel tablosu için karekod

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

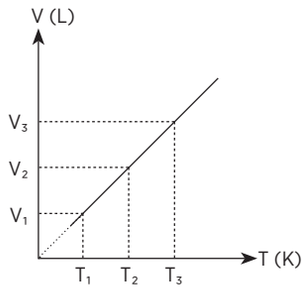
	Değerlendirme Ölçütleri	Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	(10)	(8)	(5)	(3)
2	Düzeneği kurar.	(10)	(8)	(5)	(3)
3	İşlem basamaklarını uygular.	(20)	(15)	(10)	(5)
4	Ölçümlerini not eder.	(20)	(15)	(10)	(5)
5	Grafikleri yorumlar.	(20)	(15)	(10)	(5)
6	Çalışma ortamını temizler.	(10)	(8)	(5)	(3)
7	Rapor hazırlar.	(10)	(8)	(5)	(3)

2.1.3. Hacim-Sıcaklık İlişkisi (Charles Yasası)

Charles Yasası, gazların sıcaklıkla genleşmesi özelliğini açıklar. Mol sayısı ve basıncı sabit tutulan bir gazın sıcaklığı değiştirilirse hacmi de doğru orantılı olarak değişir ($V \propto T$) (Grafik 2.3a ve b) (Şekil 2.3).



Grafik 2.3a: Hacim-sıcaklık (°C) ilişkisi

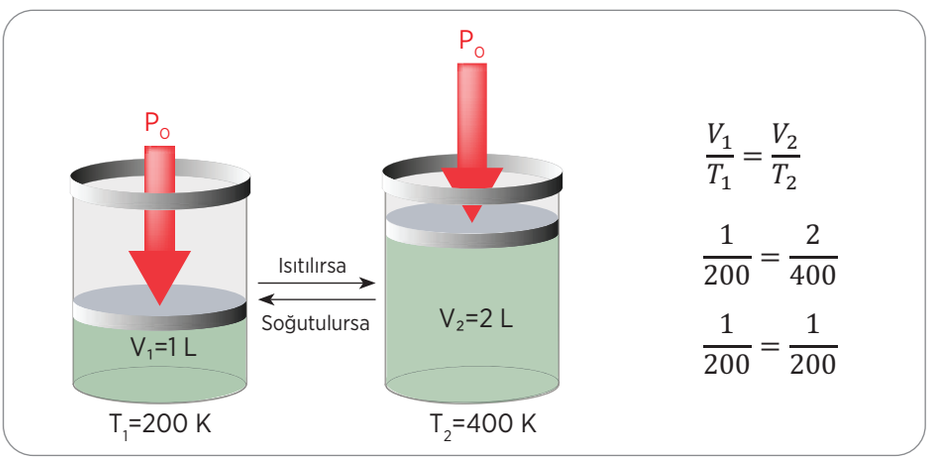


Grafik 2.3b: Hacim-sıcaklık (K) ilişkisi

Charles Yasası'na göre

T_1: *gazın ilk sıcaklığı* V_1: *gazın ilk hacmi*

T_2: *gazın son sıcaklığı* V_2: *gazın son hacmi olarak alındığında* $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ *ilişkisi yazılır.*



Şekil 2.3: Hacim-sıcaklık ilişkisi

Örnek

Sabit basınçta, 10 litrelik kap içerisinde 227 °C sıcaklıkta bir miktar SO_3 gazı vardır. **Bu kap soğutucu içerisine konulup sıcaklık -23 °C'a geldiğinde gazın hacmi kaç litre olur?**

Çözüm

$T_1 = t + 227 \quad T_1 = 227 + 273 \quad T_1 = 500\ K$

$T_2 = -23 + 273 \quad T_2 = 250\ K$

$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \qquad \frac{10}{500} = \frac{V_2}{250} \qquad V_2 = \frac{10 \times 250}{500} \qquad \boldsymbol{V_2 = 5\ L\ olur.}$

3. Sıra Sizde

Kimyasal kinetik dersinden uygulama sınavına giren Ahmet'e öğretmeni ideal pistonlu, içi gaz dolu bir kap veriyor. Kabın ilk sıcaklığının -23 °C ve içindeki gazın hacminin 5 litre olduğunu söylüyor. Ahmet'ten sadece gazı ısıtarak gaz hacmini 6 katına çıkarmasını istiyor. **Ahmet kabın sıcaklığını kaç °C'a çıkarmalıdır? Laboratuvar koşullarında Ahmet, kabın hacmini 6 katına çıkarmak için gereken sıcaklığa güvenli bir şekilde erişebilir mi?**

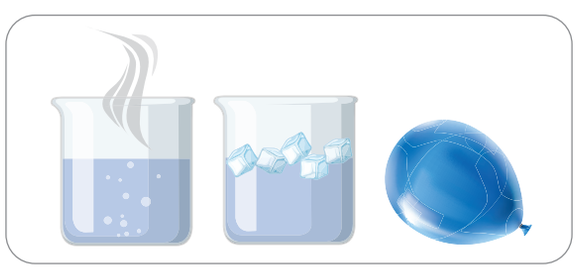
Yaparak Öğrenelim

Gerekli malzemeler: Elastik balon, beher, sıcak su ve buz.

Yapılışı:

1. Balonu beherin içine sığabileceği büyüklükte şişiriniz.
2. Beherin içini sıcak su ile doldurunuz. Balonu sıcak su bulunan beher içine koyunuz. Balondaki değişimi gözlemleyiniz.
3. Sıcak su dolu beherden balonu alınız ve buzlu su bulunan beher içine koyunuz. Balondaki değişimi gözlemleyiniz.

Bu yaptığınız çalışmayı gazların hangi özelliği ile ilişkilendirebilirsiniz? Arkadaşlarınızla tartışınız.



Niçin Öğreniyoruz?

Kış aylarında havaların soğuması ile birlikte araçlarda kış lastiklerinin kullanılması gerekir. Lastiklerin basınçlarının kontrol edilmesi önemlidir. Lastiklerin havasının doğru basınçta olması aracın çekiş gücünü, performansını ve güvenliğini artıracaktır. Aracın lastik basıncının kontrolünü sağlamak lastiklerin erken aşınmasını da önler.

Gazlar sıcaklıkla genleşir ve basınçları artar. Yaz aylarında kullanılan lastikler ile kış aylarında kullanılan lastiklerin basınçları farklı olmalıdır. Kış aylarında hava sıcaklığı düştüğünden lastik basınçları da düşecektir. Lastikler için önerilen basınç değerine kış aylarında yaklaşık 0,2 bar (3 psi) eklenmesi tavsiye edilmektedir.

Bir konuda bilgi sahibi olmak hem kendimizin hem de başkalarının sağlığı ve güvenliği açısından önem taşır. Sorumluluk sahibi her insanın otomobilini güvenlik tedbirlerine uyarak kullanması ve çevresindekileri bu konuda uyarması gerekir.

4. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
GAZLARDA SICAKLIK-HACİM İLİŞKİSİ

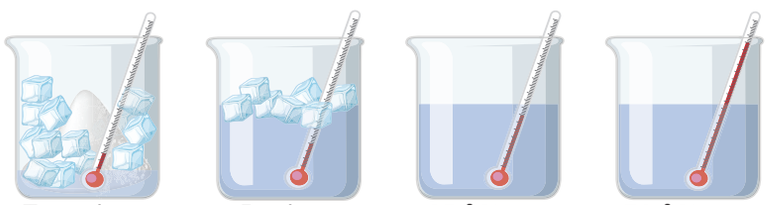
Güvenlik İşaretleri

Deneyin amacı: Gazlarda hacim-sıcaklık ilişkisini incelemek.

Araç gereçler: 50 mL'lik enjektör, silikon, 4 adet beher, ısıtıcı, termometre.

İşlem basamakları:

1. Enjektörün iğne giriş ucunu içinde 30 mL hava varken silikonlayarak kapatınız.
2. Dört ayrı su banyosunu şekildeki gibi hazırlayınız.
3. 1 numaralı su banyosuna enjektörü yerleştiriniz. 2 dakika bekledikten sonra su banyosunun sıcaklığını ve enjektörün içindeki havanın hacmini ölçünüz. Ölçümlerinizi verilen tablodaki 1 numaralı satıra not ediniz.
4. Aynı işlemleri sırasıyla diğer su banyolarında tekrarlayarak ölçümlerinizi ilgili satıra not ediniz.
5. Sayfadaki karekodu okutarak ölçtüğünüz değerleri bağlantıdaki excel tablosuna giriniz. Girdiğiniz değerlere göre çizilen grafikleri inceleyiniz.



Tuz + buz | Buzlu su | 25 °C'ta su | 70 °C'ta su

	Sıcaklık (°C)	Hacim (mL)
1		
2		
3		
4		

Excel tablosu için karekod

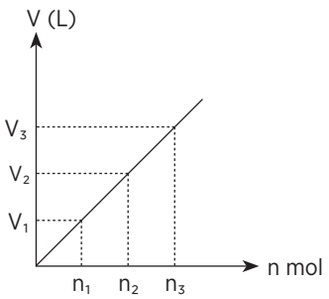
Değerlendirme Ölçütleri		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.				
2	Düzeneği kurar.				
3	İşlem basamaklarını uygular.				
4	Ölçümlerini not eder.				
5	Grafikleri yorumlar.				
6	Çalışma ortamını temizler.				
7	Rapor hazırlar.				

Değerlendirme: 1, 2, 6 ve 7. maddeler onar; 3, 4 ve 5. maddeler yirmişer puan üzerinden değerlendirilir.

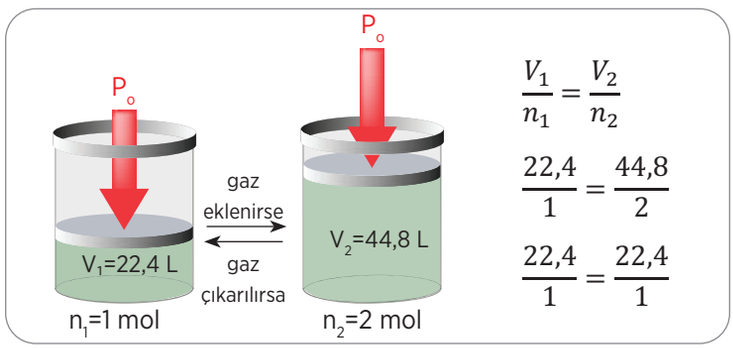
2.1.4. Hacim-Mol Sayısı İlişkisi (Avogadro Yasası)

Avogadro Yasası'na göre, aynı basınç ve sıcaklıkta bulunan gazların eşit hacimlerinde eşit sayıda molekül vardır ($V \propto n$) (Grafik 2.4).

Sabit sıcaklık ve basınçta miktarı artırılan bir gazın hacmi artar (Şekil 2.4).



Grafik 2.4: Hacim-mol ilişkisi



Şekil 2.4: Hacim-mol ilişkisi

Bu yasaya göre

n_1: *gazın ilk molü* n_2: *gazın son molü*

V_1: *gazın ilk hacmi* V_2: *gazın son hacmi olarak alındığında* $\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$ *bağıntısı elde edilir.*

Bilgi Kutusu

1 atm basınç, 0 °C sıcaklığa **normal koşullar** denir. NŞA veya NK şeklinde kısaltılarak kullanılır. **NK'de 1 mol gaz 22,4 litre hacim kaplar.**
1 atm basınç, 25 °C sıcaklığa **oda koşulları** denir. **Oda koşullarında 1 mol gaz 24,5 litre hacim kaplar.**

Örnek

Hareketli pistonlu 2 litrelik bir kap 4 mol oksijen gazı ile dolduruluyor. **Aynı koşullarda kaba kaç mol helyum gazı eklenirse kabın hacmi 6 litreye çıkar?**

Çözüm

$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$ $\frac{2}{4} = \frac{6}{(4+x)}$ $8 + 2x = 24$ $2x = 16$ $\boldsymbol{x = 8\ mol\ olur.}$

4. Sıra Sizde

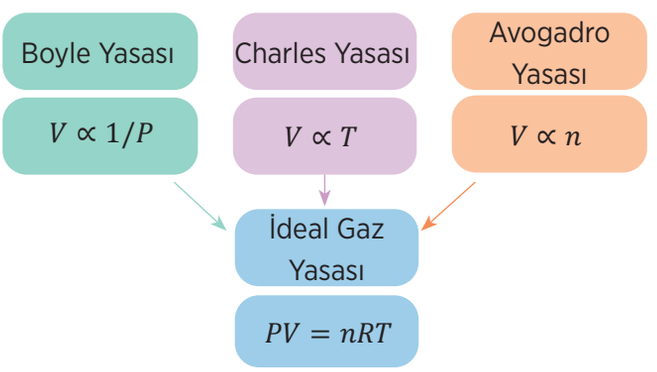
2 mol H_2 gazıyla dolu elastik meteoroloji balonunun hacmi 40 L'dir. **Aynı koşullarda balona 8 mol He gazı eklenirse meteoroloji balonunun son hacmi kaç litre olur?**

2.2. İDEAL GAZ YASASI

Gaz davranışlarını daha kolay açıklamak ve gazlarla ilgili hesaplamaları basitleştirmek için **ideal gaz** kavramı kullanılır. Doğada bulunan hiçbir gaz gerçekte ideal değildir. İdeal gazların aşağıdaki özelliklere sahip olduğu varsayılır:

- Tanecikleri arasında itme ve çekme kuvveti yoktur.
- Moleküllerinin kendi hacimleri, konuldukları kabın hacmi yanında ihmal edilir.

Gaz yasaları birleştirilerek tek bir gaz denklemi elde edilebilir (Şema 2.1).



Şema 2.1: Gaz yasalarından ideal gaz denkleminin elde edilişi

$\boldsymbol{PV = nRT}$ denklemine **ideal gaz denklemi** denir.

$P: basınç(atm)$ $V: hacim(L)$ $n: mol\ sayısı(mol)$ $T: sıcaklık(K)$

$R: gaz\ sabiti\ \left(\frac{L.atm}{mol.K}\right)$ $(Gaz\ sabiti\ R = \frac{22,4}{273}$ veya $0,082\ olarak\ alınır.)$

İdeal gaz denklemi kullanılarak gazların hacim, kütle ve mol sayısı ile ilgili hesaplamaları yapılabilir.

Örnek

0 °C sıcaklıkta 2 mol O_2 gazının basıncı 0,5 atmosfer olduğuna göre hacmi kaç litredir?

Çözüm

$T = t(°C) + 273$ $T = 0 + 273$ $T = 273\ K$

$PV = nRT$ $0,5 \times V = 2 \times \frac{22,4}{273} \times 273$ $0,5 \times V = 44,8$ $\boldsymbol{V = 89,6\ L\ olur.}$

Örnek

Normal koşullarda sabit hacimli bir kapta bir miktar CH_4 gazı vardır. **Gazın sıcaklığı iki katına, mol sayısı üç katına çıkarılırsa gazın son basıncı kaç atmosfer olur?**

Çözüm

Normal koşullarda sıcaklık 0 °C (273 K) ve basınç 1 atmosferdir.

İlk durumu 1, son durumu 2 alt indisiyle gösterelim.

$T_1 = 273\ K \quad P_1 = 1\ atm \quad n_1 = n\ mol \quad V_1 = V$

$T_2 = 546\ K \quad P_2 = ? \quad n_2 = 3n\ mol \quad V_2 = V$

Gazlara ait iki farklı durum kıyaslanıyorsa ideal gaz denklemi iki farklı durum için oranlanarak aşağıdaki gibi çözüme ulaşılabilir.

$$\frac{P_1V_1}{P_2V_2} = \frac{n_1RT_1}{n_2RT_2} \qquad \frac{1 \times V}{P_2 \times V} = \frac{n \times R \times 273}{3n \times R \times 546} \qquad \frac{1}{P_2} = \frac{1}{6}$$

$$\boldsymbol{P_2 = 6\ atm\ olur.}$$

5. Sıra Sizde

Dinlenme anındaki yetişkin bir insan için saatte 10 mol oksijen gazı gereklidir. Tek kişilik bir denizaltı aracında 44,8 litrelik bir tüpte 10 atm basınç ve 0 °C sıcaklıkta oksijen gazı depolanmıştır. **Bu araçla 3 saatlik bir araştırma gezisine çıkmak için yeterli oksijen var mıdır? Hesaplayınız.**

6. Sıra Sizde

Bir cam atölyesinde camı eritmek için yakıt olarak LPG kullanılmaktadır. Atölyenin kimya teknisyeninden tanktaki LPG'nin ne zaman biteceğini hesaplaması isteniyor. Teknisyenin hesaplamalarda kullanmak için farklı tarihlerde aynı saatlerde yaptığı ölçümler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tarih	Sıcaklık (°C)	LPG Basıncı (atm)
1 Mart 2020	-23	10
31 Mart 2020	27	6

LPG gazının başlangıçtaki mol sayısının son durumdaki mol sayısına oranını bulunuz. Atölyenin mevcut yakıtla kaç gün daha üretim yapabileceğini hesaplayınız. (LPG'nin harcanma hızının sabit olduğunu varsayınız.)

2.3. GERÇEK GAZLAR

İdeal gaz kavramı bir varsayımdır ve gerçekte ideal gaz yoktur. Doğada var olan gazlar **gerçek gaz** olarak adlandırılır. Gerçek gazlar ancak düşük basınçta ve yüksek sıcaklıkta ideal gaz davranışı sergiler.

Gazın üzerindeki basınç çok artırılırsa ve sıcaklık yeterince düşürülürse çekim kuvvetleri ihmal edilemez hâle gelir. Bu durumda gazlar idealden uzaklaşır ve gerçek gaz davranışı gösterir. Genellikle aynı koşullarda molekül kütlesi büyük olan gazlar ideal davranıştan daha çok sapar. Çünkü mol kütlesi arttıkça tanecikler arası çekim de artacaktır. Gerçek gazlar düşük sıcaklıkta sıkıştırılarak sıvılaştırılabilir. Soğutucu akışkan ve itici gaz olarak kullanılabilir.

Örnek

Yüksek sıcaklık ve düşük basınç koşullarında molekül kütlesi en küçük olan gaz ideale en yakındır.
Buna göre aşağıda verilen gazlardan hangisi ideal gaz davranışına en yakındır?
(H_2 = 2 g/mol, He = 4 g/mol, O_2 = 32 g/mol)

I. 1 atm basınç ve 127 K'de He gazı
II. 1 atm basınç ve 400 K'de O_2 gazı
III. 2 atm basınç ve 127 K'de He gazı
IV. 1 atm basınç ve 400 K'de H_2 gazı
V. 2 atm basınç ve 127 K'de H_2 gazı

Çözüm

Yüksek sıcaklık ve düşük basınçta, molekül kütlesi en küçük gaz ideale en yakındır. Buna göre 1 atm basınç ve 400 K'de H_2 gazı ideale en yakın davranır. **Cevap IV. olacaktır.**

7. Sıra Sizde

Aşağıda verilen gazları ideal gaz davranışından en çok sapandan en az sapana doğru sıralayınız.
(He = 4 g/mol N_2 = 28 g/mol CO_2 = 44 g/mol)

I. 1 atm 27 °C'ta He gazı
II. 2 atm 250 K'de He gazı
III. 2 atm 250 K'de N_2 gazı
IV. 2 atm 100 K'de CO_2 gazı

2.3.1. Gazların Sıvılaştırılması ve Soğutucu Akışkanlar

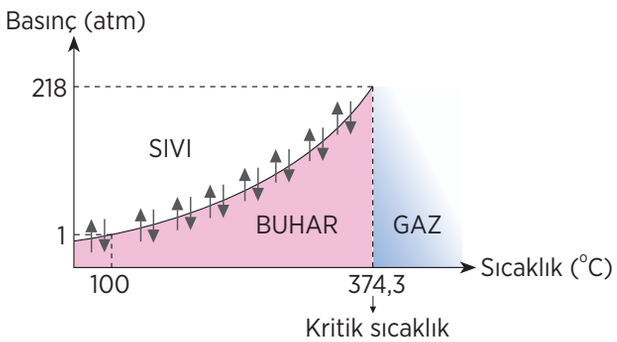
Moleküller arası çekim kuvvetleri etkin hâle gelirse gazlar gerçek gaz davranışı göstermeye başlar. Sıcaklık yeterince düşürülür ve taneciklerin üzerindeki basınç artırılırsa sıvılaşır. Bir gazın sıcaklığı artırılırsa sıvılaşması da zorlaşır. Bu nedenle gazı yüksek sıcaklıklarda sıvılaştırabilmek için uygulamamız gereken basınç da yüksektir.

Gazların kendine özgü öyle bir sıcaklık değeri vardır ki bu sıcaklığa **kritik sıcaklık** denir. Bu sıcaklığın üzerinde ne kadar basınç uygulanırsa uygulansın o gazı sıvılaştırmak mümkün olmaz.

Bulunduğu sıcaklıkta basınçla sıvılaştırılabilen akışkanlara **buhar** denir. Buna göre kritik sıcaklığın üzerindeki hâlleri tanımlamak için buhar kelimesi kullanılamaz. Sadece gaz hâli ifadesi kullanılabilir.

Örneğin su için bu değer 374,3 °C'tur. Bu sıcaklığın üzerinde su basınçla sıvılaştırılamadığı için sadece gaz hâlinde bulunur. Kritik sıcaklığın üzerinde su için su buharı ifadesi kullanılamaz.

Grafik 2.5'te pembe renkli alanda su, kritik sıcaklığın altında olduğu için buhar hâlinde bulunur. Mavi renkli alanda 374,3 °C sıcaklığın üstünde olduğundan gaz hâlindedir.



Grafik 2.5: Suyun sıvı-buhar dengesinde kritik sıcaklık

Ortamdan ısı alarak ortam sıcaklığını düşüren ve soğumayı sağlayan maddelere **soğutucu akışkanlar** denir. Her gaz soğutucu akışkan olarak kullanılamaz. Bir gazın soğutucu akışkan olması için aşağıdaki özellikleri taşıması gerekir:

- Kritik sıcaklığı yüksek olmalıdır.
- Kaynama noktası düşük olmalıdır.
- Oda şartlarında buhar hâlinde bulunmalıdır.
- Uygulanabilir bir basınçla sıvılaşmalı, basınç kaldırılınca buhar hâline geçmelidir.
- Yanıcı, patlayıcı ve zehirli olmamalıdır.
- Çevreye zarar vermemelidir.
- Kimyasal olarak aktif olmamalıdır.
- Kolay elde edilebilmelidir.
- Enerji tüketimi az olmalıdır.
- Gaz kaçaklarının tespitine imkân veren özellikte olmalıdır.

Soğutma sanayisinde karbondioksit, amonyak gibi maddeler soğutucu akışkan olarak kullanılmıştır. Günümüzde yapay elde edilen çok çeşitli soğutucu akışkan vardır. Kloroflorokarbonlar (CFC) bunlardandır. Yapay olarak elde edilen kloroflorokarbonlar ozon tabakasına zarar verdiği için zararsız hidrokloroflorokarbonlar (HCFC) kullanılmaya başlanmıştır. Buzdolapları, klimalar ve ısı pompalarında soğutucu akışkanlar kullanılır.

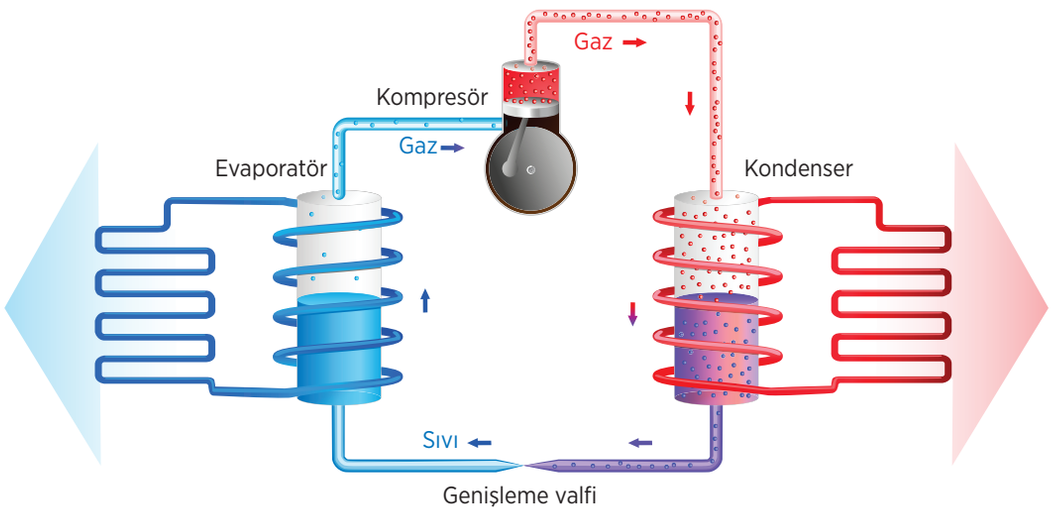
2.3.2. Joule-Thomson Olayı

Yalıtılmış bir kapta bulunan sıkıştırılmış hâldeki bir gaz, daha büyük hacimli bir kaba aktarılırsa genleşir. Genleşme anında gaz tanecikleri arasındaki çekim kuvvetlerinin yenilmesi için enerji gerekir. Ortam yalıtılmış olduğu için gazlar bu enerjiyi kendi öz ısılarından karşılar. Böylece ortam soğur. Gazların hızla genleşmesi sonucunda ortamı soğutması olayına **Joule-Thomson olayı** adı verilir.

Havadan oksijen ve azot gazlarının eldesinde, buzdolaplarında, klimalarda Joule-Thomson olayından yararlanılır.

Nerede Kullanıyoruz?

İçerisine koyduğumuz yiyecekleri ve tıbbi ürünleri uzun süre saklamamıza yarayan araçlarda soğutma sistemleri vardır. Soğutma sistemine sahip araçlar ev, ofis, fabrika, mağaza, sağlık kuruluşları ve otomobiller gibi birçok yerde kullanılır. Bu sistemlere sahip araçlardan biri de soğutucu akışkanlar yardımı ile çalışan buzdolaplarıdır.



Buzdolabının içinde bulunan soğutucu akışkan kompresör yardımıyla bir döngüye girer. Kompresör, basınçla birlikte soğutucu maddeyi kondensere (yoğuşturucuya) sıkıştırır. Soğutucu madde, kondenser aracılığıyla buzdolaplarının arkasında bulunan dönel ince borulara iletilir. Basıncı ve ısısı yüksek olan madde, borulardan geçerken dışarıya ısı verir. Isı kaybeden soğutucu akışkan genişleme valfinden geçerek genleşir. Soğutucu akışkan buzdolabının arkasından içerideki evaporatör denilen buharlaştırıcı tüpe girer. Gazın girdiği buzluk bölümündeki tüp genişlerken akışkan, buharlaşabilmesi için gereken ısıyı çevresinden çekerek buharlaşmaya başlar. Hızla genleşen gaz, çevresini de soğutur. Soğuyan hava, buzdolabını çevreleyen borular sayesinde alt kısımlara iner. Bu sırada yükselen sıcak hava, akışkanı tekrar ısıtır. Isınan buhar hâlindeki soğutucu akışkan kompresöre geçer. Böylece buzdolabının soğumasını sağlayan bir döngü tamamlanır. Isı düzenini sağlamak amacıyla kullanılan termostatla buzdolabının sıcaklığı ayarlanır. Buzdolabı yeteri kadar soğuduğunda termostat elektrik bağlantısını keser ve kompresörün sağladığı dolaşımı durdurur.

Meraklısına

Sıvı azot, hızlı soğutabilme özelliği sayesinde -50 °C ile -170 °C arasındaki soğutma ve dondurma işlemlerinde kullanılır: Tıpta numunelerin dondurulması, gıda ürünlerinin saklanması, bilgisayar ve dedektör türü teknolojik ürünlerin soğutulması gibi. Sıvı azotun hızlı dondurma özelliği işlem esnasında bozulmaları engeller. Sıvı azot kullanılarak hızla dondurulan gıdalar su, besin ve mineral değerlerini korur. Uzun süre lezzetini kaybetmeden muhafaza edilir.

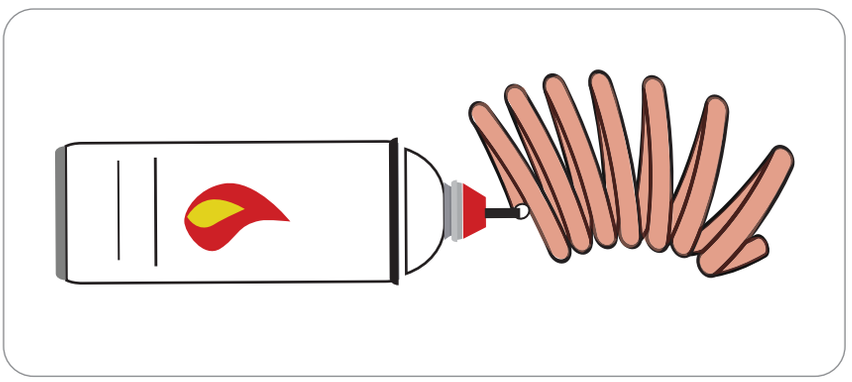
Yaparak Öğrenelim

Gerekli malzemeler: Çakmak gazı (Öğretmen tarafından temin edilir.), bakır boru.

Yapılışı:

1. Bir parça bakır boruyu spiral (sarmal biçiminde) bükünüz.
2. Çakmak gazının sibobunu bakır borunun içine yerleştirerek sıkınız.
3. Bakır boruya dikkatlice dokunarak değişimi gözlemleyiniz.

Gözlemlediğiniz değişimin nerelerde kullanılabileceğini tartışınız.



Yaparak Öğrenelim

Gerekli malzemeler: Bisiklet pompası, futbol topu veya bisiklet tekerleği.

Yapılışı:

1. Şişirme işlemini futbol topu ya da bisiklet tekerleği üzerinde uygulayınız.
2. Bir arkadaşınız bisiklet pompası ile şişirme işlemini yaparken bisiklet pompasının sibop kısmını tutunuz. (Fazla ısınma durumu için elinizin yanmamasına dikkat ediniz.)
3. Topun ve topun sibop kısmının veya bisiklet tekerinin ısılarını gözlemleyiniz.
4. Bu işlemleri yaparken yardımlaşmaya ve ekip hâlinde çalışmaya özen gösteriniz.

Gözlemlediğiniz değişiklikleri sebepleriyle birlikte arkadaşlarınızla tartışınız.

A. Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. Suyun normal kaynama noktası 100 °C ve kritik sıcaklık değeri 374 °C'tur. **Su bu özellikleri ile soğutucu akışkan olarak kullanılabilir mi? Açıklayınız.**

.....

.....

2. Arabaya yakıt alınırken sabah erken saatlerin tercih edilmesi önerilir. **Bu önerinin sebebi ne olabilir?**

.....

.....

3. Araçların LPG tanklarında yakıtın dolum miktarını belirleyen multivalf (şamandıra) bulunur. Multivalf tankın %80'den fazla doldurulmasını engeller. **Tankların %80'den fazla doldurulmamasının sebebi ne olabilir?**

.....

.....

4. Gerçek bir gazın ideale yakın davranış göstermesi için gereken şartlar nelerdir?

.....

.....

5. İdeal gaz denkleminin türetilmesinde hangi gaz kanunları kullanılmıştır?

.....

.....

B. Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

Basıncın 3 atm olduğu derinlikte bir dalgıcın regülatöründen çıkan hava kabarcığının hacmi 5 cm^3'tür. **Buna göre,**

I. Hava kabarcığının hacmi yüzeye yaklaştıkça artar.
II. Basıncın 1 atm olduğu deniz yüzeyinde hava kabarcığının hacmi 15 cm^3'tür.
III. Sabit sıcaklıkta hava kabarcığının hacmindeki değişim Boyle Yasası ile açıklanır.

ifadelerinden hangisi / hangileri doğrudur?
(Derinlere inildikçe sıcaklığın değişmediğini varsayınız.)

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

2. İdeal olmayan gazların hacmi hızla artırılırsa sıcaklığı düşer, sıkıştırılırsa sıcaklığı artar. Bu duruma **Joule-Thomson olayı** denir. Bu yöntemle hava sıvılaştırılabilir.

Yukarıdaki metne göre,

I. Yalnızca gerçek gazlar sıvılaştırılabilir.
II. Buharlaşan suyun ortamı soğutması Joule-Thomson olayı'na örnektir.
III. Joule-Thomson olayı soğutma amacıyla kullanılabilir.

ifadelerinden hangisi / hangileri doğrudur?

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

3. 16 L hacmindeki hareketli pistonlu bir kap içerisinde 12 mol argon gazı bulunmaktadır.

Sıcaklık sabit tutularak kaptan 9 mol argon gazı çekilirse kabın hacmi nasıl değişir?

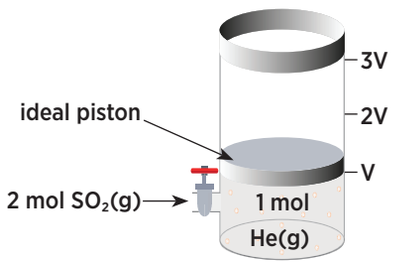
A) Değişmez.
B) Yarıya düşer.
C) Üç katına çıkar.
D) Dörtte birine düşer.
E) Dört katına çıkar.

4. Charles Yasası'na göre sabit basınçta bir miktar gazın hacmi ile mutlak sıcaklığı doğru orantılıdır. Charles Yasası gazların ideallikten saptığı çok düşük sıcaklık ve yüksek basınç koşullarında uygulanamaz.

Charles Yasası ile ilgili yukarıdaki açıklamalar dikkate alındığında aşağıdaki ifadelerden hangisi doğrudur?

A) Helyum gazının sıcaklığı, 20°C'tan 40 °C'a çıkarılırsa hacmi de iki katına çıkar.
B) Bu yasa sabit hacimli kaplarda uygulanabilir.
C) 100 atm sabit basınç altında bir gazın sıcaklığı 80 K'den 160 K'e çıkarılırsa hacmi kesinlikle iki katına çıkar.
D) Deniz seviyesinde ideal pistonlu bir kaptaki Ne gazının sıcaklığı 500 K'den 250 K'e düşürülürse hacmi yarıya iner.
E) Hareketli pistonlu bir kaptaki O_2 gazının sıcaklığı 60 °C'tan 30 °C'a düşürülürse hacmi yarıya iner.

5.



Şekildeki ideal pistonlu kapta 1 mol helyum gazı bulunmaktadır. Aynı sıcaklıkta kaba 2 mol SO_2 gazı ekleniyor.

Bu durum ile ilgili aşağıdaki ifadelerden hangisi doğrudur?

A) Gözlenen değişim Charles Yasası ile açıklanır.
B) Piston V konumundan 3V konumuna gelir.
C) Kaptaki basınç artar.
D) Kabın içindeki toplam gaz kütlesi değişmez.
E) Kabın içindeki helyum gazının mol sayısı artar.

6. Biyoloji öğretmeni sınıfta solunum olayı ile ilgili aşağıdaki bilgiyi vermiştir.

Akciğerler ile atmosfer arasında gerçekleşen hava hareketine **solunum** (ventilasyon) denir. Havanın akciğerlere dolmasına **soluk alma** (inspirasyon), akciğerlerdeki havanın dışarı boşalmasına **soluk verme** (ekspirasyon) adı verilir. Solunum gerçekleşirken diyaframın ve solunum kaslarının yardımı ile alveollerin hacmi artar. Hacmin artması ile birlikte alveollerdeki hava basıncı azalır ve atmosfer basıncının altına iner. Basınç farkından dolayı akciğerlere hava dolar. Kasların eski hâline dönmesi ile birlikte alveollerin hacmi azalır. Hacmi azalan alveollerin basıncı artar. Basınç farkından dolayı soluk verme olayı gerçekleşir.

Buna göre, soluk alınıp verilirken aşağıda verilen gaz yasalarından hangisi ile ilgili bir olay gerçekleşmiştir?

A) Charles Yasası
B) Boyle Yasası
C) Gay-Lussac Yasası
D) Avogadro Yasası
E) Graham Difüzyon Yasası

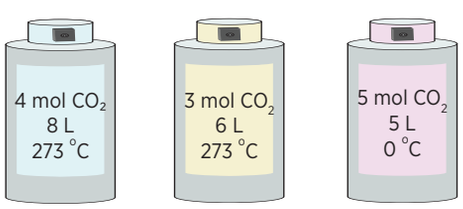
7. 2 mol CO gazının farklı iki durumu için basınç, hacim ve sıcaklık değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

	P (atm)	V (L)	T (°C)
I	4	10	-23
II	?	5	227

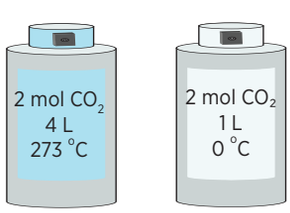
I. durumdan II. duruma geçen aynı miktardaki CO gazının son durumdaki basıncı kaç atmosfer olur?

A) 4 B) 8 C) 10 D) 12 E) 16

8. İtici gaz olarak CO_2 gazı ile doldurulmuş aerosol kutularının basınç testinin yapılması gerekir. Aerosol kutuları üretimi yapılan bir tesiste, aşağıda verilen beş farklı aerosol kutusunun basınçlarının eşit olması isteniyor.



1. kutu 2. kutu 3. kutu



4. kutu 5. kutu

Kimya teknisyeni kutulardaki gaz basınçlarını hesapladığında kutulardan birinin basıncının diğerlerinden farklı olduğunu tespit ediyor.

Basıncı farklı olan kutu hangisidir?

A) 1. kutu B) 2. kutu C) 3. kutu
D) 4. kutu E) 5. kutu

9. 0 °C sıcaklıkta 2 mol CH_4 gazının basıncı 4 atmosfer olduğuna göre hacmi kaç litredir?

A) 5,6 B) 11,2 C) 22,4
D) 33,6 E) 44,8

10. Sprey kutusuna sıvı ile birlikte sıvının dışarı çıkmasını sağlayacak itici gaz konulur. Kutuya sıkıştırılarak konulan itici gaz iç basıncı artırır. Bu yüzden sprey kutuları yüksek sıcaklığa maruz bırakılmamalıdır. Sprey kutusu sıcak bir dolapta saklanırsa ısı kaynaklarına yakın konulursa ya da güneş altında bırakılırsa içindeki itici gaz genleşir. Kutunun basınca dayanamaması durumunda patlama gerçekleşir. Arabalarda bu tür kutular bulundurulmamalıdır. Sıcak bir günde arabada bırakılan sprey tipi kutular patlayabilir.

Yukarıda bilgilerle ilgili aşağıda verilen ifadelerden hangisi doğrudur?

A) Sıcakta bırakılan sprey kutusunun patlamasının sebebi içindeki gazın hacminin azalmasıdır.
B) Kutulara itici gaz konması iç basıncı azaltmak içindir.
C) Spreyler sıcak dolaplarda daha uzun süre bozulmadan saklanabilir.
D) Sıcak havalarda, kutu içinde sıkıştırılmış gazın basıncı artar.
E) Sprey kutularının içine daha fazla gaz koymak sıcağa dayanımını artırır.

11. Sorumlu mühendis, klima üretim tesisinde staj yapan öğrencilerden klimalara gaz doldurmalarını istemiştir. Klimalara koyacakları soğutucu akışkanla ilgili bildiklerini anlatmalarını söylemiştir. Öğrenciler soğutucu akışkanlarla ilgili aşağıdaki bilgileri vermiştir.

Arel: Klimalarda kullanılan soğutucu akışkanlar zehirlidir.
Coşkun: Kullanılan soğutucu akışkanlar klimanın içerisindeki metallerle tepkime verir.
Deniz: Klimada kullanılan soğutucu akışkanlar kolayca buharlaştırılıp yoğunlaştırılabilir.
Serhat: Klimalarda mutfak tüplerinde kullanılan gaz kullanılır.
Tuna: Klima gazlarının kaynama noktaları yüksektir.

Hangi öğrencinin verdiği bilgi doğrudur?

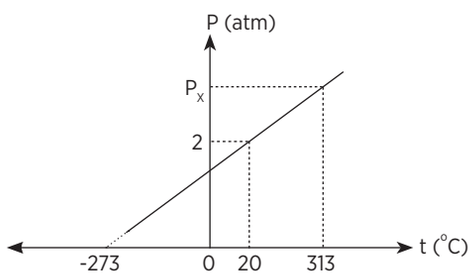
A) Arel B) Coşkun C) Deniz D) Serhat E) Tuna

12. Sanayide kaynakçılıkta kullanılan 50 litre hacimli bir tüpte bulunan oksijen gazının basıncı 140 atmosferdir. Bu tüpte bulunan oksijen gazı aynı sıcaklıkta başka sabit hacimli bir tüpe aktarıldığında son basıncı 70 atmosfer olarak ölçülüyor.

Buna göre, gazın aktarıldığı yeni tüpün hacmi kaç litre olmalıdır?

A) 25 B) 50 C) 75 D) 100 E) 125

13. Aşağıda, 1 mol gaz içeren sabit hacimli bir kabın basınç-sıcaklık değişimini gösteren grafik verilmiştir.



Grafiğe göre P_x değeri kaç atmosferdir?

A) 0,5 B) 1 C) 3 D) 4 E) 5

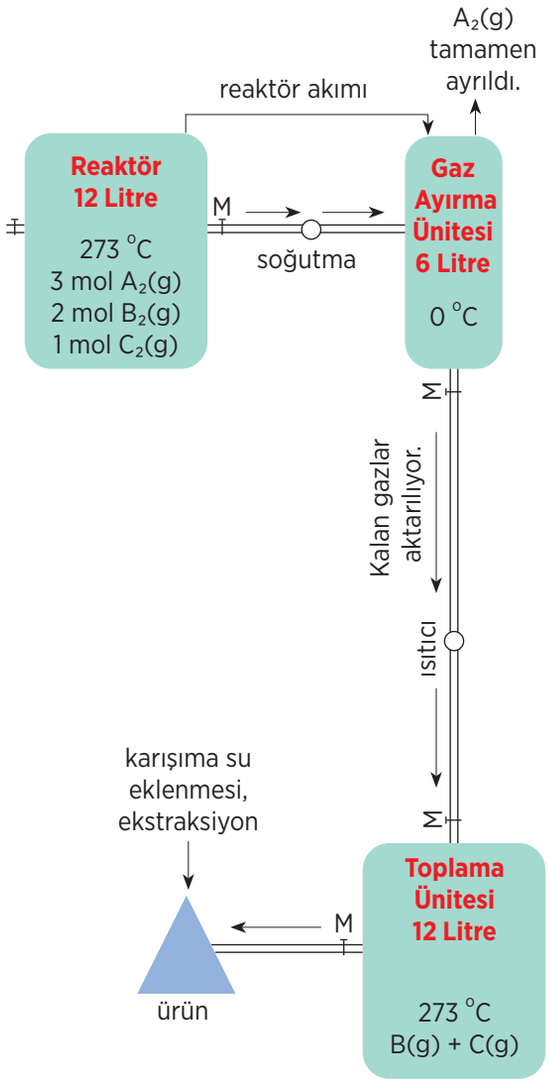
14. Kritik sıcaklık, bir gazın basınç uygulanarak sıvılaştırılabileceği en yüksek sıcaklıktır. Gazlar gibi davrandıkları hâlde, bulundukları sıcaklıkta basınçla sıvılaştırılabilen akışkanlara **buhar** adı verilir.
Aşağıdaki tabloda etilen ve propan gazlarının kritik sıcaklıkları verilmiştir.

Gazın Cinsi	Kritik Sıcaklığı (°C)
Etilen	9,5
Propan	96,6

Yukarıdaki açıklama ve tablodaki verilere göre, aşağıdaki ifadelerden hangisi doğrudur?

A) Propan 90 °C sıcaklıkta sadece gaz olarak adlandırılır.
B) Etilen 0 °C sıcaklıkta yeterli basınç uygulanarak sıvılaştırılabilir.
C) Etilen 60 °C sıcaklıkta buhar olarak adlandırılır.
D) 100 °C sıcaklıkta iki gaz da yeterli basınç uygulanarak sıvılaştırılabilir.
E) 70 °C sıcaklıkta her iki akışkan da buhar olarak adlandırılır.

15. Aşağıda bir petrokimya tesisindeki proses şeması verilmiştir.



Diyagramda yer alan reaktör ve toplama ünitesindeki basınçları ölçen bir mühendis hangi seçenekte verilen değerlere ulaşır? (Proses aşamalarında madde miktarlarında kayıp olmadığı varsayılacaktır.)

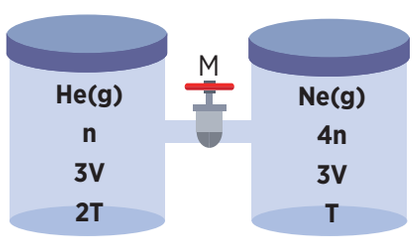
	Reaktör Basıncı (atm)	Toplama Ünitesi Basıncı (atm)
A)	44,8	22,4
B)	22,4	22,4
C)	44,8	11,2
D)	11,2	22,4
E)	22,4	11,2

16. Şiddetli bir kaza anında sensör, sodyum azidin (NaN_3) bulunduğu tüpe bir elektrik sinyali gönderir. Oluşan ısıyla NaN_3 ayrışarak N_2 gazı oluşturur. 0,03 saniyede açığa çıkan N_2 gazı hava yastığını şişirir. Gaz molekülleri, yastıktaki deliklerden çok kısa sürede boşalır ve kazazedeye yastığın yaptığı basınç azalır. Meydana gelen bir kaza anında 3 mol azot gazı açığa çıkarak yastık 66 litre hacme ulaşmıştır. Zamanla azot gazının bir kısmı deliklerden dışarı çıkarak yastık hacmi 22 litreye düşmüştür.

Buna göre kaç mol azot gazı dışarı salınmıştır?

A) 1 B) 2 C) 2,2 D) 2,6 E) 3

17. Gazlar akışkandır, yüksek basınçtan düşük basınca doğru akar. Aşağıda verilen kaplarda helyum ve neon gazları bulunmaktadır. Gazların mol sayısı, hacmi ve sıcaklığı şekil üzerinde gösterilmiştir.



Yukarıdaki açıklamalar dikkate alındığında şekildeki gazlarla ilgili aşağıdaki ifadelerden hangisi doğrudur?

A) Musluk açıldığında kaplar arasında gaz akışı gözlenmez.

B) Musluk açılmadan önce neon gazının basıncı daha yüksektir.

C) Musluk açıldığında neon gazının hacmi daha fazladır.

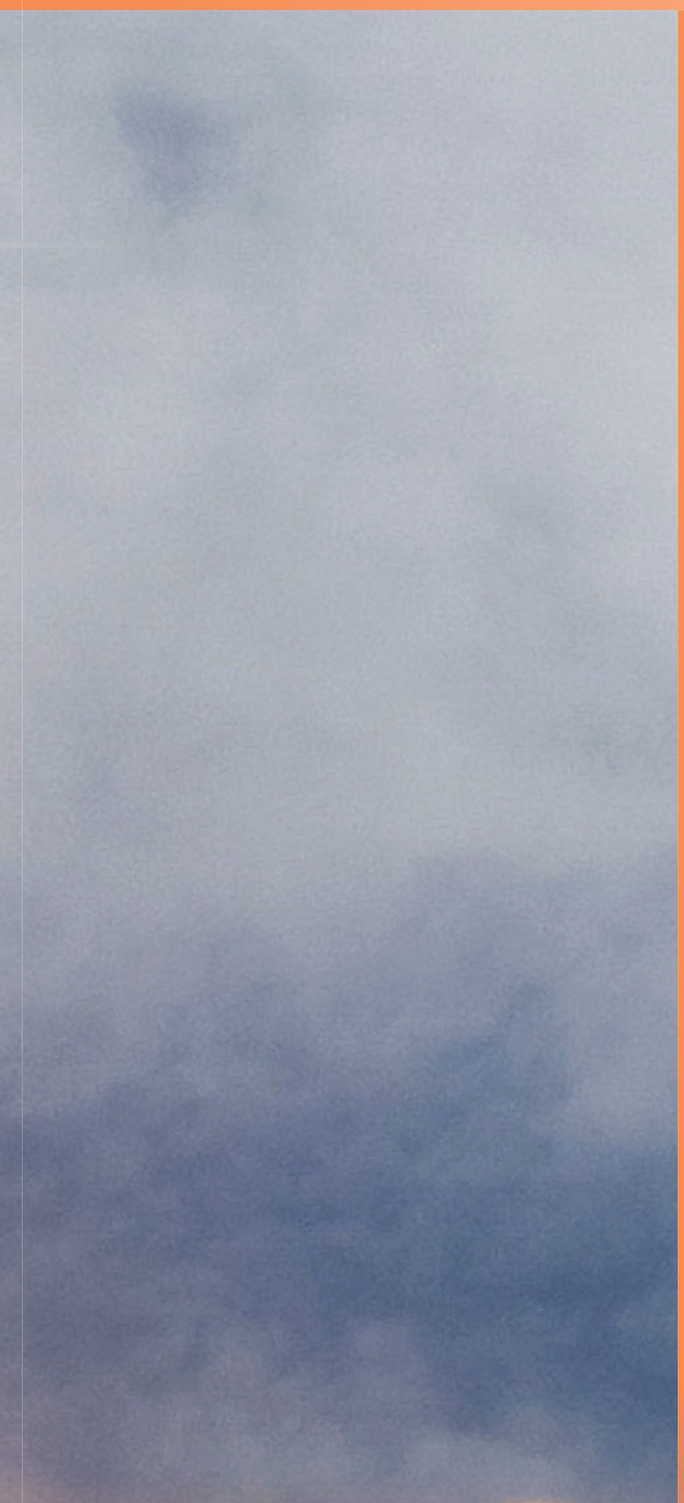
D) Musluk açıldığı anda II. kaptan I. kaba gaz akışı olmaz.

E) Musluk açılmadan önce I. kaptaki gaz miktarı daha fazladır.

3. ÖĞRENME BİRİMİ
TEPKİMELERDE ENTALPİ VE HIZ

KONULAR

3.1. TEPKİMELERDE ISI DEĞİŞİMİ
3.2. OLUŞUM ENTALPİSİ VE BAĞ ENERJİLERİ
3.3. TEPKİME ISILARININ TOPLANABİLİRLİĞİ
3.4. TEPKİME HIZLARI
3.5. TEPKİME HIZINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER



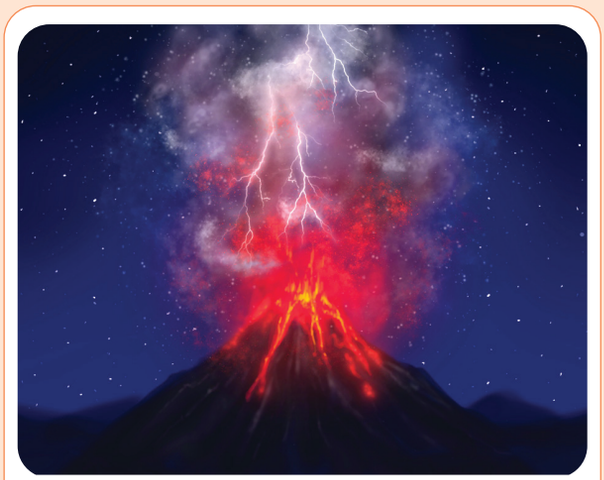
NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

Çevremizde gerçekleşen olaylarda enerji alışverişi meydana gelir. Bu alışveriş sırasında potansiyel enerji, kinetik enerji gibi enerji şekilleri arasında dönüşümler olur. Enerji, madde olmadığı için sadece meydana getirdiği etkilerle bilinir. Oluşan etkileri anlamak, enerji değişimlerinden kaynaklanan sonuçları öngörebilmek için sistemin enerjisinin değişip değişmediğini belirlemek gerekir.

Tepkimeleri kontrol altında tutabilmek için enerji değişimlerinin gerçekleşme hızını bilmek önemlidir. Örneğin alüminyum ile demir(III) oksit (Fe_2O_3) bileşiği arasında meydana gelen termit tepkimeleri çok hızlı gerçekleşir. Tepkime sonucunda çok yüksek ısı açığa çıkar ve oluşan demir, yüksek sıcaklıkta fiziksel hâlini korur. Sıvı demir, rayların birbirlerine kaynaştırılmasında kullanılır. Bu işlem uzman kişiler tarafından dikkatlice yapılır. Üretim sırasında kaza ve kayıpların olmaması için tepkimelerin oluşum hızının hesaplanması ve tepkime sırasındaki ısı değişiminin bilinmesi gereklidir.

Bu öğrenme biriminde tepkimelerde meydana gelen enerji değişiminin ve tepkime hızının nasıl ölçüldüğünü öğreneceksiniz.

NELER BİLİYORSUNUZ?



Çevrenizde gözlemlediğiniz ısı veren olaylara örnek veriniz.

Kırağılaşma olayında ısı değişimi var mıdır? Açıklayınız.

Spor yaparken vücudumuzun ısınmasının sebebi nedir?

Demirin paslanması hızlı gerçekleşen bir olay mıdır? Açıklayınız.

3.1. TEPKİMELERDE ISI DEĞİŞİMİ

Eriyen buz, buharlaşan kolonya ısı alarak bulunduğu ortamı soğutur. Suda çözünen asit, yanan kâğıt ısı vererek bulunduğu ortamı ısıtır. Fiziksel ve kimyasal değişimlere ısı alışverişi eşlik eder. Isıtma ve soğutma teknolojilerinde, elektrik üretiminde, içten yanmalı motorların çalışmasında ısı değişimlerinden faydalanılır.

Isı alan tepkimelere **endotermik tepkime**, ısı veren tepkimelere ise **ekzotermik tepkime** denir. Kireç taşından ($CaCO_3$) sönmemiş kirecin (CaO) eldesi [$CaCO_3(k) + ısı \rightarrow CaO(k) + CO_2(g)$] endotermik tepkime örneğidir. Hidroklorik asidin (HCl) sodyum hidroksit (NaOH) bazı ile nötrleşme tepkimesi [$HCl(suda) + NaOH(suda) \rightarrow NaCl(suda) + H_2O(s) + ısı$] ekzotermik tepkimeye örnek olarak verilebilir.

Her maddenin sahip olduğu bir enerji vardır. Sabit basınç altında gerçekleşen bir tepkimede alınan veya verilen ısı miktarına **entalpi** denir, **H** ile gösterilir. Birimi Joule'dür (jul). Entalpi doğrudan ölçülemez. Sistemin ilk ve son durumu arasındaki entalpi değişimi (ΔH) ancak deneysel yöntemlerle belirlenebilir. Sabit basınç altında, sistemin aldığı ya da verdiği ısı miktarı entalpi değişimine (ΔH) eşittir. Tepkimelerde entalpi değişimi, ürünlerin entalpileri toplamından girenlerin entalpileri toplamı çıkarılarak hesaplanır.

$$\Delta H = \sum nH_{\text{ürünler}} - \sum nH_{girenler}$$

Tepkimelerin entalpi değişimi; madde miktarına, maddenin fiziksel hâline, ortamın sıcaklık ve basınç değerine bağlıdır. Örneğin propan gazının yanma tepkimesinde yakılan gaz miktarı arttıkça açığa çıkan ısı miktarı da artar. Böylece tepkimenin entalpi değişimi de artmış olur. Tepkime entalpileri madde miktarına bağlı olduğundan entalpi değeri 1 mol madde için hesaplanır ve kj/mol cinsinden verilir. Entalpi değeri sıcaklık ve basınca bağlı olarak değiştiği için ölçümleri standart koşullarda (25 °C sıcaklık ve 1 atmosfer) yapılır. Standart koşullardaki entalpi değişimleri $\Delta \mathbf{H^\circ}$ ile gösterilir. Tepkimeye giren maddelerin fiziksel hâlleri, kırılacak ve yeni oluşacak bağ enerjilerini değiştireceğinden tepkime entalpisini de etkiler.

Niçin Öğreniyoruz?

Uygarlığın gelişmesinde ateşin bulunması ve ısı üreten araçların yapılmasının büyük rolü olmuştur. İnsanlar, evlerini ısıtmak, yemeklerini pişirmek, üretim yapmak için ısı enerjisine ihtiyaç duymuştur. Ateşin bulunması ile birlikte yanan ve yanmayan maddeleri ayırt etmeye başlamıştır. Kimya bilimindeki gelişmeler sayesinde yakıtları en verimli şekilde kullanmayı ve enerjileri birbirine dönüştürmeyi başarmıştır. Ulaşım araçlarında, sanayi tesislerinde ve yaşam alanlarında ısı enerjisinden faydalanmıştır.

Günümüzde bu konuda araştırma yapan bilim insanları daha fazla enerjiyi, daha az maliyetle ve çevreye zararı olmayacak şekilde elde etmeye çalışmaktadır.

1. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
ENDOTERMİK VE EKZOTERMİK TEPKİMELERİN İNCELENMESİ

Güvenlik İşaretleri

Deneyin amacı: Endotermik ve ekzotermik olayları tanımak.

Araç gereçler: 250 mL'lik beher, cam baget, üzerine beher konulabilecek büyüklükte tahta blok, terazi.

Kimyasal maddeler: Baryum hidroksit [$Ba(OH)_2$] ve amonyum klorür (NH_4Cl).

İşlem basamakları:

Dikkat: Deneyi çeker ocakta yapınız.

1. Yirmişer gram baryum hidroksit [$Ba(OH)_2$] ve amonyum klorür (NH_4Cl) tartınız.
2. Tahta bloğun üzerine 2-3 mL su dökünüz.
3. Beher su dökülmüş tahta bloğun üzerine yerleştiriniz.
4. Beherin içine 20 gram $Ba(OH)_2$ ve 20 gram NH_4Cl ekleyiniz.
5. Bagetle beherdeki malzemeleri dikkatlice ve hızlı biçimde karıştırınız. Tepkimede açığa çıkan gazı solumamaya dikkat ediniz.
6. Tepkime tamamlandığında beheri kaldırarak tahta bloğa döktüğünüz sudaki değişimi gözlemleyiniz.
7. Beherin içindeki karışımın sıcaklığını termometre ile ölçünüz.
8. Tepkimede açığa çıkan gazın ne olduğunu tartışınız. Tepkimenin ekzotermik mi yoksa endotermik mi olduğunu söyleyiniz.
9. Çalışma ortamını temizleyiniz.
10. Yaptığınız çalışma ile ilgili rapor yazınız.

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Değerlendirme Ölçütleri		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	(10)	(8)	(5)	(3)
2	Katı maddeleri tartar.	(10)	(8)	(5)	(3)
3	Sıcaklığı uygun biçimde ölçer.	(20)	(15)	(10)	(5)
4	Tepkimeleri gerçekleştirir.	(20)	(15)	(10)	(5)
5	Tepkime denklemini yazar.	(20)	(15)	(10)	(5)
6	Çalışma ortamını temizler.	(10)	(8)	(5)	(3)
7	Rapor hazırlar.	(10)	(8)	(5)	(3)

2. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
ENDOTERMİK VE EKZOTERMİK TEPKİMELERİN İNCELENMESİ

Güvenlik İşaretleri

Deneyin amacı: Endotermik ve ekzotermik olayları tanımak.

Araç gereçler: 1 adet 200 mL'lik beher, termometre, cam baget, spatül.

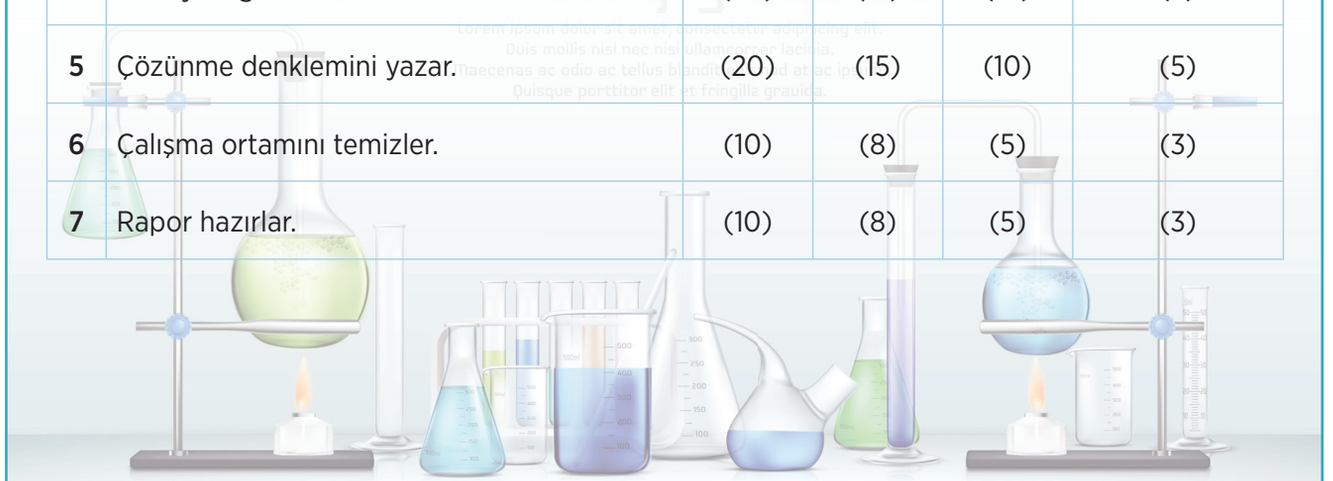
Kimyasal maddeler: Saf su, kalsiyum oksit (CaO).

İşlem basamakları:

1. Behere 100 mL su koyunuz. Termometre ile suyun sıcaklığını ölçerek not ediniz.
2. Beherdeki suya iki spatül CaO katısı ekleyiniz ve cam baget ile karıştırınız.
3. Son durumdaki çözeltinin sıcaklığını ölçerek not ediniz.
4. Oluşan çözeltinin sıcaklığını suyun ilk sıcaklığı ile karşılaştırarak gerçekleşen olayın ekzotermik mi, endotermik mi olduğunu belirleyiniz.
5. Çalışma ortamını temizleyiniz.
6. Yaptığınız çalışma ile ilgili rapor yazınız.

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Değerlendirme Ölçütleri		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	(10)	(8)	(5)	(3)
2	Çözeltiyi hazırlar.	(10)	(8)	(5)	(3)
3	Sıcaklığı uygun biçimde ölçer.	(20)	(15)	(10)	(5)
4	Deneyle ilgili notları alır.	(20)	(15)	(10)	(5)
5	Çözünme denklemini yazar.	(20)	(15)	(10)	(5)
6	Çalışma ortamını temizler.	(10)	(8)	(5)	(3)
7	Rapor hazırlar.	(10)	(8)	(5)	(3)

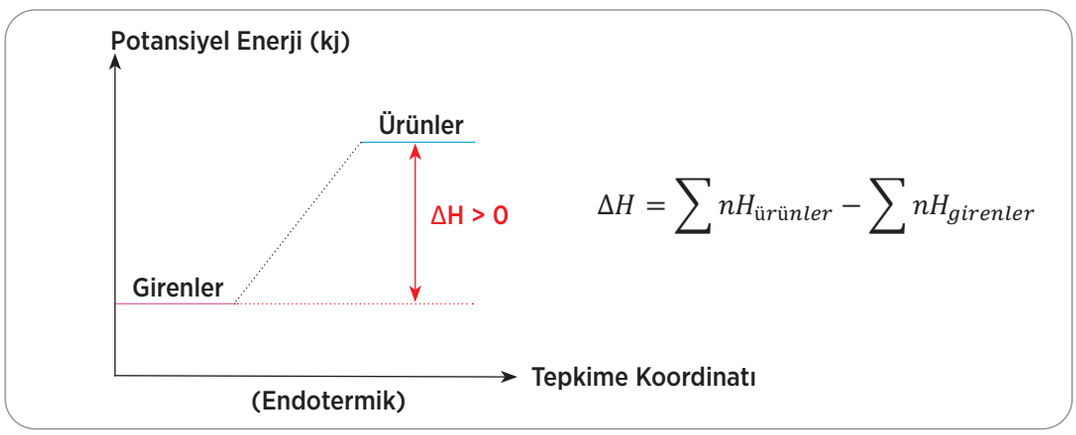


3.1.1. Endotermik Tepkimeler

Isı alarak gerçekleştikleri için endotermik tepkime denklemlerinde ısı, girenler tarafına yazılır. Bu tür tepkimelerde tepkime entalpisi sıfırdan büyüktür (ΔH > 0) (Grafik 3.1). Örneğin azotun yanma tepkimesi endotermik gerçekleşir. Tepkimedeki ısı değişimi,

$\frac{1}{2}N_2(g) + O_2(g) + 33kj \rightarrow NO_2(g)$ veya

$\frac{1}{2}N_2(g) + O_2(g) \rightarrow NO_2(g) \quad \Delta H = +33\ kj/mol$ şeklinde gösterilir.



Grafik 3.1: Endotermik tepkimelerde potansiyel enerji-tepkime koordinatı grafiği

Endotermik tepkimelerde ürünlerin potansiyel enerjisi girenlerin potansiyel enerjisinden büyüktür (Grafik 3.1). Tepkimenin devam edebilmesi için enerjiye ihtiyaç vardır. Endotermik tepkimeler yalıtılmış kaplarda gerçekleşirse sistemin soğumasına neden olur. Erime, buharlaşma, süblimleşme olayları, bağların kırılması, atomlardan elektron koparılması, azotun yanması endotermik tepkime örnekleridir.

Meraklısına

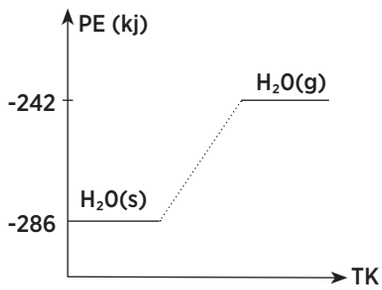
Havanın bileşiminin yaklaşık %78'i azot, % 21'i oksijen gazıdır. Azot ile oksijen gazı havada bir arada olmalarına rağmen yanma tepkimesi vermez. Azot gazının yapısında bulunan üçlü kovalent bağın (N≡N) kırılması yüksek miktarda enerji gerektirir. Bu sebeple azot gazının yanması endotermiktir.

Azot gazı, bitkilerin yapılarında ve hayati fonksiyonlarında önemli bir role sahiptir. Doğada sürekli bir azot döngüsü vardır. Bu döngüdeki asıl kaynak atmosferdeki azot gazıdır. Bu dönüşüm azot bağlayıcı bakteriler ve şimşek anındaki yüksek ısı ile doğal olarak gerçekleşir.

Azot gazının atmosfer şartlarında yanması ekzotermik olsaydı yanma olayı kolayca gerçekleşir, tepkime durdurulamazdı. Sonuçta mevcut yaşam sona ererdi. Azot gazının yanması endotermik olduğu için yaşam devam etmektedir.

Örnek

Aşağıda suyun buharlaşması olayına ait potansiyel enerji-tepkime koordinatı grafiği verilmiştir.



Tepkime entalpisini (ΔH) grafikten yararlanarak hesaplayınız.

Çözüm

Potansiyel enerji-tepkime koordinatı grafiğinde tepkimeye giren maddeler solda, ürünler sağda yer alır. Grafikten yararlanılarak tepkime denklemi yazılır.

$H_2O(s) + ısı \rightarrow H_2O(g) \quad \Delta H = ?$ $\qquad \Delta H = (-242) - (-286)$

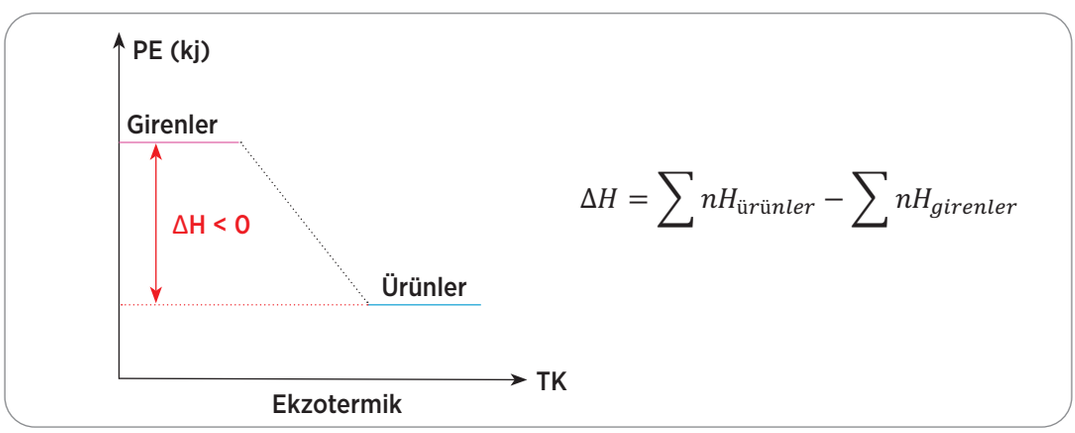
$\Delta H = \sum nH_{\text{ürünler}} - \sum nH_{girenler}$ $\qquad \boldsymbol{\Delta H = +44\ kj\ olur.}$

(ΔH > 0 olduğu için suyun sıvı hâlden gaz hâline geçmesi endotermik tepkimedir.)

3.1.2. Ekzotermik Tepkimeler

Isı vererek gerçekleştikleri için ekzotermik tepkime denklemlerinde ısı, ürünler tarafına yazılır. Tepkime entalpisi sıfırdan küçüktür (ΔH < 0) (Grafik 3.2).

Örneğin karbonun yanarak karbondiokside dönüşmesi ekzotermiktir. Tepkimedeki ısı değişimi,
$C(k) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 393\ kj$ veya $C(k) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) \quad \Delta H = -393\ kj$
şeklinde gösterilir.

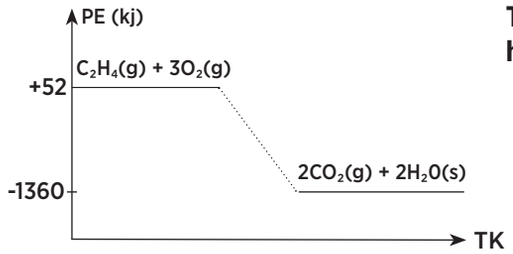


Grafik 3.2: Ekzotermik tepkimelerde potansiyel enerji-tepkime koordinatı grafiği

Ekzotermik tepkimelerde girenlerin potansiyel enerjisi ürünlerin potansiyel enerjisinden büyüktür (Grafik 3.2). Tepkime, başladıktan sonra kendiliğinden devam eder. Ekzotermik tepkimeler, ısıca yalıtılmış kaplarda kabın ısınmasına neden olur. Gazların suda çözünmesi, bağ oluşumları, yanma, nötralleşme tepkimeleri, donma, yoğunlaşma ve kırağılaşma olayları ekzotermik tepkime örnekleridir.

Örnek

Aşağıda etilen (C_2H_4) gazının yanma tepkimesine ait potansiyel enerji-tepkime koordinatı grafiği verilmiştir.



Tepkimenin entalpi değerini grafikten yararlanarak hesaplayınız.

Çözüm

Grafikten yararlanılarak tepkime denklemi yazılır.

$C_2H_4(g) + 3O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 2H_2O(s)$

$\Delta H = (-1360) - (52)$

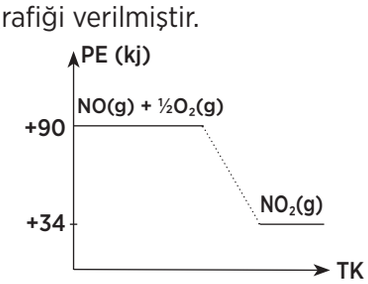
$\Delta H = \sum H_{\text{ürünler}} - \sum H_{girenler}$

$\boldsymbol{\Delta H = -1412\ kj\ olur.}$

(ΔH < 0 olduğu için tepkime sonucunda ısı açığa çıkar. Ekzotermik bir tepkimedir.)

1. Sıra Sizde

Aşağıda azot monoksit (NO) gazının yanma tepkimesine ait potansiyel enerji-tepkime koordinatı grafiği verilmiştir.



Grafikten yararlanarak tepkime denklemini yazınız. Entalpi değerini hesaplayarak tepkimenin endotermik mi, ekzotermik mi olduğunu belirleyiniz.

Nerede Kullanıyoruz?

Ateş kullanılmadan ısıtılabilen hazır gıda paketleri kazazedelerin, kampçıların ve askerî personelin kullanımı amaçlanarak hazırlanır. Özel üretilmiş, ısıya dayanıklı torbalarda zararsız bir kimyasal madde suyla etkileştirilir. Etkileşim sonucunda yüksek miktarda ısı açığa çıkar. Torba içine yerleştirilen yiyecek paketlerindeki yemekler açığa çıkan ısı yardımıyla ısıtılır.

3. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
ENDOTERMİK VE EKZOTERMİK TEPKİMELERİN İNCELENMESİ

Güvenlik İşaretleri

Deneyin amacı: Kimyasal tepkimelerde meydana gelen ısı değişimini gözlemlemek.

Araç gereçler: 2 adet 500 mL'lik erlen, termometre, cam baget.

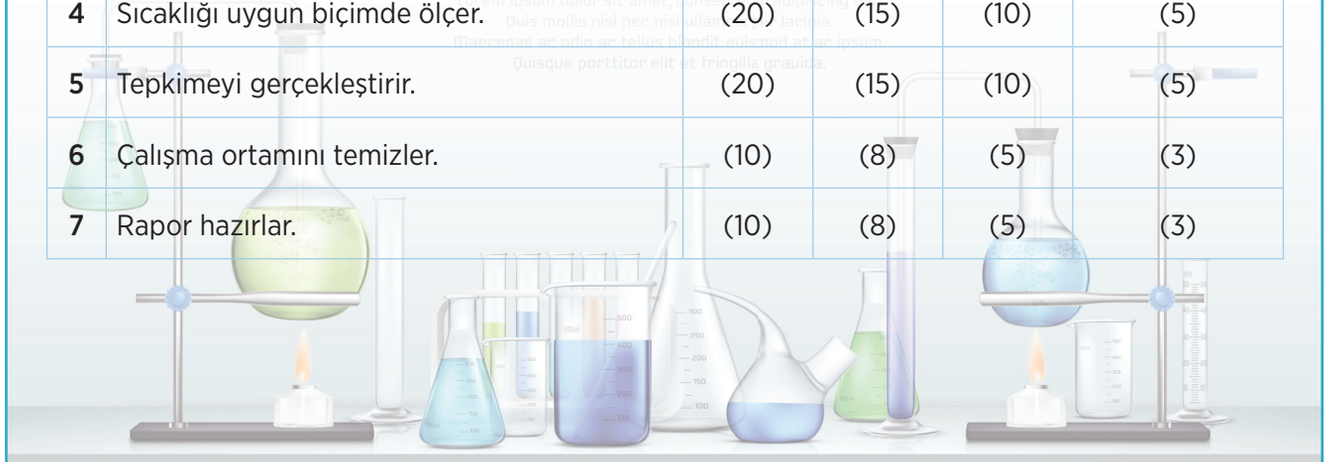
Kimyasal maddeler: Sitrik asit (limon tuzu), $NaHCO_3$ (yemek sodası).

İşlem basamakları:

1. Erlen içerisine 100 mL su koyunuz. Suyun üzerine yavaş yavaş sitrik asit ilave ederek doygun çözelti hazırlayınız.
2. Hazırladığınız çözeltinin sıcaklığını termometre ile ölçerek not ediniz.
3. 20 gram $NaHCO_3$ tartınız.
4. Doygun sitrik asit çözeltisi üzerine tarttığınız $NaHCO_3$ katısını dikkatlice ilave ediniz.
5. Tepkime tamamlandığında erlendeki karışımın sıcaklığını ölçerek tepkimenin ekzotermik mi, endotermik mi olduğunu belirleyiniz.
6. Sitrik asit ve $NaHCO_3$ tepkimesinden açığa çıkan gazın ne olduğunu tartışınız.
7. Çalışma ortamını temizleyiniz.
8. Yaptığınız çalışma ile ilgili rapor yazınız.

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Değerlendirme Ölçütleri		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	(10)	(8)	(5)	(3)
2	Doygun sitrik asit çözeltisini hazırlar.	(10)	(8)	(5)	(3)
3	Katı maddeleri tartar.	(20)	(15)	(10)	(5)
4	Sıcaklığı uygun biçimde ölçer.	(20)	(15)	(10)	(5)
5	Tepkimeyi gerçekleştirir.	(20)	(15)	(10)	(5)
6	Çalışma ortamını temizler.	(10)	(8)	(5)	(3)
7	Rapor hazırlar.	(10)	(8)	(5)	(3)



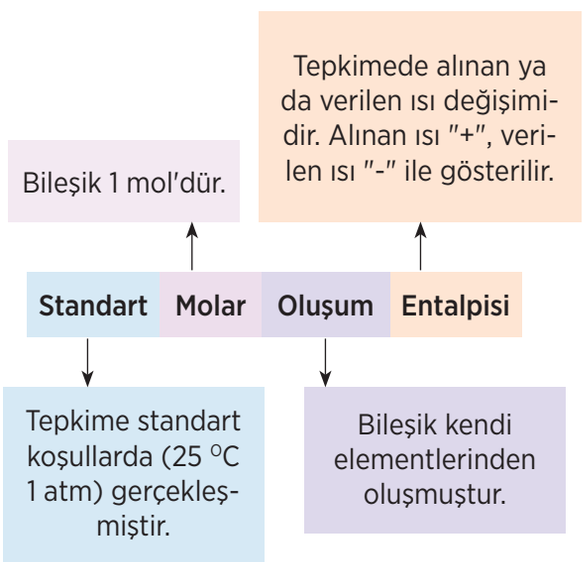
3.2. OLUŞUM ENTALPİSİ VE BAĞ ENERJİLERİ

Tepkime entalpileri hesaplanırken tepkimedeki maddelerin oluşum entalpilerinden veya bağ enerjilerinden faydalanılır.

3.2.1. Oluşum Entalpileri

Bir bileşiğin elementlerinden oluşumu sırasında meydana gelen ısı değişimine o bileşiğin **oluşum entalpisi** denir, ΔH_f veya ΔH_{ol} ile gösterilir. 1 mol maddenin elementlerinden oluşumu sırasında meydana gelen ısı değişimine ise **molar oluşum entalpisi** denir.

Entalpi sıcaklık ve basınca bağlıdır. Bu yüzden standart koşullarda (25 °C sıcaklık ve 1 atm basınç) ölçülen oluşum entalpileri **standart oluşum entalpisi** adını alır, ΔH_f° ile gösterilir. Tablo 3.1'de bazı bileşiklerin standart oluşum ısıları verilmiştir.



Tablo 3.1: Bazı Bileşiklerin Standart Molar Oluşum Entalpileri (ΔH_f° kj/mol)

Bileşiğin Formülü	ΔH_f° (kj/mol)	Bileşiğin Formülü	ΔH_f° (kj/mol)
$H_2O(s)$	-286	$Al_2O_3(k)$	-1670
$H_2O(g)$	-242	$Fe_2O_3(k)$	-824
$C_3H_8(g)$	-104	FeO(k)	-250
$CO_2(g)$	-394	$C_2H_4(g)$	+52
CO(g)	-111	$CH_3OH(g)$	-202
$NO_2(g)$	-66	$SO_2(g)$	-297
$N_2O(g)$	-82	HI(g)	+26,5
$NH_3(g)$	-46	$CaCO_3(k)$	-1205

Elementlerin doğada, standart koşullarda bulundukları en kararlı hâllerinin oluşum ısıları sıfırdır. Örneğin Fe(k), $H_2(g)$, $O_2(g)$, He(g), C(grafit) elementlerinin oluşum ısıları, doğada bulundukları en kararlı hâlleri olduğu için sıfırdır. Ancak standart koşullarda kararlı olmayan Fe(s), H(g), $O_3(g)$, C(elmas) atom ve moleküllerinin oluşum ısıları sıfırdan farklıdır.

Tepkime entalpisi, ürünlerin standart molar oluşum entalpileri toplamından girenlerin standart molar oluşum entalpileri çıkarılarak hesaplanır. Hesaplama yapılırken denklemdeki katsayılarla (n) o bileşiğin oluşum ısısı çarpılır.

$$\Delta H^0 = \sum n\Delta H^0_{f(\text{ürünler})} - \sum n\Delta H^0_{f(girenler)}$$

Örnek

$2Al(k) + Fe_2O_3(k) \rightarrow Al_2O_3(k) + 2Fe(k)$

tepkimesinin standart koşullardaki entalpi değerini (ΔH°) hesaplayınız.

(Fe_2O_3(k) için ΔH_f° = -824 kj/mol, Al_2O_3(k) için ΔH_f° = -1670 kj/mol)

Çözüm

$$\Delta H^0 = \sum n\Delta H^0_{f(\text{ürünler})} - \sum n\Delta H^0_{f(girenler)}$$

$$\Delta H^0 = \left[\left(\Delta H^0_{f(Al_2O_3)}\right) + 2\left(\Delta H^0_{f(Fe)}\right)\right] - \left[\left(\Delta H^0_{f(Fe_2O_3)}\right) + 2\left(\Delta H^0_{f(Al)}\right)\right]$$

$$\Delta H^0 = (-1670 + 0) - (-824 + 0)$$ (Fe(k) ve Al(k) elementlerinin oluşum ısıları sıfırdır.)

$$\boldsymbol{\Delta H^0 = -846\ kj\ olur.}$$

Örnek

$C_3H_8(g) + 5O_2(g) \rightarrow 3CO_2(g) + 4H_2O(s)$

tepkimesinin standart koşullardaki entalpi değerini (ΔH°) hesaplayınız. Potansiyel enerji tepkime koordinatı grafiğini çiziniz.

(C_3H_8(g) için ΔH_f° = -104 kj/mol, CO_2(g) için ΔH_f° = -394 kj/mol, H_2O(s) için ΔH_f° = -286 kj/mol)

Çözüm

O_2(g) için ΔH_f° = 0 alınarak hesaplama yapılır.

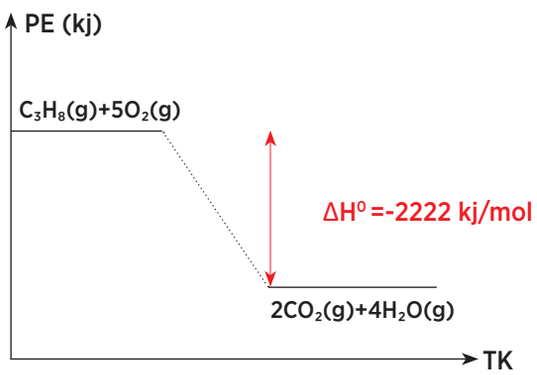
$$\Delta H^0 = \sum n\Delta H^0_{f(\text{ürünler})} - \sum n\Delta H^0_{f(girenler)}$$

$$\Delta H^0 = \left[3\left(\Delta H^0_{f(CO_2)}\right) + 4\left(\Delta H^0_{f(H_2O)}\right)\right] - \left[\left(\Delta H^0_{f(C_3H_8)}\right) + 5\left(\Delta H^0_{f(O_2)}\right)\right]$$

$$\Delta H^0 = [3 \times (-394) + 4 \times (-286)] - (-104 + 0)$$

$$\Delta H^0 = (-1182 - 1144) + 104$$

$$\boldsymbol{\Delta H^0 = -2222\ kj\ olur.}$$



2. Sıra Sizde

$$CH_3OH(g) + \frac{3}{2}O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$$

tepkimesinin standart koşullardaki entalpi değerini (ΔH°) hesaplayınız.

($CH_3OH(g)$ için ΔH_f° = -202 kj/mol, $CO_2(g)$ için ΔH_f° = -394 kj/mol, $H_2O(g)$ için ΔH_f° = -242 kj/mol)

3. Sıra Sizde

$$Fe_2O_3(k) + 3CO(g) \rightarrow 2Fe(k) + 3CO_2(g)$$

tepkimesinin standart koşullardaki entalpi değerini (ΔH°) hesaplayınız.

($Fe_2O_3(k)$ için ΔH_f° = -824 kj/mol, $CO(g)$ için ΔH_f° = -111 kj/mol, $CO_2(g)$ için ΔH_f° = -394 kj/mol)

Bilgi Kutusu

Isı bir enerji biçimidir. Kalorimetre ile ölçülür. Birimi kalori veya joule'dür. Sıcaklık ise termometre ile ölçülür. Isı ile sıcaklık arasında aşağıdaki eşitlik yazılabilir.

$$Q = m.c.\Delta t$$

Q: ısı (joule) m: kütle (g) c: öz ısı (j/g °C) Δt: sıcaklık değişimi (°C)

Sıcaklıkları farklı sistemler birbiriyle temas hâlindeyse bu sistemlerin sıcaklıkları eşitleninceye kadar sıcak sistemden soğuk sisteme ısı akışı olur.

4. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
MOLAR ÇÖZÜNME ENTALPİSİNİN TAYİNİ

Güvenlik İşaretleri

Deneyin amacı: Sodyum hidroksidin sudaki molar çözünme entalpisini belirlemek.

Araç gereçler: 1 adet 500 mL'lik beher, termometre, cam baget, spatül, terazi.

Kimyasal maddeler: Saf su, sodyum hidroksit (NaOH).

İşlem basamakları:

1. Beheri tartarak tespit ettiğiniz değeri not ediniz.
2. Behere 400 mL su koyunuz. Termometre ile suyun sıcaklığını ölçerek not ediniz.
3. 10 gram (0,25 mol) NaOH katısı tartınız.
4. Beherdeki suyun üzerine tarttığınız NaOH katısını yavaş yavaş ekleyiniz ve cam baget ile karıştırınız.
5. Termometre ile NaOH katısı eklediğiniz suyun sıcaklık değerini belirli aralıklarla ölçerek not ediniz.
6. Çözünme işlemi tamamlandığında son sıcaklığı ölçerek not ediniz.
7. Oluşan çözeltinin sıcaklığını suyun ilk sıcaklığı ile karşılaştırarak gerçekleşen olayın ekzotermik mi, endotermik mi olduğunu belirleyiniz.
8. Sıcaklık farkını (Δt = son sıcaklık-ilk sıcaklık) hesaplayınız.
9. 0,25 mol NaOH'in çözünmesi sonucunda su ve camın aldığı toplam ısıyı aşağıdaki formülü kullanarak hesaplayınız.

$$Q_{toplam} = Q_{cam} + Q_{su}$$

$$Q_{toplam} = m_{cam} c_{cam} \Delta t + m_{su} c_{su} \Delta t$$

(c_{cam} = 0,80 j/g °C c_{su} = 4 j/g °C olarak alınız.)

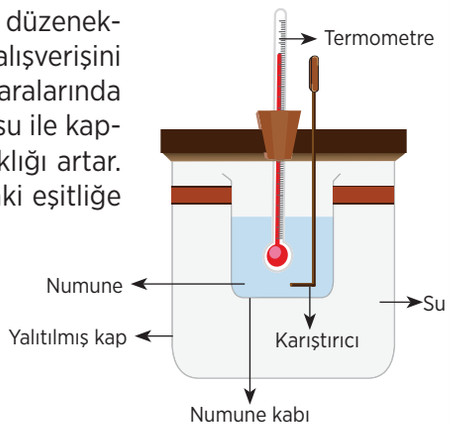
10. **Bulduğunuz 0,25 mol NaOH'in çözünmesi sonucunda açığa çıkan ısı değerini kullanarak NaOH'in molar çözünme entalpisini hesaplayınız.** (NaOH'in standart koşullarda çözünme entalpisi -44,51 kj/mol'dür.) **Siz bu sonuca ne kadar yaklaşabildiniz? Olası hata kaynakları nelerdir?**

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

	Değerlendirme Ölçütleri	Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	(10)	(8)	(5)	(3)
2	Çözeltiyi hazırlar.	(10)	(8)	(5)	(3)
3	Sıcaklığı uygun biçimde ölçer.	(20)	(15)	(10)	(5)
4	Sıcaklık farkını hesaplayarak formüle verileri yerleştirir.	(20)	(15)	(10)	(5)
5	Arkadaşları ile iş birliği yapar.	(20)	(15)	(10)	(5)
6	Çalışma ortamını temizler.	(10)	(8)	(5)	(3)
7	Rapor hazırlar.	(10)	(8)	(5)	(3)

Nerede Kullanıyoruz?

Kalorimetreler, ısı enerjisi miktarını ölçmek için tasarlanmış düzeneklerdir. Kalorimetre düzenekleri kabın içi ile dışı arasında ısı alışverişini engelleyecek biçimde tasarlanmıştır. Basit bir kalorimetre, aralarında boşluk bulunan iç içe geçmiş iki kaptan oluşur. İçteki, çevresi su ile kaplanan kapta gerçekleşen olayla suyun ve kalorimetrenin sıcaklığı artar. Termometre yardımıyla sıcaklık değişimi belirlenerek aşağıdaki eşitliğe göre ısı değişimi hesaplanır.



$$Q_{verilen} = Q_{alınan}$$

$$Q_{verilen} = Q_{kalorimetre} + Q_{su}$$

$$Q_{verilen} = (B\Delta t)_{kalorimetre} + (mc\Delta t)_{su}$$

Q: ısı $(joule)$ m: kütle (g) c: öz ısı $(j/g\ ℃)$ Δt: sıcaklık değişimi $(℃)$

B: ısı sığası $(j/℃)$

Hesaplama yapabilmek için kalorimetrenin ısı sığasının $(B = mc)$ bilinmesi gerekir. Kalorimetrenin ısı sığası da deneysel yollarla hesaplanmalıdır. Bu amaçla oda sıcaklığında belirli kütlede su ile doldurulmuş kalorimetreye kütlesi ve sıcaklığı bilinen sıcak su eklenir. Sıcak suyun verdiği ısı, kalorimetrenin ve soğuk suyun aldığı ısı miktarına eşittir. Yukarıdaki eşitlik yeniden düzenlenirse $(mc\Delta t)_{sıcak\ su} = (B\Delta t)_{kalorimetre} + (mc\Delta t)_{soğuk\ su}$ eşitliği elde edilir. Bu eşitlikte sıcak ve soğuk suyun kütleleri ile suyun öz ısısı bilindiği için kalorimetrenin ısı sığası bulunabilir.

Meraklısına

Katı ve sıvı numunelerde kalori tayini için kullanılan kalorimetreler araştırmacılar için de önemli bir araçtır. Kalorimetreler, özel alaşımlardan, yüksek basınç ve sıcaklığa dayanıklı malzemelerden yapılmaktadır. Bugün üretilen kalorimetreler, otomatik ve mikroişlemci kontrollü olmasıyla yapılabilecek hataları en aza indirmekte ve kullanıcılara büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Bu kalorimetrelerle test sonuçları ve yakma sırasındaki sıcaklık yükselmesi cihaza bağlanan bir ekrandan takip edilebilmektedir. Kalorimetreleri geliştirme çabaları hâlen devam etmektedir.

Ülkeler dışa bağımlılıklarını azaltmak için kendi üretimlerini yapmalıdır. Bu konuda mesleki teknik eğitim kurumlarına büyük görevler düşmektedir. Atölyelerde değişik makine, malzeme ve öğretmen desteği kullanılarak bugüne kadar yapılmamış farklı bir kalorimetre üretilebilir. Üretilen bu kalorimetre ülke içinde yapılan araştırmalarda kullanılabileceği gibi dış ülkelere de teknoloji olarak ihraç edilebilir. Ülkelerin kullanacakları malzemeleri kendi üretmesi ve ürettiklerini dış ülkelere satması millî ekonomilerine önemli katkıda bulunacaktır. Bu sayede vatana karşı olan sorumluluklar yerine getirilmiş olacaktır.

5. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
TEPKİME ENTALPİSİNİN BELİRLENMESİ

Güvenlik İşaretleri

Deneyin amacı: Kalorimetre yardımı ile nötrleşme tepkimesinin entalpisini ölçmek.

Araç gereçler: Termometre, kalorimetre, dereceli silindir.

Kimyasal maddeler: 0,1 M NaOH ve 0,1 M HCl çözeltisi.

İşlem basamakları:

1. Kullanacağınız kalorimetrenin ısı sığasını (ısı kapasitesi) belirleyiniz.
2. 50 mL hacminde 1 M HCl çözeltisini kalorimetreye koyunuz. Sıcaklığını ölçerek not alınız. (Deney sırasında termometre ucunun kabın kenarlarına temas etmemesine dikkat ediniz.)
3. 50 mL hacminde 1 M NaOH çözeltisini dikkatlice ve hızlı bir şekilde kalorimetreye boşaltınız. Kalorimetrenin kapağını kapatarak biraz bekleyiniz. Erişilen en yüksek sıcaklığı not ediniz.
4. Sıcaklık farkını (Δt = son sıcaklık - ilk sıcaklık) hesaplayınız.
5. Aşağıdaki denklemi kullanarak tepkimede açığa çıkan ısıyı ($Q_{tepkime}$) hesaplayınız. (Hesaplama yaparken çözeltilerin toplam kütlesini 100 gram alınız ve çözeltinin ısınma ısısını suyun ısınma ısısına (c_{su}= 4,18 j/g °C) eşit kabul ediniz.)

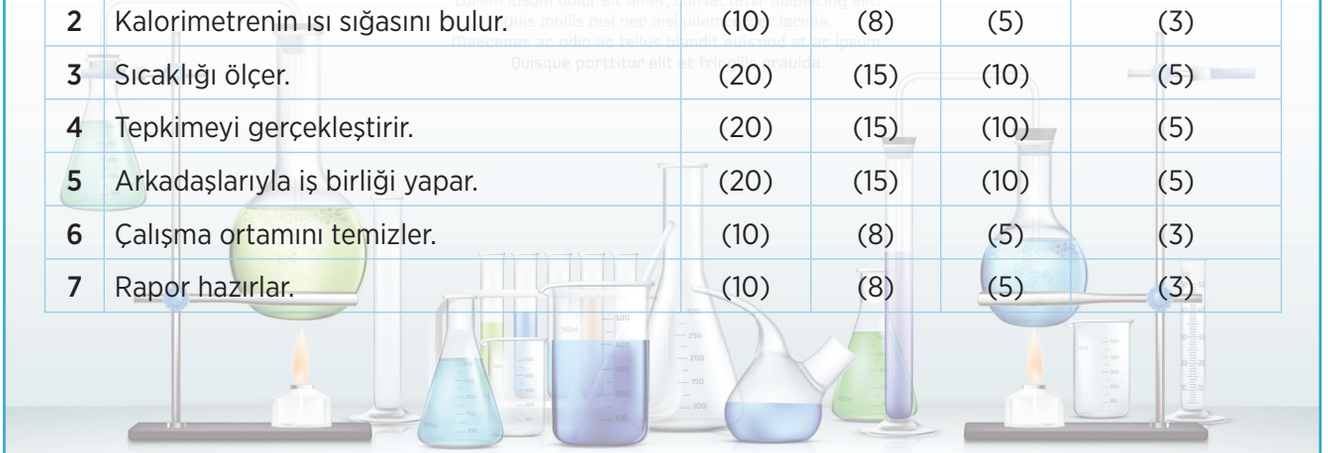
$$Q_{tepkime} = Q_{kalorimetre} + Q_{çözelti}$$

$$Q_{verilen} = B\Delta t + (100 \times 4{,}18 \times \Delta t)$$

6. **Bulduğunuz 0,05 mol NaOH ve 0,05 mol HCl arasındaki nötralleşme ısısını kullanarak tepkimenin molar nötrleşme ısısını hesaplayınız.**

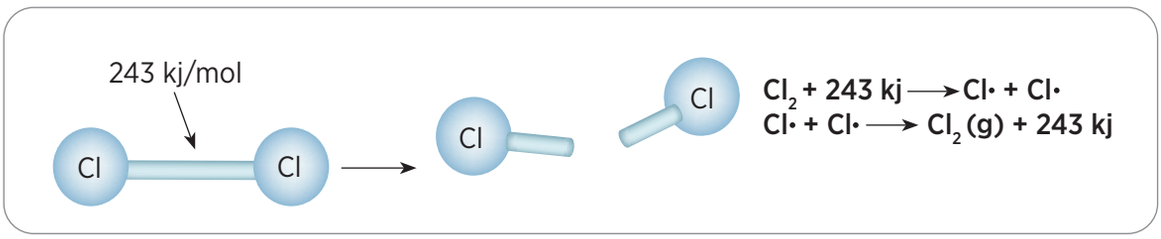
Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

	Değerlendirme Ölçütleri	Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	(10)	(8)	(5)	(3)
2	Kalorimetrenin ısı sığasını bulur.	(10)	(8)	(5)	(3)
3	Sıcaklığı ölçer.	(20)	(15)	(10)	(5)
4	Tepkimeyi gerçekleştirir.	(20)	(15)	(10)	(5)
5	Arkadaşlarıyla iş birliği yapar.	(20)	(15)	(10)	(5)
6	Çalışma ortamını temizler.	(10)	(8)	(5)	(3)
7	Rapor hazırlar.	(10)	(8)	(5)	(3)



3.2.2. Bağ Enerjileri ve Tepkime Entalpisi

Atomları güçlü etkileşimlerle bir arada tutan kuvvetlere **kimyasal bağ** denir. Bağların oluşumu ekzotermik, bağların kırılması ise endotermiktir. Bir kimyasal bağı kırmak için gereken minimum enerji, o bağ oluşurken açığa çıkan enerji miktarına eşittir (Şekil 3.1). Bu enerjiye **bağ enerjisi (bağ entalpisi)** denir, ΔH_B° ile gösterilir.



Şekil 3.1: Bağın kırılması ve oluşması sırasında meydana gelen ısı değişimi

Tablo 3.2'de bazı bağların ortalama enerjileri verilmiştir.

Tablo 3.2: Ortalama Bağ Enerjileri (ΔH_B° kj/mol)

Bağ	Ortalama Bağ Enerjileri (kj/mol)	Bağ	Ortalama Bağ Enerjileri (kj/mol)
O=O	498	C−O	351
O−H	464	C=O	724
N≡N	946	C−H	416
N−H	391	C−C	343
H−H	436	C=C	615

Tepkimelerde, girenler tarafındaki bağlar kırılırken ürünler tarafındaki bağlar oluşur. Bir tepkimenin entalpisi, kırılan bağların toplam enerjisinden oluşan bağların toplam enerjisi çıkarılarak hesaplanabilir.

$$\Delta H^0 = \sum n\Delta H^0_{B(kırılan)} - \sum n\Delta H^0_{B(oluşan)}$$

Örnek

2H⟶H-H **tepkimesinin entalpisini Tablo 3.2'deki bağ enerjilerini kullanarak hesaplayınız.**

Çözüm

Denkleme göre girenler tarafında hidrojen atomları arasında bağ yoktur. Sadece H_2 molekülündeki bağların oluşumu dikkate alınır.

$\Delta H^0 = \sum n\Delta H^0_{B(kırılan)} - \sum n\Delta H^0_{B(oluşan)}$ formülü kullanılırsa,

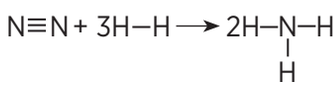
$\Delta H^0 = 0 - (\Delta H^0_B)_{H-H}$ $\quad \Delta H^0 = 0 - 436$ $\quad \boldsymbol{\Delta H^0 = -436\ kj\ olur.}$

Örnek

$N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$ **tepkimesinin entalpisini Tablo 3.2'deki bağ enerjilerini kullanarak hesaplayınız. Potansiyel enerji-tepkime koordinatı grafiğini çiziniz.**

Çözüm

Tepkime denkleminin açık hâli aşağıdaki gibi yazılırsa atomların birbirine nasıl bağlandığı görülür.



Tepkime denklemindeki bağlara ait bilgiler aşağıdaki tabloya yazılmıştır.

Bağ	Adedi	Ortalama Bağ Enerjisi(kj/mol)	Durumu
N ≡ N	1	946	Kırılan
H – H	3	436	Kırılan
N – H	6	391	Oluşan

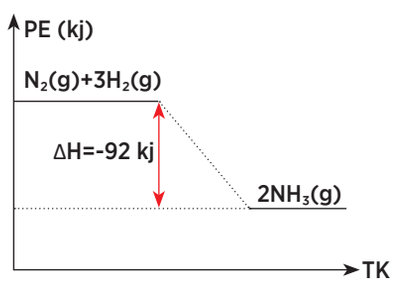
Tablodaki veriler $\Delta H^0 = \sum n\Delta H^0_{B(kırılan)} - \sum n\Delta H^0_{B(oluşan)}$ denkleminde yerine yazılarak hesaplama yapılır.

$\Delta H^0 = [(\Delta H^0_B)_{N\equiv N} + 3(\Delta H^0_B)_{H-H}] - [6(\Delta H^0_B)_{N-H}]$

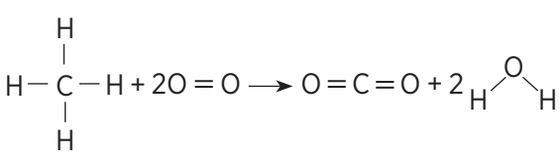
$\Delta H^0 = [946 + (3 \times 436)] - (6 \times 391)$

$\Delta H^0 = 2254 - 2346$

$\boldsymbol{\Delta H^0 = -92\ kj\ olur.}$



4. Sıra Sizde



tepkimesinin entalpisini Tablo 3.2'deki bağ enerjilerini kullanarak hesaplayınız. Potansiyel enerji tepkime koordinatı grafiğini çiziniz.

6. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
YANMA ISISI TAYİNİ

Güvenlik İşaretleri

Deneyin amacı: Kalorimetre bombası kullanarak yanma ısısını ölçmek.

Araç gereçler: Kalorimetre bombası, saf oksijen gazı, oksijen regülatörü, kroze, pamuk ipliği, yakma teli.

Kimyasal maddeler: Motorin ya da etanol.

İşlem basamakları: (Kalorimetre modellerine göre uygulamada farklılıklar olabilir.)

1. Krozenin içine yanma ısısını belirleyeceğiniz maddeden yaklaşık 0,3 gram koyunuz. Analiz edilecek maddenin kütlesini (m_{analiz}) not ediniz.
2. Yanma telini takarak pamuk ipliğini krozenin içine değecek şekilde yerleştiriniz. Bomba kalorimetresini sıkıca kapatınız.
3. Oksijen tüpünü ve regülatörü kontrol ederek bağlantıyı uygun biçimde yapınız. Bağlantının sağlamlığını kontrol ediniz.
4. Bomba kalorimetresine uygun miktarda (30 bar) oksijen basınız.
5. Yanma adaptörünü bomba kalorimetresine bağlayınız.
6. Bomba kalorimetresini cihaza yerleştirerek cihazın kapağını kapatınız.
7. Su tankına yeterli miktarda su koyunuz [suyun kütlesini (m_{su}) not ediniz.]
8. **Cihazın ayarlarının öğretmen tarafından yapılmasını bekleyerek yakma işlemini başlatınız. (Dikkat: Cihaz ısıl denge sağlanıncaya kadar bekleyecektir.)**
9. İlk sıcaklığı okuyarak not ediniz.
10. Yanma işleminin tamamlanmasını bekleyiniz. Son sıcaklığı not ediniz. Sıcaklık değişimini (Δt) hesaplayınız.
11. **Aşağıdaki eşitliği kullanarak yanma ısısını hesaplayınız.**

$$H_0 = \frac{m_{su} c_{su} \Delta t + B\Delta t}{m_{analiz}}$$

H_0: *yanma ısısı* (j/g) $\quad c_{su}$: *suyun öz ısısı* $(j/g°C)$ $\quad B$: *kalorimetrenin ısı sığası* $(j/°C)$

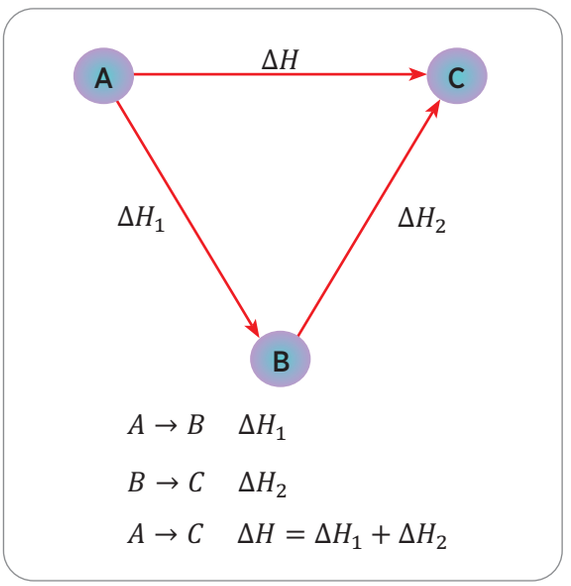
(Dikkat: Kalorimetre bombası yüksek basınçlı gazla doludur. Cihazı temizlerken cihazın kullanım talimatına uygun biçimde önce basınçlı gazı boşaltınız. Sonra kalorimetre bombasının kapağını açınız.)

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

	Değerlendirme Ölçütleri	Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	(10)	(8)	(5)	(3)
2	Analiz edilecek maddenin kütlesini ölçer.	(10)	(8)	(5)	(3)
3	Deney öncesi gerekli kontrolleri yapar.	(20)	(15)	(10)	(5)
4	Kalorimetrenin kullanım talimatlarına uyar.	(20)	(15)	(10)	(5)
5	Arkadaşları ile iş birliği yapar.	(20)	(15)	(10)	(5)
6	Çalışma ortamını temizler.	(10)	(8)	(5)	(3)
7	Rapor hazırlar.	(10)	(8)	(5)	(3)

3.3. TEPKİME ISILARININ TOPLANABİLİRLİĞİ

Kimyasal bir tepkimenin başlangıcı ile bitiş anı arasında belirli bir enerji farkı vardır. Tepkimelerdeki toplam entalpi değişimi bu enerji farkı hesaplanarak bulunur. Tepkime sırasında alınan veya verilen bu toplam enerji tepkimenin takip ettiği yola bağlı değildir. Bu durumu İsviçreli kimyacı Germain Hess (Cörmin Hes) kendi adı ile de bilinen tepkime ısılarının toplanabilirliği ilkesi ile açıklamıştır.



Şema 3.1: Tepkime ısılarının toplanabilirliği

3.3.1. Hess Yasası

Bir tepkimenin entalpisi, o tepkimenin ara basamaklarının daha önceden deneysel olarak ölçülmüş entalpi değerlerinden faydalanılarak bulunabilir. Tepkime ısılarının toplanabilirliği adını alan bu ilke **Hess Yasası** olarak bilinir. Hess Yasası'na göre bir tepkimenin entalpi değişimi tepkimenin izlediği yola bağlı değildir (Şema 3.1).

Hess Yasası'nın Özellikleri

1. Tepkime denklemi ters çevrilirse tepkime entalpisinin işareti değişir.

   $C(k) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow CO(g) \quad \Delta H = -111\ kj$ tepkimesi ters çevrilirse

   $CO(g) \rightarrow C(k) + \frac{1}{2}O_2(g) \quad \Delta H = +111\ kj$ olur.

2. Bir tepkime herhangi bir sayı ile çarpılırsa tepkime entalpisi de aynı sayıyla çarpılır.

   $C(k) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow CO(g) \quad \Delta H = -111\ kj$ tepkimesi 2 ile çarpılırsa

   $2C(k) + O_2(g) \rightarrow 2CO(g) \quad \Delta H = -222\ kj$ olur.

3. Bazen bir kimyasal tepkime iki veya daha fazla tepkimenin toplamından oluşur. Bu durumda toplam tepkimenin entalpisi oluştuğu tepkimelerin entalpilerinin toplamına eşittir.

   I. $C(k) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow \cancel{CO(g)} \quad \Delta H_1 = -111\ kj$

   II. $\cancel{CO(g)} + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow CO_2(g) \quad \Delta H_2 = -283\ kj$

   $+$

   $C(k) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) \quad \Delta H_3 = \Delta H_1 + \Delta H_2 \quad \Delta H_3 = (-111) + (-283) = \mathbf{-394\ kj\ olur.}$

Örnek

$C_3H_8(g) + 5O_2(g) \rightarrow 3CO_2(g) + 4H_2O(s) \quad \Delta H_1 = -2220\ kj$

$C(k) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) \quad \Delta H_2 = -394\ kj$

$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(s) \quad \Delta H_3 = -286\ kj$

Verilen tepkime ısılarından yararlanarak $3C(k) + 4H_2(g) \rightarrow C_3H_8(g)$ tepkimesinin entalpi değişimini (ΔH_4) hesaplayınız.

Çözüm

Entalpisi hesaplanacak 4. tepkime çözüm için ipuçları sağlar. 4. tepkimede ürünlerde yer alan C_3H_8'in katsayısı 1'dir. C_3H_8 sadece 1. tepkimenin girenler kısmındadır. Bu nedenle 1. tepkime ters çevrilir ve entalpisinin işareti değiştirilir. Denklem herhangi bir sayıyla çarpılmaz.

4. tepkimedeki C(k) sadece 2. tepkimede yer alır. Tepkime olduğu gibi alınır. Katsayısının üç olması gerektiğinden 2. tepkime ve tepkime entalpisi de üçle çarpılır.

4. tepkimedeki H_2 ise 3. tepkimenin girenler kısmında yer alır. H_2'in kat sayısının dört olması gerektiğinden 3. tepkime dört ile çarpılır, ters çevrilmez. Tepkime entalpisi de dört ile çarpılır.

Yeniden düzenlenen tepkimeler aşağıdaki gibi alt alta toplandığında dördüncü tepkime elde edilir. ΔH_4 yeni tepkimelerin entalpileri toplanarak bulunur.

$3CO_2(g) + 4H_2O(s) \rightarrow C_3H_8(g) + 5O_2(g) \quad \Delta H_1 = +2220\ kj$

$3C(k) + 3O_2(g) \rightarrow 3CO_2(g) \quad \Delta H_2 = -1182\ kj$

$+ \quad 4H_2(g) + 2O_2(g) \rightarrow 4H_2O(s) \quad \Delta H_3 = -1144\ kj$

$3C(k) + 4H_2(g) \rightarrow C_3H_8(g) \quad \Delta H_4 = (+2220) + (-1182) + (-1144)$

$\boldsymbol{\Delta H_4 = -106\ kj\ olur.}$

5. Sıra Sizde

$2NO_2(g) + 7H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g) + 4H_2O(g)$

tepkimesinin standart tepkime entalpi değerini aşağıda verilen tepkimelerden yararlanarak hesaplayınız.

$N_2(g) + 2O_2(g) \rightarrow 2NO_2(g) \quad \Delta H_1 = -67\ kj$

$N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g) \quad \Delta H_2 = -92\ kj$

$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(g) \quad \Delta H_3 = -242\ kj$

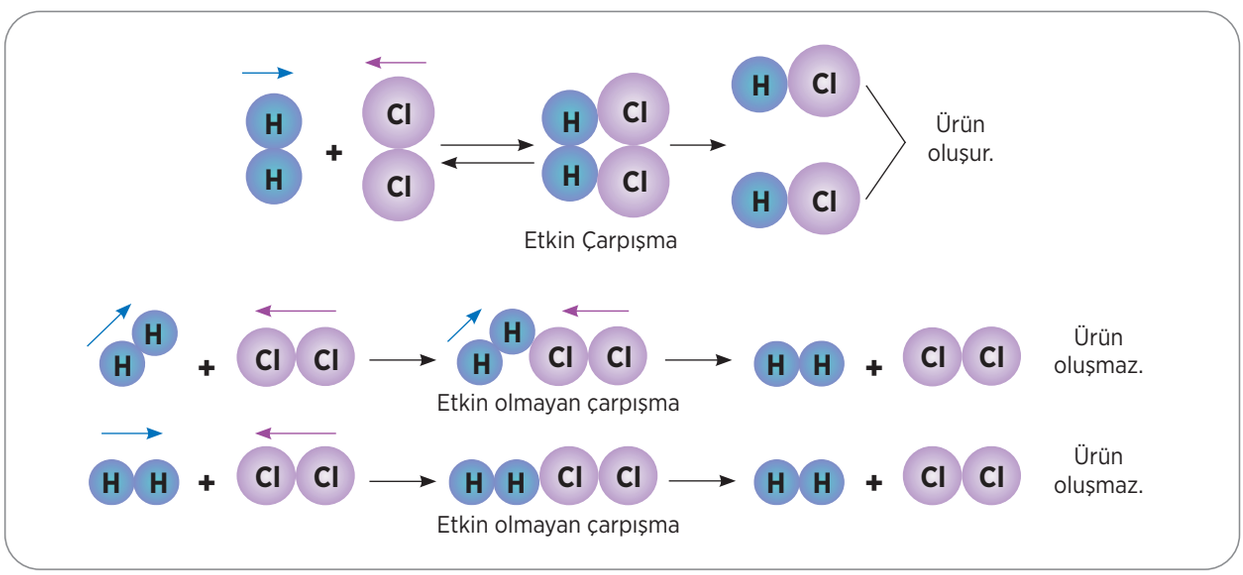
3.4. TEPKİME HIZLARI

Kimyasal tepkimeler gerçekleşirken reaksiyona giren maddeler zamanla azalır ve ürünlere dönüşür. Tepkimeye giren maddelerin ve ürünlerin birim zamanda miktarlarında meydana gelen değişime **tepkime hızı** denir. Tepkime hızı **r** ile gösterilir.

Tepkime hızlarını anlamak için öncelikle etkin çarpışma ve aktifleşme enerjisi kavramlarını anlamak gerekir.

3.4.1. Çarpışma Teorisi

Bir tepkime, ancak tepkimeye giren taneciklerin çarpışması ile gerçekleşebilir (Şekil 3.2). Her çarpışma ürün oluşturmaz. Bir çarpışmanın ürün oluşturabilmesi için taneciklerin **uygun geometride** ve **yeterli enerjiyle çarpışması** gerekir. Bu şekilde gerçekleşen çarpışmalara **etkin çarpışma** denir. Bir tepkimede birim zamandaki etkin çarpışma sayısı ne kadar fazlaysa tepkime o kadar hızlıdır.
Uygun geometriye ve yeterli enerjiye sahip olmayan çarpışmalar ürün oluşturmaz. Ürün oluşturmayan bu tip çarpışmalara **etkin olmayan çarpışma** denir.

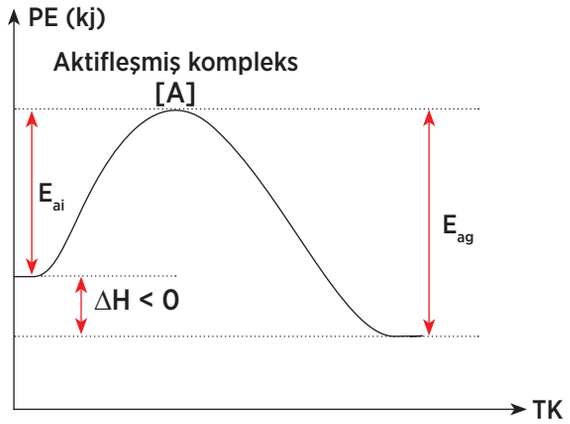


Şekil 3.2: Etkin ve etkin olmayan çarpışma

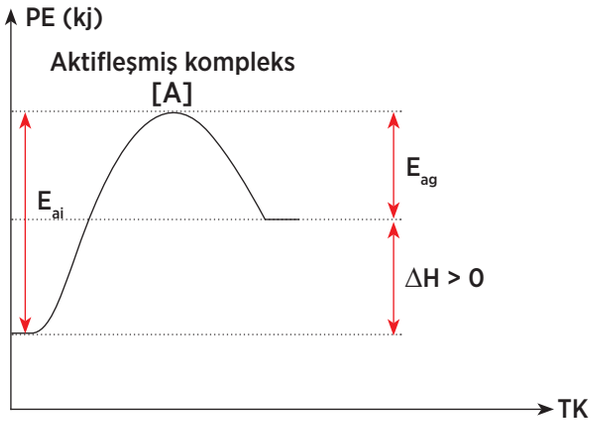
3.4.2. Potansiyel Enerji-Tepkime Koordinatı Grafikleri

Bir kimyasal tepkimenin gerçekleşebilmesi için çarpışan taneciklerin sahip olması gereken minimum enerjiye **aktifleşme (eşik) enerjisi** denir. Aktifleşme enerjisi E_a ile gösterilir. Bir tepkimede ileri yöndeki aktifleşme enerjisine **ileri aktifleşme enerjisi (E_{ai})**, geri yöndeki aktifleşme enerjisine **geri aktifleşme enerjisi (E_{ag})** adı verilir. Aktifleşme enerjisine sahip taneciklerin uygun geometride çarpışması sonucunda oluşan yüksek potansiyel enerjili, kararsız ara ürüne de **aktifleşmiş kompleks** denir.

Aşağıda endotermik ve ekzotermik tepkimelere ait potansiyel enerji-tepkime koordinatı grafikleri verilmiştir (Grafik 3.3a ve b).



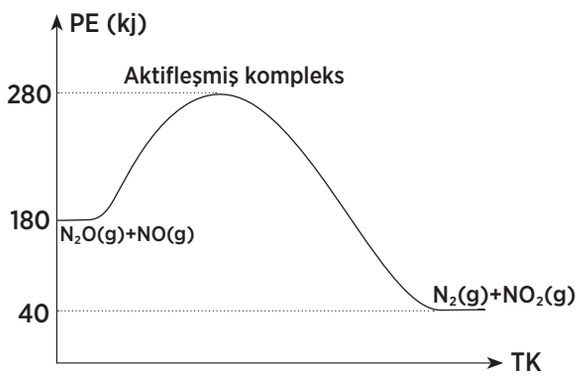
Grafik 3.3a: Ekzotermik tepkime grafiği



Grafik 3.3b: Endotermik tepkime grafiği

Örnek

Aşağıda potansiyel enerji-tepkime koordinatı grafiği verilmiştir.
Grafikten yararlanarak aşağıdaki soruları cevaplayınız.



I. Tepkime denklemini yazınız.
II. Tepkime entalpisini hesaplayınız.
III. Tepkimenin endotermik mi, ekzotermik mi olduğunu belirtiniz.

Çözüm

I. $\boldsymbol{N_2O(g) + NO(g) \rightarrow N_2(g) + NO_2(g)}$

II. $\Delta H = \sum H_{\text{ürünler}} - \sum H_{girenler}$

$\Delta H = 40 - 180$

$\boldsymbol{\Delta H = -140\ kj\ olur.}$

III. ΔH < 0 olduğu için tepkime **ekzotermiktir.**

Grafikte görüldüğü gibi tepkime entalpisi $\Delta H = E_{ai} - E_{ag}$ formülü kullanarak da hesaplanabilir.

$Ea_i = 280 - 180$ $\qquad$ $Ea_i = 100\ kj$

$Ea_g = 280 - 40$ $\qquad$ $Ea_g = 240\ kj$

$\Delta H = Ea_i - Ea_g$ $\qquad$ $\Delta H = 100 - 240$

$\boldsymbol{\Delta H = -140\ kj\ olur.}$

7. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
AKTİVASYON ENERJİSİ

Güvenlik İşaretleri

Deneyin amacı: Aktivasyon enerjisini açıklamak.

Araç gereçler: Kroze, kibrit, terazi, spatül.

Kimyasal maddeler: Amonyum dikromat [$(NH_4)_2Cr_2O_7$].

İşlem basamakları:

1. 5 gram amonyum dikromat tartarak krozenin içine koyunuz.
2. Yanan kibriti krozedeki amonyum dikromatın **üst bölgesine** yaklaştırarak katıyı ısıtınız.
3. Isıttığınız noktadaki kırmızı amonyum dikromat bileşiğinin rengi yeşile dönmeye başladığı an ısıtma işlemini sonlandırınız.
4. Gözlemlerinizi not ediniz.
5. Amonyum dikromatın bozunma tepkimesi,
   $(NH_4)_2Cr_2O_7(k) \rightarrow N_2(g) + Cr_2O_3(k) + 4H_2O(g)$ ΔH = -315 kj şeklinde gerçekleşir. Ekzotermik bir tepkime olmasına rağmen oda sıcaklığında kendiliğinden değil ancak kibrit alevi ile ısıtılarak gerçekleşmesinin sebebini yorumlayınız.
6. Çalışma ortamını temizleyiniz.
7. Yaptığınız çalışma ile ilgili rapor yazınız.

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Değerlendirme Ölçütleri		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	(10)	(8)	(5)	(3)
2	Katıyı tartar.	(10)	(8)	(5)	(3)
3	Isıtma işlemini yapar.	(20)	(15)	(10)	(5)
4	Gözlemlerini not eder.	(20)	(15)	(10)	(5)
5	Arkadaşlarıyla işbirliği yapar.	(20)	(15)	(10)	(5)
6	Çalışma ortamını temizler.	(10)	(8)	(5)	(3)
7	Rapor hazırlar.	(10)	(8)	(5)	(3)

3.4.3. Tepkime Hızlarının Ölçülmesi

Tepkime hızı, ürünlerin ya da girenlerin miktarının birim zamandaki değişimi ile hesaplanır. Tepkimeye girenlerin miktarı zamanla azaldıkça tepkime hızı da başlangıca göre giderek azalacaktır. Bu nedenle tepkime hızlarını belirlemek için **ortalama hız** kavramı kullanılır. Ortalama hız, tepkime süresince herhangi bir zaman aralığındaki madde miktarı değişiminin geçen zamana bölünmesiyle elde edilir. Tepkime hızı hesaplanırken madde miktarındaki değişim, genellikle mol veya mol/L olarak alınır. Zaman birimi olarak da genellikle saniye kullanılır.

$$Tepkime\ hızı = \frac{Madde\ miktarındaki\ değişim}{Geçen\ zaman}$$

Örneğin,

$N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$ tepkimesi için her bir maddeye göre hız ifadesi,

$r_{N_2} = -\frac{\Delta[N_2]}{\Delta t}$ $r_{H_2} = -\frac{\Delta[H_2]}{\Delta t}$ $r_{NH_3} = \frac{\Delta[NH_3]}{\Delta t}$ şeklinde ifade edilir.

Girenler tarafındaki N_2 ve H_2 gazlarının derişimi tepkime süresince azalır. Azalmayı belirtmek için hız ifadelerinin önüne eksi işareti konulur.

$N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$ tepkimesi için hızlar arasındaki matematiksel oran ise

$-\frac{r_{N_2}}{1} = -\frac{r_{H_2}}{3} = \frac{r_{NH_3}}{2}$ veya $-6r_{N_2} = -2r_{H_2} = 3r_{HN_3}$ şeklinde yazılır.

Örnek

$Mg(k) + 2HCl(suda) \rightarrow MgCl_2(suda) + H_2(g)$ tepkimesine göre 48 gram Mg metalinin tamamının tepkimeye girmesi 100 saniye sürüyor. **Buna göre H_2 gazının ortalama oluşma hızı kaç mol/s'dir? (Mg: 24 g/mol)**

Çözüm

Soruda harcanan magnezyumun kütlesi verilmiş, H_2 gazının ortalama harcanma hızı sorulmuştur. Bu nedenle magnezyumun mol sayısı hesaplanarak tepkime denkleminden H_2 gazının mol sayısına geçiş yapılır.

$n_{Mg} = \frac{m}{M_A}$ $n_{Mg} = \frac{48}{24} = 2\ mol$ tepkime katsayıları oranından, oluşan H_2 gazının da molü 2 mol olarak bulunur.

$Mg(k) + 2HCl(suda) \rightarrow MgCl_2(suda) + H_2(g)$

2 mol 2 mol

Hız biriminin mol/s olması istenmiştir. Bu nedenle birim dönüştürmeye gerek yoktur.

$r_{H_2} = \frac{\Delta n_{H_2}}{\Delta t}$ $r_{H_2} = \frac{2}{100}$ $\boldsymbol{r_{H_2} = 0,02\ mol/s\ olur.}$

8. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
TEPKİME HIZLARININ HESAPLANMASI

Güvenlik İşaretleri

Deneyin amacı: Ortalama tepkime hızını hesaplamak.

Araç gereçler: 200 mL'lik beher, saat (kronometre).

Kimyasal maddeler: Çinko metali parçaları, derişik HCl çözeltisi.

İşlem basamakları:

1. Yaklaşık 5 gram çinko tartarak kütlesini (m) not ediniz.
2. Derişik HCl çözeltisinden 100 mL alarak behere koyunuz.
3. Çinko parçalarının hepsini aynı anda beherin içine atınız ve süreyi başlatınız.
4. Tepkimeyi gözlemleyerek çinko parçalarının tükendiği an süreyi durdurunuz. Geçen süreyi (t) not ediniz.
5. **Çinkonun atom kütlesini 65 g/mol alarak mol sayısını ($n = m/M_A$) hesaplayınız.**

6. **Çinkonun ortalama harcanma hızını; mol sayısını (n) geçen süreye (t) bölerek hesaplayınız.**

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Değerlendirme Ölçütleri		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	(10)	(8)	(5)	(3)
2	Katı maddeleri tartar.	(10)	(8)	(5)	(3)
3	Mol sayısını uygun biçimde hesaplar.	(20)	(15)	(10)	(5)
4	Tepkime denklemini yazarak denkleştirir.	(20)	(15)	(10)	(5)
5	Arkadaşları ile iş birliği yapar.	(20)	(15)	(10)	(5)
6	Çalışma ortamını temizler.	(10)	(8)	(5)	(3)
7	Rapor hazırlar.	(10)	(8)	(5)	(3)

6. Sıra Sizde

$4NH_3(g) + 5O_2(g) \rightarrow 4NO(g) + 6H_2O(g)$

tepkimesine göre 34 gram NH_3 gazının tamamının yanması 30 saniye sürüyor. **Buna göre suyun oluşma hızı kaç mol/s'dir?** (H: 1 g/mol, N: 14 g/mol)

3.4.4. Homojen ve Heterojen Tepkimeler

Bir tepkime denklemindeki tüm maddeler aynı fazda ise tepkime homojen, aksi hâlde heterojendir.

$2Fe^{2+}(suda) + Sn^{4+}(suda) \rightarrow 2Fe^{3+}(suda) + Sn^{2+}(suda)$ ve $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$ tepkimelerinde tüm maddeler aynı fazda olduğundan tepkimeler homojendir.

$Mg(k) + 2HCl \rightarrow MgCl_2(suda) + H_2(g)$

tepkimesinde maddeler farklı fazlarda olduğundan tepkime heterojendir.

7. Sıra Sizde

Aşağıdaki tepkimelerin homojen mi, heterojen mi olduklarını karşılarına yazınız.

a) $CS_2(s) + 3O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2SO_2(g)$ .....

b) $NO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow NO_2(g)$ .....

c) $C_2H_5OH(g) + 3O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(g)$ .....

ç) $KClO_3(k) \rightarrow KCl(k) + \frac{3}{2}O_2(g)$ .....

d) $3Cu(k) + 8HNO_3(suda) \rightarrow 3Cu(NO_3)_2(suda) + 2NO(g) + 4H_2O(s)$ .....

3.4.5. Tek Basamaklı Tepkimelerde Hız İfadeleri

Tepkime tek bir basamakta meydana geliyorsa tepkime hızı, giren maddelerin derişimine bağlı olarak yazılır. Tepkimedeki maddelerin başlangıç derişimleri alınarak ölçülen hıza **başlangıç hızı** denir. Zamanla tepkimeye girenlerin derişimleri azalacağından başlangıç hızının ölçülmesi bize en sağlıklı sonucu verecektir.

$aA_2(g) + bB_2(g) \rightarrow cC_2(g)$ tepkimesi için hız ifadesi aşağıdaki gibi yazılır.

$$r = k[A_2]^a[B_2]^b$$

r: tepkime hızı k: hız sabiti $[A_2]$: A_2 gazının derişimi $[B_2]$: B_2 gazının derişimi

Denklemdeki katsayılar, ilgili madde derişimine üstel olarak yazılır. Katı ve sıvıların derişimleri, sabit olduğundan, hız ifadelerinde yer almaz.

Tepkime derecesi (mertebe) hız ifadesindeki üstel sayılar toplamına eşittir.

Örnek

Aşağıdaki tabloda verilen tepkime denklemleri için hız ifadelerini ve tepkime derecelerini yazınız.

Tepkime	Hız İfadesi	Tepkime Derecesi
$N_2(g) + 3H_2(g) \longrightarrow 2NH_3(g)$		
$FeO(k) + CO(g) \longrightarrow Fe(k) + CO_2(g)$		
$H_2(g) + Cl_2(g) \longrightarrow 2HCl(g)$		
$Zn(k) + 2HCl(suda) \longrightarrow ZnCl_2(suda) + H_2(g)$		

Çözüm

Tepkime	Hız İfadesi	Tepkime Derecesi
$N_2(g) + 3H_2(g) \longrightarrow 2NH_3(g)$	$r = k[N_2][H_2]^3$	4
$FeO(k) + CO(g) \longrightarrow Fe(k) + CO_2(g)$	$r = k[CO]$	1
$H_2(g) + Cl_2(g) \longrightarrow 2HCl(g)$	$r = k[H_2][Cl_2]$	2
$Zn(k) + 2HCl(suda) \longrightarrow ZnCl_2(suda) + H_2(g)$	$r = k\,[HCl]^2$	2

8. Sıra Sizde

Aşağıdaki tabloda verilen tepkime denklemleri için hız ifadelerini ve tepkime derecelerini yazınız.

	Tepkime	Hız İfadesi	Tepkime Derecesi
a)	$2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(s)$		
b)	$CaCO_3(k) \longrightarrow CaO(k) + CO_2(g)$		
c)	$CS_2(s) + 3O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2SO_2(g)$		
ç)	$Mn^{2+}(suda) + 3Fe^{3+}(suda) \longrightarrow Mn^{5+}(suda) + 3Fe^{2+}(suda)$		

3.5. TEPKİME HIZINA ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Madde cinsi, derişim, sıcaklık, katalizör ve temas yüzeyi tepkime hızına etki eder.

Madde Cinsinin Tepkime Hızına Etkisi

Bir tepkime denklemini bilmek tepkime hızını anlamak için yeterli değildir. Ancak tepkime hızı ile ilgili bazı tahmin ve değerlendirmeler yapılabilir. Bu değerlendirmelerden bazıları şunlardır:

1. Tepkime sırasında kopan ve oluşan bağ sayısı ne kadar fazla ise tepkime o ölçüde yavaş gerçekleşir.

$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(g)$ $(Hızlı)$ $C_6H_{12}(g) + 9O_2(g) \rightarrow 6CO_2(g) + 6H_2O(g)$ $(Yavaş)$

2. İyonlar arasında, sadece elektron alışverişi ile gerçekleşen tepkimeler hızlıdır. Zıt yüklü iyonlar arasındaki tepkimeler ise çok hızlıdır.

$Co^{2+}(suda) + Ag^{+}(suda) \rightarrow Co^{3+}(suda) + Ag(k)$ $(Hızlı)$

$Ag^{+}(suda) + Cl^{-}(suda) \rightarrow AgCl(k)$ $(Çok\ hızlı)$

3. Katı maddeler sadece yüzeylerinden tepkimeye girebilir. Bu nedenle genellikle katı faz tepkimeleri, gaz fazındaki ve çözelti içindeki tepkimelere göre daha yavaştır.

$2Fe(k) + \frac{3}{2}O_2(g) \rightarrow Fe_2O_3(k)$ $(Yavaş)$ $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(s)$ $(Hızlı)$

Örnek

Aşağıdaki tepkimeleri hızlıdan yavaşa doğru sıralayınız.

I. $H^{+}(suda) + OH^{-}(suda) \rightarrow H_2O(s)$

II. $C_4H_8(g) + 6O_2(g) \rightarrow 4CO_2(g) + 4H_2O(g)$

III. $Fe^{3+}(suda) + Cu(k) \rightarrow Fe^{2+}(suda) + Cu^{+}(suda)$

IV. $CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$

Çözüm

I. tepkime zıt yüklü iyonlar arasında gerçekleştiği için en hızlıdır. III. tepkime iyonlar arasında sadece elektron alışverişi ile olduğu için II. ve IV. tepkimelerden daha hızlıdır. IV. tepkimede kırılan ve oluşan bağlar II. tepkimedekinden daha az olduğundan IV. tepkime II. tepkimeden hızlıdır.

Tepkime hızları arasındaki ilişki **I > III > IV > II** olur.

Derişimin Tepkime Hızına Etkisi

Derişim arttıkça birim zamandaki çarpışma sayısı arttığı için tepkime hızlanır. Derişimin tepkime hızına etkisi hız denklemleri ile hesaplanabilir.

Yaparak Öğrenelim

Gerekli malzemeler: %30'luk H_2O_2, doygun KI çözeltisi, sıvı sabun, gıda boyası, iki adet 100 mL'lik cam balon, saf su.

Yapılışı: (**DİKKAT:** Tepkimenin yavaş gerçekleşmesini istiyorsanız peroksit derişimini düşürebilirsiniz.)

1. Deneyi kolay temizlenebilecek geniş bir yüzeyde ya da bahçede yapınız.
2. Etkinliğe başlamadan arkadaşlarınızla görevleri paylaşınız.
3. Her iki cam balona 10 mL sıvı sabun dökünüz.
4. Cam balonlardan birine 15 mL H_2O_2 döküp üzerine 10 mL saf su ekleyiniz. Diğer cam balona ise 25 mL H_2O_2 dökünüz.
5. Cam balonlara istediğiniz renklerde birkaç damla gıda boyası damlatınız.
6. Sırası ile her iki cam balona yirmişer mL KI çözeltisi ilave edip değişimi gözlemleyiniz.

Cam balonlarda gözlemlediğiniz olaylar arasındaki farkı belirleyiniz. Bu farkın sebebini açıklayınız.

Örnek

Tek basamakta gerçekleşen $N_2(g) + 3F_2(g) \rightarrow 2NF_3(g)$ tepkimesinin 40 °C sıcaklıktaki hızı $2x10^{-2}$ mol/Ls olarak ölçülmüştür. Sıcaklık değiştirilmeden $N_2(g)$ derişimi yarıya düşürülüp $F_2(g)$ derişimi 3 katına çıkarılıyor. **Son durumdaki tepkime hızını hesaplayınız.**

Çözüm

Tepkimenin hız ifadesi **$r = k[N_2][F_2]^3$** şeklinde yazılır. Hız ifadesine göre; N_2 derişimi yarıya düşerse hız da yarıya düşer. Hız $2x10^{-2}$ mol/Ls iken yarıya düştüğünde $1x10^{-2}$ mol/Ls olur. F_2 derişimi 3 katına çıkarsa hız $(3)^3$ = 27 kat artar. Buna göre tepkime hızı 27 x $(1x10^{-2})$ = **27.10^{-2} mol/Ls olur.**

9. Sıra Sizde

$2SO_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2SO_3(g)$

tek basamaklı tepkimesi sabit sıcaklıkta gerçekleşmektedir. **Sadece SO_2 gazının derişimi 2 katına çıkarılırsa tepkime hızı nasıl değişir?**

Örnek

N_2 ve O_2 gazları arasında gerçekleşen bir tepkimenin hız ifadesini belirlemek için bazı deneyler yapılmıştır. Deneylerde N_2 ve O_2 gazlarının derişimi değiştirilerek tepkime hızı ölçülmüştür. Deney sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Deney	$[N_2]$	$[O_2]$	Hız (mol/Ls)
1	1	2	$4x10^{-3}$
2	2	2	$8x10^{-3}$
3	1	4	$16x10^{-3}$

Tablodaki verilerden yararlanarak tepkimenin hız ifadesini ve hız sabiti k'nin sayısal değerini bulunuz.

Çözüm

Deney verilerindeki derişimlerle hızlar arasındaki ilişki incelenir. Tabloda sadece N_2 derişiminin değiştiği iki deney aranır. 1. ve 2. deney bu koşula uyar.

Deney	$[N_2]$	$[O_2]$	Hız (mol/Ls)
1	1	2	$4x10^{-3}$
2	2	2	$8x10^{-3}$

N_2 derişimi iki katına çıktığında hız da iki katına çıkmıştır. Hız N_2 derişiminin birinci kuvvetiyle doğru orantılıdır. ($r \alpha [N_2]$)

Bu kez tabloda sadece O_2 derişiminin değiştiği iki deney aranır. 1. ve 3. deneyler bu koşula uyar.

Deney	$[N_2]$	$[O_2]$	Hız (mol/Ls)
1	1	2	$4x10^{-3}$
3	1	4	$16x10^{-3}$

O_2 derişimi iki katına çıktığında hız dört katına çıkmıştır. Hız O_2 derişiminin karesiyle doğru orantılıdır. ($r \alpha [O_2]^2$)

Bulunan iki orantı birleştirilir ve hız sabiti ile çarpılırsa hız denklemi aşağıdaki gibi yazılır.

$r = k[N_2][O_2]^2$

Tablodaki deney verilerinden herhangi biri hız ifadesinde yerine yazılarak hız sabiti hesaplanabilir. Hesaplamanın kolaylığı açısından 1. deney verileri tercih edilebilir.

$4x10^{-3} = kx1x2^2$ **$k = 10^{-3}$ bulunur.**

10. Sıra Sizde

Aşağıdaki tabloda H_2S ve O_2 gazları arasında gerçekleşen bir tepkimenin hız ifadesini belirlemek için yapılan deneyin sonuçları verilmiştir.

Deney	$[H_2S]$	$[O_2]$	Hız (mol/Ls)
1	1	1	$1x10^{-2}$
2	3	1	$9x10^{-2}$
3	1	2	$8x10^{-2}$

Tablodaki verilerden yararlanarak tepkimenin hız ifadesini ve hız sabiti k'nin sayısal değerini bulunuz.

9. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
DERİŞİMİN TEPKİME HIZINA ETKİSİ

Güvenlik İşaretleri

Deneyin amacı: Farklı derişimlerin tepkime hızına etkisini gözlemlemek.

Araç gereçler: 3 adet beher, dereceli silindir, kronometre.

Kimyasal maddeler: 0,2 molar sodyum tiyosülfat çözeltisi ($Na_2S_2O_3$), seyreltik HCl çözeltisi, saf su.

İşlem basamakları:

Dikkat: Deneyi iyi havalandırılan bir ortamda yapınız. Açığa çıkan gazları solumayınız.

1. Üç farklı beher alınız. İlk behere 50 mL, ikinci behere 30 mL ve üçüncü behere 10 mL sodyum tiyosülfat çözeltisi koyunuz.
2. 2 ve 3. beherdeki çözelti hacmini saf su ekleyerek 50 mL'ye tamamlayınız.
3. Her üç beheri üzerinde X işareti bulunan kâğıtların üzerine koyunuz.
4. Birinci behere 5 mL seyreltik HCl çözeltisi ekleyip kronometreyi çalıştırınız.
5. Behere yukardan bakınız. X işareti görülmediği an kronometreyi durdurunuz. Geçen süreyi verilen tablodaki ilk satıra not ediniz.
6. Aynı işlemi 2 ve 3. beher için tekrarlayınız. Ölçtüğünüz süreleri tablodaki ilgili satıra not ediniz.
7. Her üç beherde gerçekleşen tepkimelerin hızlarını kıyaslayınız.
8. Çalışma ortamını temizleyiniz.
9. Yaptığınız çalışma ile ilgili rapor yazınız.

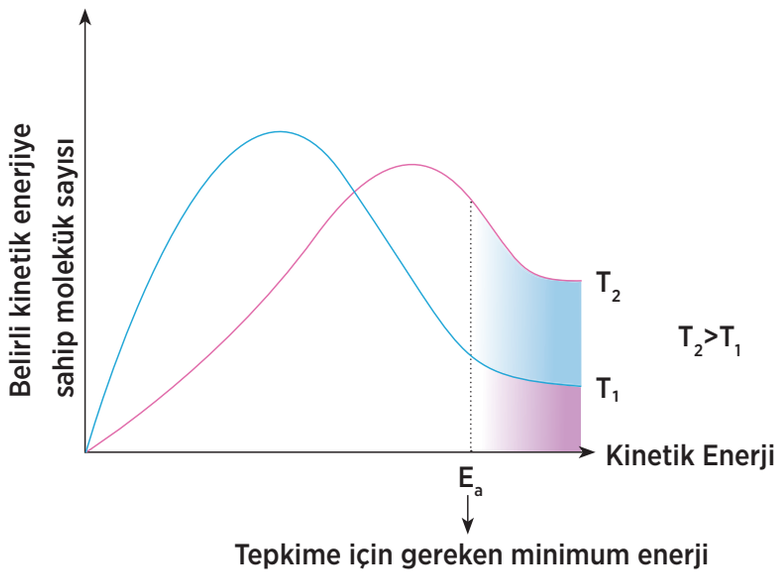
	0,2 M $Na_2S_2O_3$ Hacmi (mL)	**İlave Edilen Su (mL)**	**Geçen Süre**
1	50	0	
2	30	20	
3	10	40	

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Değerlendirme Ölçütleri		**Performans Düzeyi**			
		Çok İyi	**İyi**	**Orta**	**Geliştirilebilir**
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	(10)	(8)	(5)	(3)
2	Çözelti hacimlerini ölçer.	(10)	(8)	(5)	(3)
3	Seyreltme işlemini yaparak farklı derişimlerde çözelti hazırlar.	(20)	(15)	(10)	(5)
4	Süre ölçümlerini yapar.	(20)	(15)	(10)	(5)
5	Deney verilerini verilen tabloya yazar.	(20)	(15)	(10)	(5)
6	Çalışma ortamını temizler.	(10)	(8)	(5)	(3)
7	Rapor hazırlar.	(10)	(8)	(5)	(3)

Sıcaklığın Tepkime Hızına Etkisi

Sıcaklık arttıkça taneciklerin ortalama kinetik enerjileri ve hızları artar (Grafik 3.4). Bu durum birim zamandaki çarpışma sayısını artırır. Daha yüksek enerjili taneciklerin çarpışması etkin çarpışma sayısını da artırır. Sıcaklık artışı tüm tepkimeleri hızlandırır. Hız denklemlerinde sıcaklığın etkisi hız sabitinin sayısal değerinin artması ile kendini gösterir.



Grafik 3.4: Sıcaklığın taneciklerin kinetik enerjisi üzerindeki etkisi

Örnek

Kapalı bir kapta $2CO(g) + 2NO(g) \rightarrow 2CO_2(g) + N_2(g)$ tepkimesi gerçekleşiyor.
Kaptaki sıcaklık artırılırsa
a) tepkime hızı,
b) gaz taneciklerinin kinetik enerjisi,
c) gaz taneciklerinin birim zamandaki çarpışma sayısı,
ç) tepkimenin aktifleşme enerjisi,
d) birim zamanda oluşan aktifleşmiş kompleks sayısı
nasıl değişir?

Çözüm

a) Sıcaklığın artması taneciklerin kinetik enerjisini artırır. Kinetik enerjisi artan tanecikler birbirleri ile daha hızlı çarpışırlar. Böylece birim hacimdeki etkin çarpışma sayısı arttığından **tepkime hızı artar.**
b) Kinetik enerji sıcaklıkla doğru orantılı olarak artacağından, **gaz taneciklerinin kinetik enerjisi artar.**
c) Sıcaklık artışı tepkime hızını artıracağından **gaz taneciklerinin birim zamandaki çarpışma sayısı artar.**
ç) Sıcaklık değişimi **aktifleşme enerjisinin değerini değiştirmez.**
d) Sıcaklığın artması ile **birim zamanda oluşan aktifleşmiş kompleks sayısı artar.**

10. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
SICAKLIĞIN TEPKİME HIZINA ETKİSİ

Güvenlik İşaretleri

Deneyin amacı: Sıcaklığın tepkime hızına etkisini gözlemlemek.

Araç gereçler: 6 adet deney tüpü, mezür, pipet, beher, ısıtıcı, termometre, etiket, saat (kronometre).

Kimyasal maddeler: $5x10^{-4}$ molar $KMnO_4$ çözeltisi, $2,5x10^{-3}$ molar $H_2C_2O_4$ çözeltisi, 0,25 molar H_2SO_4 çözeltisi.

İşlem basamakları: (Standart çözeltileri seyrelterek aşırı seyreltik çözeltiler hazırlanabilir.) (Hesaplamalarda $M_1V_1=M_2V_2$ formülünü kullanınız.)

1. Deney tüplerini 1'den 6'ya kadar numaralandırınız.
2. İlk üç deney tüpüne $5x10^{-4}$ molar $KMnO_4$ çözeltisinden beşer mL koyunuz. Her birine 0,25 molar H_2SO_4 çözeltisinden birer mL ekleyiniz.
3. Diğer üç deney tüpüne dokuzar mL $2,5x10^{-3}$ molar $H_2C_2O_4$ çözeltisi koyunuz.
4. Laboratuvarın sıcaklığını ölçerek not ediniz.
5. 1. ve 4. deney tüplerini karıştırıp kronometreyi çalıştırınız.
6. Tepkime tamamlandığında (mor renk kaybolduğunda veya gaz çıkışı durduğunda) kronometreyi durdurup geçen süreyi not ediniz.
7. Beher içine su ekleyerek ısıtıcıyı çalıştırınız.
8. 50 °C sıcaklıktaki su banyosunda 2. deney tüpünün içine 5. deney tüpünü boşaltarak kronometreyi çalıştırınız. Tepkime tamamlandığında geçen süreyi not alınız.
9. Beher içindeki suyu kaynatarak sıcaklığını ölçünüz.
10. Kaynar su içinde 3. deney tüpüne 6. deney tüpünü boşaltarak kronometreyi çalıştırınız. Tepkime tamamlandığında geçen süreyi not alınız.
11. Farklı sıcaklıklarda gerçekleşen üç tepkimenin hızlarını kıyaslayınız.

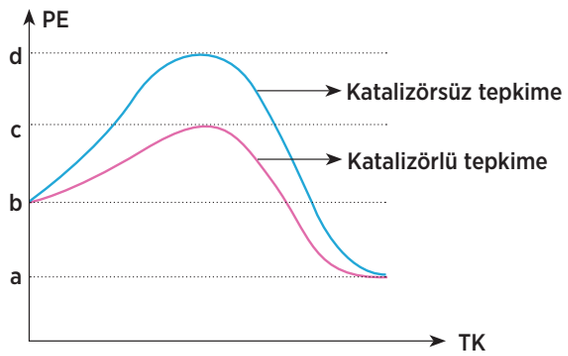
Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

	Değerlendirme Ölçütleri	Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	(10)	(8)	(5)	(3)
2	Çözelti hacimlerini ölçer.	(10)	(8)	(5)	(3)
3	Sıcaklığı ölçer.	(20)	(15)	(10)	(5)
4	Tepkimeleri gerçekleştirir.	(20)	(15)	(10)	(5)
5	Tepkimenin tamamlandığı anı belirler ve süreyi not alır.	(20)	(15)	(10)	(5)
6	Çalışma ortamını temizler.	(10)	(8)	(5)	(3)
7	Rapor hazırlar.	(10)	(8)	(5)	(3)

Katalizörün Tepkime Hızına Etkisi

Katalizör, tepkimenin mekanizmasını (izlediği yolu) değiştirir. Aktifleşme enerjisini düşürerek tepkimeyi hızlandırır (Grafik 3.5). İnhibitör (negatif katalizör) aktifleşme enerjisini artırarak tepkimeyi yavaşlatır. Katalizörler tepkime entalpisini değiştirmez, tepkimede harcanmaz, tekrar kullanılabilir.

Katalizör ve inhibitör hız sabitinin sayısal değerini değiştirir. Katalizörler tepkime okunun üzerine yazılarak da gösterilebilir. $C_2H_2(g) + H_2(g) \xrightarrow{Pt} C_2H_4(g)$ tepkimesinde platin (Pt) katalizördür.



Grafik 3.5: Katalizörlü ve katalizörsüz tepkimenin potansiyel enerji-tepkime koordinatı grafiği

Yaparak Öğrenelim

Gerekli malzemeler: %30'luk H_2O_2, 0,1M $Fe(NO_3)_3$, 0,1M Na_3PO_4, 100 mL'lik cam balon, pipet.

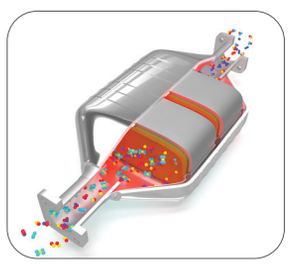
Yapılışı:

1. Cam balon içerisine 25 mL H_2O_2 dökünüz.
2. Cam balona 3 damla $Fe(NO_3)_3$ çözeltisinden damlatıp değişimi gözlemleyiniz.
3. Cam balona 3 damla Na_3PO_4 çözeltisi ekleyip değişimi gözlemleyiniz.

H_2O_2 kendiliğinden su ve oksijen gazına ayrışma eğilimindedir. $Fe(NO_3)_3$ ve Na_3PO_4 maddelerinin bu ayrışma reaksiyonuna etkilerini yorumlayınız.

Hangisi katalizör, hangisi inhibitör olarak nitelendirilir? Açıklayınız.

Nerede Kullanıyoruz?



Katalizörler sanayide çok yaygın kullanılmaktadır. En yaygın kullanım alanı motorlu araçların egzoz sistemlerinde yer alan katalitik konvertörlerdir.

Egzoz gazlarında yanmamış hidrokarbonlar (sadece C ve H içeren bileşikler), azot oksitler (NO ve NO_2) ve karbonmonoksit (CO) gibi zararlı gazlar bulunur. Bu gazlar şehirlerde, özellikle trafiğin yoğun olduğu bölgelerde ciddi hava kirliliğine sebep olur. Çevreyi kirletir, insan sağlığına zarar verir. Egzoz gazlarından kaynaklanan kirliliği azaltmak için katalitik konvertörler kullanılmaktadır.

Katalitik konvertör NO ve NO_2 gazlarını N_2 ve O_2 gazlarına ayrıştırır. Açığa çıkan O_2 gazı yanmamış hidrokarbonların yakılması ve karbonmonoksitin karbondioksite dönüştürülmesinde kullanılır. Katalizörün yüzey alanını artırmak için konvertörün içine petek şeklinde ince borular yerleştirilmiştir. Katalitik konvertör zararlı gazların önemli kısmını daha az zararlı ya da zararsız türden maddelere dönüştürür.

11. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
KATALİZÖRÜN TEPKİME HIZINA ETKİSİ

Güvenlik İşaretleri

Deneyin amacı: Katalizörün tepkime hızına etkisini gözlemlemek.

Araç gereçler: 2 adet 50 mL'lik dereceli silindir, pipet, kronometre.

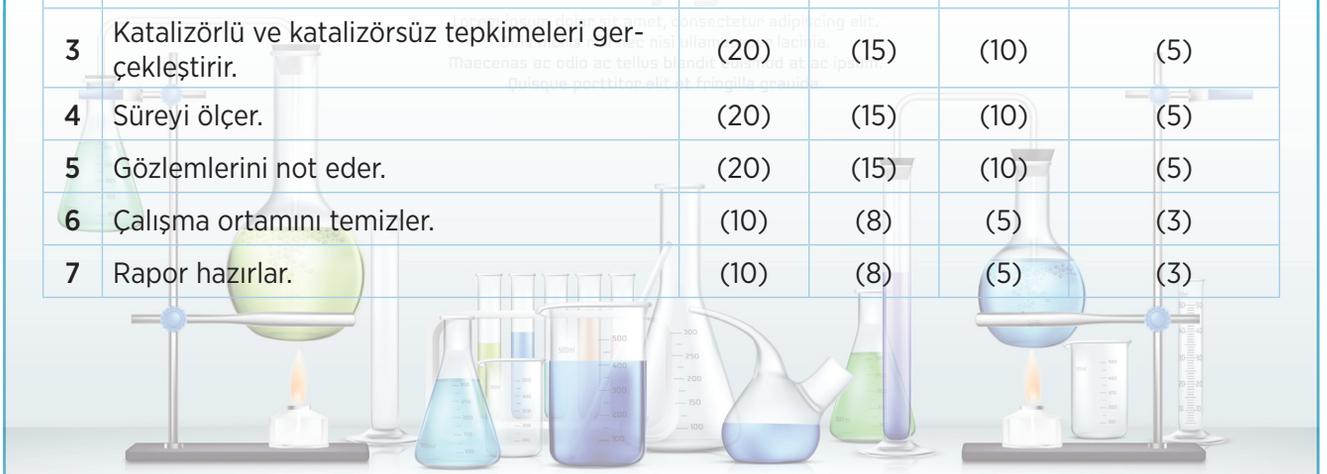
Kimyasal maddeler: 0,1 M $Fe(NO_3)_3$ (veya $FeCl_3$) çözeltisi, 0,1 M $Na_2S_2O_3$ çözeltisi, 0,1 M $FeSO_4$ çözeltisi ve 0,1 M $CuSO_4$ çözeltisi.

İşlem basamakları:

1. Bir parça kâğıt üzerine X işareti koyunuz.
2. 50 mL'lik dereceli silindir içine 20 mL 0,1 M $Na_2S_2O_3$ çözeltisi koyarak X işaretini ortalayıp kâğıdın üzerine yerleştiriniz.
3. Diğer dereceli silindirin içine 20 mL 0,1 M $Fe(NO_3)_3$ çözeltisi koyunuz.
4. Hazırladığınız $Fe(NO_3)_3$ çözeltisinin tamamını içinde $Na_2S_2O_3$ bulunan dereceli silindire ekleyip kronometreyi çalıştırınız.
5. Dereceli silindire üstten bakarak kâğıttaki X işaretini görebildiğiniz an kronometreyi durdurup geçen süreyi not ediniz.
6. Aynı deneyi 2 defa tekrarlayınız. Ancak 3. aşamadan sonra karışıma ilk seferinde 1 damla 0,1 M $FeSO_4$, 2. seferinde 1 damla 0,1 M $CuSO_4$ çözeltisi ekleyiniz.
7. **Katalizörsüz ve katalizörlü tepkimelerde belirgin bir hız farkı gözlemlediniz mi? Hangi katalizör daha etkilidir? Açıklayınız.**

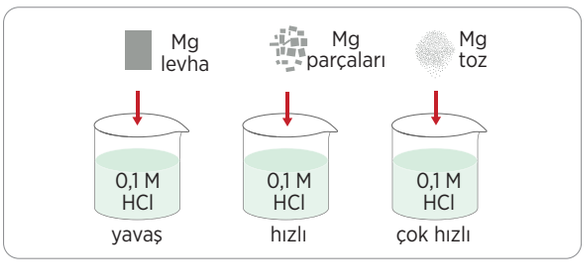
Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

	Değerlendirme Ölçütleri	Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	(10)	(8)	(5)	(3)
2	Çözelti hacimlerini ölçer.	(10)	(8)	(5)	(3)
3	Katalizörlü ve katalizörsüz tepkimeleri gerçekleştirir.	(20)	(15)	(10)	(5)
4	Süreyi ölçer.	(20)	(15)	(10)	(5)
5	Gözlemlerini not eder.	(20)	(15)	(10)	(5)
6	Çalışma ortamını temizler.	(10)	(8)	(5)	(3)
7	Rapor hazırlar.	(10)	(8)	(5)	(3)



Tepkime Hızına Temas Yüzeyinin Etkisi

Aynı fiziksel hâlde bulunmayan maddelerin tepkimelerinde hız, temas yüzeyine bağlıdır. Bir katı, küçük parçalara ayrıldıkça toplam yüzey alanı artar. Temas yüzeyi arttıkça tepkime hızlanır. Odun talaş hâline getirildiğinde daha hızlı yanar, magnezyum metali toz hâlde asitle daha hızlı reaksiyon verir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3: Temas yüzeyi-tepkime hızı ilişkisi

3.5.1. Mekanizmalı Tepkimelerde Hız

Birden çok basamakta gerçekleşen tepkimelere **mekanizmalı tepkimeler** denir.

Mekanizmalı tepkimelerde tepkime hızını en yavaş basamak belirler.

Şekil 3.4'de beherlerin farklı dizilimli üç huni kullanılarak su ile doldurulması verilmiştir. Her iki durumda çapı en küçük huni beherin doldurulma hızını belirler. Görseldeki küçük huni tepkimelerdeki yavaş basamağa benzetilebilir.

Örneğin, $H_2O_2 + 2I^- + 2H_3O^+ \rightarrow 4H_2O + I_2$ tepkimesi yandaki gibi üç basamakta gerçekleşmektedir.

$$I.\ H_2O_2 + I^- \rightarrow H_2O + IO^- \quad (yavaş)$$

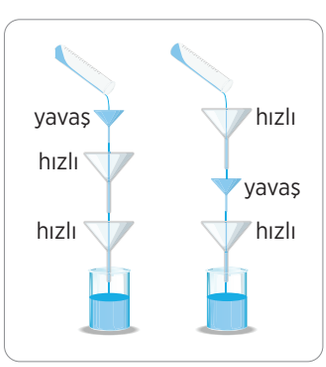
$$II.\ IO^- + H_3O^+ \rightarrow HIO + H_2O \quad (hızlı)$$

$$III.\ HIO + H_3O^+ + I^- \rightarrow 2H_2O + I_2 \quad (hızlı)$$

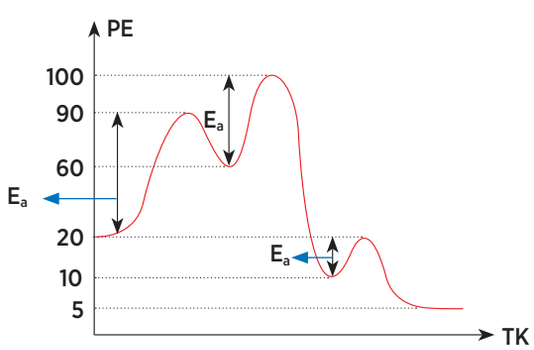
Genellikle basamakların hızları için tepkime sonlarında bilgi verilir. I. basamak yavaş, diğer ikisi ise hızlıdır. Bu nedenle net tepkimenin hızını yavaş olan I. basamak belirler.

Mekanizmalı tepkimelerin potansiyel enerji diyagramında birden fazla tepe bulunur (Grafik 3.6). Her tepe mekanizmadaki bir tepkimeyi ifade eder. Aktifleşme enerjisi en büyük olan tepkime aynı zamanda en yavaş tepkimedir.

Mekanizmalı bir tepkimede kullanılacak katalizör, en yavaş basamağa etki edecek şekilde seçilmelidir. Katalizör, yavaş basamakta tepkimeye girerek genellikle sonraki basamaklarda değişmeden ürün olarak çıkar. Ara ürünler ise bir basamakta ürün olarak oluşan ve sonraki basamakta harcanan maddelerdir. Ara ürünler ve katalizörler net tepkimede yer almaz.



Şekil 3.4: Yavaş basamak-küçük huni modellemesi.



Grafik 3.6: Mekanizmalı tepkimelerin potansiyel enerji diyagramı

Örnek

İki basamakta gerçekleşen bir tepkimenin yavaş ve hızlı adımı

I. $H_2O_2(suda) + I^-(suda) \rightarrow H_2O(s) + IO^-(suda) \quad (Yavaş)$

II. $H_2O_2(suda) + IO^-(suda) \rightarrow H_2O(s) + I^-(suda) + O_2(g) \quad (Hızlı)$ olarak verilmiştir.

a) Net tepkimeyi yazınız.

b) Katalizör ve ara ürünü bulunuz.

Çözüm

a) I. ve II. tepkime basamakları toplanır.

I. basamak: $H_2O_2(suda) + \cancel{I^-}(suda) \rightarrow H_2O(s) + \cancel{IO^-}(suda) \quad (Yavaş)$

\+ **II. basamak:** $H_2O_2(suda) + \cancel{IO^-}(suda) \rightarrow H_2O(s) + \cancel{I^-}(suda) + O_2(g) \quad (Hızlı)$

Net tepkime: $2H_2O_2(suda) \rightarrow 2H_2O(s) + O_2(g)$ olarak bulunur.

b) I^-(suda), yavaş basamakta tepkimeye girmiş ve hızlı olan basamakta ürün olarak değişmeden çıkmıştır. **I^-(suda) katalizördür.**

IO^-(suda), I. basamakta ürün olarak oluşmuş ve II. basamakta harcanarak tükenmiştir.

IO^-(suda) ara üründür.

11. Sıra Sizde

İki basamakta gerçekleşen bir tepkimenin basamakları aşağıda verilmiştir.

I. $Br_2(suda) + H_2O_2(suda) \rightarrow 2Br^-(suda) + 2H^+(suda) + O_2(g)$

II. $H_2O_2(suda) + 2Br^-(suda) + 2H^+(suda) \rightarrow Br_2(suda) + 2H_2O(s)$

Buna göre

a) Net tepkimeyi yazınız.

b) Katalizör ve ara ürünü gösteriniz.

A. Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. Yakıt seçerken dikkat edilmesi gereken özellikler neler olmalıdır? Yazınız.

.....

.....

.....

2. Endotermik tepkimelerde maddelerin aldığı ısı nereye gider? Açıklayınız.

.....

.....

.....

3. Tepkimelerin hızlı veya yavaş gerçekleşmesinin nedenleri nedir? Açıklayınız.

.....

.....

.....

4. Kömürlerin toz hâlinde değil de parça kömür veya sıkma kömür hâlinde satılmalarının sebebi nedir? Açıklayınız.

.....

.....

.....

5. Tepkimelerin gerçekleşmesi için bir aktifleşme enerjisi (eşik enerjisi) olmasaydı ne gibi sonuçlar ortaya çıkardı? Açıklayınız.

.....

.....

.....

B. Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

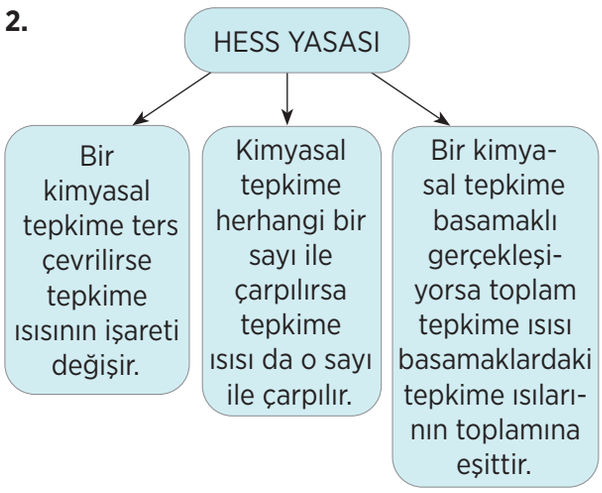
1. $A_2(g) + B_2(g) \rightarrow 2AB(g) + 80$ kj **tepkimesine göre**

I. Tepkime 80 kj ısı almıştır.
II. Sıcaklık artırılırsa tepkime daha yavaş gerçekleşir.
III. Tepkimenin gerçekleştiği kap ısınır.

yargılarından hangisi / hangileri doğrudur?

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

2.



Yukarıdaki kavram haritası kullanılarak basamaklı $2FeO(k) + 1/2\ O_2(g) \rightarrow Fe_2O_3(k)$ tepkimesinin entalpisi (ΔH) hesaplanmak isteniyor. **Tepkimenin basamakları,**

I. basamak: $2Fe(k) + 3/2\ O_2(g) \rightarrow Fe_2O_3(k)$
$\Delta H_1 = -824$ kj

II. basamak: $Fe(k) + 1/2\ O_2(g) \rightarrow FeO(k)$
$\Delta H_2 = -250$ kj

ise tepkime entalpisini hesaplamak için basamaklarda yapılması gereken işlemler ve entalpi değeri hangi seçenekte doğru verilmiştir?

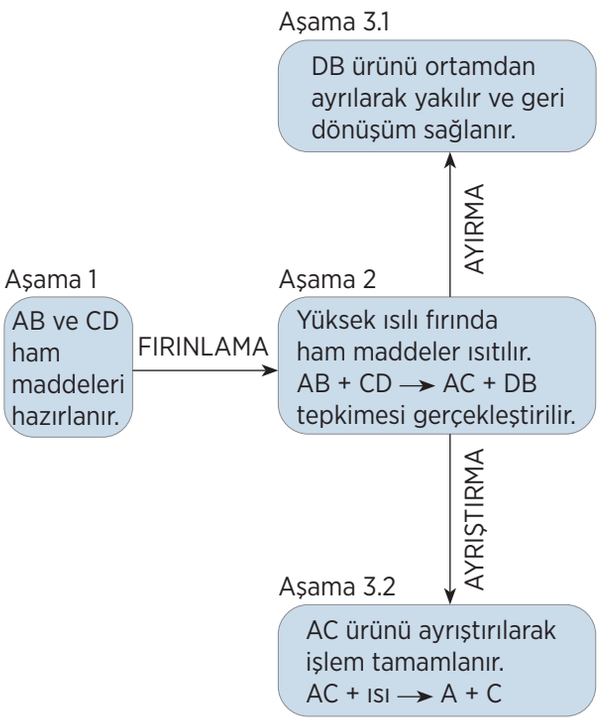
	I. basamak	II. basamak	Tepkime Entalpisi (ΔH, kj)
A)	Ters çevrilir.	2 ile çarpılır.	+324
B)	2 ile çarpılır.	Ters çevrilip 2 ile çarpılır.	-1074
C)	Aynı kalır.	Ters çevrilip 2 ile çarpılır.	-324
D)	Ters çevrilir.	Ters çevrilir.	+1074
E)	Aynı kalır.	Ters çevrilir.	-574

3. I. $N_2(g) + 2O_2(g) \rightarrow 2NO_2(g)$ $\Delta H = +66$ kj
II. $S(k) + O_2(g) \rightarrow SO_2(g) + 297$ kj
III. $H_2(g) + I_2(g) + 53$ kj $\rightarrow 2HI(g)$

Yukarıdaki tepkimelerden hangisi / hangileri <u>ekzotermiktir</u>?

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

4. Üretim öncesi gerekli hesaplamaların yapılması ve ham maddelerin doğru seçimi önemlidir. İsrafı engellemek için yeteri kadar malzeme kullanılması gerekir. Üretim sırasında gerçekleşen olaylar hakkında bilgi sahibi olunmalı ve aşamalar doğru uygulanmalıdır. Bu sayede hem madde kaybı azalır hem de enerji tasarrufu sağlanır.



Yukarıda verilen üretim aşamalarıyla ilgili verilen bilgilerden hangisi yanlıştır?

A) Entalpi madde miktarına bağlı olduğundan 1. aşamada fırına daha fazla madde konulursa daha fazla enerji harcanması gerekir.

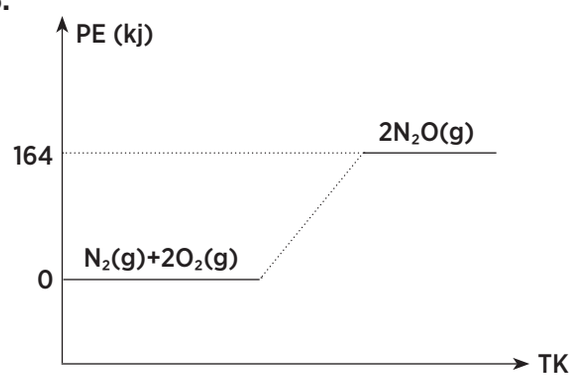
B) Endotermik tepkimeler ısı alarak gerçekleştiğine göre 2. aşamadaki tepkime endotermik olabilir.

C) Yanma olayı ekzotermik olarak gerçekleştiği için aşama 3.1'de olayın gerçekleştiği kap ısınır.

D) Ayrıştırma işlemleri sırasında ısı alındığı için aşama 3.2'de olayın gerçekleştiği kap soğur.

E) Bağların kırılması olayı endotermiktir. Bu yüzden 2. aşamadaki ısıtıcı gücü artırılırsa bağlar daha zor kırılır.

5.



Yukarıda verilen potansiyel enerji-tepkime koordinatı grafiğine göre aşağıdaki ifadelerden hangisi doğrudur?

A) Tepkime ekzotermiktir.

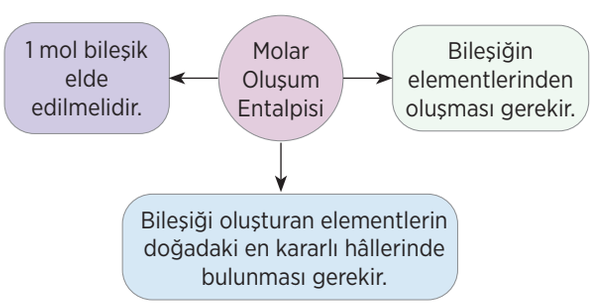
B) Tepkime denklemi $2N_2O(g) \rightarrow N_2(g) + 2O_2(g)$ şeklinde yazılır.

C) Tepkime entalpisi N_2O gazının molar oluşum entalpisine eşittir.

D) Tepkime entalpisi +164 kj'dür.

E) Tepkime ısısı, tepkime denkleminde ürünler tarafına yazılmalıdır.

6. Aşağıda molar oluşum entalpileri ile ilgili bir kavram haritası verilmiştir.



Yukarıdaki kavram haritasına göre aşağıda verilen tepkimelerden hangisinin entalpisi molar oluşum entalpisi olarak adlandırılabilir?

A) $SO_2(g) + 1/2O_2(g) \rightarrow SO_3(g)$

B) $H_2(g) + 1/2O_2(g) \rightarrow H_2O(s)$

C) $C_2H_4(g) + H_2(g) \rightarrow C_2H_6(g)$

D) $H_2(s) + 1/2O_2(s) \rightarrow H_2O(s)$

E) $N_2O_4(g) \rightarrow 2NO_2(g)$

7. Soğutma sistemlerinde kullanılan soğutucu akışkanlar ortamdan ısı çekerek kolayca buharlaşıp tekrar yoğuşabilen maddelerdir. Freon sıvısı ($CHCl_2F$) bunlardan biridir. 1 mol freon sıvısı buhar hâle geçerken [$CHCl_2F(s) + 25\ kj \rightarrow CHCl_2F(g)$] ortamdan 25 kj ısı çeker.

Buna göre, normal şartlar altında bulunan 360 gram suyu dondurmak için kaç mol freon sıvısı buhar hâle getirilmelidir? (Su için molar donma ısısı 5 kj'dür.) (H=1 g/mol, O = 16 g/mol)

A) 2 B) 4 C) 5 D) 6 E) 8

8. Bir tepkimede kırılan ve oluşan bağ enerjileri bilinirse tepkime entalpisi hesaplanabilir.

Aşağıdaki tabloda 25 °C'taki bağ enerjileri verilmiştir.

BAĞ TÜRÜ	BAĞ ENERJİSİ (kj/mol)
C = O	750
O = O	500
O – H	450
C – H	400

Tabloda verilen bağ enerjilerine göre $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$ tepkimesinin entalpisi kaç kj/mol'dür?

A) -700 B) -300 C) -150 D) +300 E) +700

9.

Bileşik	Molar oluşum Isısı (kj/mol)
$C_2H_4(g)$	+52
$CO_2(g)$	-394
$H_2O(g)$	-242

Yukarıdaki tabloda bazı bileşiklerin oluşma ısıları verilmiştir. **Buna göre**

$C_2H_4(g) + 3O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 2H_2O(g)$

tepkimesinin entalpisi kaç kj'dür?

A) -1324 B) -1272 C) -688 D) +1272 E) +1324

10. I. Büyük parçalar hâlindeki çinko metalini toz hâline getirerek asitle etkileştirdiğimizde H_2 gazının daha hızlı çıktığının gözlenmesi

II. Demir metalinin 1 M HCl asitinde 0,1 M HCl asitine göre daha hızlı tepkime vermesi

III. Sıcak ortamda bırakılan besinlere göre soğukta saklanan besinlerin bozulmasının yavaşlaması

IV. Karaciğerdeki hidrojen peroksitin katalaz enzimi yardımı ile H_2 ve O_2'ye daha hızlı ayrışması

Aşağıdaki seçeneklerden hangisinde verilen özellik yukarıda verilen olaylardaki hız değişimlerinin sebeplerinden biri <u>değildir</u>?

A) Sıcaklığın değiştirilmesi
B) Derişimin değiştirilmesi
C) Temas yüzeyinin artırılması
D) Madde türünün değiştirilmesi
E) Katalizör kullanılması

11. Bir kimyasal tepkimenin gerçekleşebilmesi için taneciklerin yeterli enerjiyle ve uygun geometriyle çarpışması gerekir. Birim zamanda ne kadar çok çarpışma gerçekleşirse tepkime o ölçüde hızlıdır. Çarpışma sonucunda oluşan, çarpışan tüm tanecikleri içeren yüksek enerjili ara ürüne **aktifleşmiş kompleks** denir. Aktifleşmiş kompleks kararsızdır. Kısa sürede bozunarak ürüne dönüşebileceği gibi tekrar başlangıç durumuna geri dönebilir.

Yukarıdaki metne göre aşağıdaki ifadelerden hangisi <u>yanlıştır</u>?

A) Birim zamanda meydana gelen etkin çarpışma sayısı tepkime hızına etki eder.
B) Aktifleşmiş kompleksin potansiyel enerjisi yüksektir.
C) Aktifleşmiş kompleksler kısa ömürlü ve kararsızdır.
D) Yeterli enerjiye sahip moleküller uygun geometride çarpışırsa aktifleşmiş kompleks oluşturur.
E) Tepkime süresince oluşan aktifleşmiş kompleksin tamamı ürüne dönüşür.

12. Tepkime hızı sabiti (k);

I. sıcaklık,
II. temas yüzeyi,
III. katalizör,
IV. tepkime türü

faktörlerinden hangisine / hangilerine bağlıdır?

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

13. Aşağıdakilerden hangisi heterojen tepkime örneğidir?

A) $SO_2(g) + ½O_2(g) \rightarrow SO_3(g)$
B) $N_2(g) + H_2O(g) \rightarrow N_2O(g) + H_2(g)$
C) $2Al(k) + Fe_2O_3(k) \rightarrow Al_2O_3(k) + 2Fe(k)$
D) $2NH_4NO_3(k) \rightarrow 2N_2(g) + 4H_2O(g) + O_2(g)$
E) $C_2H_4(g) + H_2(g) \rightarrow C_2H_6(g)$

14. Bir kimyasal tepkimenin mekanizması,

I. $NO(g) + Cl_2(g) \longrightarrow NOCl_2(g)$ (hızlı)
II. $NOCl_2(g) + NO(g) \longrightarrow 2NOCl(g)$ (yavaş)

basamaklarından oluşmaktadır. **Bu tepkime ile ilgili aşağıdaki ifadelerden hangisi doğrudur?**

A) Tepkimenin hızı $k[NOCl]^2$ ye eşittir.
B) Net tepkimenin denklemi $2NO(g) + Cl_2(g) \rightarrow NOCl_2(g)$'dir.
C) I. basamağın aktifleşme enerjisi II. basamağınkinden yüksektir.
D) Tepkime hızını II. basamak belirler.
E) Tepkimede ara ürün NOCl(g)'dır.

15. Dışarıdan ısı alarak gerçekleşen olaylara **endotermik olay**, dışarıya ısı verilerek gerçekleşen olaylara ise **ekzotermik olay** denir.

Yukarıda verilen bilgiye göre aşağıda verilen olaylardan hangisi endotermik olay olarak adlandırılır?

A) Mumun yanması
B) Suyun donması
C) Azotun yanması
D) Asitlerin bazlarla nötrleşmesi
E) Oksijen gazının suda çözünmesi

16. $Ca(k) + 1/2O_2(g) \rightarrow CaO(k)$ tepkimesine göre 80 gram Ca metalinin tamamı 40 saniyede tükeniyor. **Buna göre oksijenin harcanma hızı ve CaO katısının oluşum hızı kaç mol/s'dir?** (Ca = 40 g/mol)

	O_2'in harcanma hızı	**CaO'in oluşma hızı**
A)	0,025	0,05
B)	0,05	0,25
C)	0,05	0,025
D)	0,25	0,50
E)	0,10	0,20

17. H_2 ile Cl_2 arasında gerçekleşen tepkime için sabit sıcaklıkta yapılan deney sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Deney	**$[H_2]$ mol/L**	**$[Cl_2]$ mol/L**	**Hız (mol/Ls)**
I	2	2	$4x10^{-3}$
II	2	6	$12x10^{-3}$
III	1	6	$6x10^{-3}$

Verilen deney sonuçlarına göre tepkimenin hız bağıntısı ve hız sabitinin değeri aşağıdaki seçeneklerden hangisinde doğru verilmiştir?

	Hız Bağıntısı	**Hız Sabiti (k)**
A)	$r = k [H_2] [Cl_2]$	4.10^{-3}
B)	$r = k [H_2] [Cl_2]^2$	2.10^{-3}
C)	$r = k [H_2]^2 [Cl_2]$	1.10^{-3}
D)	$r = k [H_2] [Cl_2]$	1.10^{-3}
E)	$r = k [H_2] [Cl_2]^2$	2.10^{-3}

18. Aşağıda verilen ifadelerden hangisi doğrudur?

A) Katalizörler hız sabitinin değerini değiştirir.
B) Çok basamaklı bir tepkimenin hızını aktifleşme enerjisi küçük olan basamak belirler.
C) Aktifleşme enerjisi hem pozitif hem de negatif değer alabilir.
D) Sıcaklık sadece endotermik tepkimelerin hızını artırır.
E) Kimyasal bir tepkimede girenlerin derişimi artırılırsa hız sabitinin değeri de artar.

4. ÖĞRENME BİRİMİ
KİMYASAL TEPKİMELERDE DENGE

KONULAR

4.1. KİMYASAL DENGE
4.2. DENGEYİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER
4.3. SULU ÇÖZELTİ DENGELERİ
4.4. ÇÖZÜNME ÇÖKELME TEPKİMELERİ

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

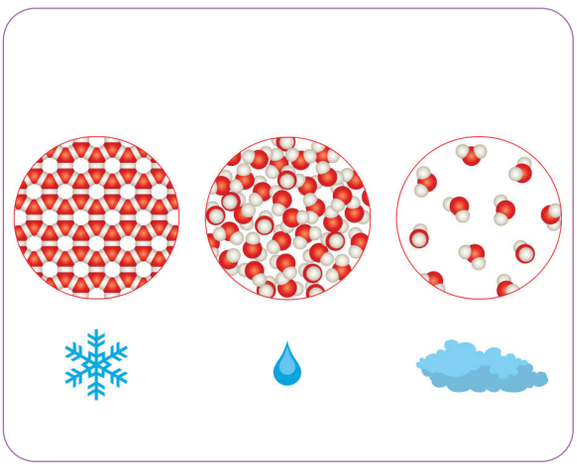
Tepkimeler sonucunda girenler harcanırken ürünler oluşur. Ürünler oluştuktan sonra girenleri tekrar elde etmek mümkün müdür? Tepkimeye giren maddeler, ürüne dönüştükten sonra zamanla tükenir mi? Kimyasal tepkimelerin büyük bir bölümü tersinirdir. Yani ürünler oluşmaya başladıktan hemen sonra geri yönde tepkime gerçekleşir. Böylece tabiatta geri dönüşümler, döngüler meydana gelir. Geri dönüşümler ve döngüler sayesinde de ürün oluşturan maddeler tükenmez.

İnsan vücudundaki bir çok olay ve tabiattaki faaliyetlerin büyük bölümü sulu çözeltilerde meydana gelir. Sulu çözeltilerin özelliklerini bilmek, ana rahmindeki çocuğun sulu ortamda nasıl yaşadığını anlamaya, doğal olayları ve tepkimeleri açıklamaya yarar. Asit ve bazların sulu çözeltilerine biyolojik sistemlerde ve kimyasal üretim sistemlerinde sıkça rastlanır. İçme suyu ve atık su arıtımında, sulu çözeltilerde denge bilgisinden yararlanılarak çöktürme ve ayırma yöntemleri kullanılır. Denge mekanizmasını bilmek; sıcaklık, derişim, basınç gibi şartlar değiştiğinde tepkimenin verimini artırmak için yapılacak işlemleri belirleme açısından önemlidir.

Bu bölümde, sulu çözeltilerde denge olaylarını ve oluşum mekanizmalarını öğreneceksiniz.

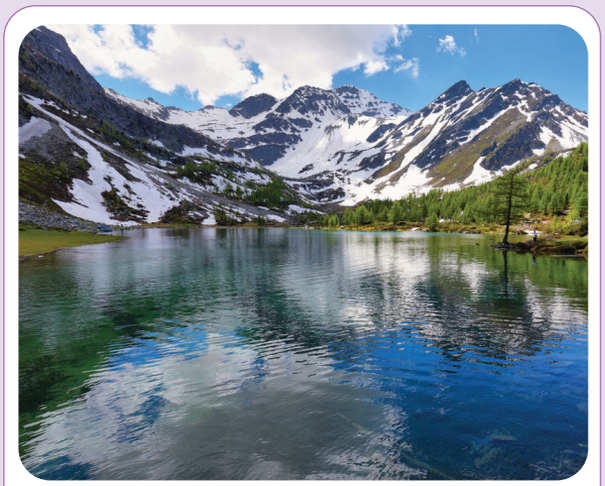
NELER BİLİYORSUNUZ?

Yeryüzünde denge olaylarına rastlar mıyız?



Maddenin en düzensiz ve en yüksek enerjili hâli hangisidir?

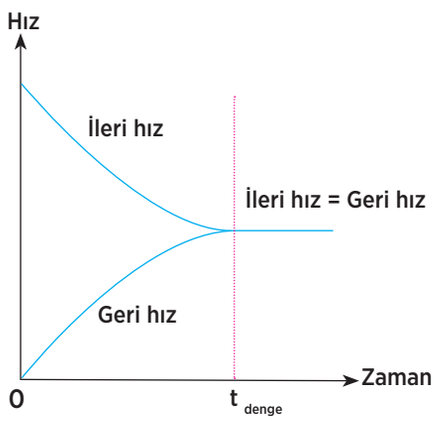
Gazlı içeceklerin bulunduğu bir şişenin kapağı açıldığında neden fazla miktarda gaz çıkışı olmaktadır?



Yeryüzündeki su döngüsü nasıl gerçekleşmektedir? Açıklayınız.

4.1. KİMYASAL DENGE

Kimya öğretiminde kimyasal denge konusuna gelinceye kadar bütün tepkimelere tek yönlü gerçekleşir gözüyle bakılır. Oysa meydana gelen fiziksel ve kimyasal olayların bir çoğu tersinirdir. İleri ve geri tepkimeler aynı anda gerçekleşebilir. Ortamda, oluşan ürünlerin yanında reaktiflerin de bulunduğu, ileri tepkime hızının geri tepkime hızına eşitlendiği bu dinamik olaya **denge** denir (Grafik 4.1).



Grafik 4.1: Denge anında ileri ve geri tepkime hızları

4.1.1. Fiziksel ve Kimyasal Değişimlerde Denge

Çevremizde birçok olay, maddelerin fiziksel veya kimyasal olarak dengeye ulaşma isteği ile gerçekleşir. Suyun buharlaşıp tekrar yağmur olarak yağması, kutuplarda su ile buzun bir arada bulunması fiziksel denge örnekleridir. Mağaralarda sarkıt ve dikitlerin oluşması, pillerin şarj edilmesi de kimyasal dengeye örnek olarak verilebilir.

Doğada gerçekleşen fiziksel veya kimyasal değişmelerde dengeyi belirleyen iki eğilim vardır. Bunlar, maddelerin minimum enerjili ve maksimum düzensiz olma eğilimidir.

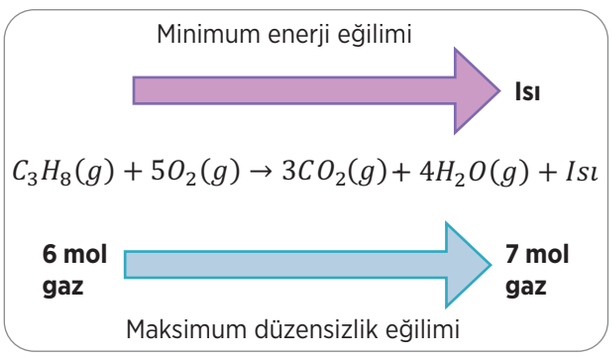
Maksimum düzensizlik, maddenin daha dağınık olma ve daha küçük parçalar hâlinde bulunma isteğidir.

- Maddenin düzensizliği katı hâlden gaz hâle doğru gidildikçe artar (Şekil 4.1).
- Katı veya sıvı maddeler suda çözünürlerse düzensizlikleri artar.
- Gazlar suda çözünürlerse düzensizlikleri azalır.
- Tepkimelerde maksimum düzensizlik eğilimi, çoğunlukla tepkimeye giren ve çıkan maddelerin fiziksel hâllerine, mol sayılarına bakılarak bulunur.

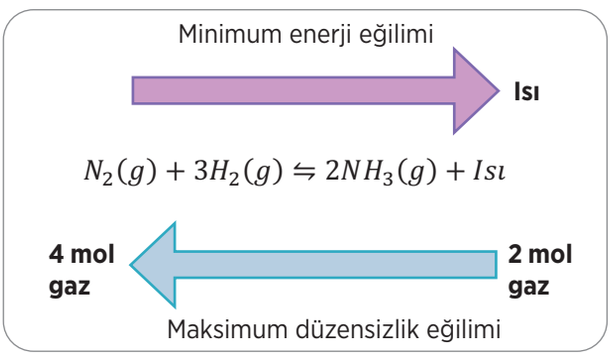
Şekil 4.1: Maddenin hâlleri ve düzensizlik

Maddenin düşük potansiyel enerjili durumda bulunma isteğine **minimum enerji eğilimi** denir. Kimyasal reaksiyonlarda minimum enerjiye eğilim, ısının olduğu tarafa doğrudur.

Minimum enerjili olma eğilimi ile maksimum düzensizlik eğiliminin ürünler tarafını desteklediği tepkimeler tek yönlüdür (Şekil 4.2). Minimum enerji ve maksimum düzensizlik eğilimlerinin zıt yönleri desteklediği tepkimeler tersinirdir, çift yönlü gerçekleşir (Şekil 4.3).

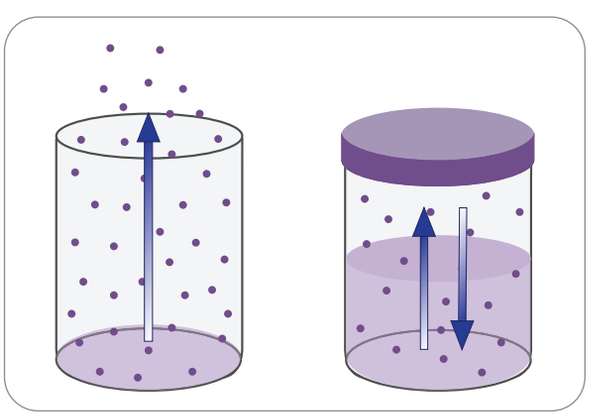


Şekil 4.2: Tek yönlü tepkimelerde minimum enerji ve maksimum düzensizlik eğilimi



Şekil 4.3: Tersinir tepkimelerde minimum enerji ve maksimum düzensizlik eğilimi

Odaya bıraktığımız ağzı açık kaptaki suyun zamanla buharlaşması maksimum düzensiz olma isteğinden kaynaklanır. Gaz hâlinde maksimum düzensizliğe ulaşan suyun tekrar yağmur olarak yeryüzüne inmesi ise minimum enerjili olma isteğinin bir sonucudur.



Şekil 4.4: Kapalı kapta su-buhar dengesinin oluşması

Kabın kapağı kapatılır ve madde çıkışına izin verilmezse su, bir yandan buharlaşırken bir yandan da yoğunlaşmaya başlar. Bir süre sonra kapta, birim zamanda buharlaşan su miktarı ile yoğunlaşarak geri dönen su miktarı eşitlenir (Şekil 4.4). Yoğuşma hızının buharlaşma hızına eşit olduğu an sistem dengeye ulaşır. Kapalı kapta gerçekleşen su-buhar dengesinin oluşumu $H_2O(s) \leftrightharpoons H_2O(g)$ şeklinde yazılır. Denge olayını göstermek için çift yönlü ok (⇋) kullanılır.

Denge Bağıntısının Yazılması

$aA(g) + bB(g) \leftrightharpoons cC(g) + dD(g)$ denge tepkimesi için ileri yöndeki tepkimenin hızı (r_i), geri yöndeki tepkimenin hızına (r_g) eşittir. Bu eşitliği kullanarak bulduğumuz ileri yöndeki hız sabitinin geri yöndeki hız sabitine oranı (k_i/k_g) bize yeni bir sabiti verir. Bu sabit değere **denge sabiti** denir ve **K_c** ile gösterilir.

Derişimler türünden denge sabiti, $\boldsymbol{K_C = \frac{k_i}{k_g}}$ veya $\boldsymbol{K_C = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b}}$ şeklinde ifade edilir. K_c, bu ifadede hız denklemlerinden elde edildiği için denge ifadesinde katı ve sıvılar yer almaz.

Örnek

Aşağıda verilen denge tepkimelerinin derişimler cinsinden denge bağıntısını yazınız.

a) $H_2(g) + Cl_2(g) \leftrightharpoons 2HCl(g)$

b) $PCl_3(g) + Cl_2(g) \leftrightharpoons PCl_5(g)$

c) $N_2(g) + 3H_2(g) \leftrightharpoons 2NH_3(g)$

ç) $CaCO_3(k) \leftrightharpoons CaO(k) + CO_2(g)$

Çözüm

a) $H_2(g) + Cl_2(g) \leftrightharpoons 2HCl(g)$

$$\boldsymbol{K_C = \frac{[HCl]^2}{[H_2][Cl_2]}} \quad \boldsymbol{olur.}$$

b) $PCl_3(g) + Cl_2(g) \leftrightharpoons PCl_5(g)$

$$\boldsymbol{K_C = \frac{[PCl_5]}{[PCl_3][Cl_2]}} \quad \boldsymbol{olur.}$$

c) $N_2(g) + 3H_2(g) \leftrightharpoons 2NH_3(g)$

$$\boldsymbol{K_C = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}} \quad \boldsymbol{olur.}$$

ç) $CaCO_3(k) \leftrightharpoons CaO(k) + CO_2(g)$

$$\boldsymbol{K_C = [CO_2]} \quad \boldsymbol{olur.}$$

Örnek

t °C sıcaklıkta kapalı sabit hacimli kapta gerçekleşen $2SO_2(g) + O_2(g) \leftrightharpoons 2SO_3(g)$ tepkimesi dengededir. SO_2, O_2 ve SO_3 gazları için denge anı derişimleri, sırasıyla 2 M, 4 M, 2 M olarak ölçülüyor. **Tepkimenin derişimlere bağlı denge sabitini bulunuz.**

Çözüm

Soruda denge derişimleri verildiği için tepkimenin Kc ifadesinde bu değerleri yerine yazarak hesaplama yapılır.

$$2SO_2(g) + O_2(g) \leftrightharpoons 2SO_3(g)$$

Denge: 2 M 4 M 2 M

$$K_C = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2[O_2]} \qquad K_C = \frac{2^2}{2^2 \times 4} \qquad K_C = \frac{1}{4} \qquad \boldsymbol{K_C = 0,25\ bulunur.}$$

1. Sıra Sizde

Aşağıda verilen denge tepkimelerinin derişimler cinsinden denge bağıntısını yazınız.

a) $H_2(g) + Br_2(g) \leftrightharpoons 2HBr(g)$

b) $2NOBr(g) \leftrightharpoons 2NO(g) + Br_2(g)$

c) $2H_2O(g) + O_2(g) \leftrightharpoons 2H_2O_2(g)$

ç) $CaSO_4(k) \leftrightharpoons CaO(k) + SO_3(g)$

2. Sıra Sizde

Sabit sıcaklıkta kapalı bir kapta
$N_2(g) + 3H_2(g) \leftrightharpoons 2NH_3(g)$ tepkimesi dengededir.
Denge anında kapta 3 M N_2(g), 1 M H_2(g) ve 3 M NH_3(g) bulunduğuna göre tepkimenin derişimlere bağlı denge sabitini bulunuz.

Kısmi Basınçlar Cinsinden Denge Sabiti

Gaz fazında maddelerin yer aldığı tepkimelerde denge sabiti kısmi basınçlar cinsinden de yazılabilir. Kısmi basınçlar türünden denge sabiti $\mathbf{K_P}$ ile gösterilir.
$aA(g) + bB(g) \leftrightharpoons cC(g) + dD(g)$ tepkimesi için kısmi basınçlar cinsinden denge sabiti yazılırsa

$$\boldsymbol{K_P = \frac{(P_C)^c (P_D)^d}{(P_A)^a (P_B)^b}}$$ olur.

Denklemde yer alan P_A, P_B, P_C, P_D sırasıyla A, B, C ve D gazlarının kısmi basıncıdır.

Örnek

Aşağıda verilen tepkimelerin kısmi basınçlar cinsinden denge sabitini yazınız.

a) $2H_2(g) + O_2(g) \leftrightharpoons 2H_2O(g)$

b) $S(k) + H_2(g) \leftrightharpoons H_2S(g)$

Çözüm

a) Tepkime denklemindeki tüm kimyasal türler gaz fazında olduğu için K_p ifadesinde yer alır.

$$\boldsymbol{K_P = \frac{(P_{H_2O})^2}{(P_{H_2})^2(P_{O_2})}\ olur.}$$

b) Kükürt (S) katı olduğu için K_p ifadesinde yer almaz.

$$\boldsymbol{K_P = \frac{P_{H_2S}}{P_{H_2}}\ olur.}$$

K_c ile K_p Denge Sabitleri Arasındaki İlişki

Derişimler cinsinden denge sabiti ile kısmi basınçlar türünden denge sabiti arasında $\boldsymbol{K_P = K_C(RT)^{\Delta n}}$ ilişkisi yazılabilir.
R: gaz sabiti (0,082 veya 22,4 / 273)
T: mutlak sıcaklık (K)
Δn: ürünler kısmında bulunan gazların katsayıları ile girenler tarafındaki gazların katsayıları arasındaki fark

Örnek

Aşağıda verilen tepkimeler için K_p ile K_c sabitleri arasındaki ilişkiyi yazınız.

a) $CaCO_3(k) \leftrightharpoons CaO(k) + CO_2(g)$

b) $N_2(g) + O_2(g) \leftrightharpoons 2NO(g)$

Çözüm

a) $CaCO_3(k) \leftrightharpoons CaO(k) + CO_2(g)$ tepkimesi için Δn hesaplanırken katılar alınmaz.

$K_P = K_C(RT)^{\Delta n}$

$\Delta n = 1$

$\boldsymbol{K_P = K_C(RT)\ olur.}$

b) $N_2(g) + O_2(g) \leftrightharpoons 2NO(g)$ tepkimesi için denge sabitleri arasındaki ilişki

$K_P = K_C(RT)^{\Delta n}$

$\Delta n = 2 - (1 + 1)$

$\Delta n = 0$

$K_P = K_C(RT)^0$

$\boldsymbol{K_P = K_C\ olur.}$

Örnek

273 °C sıcaklıkta gerçekleşen $2H_2O(g) \leftrightharpoons 2H_2(g) + O_2(g)$ denge tepkimesi için derişimler cinsinden denge sabitinin değeri 0,5 olarak hesaplanıyor. **Tepkimenin kısmi basınçlar cinsinden denge sabitinin değeri kaçtır?**

Çözüm

$K_P = K_C(RT)^{\Delta n}$

$\Delta n = (2 + 1) - (2)$

$\Delta n = 1$

$T = 273 + 273 = 546\ K$

$K_P = 0{,}5 \times \left(\frac{22{,}4}{273} \times 546\right)^1$

$K_P = 0{,}5 \times (22{,}4 \times 2)$

$\boldsymbol{K_P = 22{,}4\ bulunur.}$

3. Sıra Sizde

Aşağıda verilen tepkimeler için Kp ile Kc sabitleri arasındaki ilişkiyi yazınız.

a) $CH_4(g) + 2H_2S(g) \leftrightharpoons CS_2(g) + 4H_2(g)$

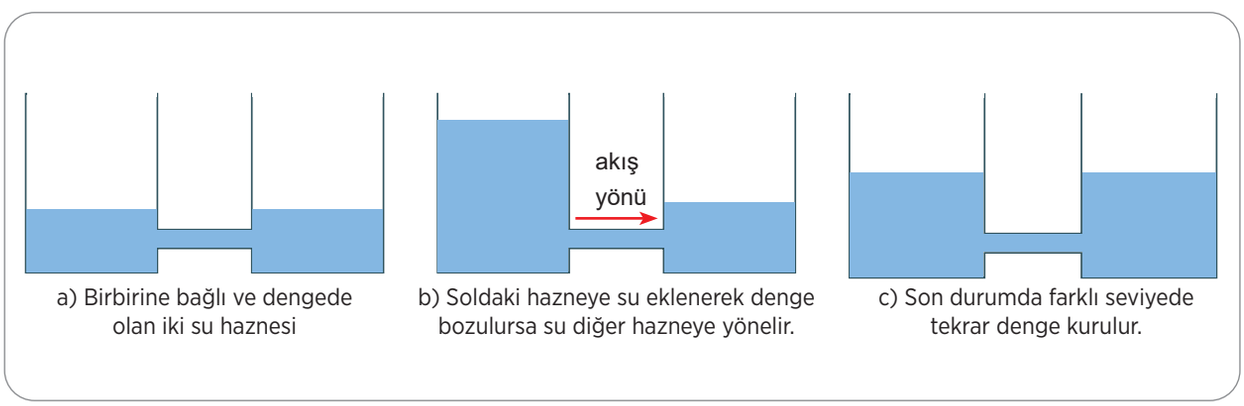
b) $CO(g) + 3H_2(g) \leftrightharpoons CH_4(g) + H_2O(g)$

4. Sıra Sizde

$2C(k) + O_2(g) \leftrightharpoons 2CO_2(g)$ tepkimesi için 0 °C sıcaklıktaki kısmî basınçlar cinsinden denge sabitinin değeri 224 olarak hesaplanıyor. **Tepkime için derişimler cinsinden denge sabitinin değeri kaçtır?**

4.2. DENGEYİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Dengedeki bir sisteme dışarıdan belirli bir etki yapılırsa denge bozulur. Denge yeniden kuruluncaya kadar sistem, yapılan etkiye tepki verir ve bozulma şekline göre ileriye veya geriye doğru yönelir. Tepkinin nereye yöneleceğini belirleyen kural, adını kimyacı Henri Le Châtelier'den (Henri Lö Şatölye) almıştır. **Le Châtelier İlkesi**'ne göre dengedeki sisteme dışarıdan bir etki yapıldığında sistem tekrar dengeye ulaşıncaya kadar etkiyi azaltacak yönde tepki verir. Yeniden, farklı koşullarda bir dengeye ulaşır (Şekil 4.5).



a) Birbirine bağlı ve dengede olan iki su haznesi

b) Soldaki hazneye su eklenerek denge bozulursa su diğer hazneye yönelir.

c) Son durumda farklı seviyede tekrar denge kurulur.

Şekil 4.5: Le Châtelier İlkesi ile ilgili bir benzetim modeli

Derişim, basınç, hacim ve sıcaklık dengeye etki eden faktörlerdir. Katalizörlerin denge durumunu değiştirici etkisi yoktur. Her denge tepkimesinin kendine özgü bir denge sabiti vardır. Bir denge tepkimesinin sabitini sadece sıcaklık değiştirir. Dengeye etki eden faktörler bu bölümde ayrı başlıklar hâlinde işlenecektir.

Denge tepkimelerine etki eden faktörler ve etkisi Tablo 4.1'de özet olarak verilmiştir.

Tablo 4.1. Dengeyi Etkileyen Faktörler

DENGEYİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER		
DEĞİŞİKLİĞİN ADI	**DENGEYİ ETKİLEME DURUMU**	**DENGE SABİTİNİ DEĞİŞTİRME DURUMU**
DERİŞİM	✓	✗
SICAKLIK	✓	✓
BASINÇ-HACİM	✓	✗
KATALİZÖR	✗	✗

1. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
LE CHÂTELİER İLKESİ

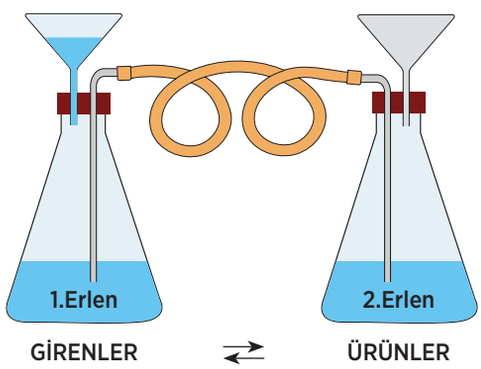
Güvenlik İşaretleri

Deneyin amacı: Bir modelleme yardımı ile Le Châtelier İlkesi'nin anlaşılmasını sağlamak.

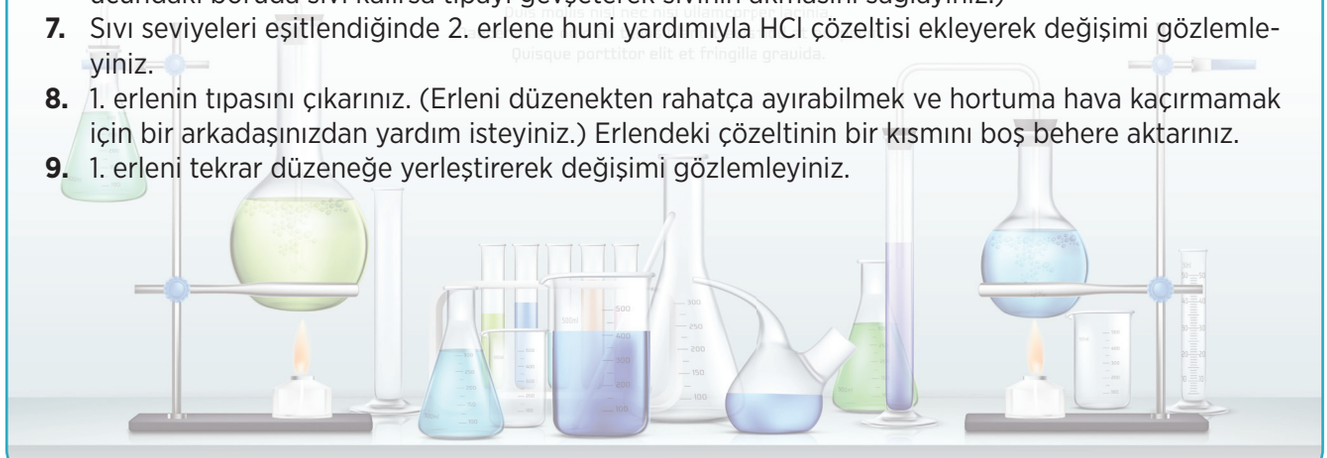
Araç gereçler: 2 adet erlen, 2 adet dik açılı cam boru, 2 adet huni, 2 adet çift delikli mantar tıpa, kauçuk hortum, 2 adet beher.

Kimyasal maddeler: Katı NaOH, 0,1 M HCl çözeltisi, metil oranj çözeltisi.

İşlem basamakları:



1. Behere 500 mL 0,1 M HCl çözeltisini koyup üzerine birkaç damla metil oranj çözeltisi damlatınız.
2. Düzeneği kurmadan önce, erlenlerden birine yarısını dolduracak kadar HCl çözeltisi, diğerine spatülle bir miktar katı NaOH ekleyiniz.
3. Şekildeki düzeneği kurunuz.
   - Dik açılı cam borunun alt ucunun mümkün olduğunca erlenin dibine yakın olmasına özen gösteriniz.
   - Hunilerin alt ucunun mümkün olduğunca yukarıda kalmasına dikkat ediniz.
   - Daha iyi sonuç alabilmek için boru kısmı geniş olan huni tercih ediniz.
4. NaOH katısını koyduğunuz erlendeki tıpayı gevşetiniz. Diğer erlene huni yardımıyla bir miktar daha HCl çözeltisi ekleyerek erleni yükseğe kaldırınız. Borudaki tüm havanın boşalmasını sağlayınız. Hortumda hava kalmayınca tıpayı hava sızdırmayacak biçimde 2. erlene takınız.
5. 1. erlene huni yardımıyla beherdeki HCl çözeltisinden koyunuz. Bu işleme, 2. erlenin 3/4'ü dolunca ya dek devam ediniz. HCl çözeltisi diğer erlene geçmezse düzeneği kontrol ediniz.
6. 1. erlene takılan huni tamamen boşaldığında erlenlerdeki sıvı seviyeleri dengelenecektir. (Huninin ucundaki boruda sıvı kalırsa tıpayı gevşeterek sıvının akmasını sağlayınız.)
7. Sıvı seviyeleri eşitlendiğinde 2. erlene huni yardımıyla HCl çözeltisi ekleyerek değişimi gözlemleyiniz.
8. 1. erlenin tıpasını çıkarınız. (Erleni düzenekten rahatça ayırabilmek ve hortuma hava kaçırmamak için bir arkadaşınızdan yardım isteyiniz.) Erlendeki çözeltinin bir kısmını boş behere aktarınız.
9. 1. erleni tekrar düzeneğe yerleştirerek değişimi gözlemleyiniz.



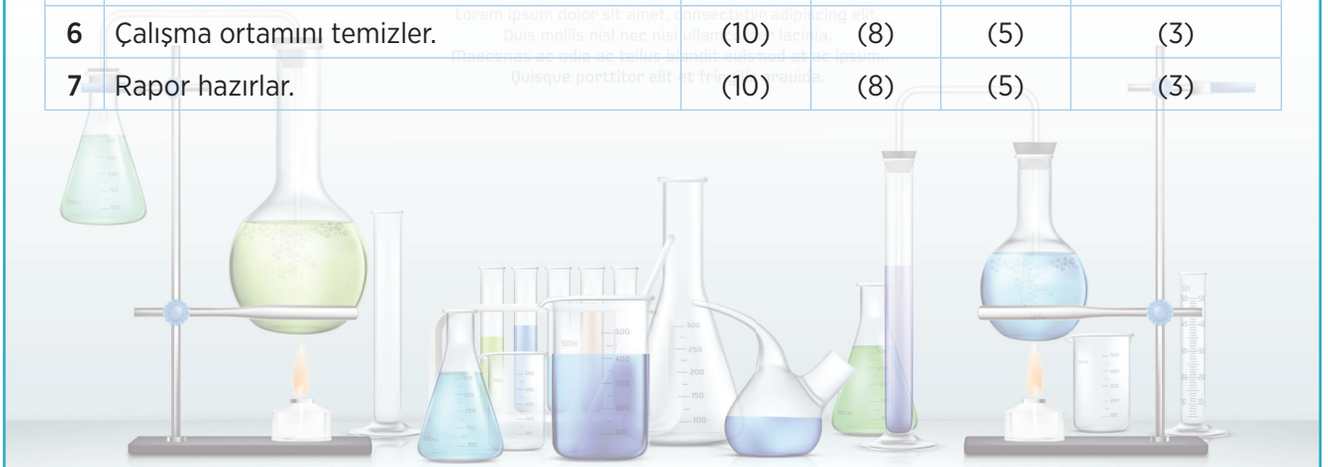
Yaptığınız işlemlerle Le Châtelier İlkesi arasında benzetim kurarak, $N_2O_4(g) \leftrightharpoons 2NO_2(g)$ denge tepkimesine yapılan işlemlerin etkisini, verilen tablodaki uygun sütuna yazınız.

$$N_2O_4(g) \leftrightharpoons 2NO_2(g)$$

Yapılan İşlem	Dengenin Yönü(Ürünler/Girenler)
kaba N_2O_4 gazı eklemek	
kaba NO_2 gazı eklemek	
kaptan NO_2 gazı çekmek	
kaptan N_2O_4 gazı çekmek	

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

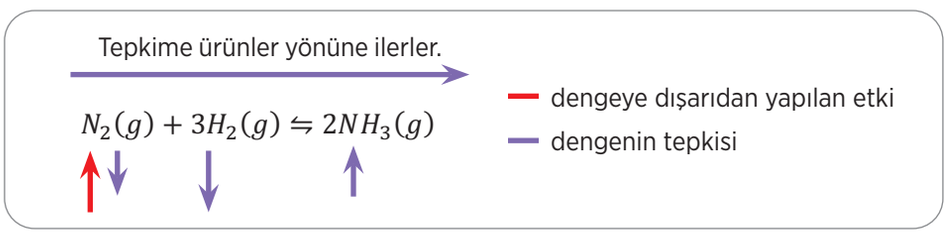
Değerlendirme Ölçütleri		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	(10)	(8)	(5)	(3)
2	Düzeneği kurar.	(10)	(8)	(5)	(3)
3	Basamakları uygular.	(20)	(15)	(10)	(5)
4	Gözlemlerini kaydeder.	(20)	(15)	(10)	(5)
5	Benzetim uygulayarak tabloyu doldurur.	(20)	(15)	(10)	(5)
6	Çalışma ortamını temizler.	(10)	(8)	(5)	(3)
7	Rapor hazırlar.	(10)	(8)	(5)	(3)



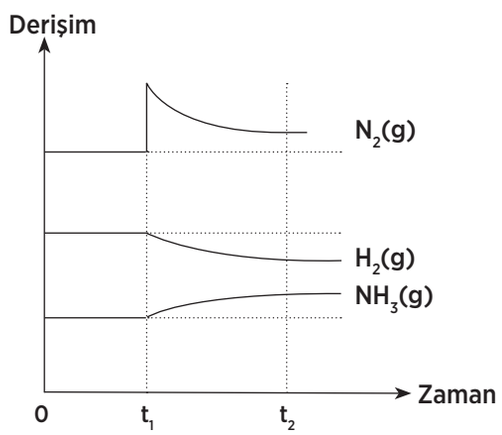
4.2.1. Derişimin Dengeye Etkisi

Sabit sıcaklıkta denge tepkimesinde yer alan bir maddenin derişimi değiştirilirse sistem bu etkiyi azaltacak yönde tepki verir. Tepki sonucunda sistem tekrar dengeye ulaşır. Sisteme eklenen veya çıkarılan madde denge tepkimesinde yer alan bir maddenin derişimini değiştirmiyorsa denge bu durumdan etkilenmez. Derişimlerde meydana gelen değişmeler denge sabitinin değerini etkilemez.

$N_2(g) + 3H_2(g) \leftrightharpoons 2NH_3(g)$ tepkimesi, kapalı sabit hacimli kapta dengedeyken sıcaklık değiştirilmeden kaba bir miktar $N_2(g)$ eklenirse denge bu etkiyi azaltacak yönde tepki gösterir. Eklenen madde denge ifadesinde yer aldığından denge bozulur. Girenler tarafındaki bir maddenin derişimi artırıldığından tepkime, ürünler yönüne doğru hareket eder. $N_2(g)$ eklendiği için başlangıçta bir miktar artan $N_2(g)$ derişimi, tepkimenin ürünler yönüne doğru ilerlemesi ile azalır. Tekrar dengeye gelindiğinde $N_2(g)$ derişimi başlangıçtakine göre yüksek olur. Denge ürünler yönüne kaydığı için $H_2(g)$ harcanır ve ilk durumuna göre daha düşük bir derişimde dengeye ulaşır. Girenlerin harcanarak daha fazla ürüne dönüşmesi sonucunda $NH_3(g)$ derişimi artar ve ilk duruma göre daha yüksek bir derişime sahip olur.



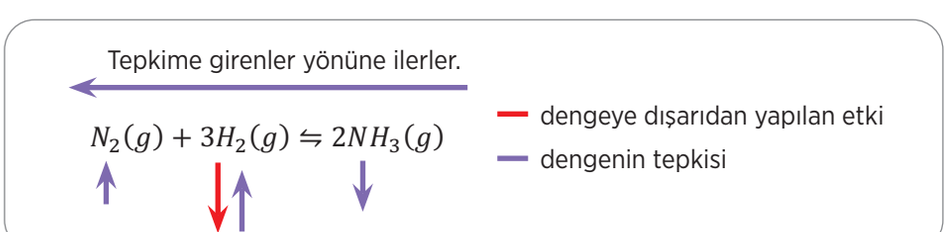
Tepkime denklemindeki maddelerin derişimlerinin zamanla değişimi Grafik 4.2'deki gibidir.



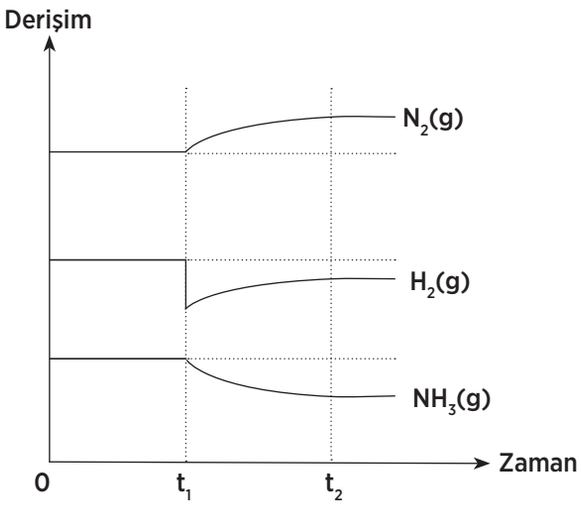
Grafik 4.2: $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ denge tepkimesine N_2 gazı eklenmesi

t_1 anında ortama $N_2(g)$ eklenmesi ve t_2 anında yeniden denge kurulması sonucunda başlangıçtakine göre $[H_2]$ azalır, $[N_2]$ ve $[NH_3]$ artar.

$N_2(g) + 3H_2(g) \leftrightharpoons 2NH_3(g)$ tepkimesi dengede iken sabit sıcaklıkta, kaptan bir miktar H_2 gazı uzaklaştırılırsa sistem bu etkiyi azaltmak için girenler yönüne doğru hareket eder. Ortamdan H_2 gazı uzaklaştırıldığı için başlangıca göre $H_2(g)$ derişimi azalır. Denge girenler yönüne kaydığında $NH_3(g)$ derişimi azalırken $N_2(g)$ derişimi artar.



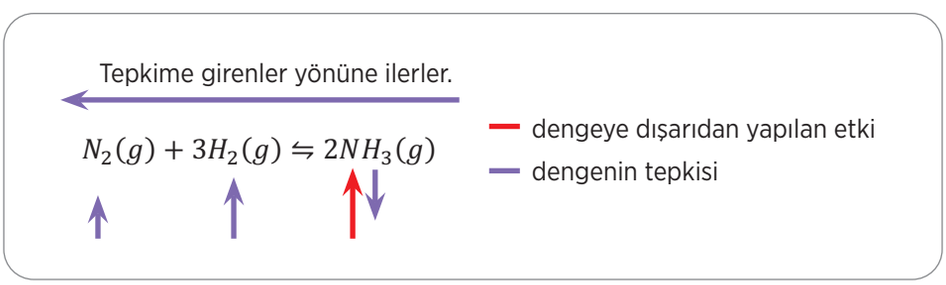
Bu olaya ait derişim-zaman ilişkisi aşağıdaki grafikte verilmiştir (Grafik 4.3).



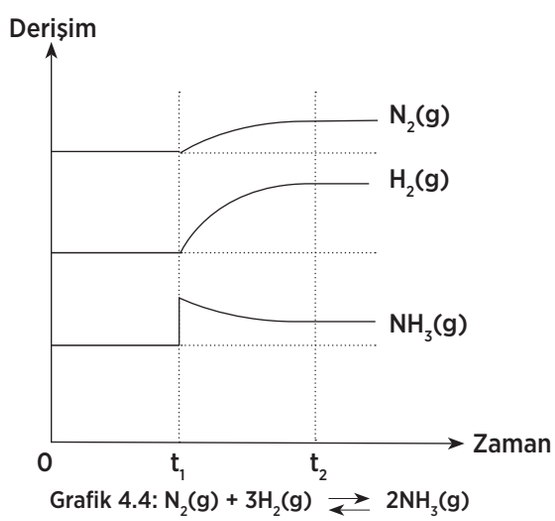
Grafik 4.3: $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ denge tepkimesinden H_2 gazının uzaklaştırılması

t_1 anında kaptan H_2 uzaklaştırılması ve t_2 anında yeniden denge kurulması sonucunda başlangıç-takine göre $[N_2]$ artar, $[H_2]$ ve $[NH_3]$ azalır.

$N_2(g) + 3H_2(g) \leftrightharpoons 2NH_3(g)$ tepkimesinin gerçekleştiği kaba sıcaklık değiştirilmeden bir miktar NH_3 gazı eklenirse sistem bu etkiyi azaltacak yönde tepki gösterir. Yeniden dengeye ulaşmak için tepkime girenler yönüne doğru ilerler. Ortama NH_3 gazı eklendiği için başlangıca göre $NH_3(g)$ derişimi artar. Denge girenler yönüne kaydığı için başlangıca göre $N_2(g)$ ve $H_2(g)$ derişimleri de artar.



Kaba NH_3 eklenmesi durumunda meydana gelen derişim değişimleri aşağıdaki grafikte gösterilmiştir (Grafik 4.4).



Grafik 4.4: $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ denge tepkimesine NH_3 gazı eklenmesi

t_1 anında ortama $NH_3(g)$ eklenmesi ve t_2 anında yeniden denge kurulması sonucunda, başlangıç-takine göre $[NH_3]$, $[H_2]$ ve $[N_2]$ artar.

2. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
DERİŞİMİN DENGEYE ETKİSİ

Güvenlik İşaretleri

Deneyin amacı: Derişimin Fe^{3+} ve SCN^- arasındaki denge tepkimesine etkisini gözlemlemek.

Araç gereçler: 6 adet deney tüpü, tüp standı, pipet, cam baget.

Kimyasal maddeler: 0,1 M $FeCl_3$ çözeltisi, 0,1 M KSCN çözeltisi, 0,1 M $Hg(NO_3)_2$ çözeltisi, 0,1 M $AgNO_3$ çözeltisi, 0,1 M NaOH çözeltisi, katı KCl.

İşlem basamakları:

1. $FeCl_3$ ve KSCN çözeltilerinin renklerini Tablo 1'e not ediniz.
2. Deney tüplerine 1'den 6'ya kadar numara veriniz.
3. 1 numaralı deney tüpüne 2 mL $FeCl_3$ ve 2 mL KSCN çözeltisi ekleyiniz. Renk değişimini gözlemleyerek gözleminizi Tablo 1'e not ediniz. [$Fe^{3+}(suda) + SCN^-(suda) \leftrightharpoons FeSCN^{2+}(suda)$]
4. 1 numaralı tüpe berrak portakal rengi elde edinceye kadar saf su ekleyiniz.
5. 1 numaralı tüpteki çözeltiyi içinde az bir miktar bırakarak diğer deney tüplerine eşit olarak paylaştırınız. 1 numaralı tüpü kontrol amacıyla tüp standına yerleştiriniz.
6. 2 numaralı tüpe 1 mL $FeCl_3$ ilave edip renk değişimini Tablo 2'ye not ediniz.
7. 3 numaralı deney tüpüne 1 mL KSCN ilave edip renk değişimini Tablo 2'ye not ediniz.
8. 4 numaralı deney tüpüne spatül ucuyla bir miktar KCl katısı ilave ediniz. Gerekirse bagetle karıştırınız. Renk değişimini Tablo 2'ye not ediniz. [KCl'den gelen Cl^- iyonu $Fe^{3+}(suda) + 4Cl^-(suda) \rightarrow FeCl_4^-(suda)$ tepkimesine göre Fe^{3+} iyonunu tüketir.]
9. 5 numaralı deney tüpüne 1 mL $Hg(NO_3)_2$ çözeltisi ilave ediniz. Renk değişimini Tablo 2'ye not ediniz. [$Hg(NO_3)_2$ çözeltisinden gelen Hg^{2+} iyonu aşağıdaki tepkimeye göre SCN^- iyonunu tüketir. $Hg^{2+}(suda) + 4SCN^-(suda) \rightarrow Hg(SCN)_4^{2-}(suda)$]
10. 6 numaralı deney tüpüne 1 mL NaOH çözeltisi ilave ediniz. Renk değişimini Tablo 2'ye not ediniz. [NaOH çözeltisinden gelen OH^- iyonu $Fe^{3+}(suda) + 3OH^-(suda) \rightarrow Fe(OH)_3(k)$ tepkimesine göre Fe^{3+} iyonunu tüketir.]
11. 6, 7, 8, 9 ve 10. adımlarda yapılan işlemlerin tepkime yönünü nasıl değiştirdiğini Tablo 2'deki uygun sütuna yazınız.

Tablo 1: Tepkimedeki Türlerin Renkleri

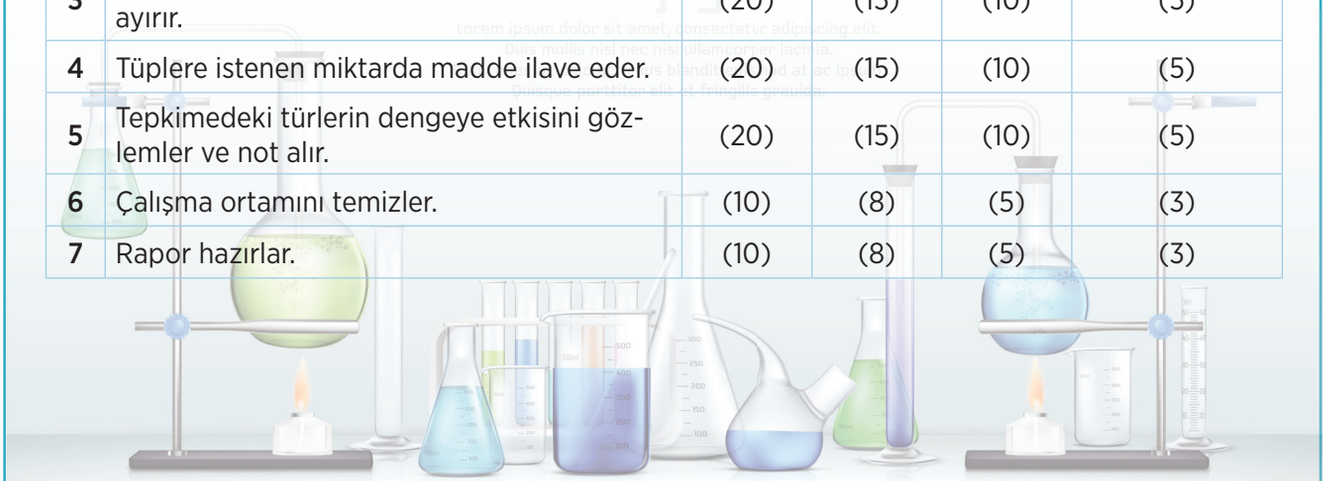
	$FeCl_3$	KSCN	$FeSCN^{2+}$
Çözelti rengi			

Tablo 2: Bazı Kimyasal Türlerin Dengeye Etkisi

Karışıma Eklenen ve Denge Tepkimesini Etkileyen Tür	Renk Değişimi	Tepkime Yönü (Ürünler / Girenler)
$FeCl_3$'den Fe^{3+}		
KSCN'den SCN^-		
KI'den I^-		
$Hg(NO_3)_2$'den Hg^{2+}		
NaOH'den OH^-		

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Değerlendirme Ölçütleri		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	(10)	(8)	(5)	(3)
2	Çözelti renklerini gözlemleyerek not alır.	(10)	(8)	(5)	(3)
3	Tüpleri deney için hazırlar ve kontrol tüpünü ayırır.	(20)	(15)	(10)	(5)
4	Tüplere istenen miktarda madde ilave eder.	(20)	(15)	(10)	(5)
5	Tepkimedeki türlerin dengeye etkisini gözlemler ve not alır.	(20)	(15)	(10)	(5)
6	Çalışma ortamını temizler.	(10)	(8)	(5)	(3)
7	Rapor hazırlar.	(10)	(8)	(5)	(3)



4.2.2. Basınç ve Hacim Değişiminin Dengeye Etkisi

En az bir bileşeninin gaz olduğu denge tepkimelerinde basınç değişimi genellikle dengeyi etkiler. Dengenin yönünü ürünler ve girenlerde yer alan gazların katsayıları belirler.

- Basınç artırılırsa denge, basıncı azaltmak için gaz moleküllerinin az olduğu yöne doğru kayar.
- Basınç azaltılırsa denge, basıncı artırmak için gaz moleküllerinin çok olduğu tarafa kayar.

Gaz fazındaki denge tepkimelerinde kabın hacmini değiştirmek, basıncı değiştirdiğinden dengeyi de etkiler. Kap hacminin değiştirilmesi, aynı zamanda gaz fazındaki tüm maddelerin derişiminin değişmesine sebep olur.

Bilgi Kutusu

Bir denge tepkimesinde girenlerin ve ürünlerin gaz katsayıları birbirine eşit ise ($\Delta n = 0$) basınç ve hacim değişimleri dengeyi etkilemez.

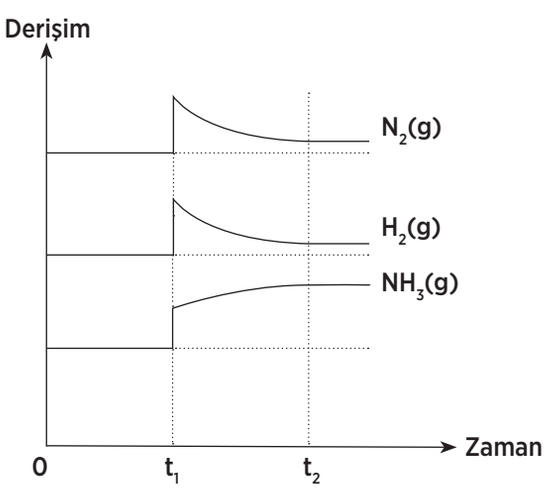
Örneğin

$2HCl(g) \leftrightharpoons H_2(g) + Cl_2(g)$ tepkimesi için $\Delta n = (1 + 1) - (2)$ $\Delta n = 0$

$3Fe(k) + 4H_2O(g) \leftrightharpoons Fe_3O_4(k) + 4H_2(g)$ tepkimesi için $\Delta n = 4 - 4$ $\Delta n = 0$

Her iki tepkimede de $\Delta n = 0$ olduğu için bu tepkimelerdeki hacim ve basınç değişimleri dengeyi etkilemez.

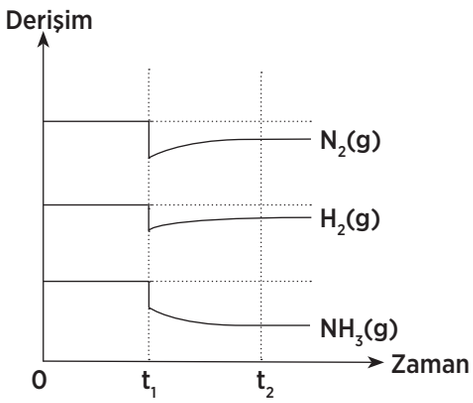
$N_2(g) + 3H_2(g) \leftrightharpoons 2NH_3(g)$ tepkimesinde, sabit sıcaklıkta hacim azaltılırsa sistemdeki gazların kısmi basınçları artar. Yeniden dengeye ulaşmak ve basıncın etkisini azaltmak için tepkime, gazların katsayıları toplamının az olduğu tarafa doğru ilerler. Tepkimede girenler tarafında gazların karsayıları toplamı girenler tarafındaki 4, ürünler tarafında 2'dir. Sistem mol sayısını azaltarak kaptaki basıncı düşürmek ister. Bu nedenle denge, gazların katsayıları toplamı az olan ürünler yönüne doğru ilerler. Denge ürünler yönüne kayacağından $N_2(g)$ ve $H_2(g)$ derişimleri bir miktar azalır. $NH_3(g)$ derişimi ise denge ürünlere ilerlediği için bir miktar daha artar. Kap hacmi azaltıldığı için kapta bulunan bütün gazların derişimleri başlangıçtakine göre artar. Bu olaya ait derişim-zaman ilişkisi aşağıdaki grafikte verilmiştir (Grafik 4.5).



Grafik 4.5: Sabit sıcaklıkta dengedeki $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ tepkimesinin hacminin azaltılması

t_1 anında hacmin azaltılması ve t_2 anında yeniden denge kurulması sonucunda başlangıçtakine göre $[N_2]$, $[H_2]$ ve $[NH_3]$ artar.

$N_2(g) + 3H_2(g) \leftrightharpoons 2NH_3(g)$ tepkimesi sabit sıcaklıkta dengede iken hacim artırılırsa basınç düşer. Girenler tarafındaki gazların katsayıları toplamı daha fazla olduğundan denge, girenler yönüne doğru kayar. Kap hacmi artırıldığı için kapta bulunan bütün gazların derişimleri ilk duruma göre azalır. $N_2(g)$ ve $H_2(g)$ derişimleri bir miktar artar. $NH_3(g)$ derişimi, denge girenler tarafına doğru hareket ettiği için bir miktar daha azalır. Bu olaya ait derişim-zaman grafiği yanda verilmiştir (Grafik 4.6).



Grafik 4.6 : Sabit sıcaklıkta dengedeki $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ tepkimesinin hacminin artırılması

t_1 anında hacmin artırılması ve t_2 anında yeniden denge kurulması sonucunda başlangıçtakine göre $[N_2]$, $[H_2]$ ve $[NH_3]$ azalır.

4.2.3. Sıcaklık Değişiminin Dengeye Etkisi

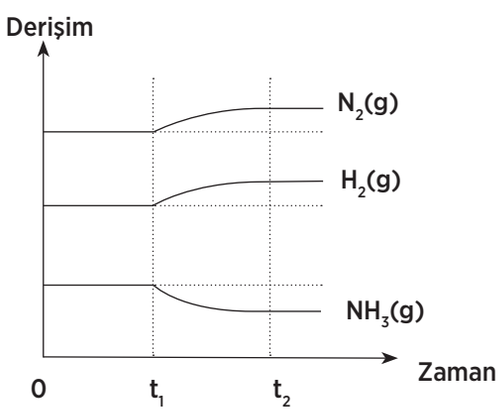
Denge tepkimeleri sıcaklık değişimlerinden etkilenir. Sıcaklık değişimi hem ileri hem de geri yöndeki tepkime hızını etkiler. Denge sabitinin değerinin değişmesine sebep olur.

Ekzotermik Tepkimelerde Sıcaklığın Dengeye Etkisi

Ekzotermik tepkimelerde sıcaklık artışı dengeyi girenler yönüne doğru kaydırır ve denge sabitinin değeri azalır.

$N_2(g) + 3H_2(g) \leftrightharpoons 2NH_3(g) + 92\ kj$ tepkimesinde sıcaklığın artırılması dengeyi girenler yönüne doğru kaydırır. Denge sabitinin değeri azalır.

Bu duruma ait derişim-zaman grafiği yandaki gibidir (Grafik 4.7).

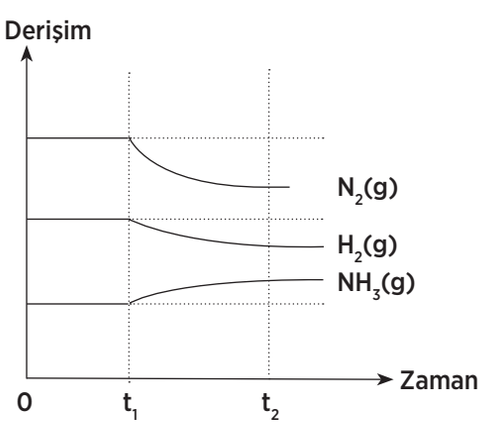


Grafik 4.7: $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) + 92$ kj denge tepkimesinde sıcaklığın artırılması

t_1 anında sıcaklığın artırılması ve t_2 anında yeniden denge kurulması sonucunda başlangıçtakine göre $[NH_3]$ azalır, $[N_2]$ ve $[H_2]$ artar.

$N_2(g) + 3H_2(g) \leftrightharpoons 2NH_3(g) + 92\ kj$ tepkimesinde sıcaklık azaltılırsa denge ürünler yönüne doğru kayar. Denge sabitinin değeri artar.

Bu duruma ait derişim zaman grafiği yandaki gibidir. (Grafik 4.8).



Grafik 4.8: $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) + 92$ kj denge tepkimesinde sıcaklığın azaltılması

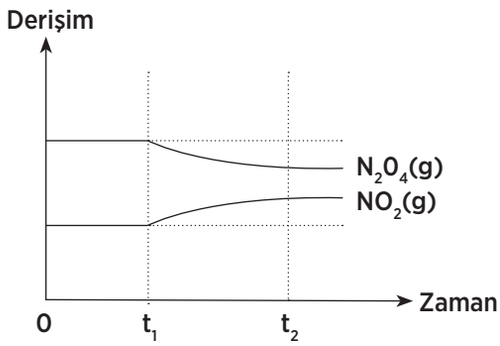
t_1 anında sıcaklığın azaltılması ve t_2 anında yeniden denge kurulması sonucunda başlangıçtakine göre $[NH_3]$ artar, $[N_2]$ ve $[H_2]$ azalır.

Endotermik Tepkimelerde Sıcaklığın Dengeye Etkisi

Endotermik tepkimelerde sisteme ısı verilmesi dengeyi ürünler yönüne doğru kaydırır ve denge sabitinin değeri artar.

$N_2O_4(g) + 50\ kj \leftrightharpoons 2NO_2(g)$ tepkimesinde sıcaklık artırılırsa denge ürünler yönüne doğru kayar. Denge sabitinin değeri artar. Bu duruma ait derişim-zaman grafiği yandaki gibidir (Grafik 4.9).

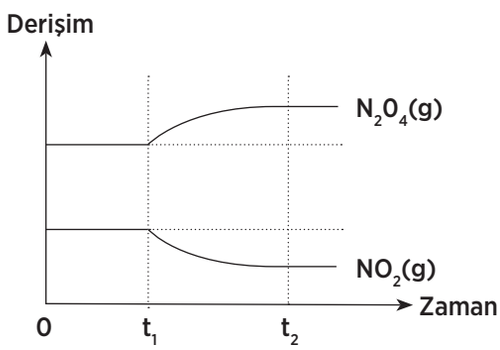
t_1 anında sıcaklığın artırılması ve t_2 anında yeniden denge kurulması sonucunda başlangıçtakine göre $[N_2O_4]$ azalır, $[NO_2]$ artar.



Grafik 4.9: $N_2O_4(g) + 50\ kj \rightleftharpoons 2NO_2(g)$ tepkimesinde sıcaklığın artırılması

$N_2O_4(g) + 50\ kj \leftrightharpoons 2NO_2(g)$ tepkimesinde sıcaklık azaltılırsa denge girenler yönüne doğru kayar. Denge sabitinin değeri azalır. Bu duruma ait derişim-zaman grafiği yandaki gibidir (Grafik 4.10).

t_1 anında sıcaklığın azaltılması ve t_2 anında yeniden denge kurulması sonucunda başlangıçtakine göre $[N_2O_4]$ artar, $[NO_2]$ azalır.



Grafik 4.10: $N_2O_4(g) + 50\ kj \rightleftharpoons 2NO_2(g)$ tepkimesinde sıcaklığın azaltılması

Endotermik ve ekzotermik denge tepkimelerinde sıcaklık değişiminin etkisi Şekil 4.6'da gösterilmiştir.

	Sıcaklık Artırılırsa		Sıcaklık Azaltılırsa	
	Dengenin yönü	Denge sabitinin değeri	Dengenin yönü	Denge sabitinin değeri
Ekzotermik Tepkimelerde $SO_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \leftrightharpoons SO_3(g) + Isı$	Girenler yönüne	Azalır	Ürünler yönüne	Artar
Endotermik Tepkimelerde $COCl_2(g) + Isı \leftrightharpoons CO(g) + Cl_2(g)$	Ürünler yönüne	Artar	Girenler yönüne	Azalır

Şekil 4.6: Sıcaklık değişiminin dengeye etkisi

4.2.4. Katalizörün Dengeye Etkisi

Katalizör, ileri ve geri tepkimeyi eşit oranda hızlandırdığı için dengeyi etkilemez ancak sistemin dengeye ulaşma süresini kısaltır. Tepkimelerin daha kısa sürede dengeye ulaşması, sanayide birim zamanda daha fazla ürünün daha az maliyetle elde edilebilmesine imkân verir. Örneğin petrol rafinelerinde büyük moleküllü hidrokarbonların parçalanarak daha verimli yakıt elde edilmesi işlemi katalizörlerle gerçekleştirilir. Sıvı yağlardan doymuş yağların eldesi, organik sentezler gibi birçok alanda da katalizörler kullanılır.

3. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
SICAKLIĞIN DENGEYE ETKİSİ

Güvenlik İşaretleri

Deneyin amacı: Bikarbonat iyonunun ayrışma dengesinde sıcaklığın etkisini gözlemlemek.

Araç gereçler: 2 adet deney tüpü, su banyosu, ısıtıcı, pipet.

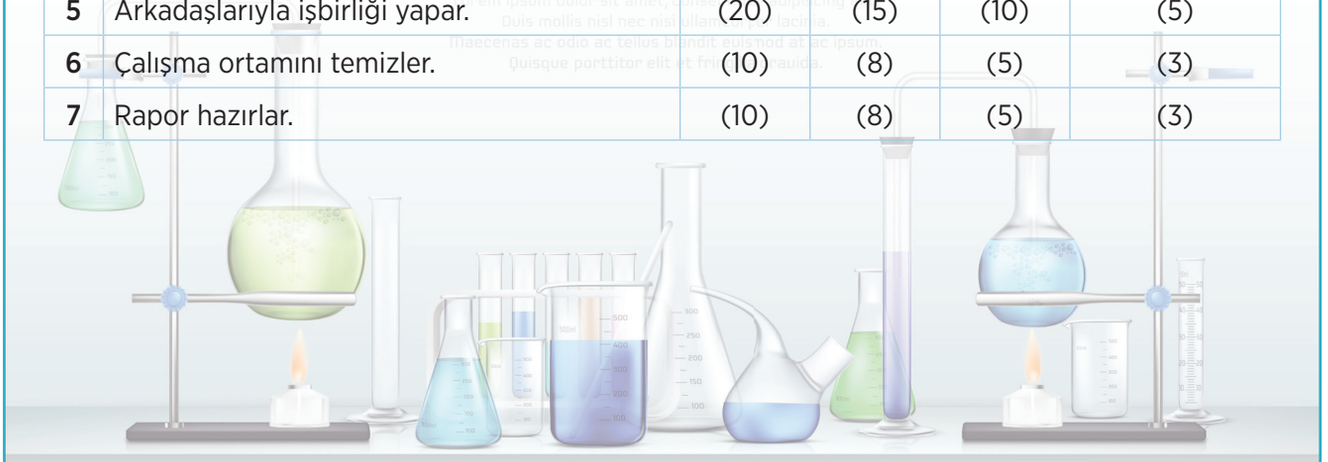
Kimyasal maddeler: Katı $NaHCO_3$, 0,1 M $CaCl_2$ çözeltisi.

İşlem basamakları:

1. Bir deney tüpüne 0,5 gram $NaHCO_3$ koyunuz. Üzerine 10 mL su ekleyerek katının tamamının çözünmesini sağlayınız. (Deney tüpünde $2HCO_3^-(suda) \leftrightharpoons CO_2(g) + CO_3^{2-}(suda) + H_2O(s)$ dengesi kurulur.)
2. Tüpteki çözeltiyi hacimleri eşit olacak biçimde ikiye ayırınız.
3. Tüplerden birini 5 dakika boyunca kaynar su banyosunda bekletiniz.
4. Her iki tüpe birer mL $CaCl_2$ çözeltisi ekleyiniz. (Ca^{2+} iyonu ile CO_3^{2-} iyonu beyaz renkli çökelek oluştururken HCO_3^- iyonu çökelek oluşturmaz.)
5. Hangi tüpte daha çok beyaz çökelti oluştuğunu not ediniz.
6. **Yaptığınız çalışmada gözlemlediğiniz sıcaklığın dengeye etkisine göre $2HCO_3^-(suda) \leftrightharpoons CO_2(g) + CO_3^{2-}(suda) + H_2O(s)$ dengesinin endotermik mi, ekzotermik mi olduğunu açıklayınız.**

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Değerlendirme Ölçütleri		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	(10)	(8)	(5)	(3)
2	Tartma ve ölçme işlemlerini yapar.	(10)	(8)	(5)	(3)
3	Çözelti hazırlar.	(20)	(15)	(10)	(5)
4	Tepkimeleri gerçekleştirir ve gözlemlerini not eder.	(20)	(15)	(10)	(5)
5	Arkadaşlarıyla işbirliği yapar.	(20)	(15)	(10)	(5)
6	Çalışma ortamını temizler.	(10)	(8)	(5)	(3)
7	Rapor hazırlar.	(10)	(8)	(5)	(3)



4.3. SULU ÇÖZELTİ DENGELERİ

Suda çözündüğünde H^+ iyonu derişimini artıran maddeler asit, OH^- (hidroksit) iyonu derişimini artıran maddeler bazdır. Aşağıda HCl ve NaOH'in suda çözünme denklemleri verilmiştir.

$$HCl(g) \rightarrow H^+(suda) + Cl^-(suda)$$

$$NaOH(k) \rightarrow Na^+(suda) + OH^-(suda)$$

HCl suda çözündüğünde H^+ iyonu oluşturduğu için asit, NaOH ise OH^- iyonu oluşturduğu için bazdır.

Bilgi Kutusu

H^+ iyonu protondan ibarettir. Çapı çok küçük, pozitif yük yoğunluğu çok büyüktür. Bu nedenle sulu çözeltilerde tek başına bulunamaz.

Su molekülü ile birleşerek

$H^+(suda) + H_2O(s) \rightarrow H_3O^+(suda)$ denklemine göre hidronyum (H_3O^+) iyonu oluşturur.

Çoğu zaman $HCl(g) + H_2O(s) \rightarrow H_3O^+(suda) + Cl^-(suda)$ yerine daha sade olduğu için $HCl(g) \rightarrow H^+(suda) + Cl^-(suda)$ denklemi yazılır.

4.3.1. Suyun Otoiyonizasyonu

Elektrik akımını ileten çözeltilere **elektrolit çözeltiler** denir. Çözeltilerde iyon derişimi arttıkça elektrik iletkenliği artar. Saf su çok zayıf bir elektrolittir. Bu durum saf su içinde az miktarda iyon bulunduğunu gösterir. Suyun kendi kendine iyonlaşmasına suyun **otoiyonizasyonu** denir. Su aşağıdaki denge tepkimesine göre kendiliğinden iyonlaşır.

$$H_2O(s) + Isı \leftrightharpoons H^+(suda) + OH^-(suda)$$

Suyun iyonlaşma denge sabitine $\mathbf{K_{su}}$ denir. Denge bağıntısı $\boldsymbol{K_{su} = [H^+][OH^-]}$ şeklinde yazılır. K_{su} denge sabitinin asidik, bazik ve nötr bütün çözeltiler için 25 °C sıcaklıkta değeri $1x10^{-14}$ tür.

Suyun iyonlaşma denklemi endotermik olduğu için sıcaklık arttıkça K_{su} değeri büyür.

Bir çözeltinin asidik ya da bazik olması hidronyum ve hidroksit derişimine bağlıdır. 25 °C sıcaklıkta;

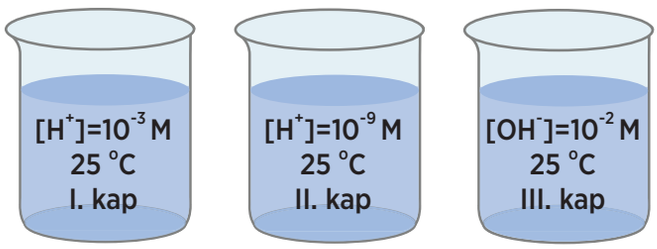
$[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}\ M$ ise çözelti nötrdür,

$[H^+] > 10^{-7}\ M$ ise çözelti asidiktir,

$[H^+] < 10^{-7}\ M$ ise çözelti baziktir.

Örnek

Aşağıdaki kaplarda verilen çözeltilerin asidik mi, bazik mi olduğunu belirtiniz.



Çözüm

- I. kapta bulunan çözeltide $[H^+] > 10^{-7} M$ ***olduğu için çözelti asidiktir.***
- II. kapta bulunan çözeltide $[H^+] < 10^{-7} M$ ***olduğu için çözelti baziktir.***
- III. kaptaki çözeltide ise, $[H^+][OH^-] = 10^{-14}$ $[H^+].10^{-2} = 10^{-14}$ $[H^+] = 10^{-12} M$

  $[H^+] < 10^{-7}$ M ***olduğu için çözelti baziktir.***

pH ve pOH Kavramı

Sulu çözeltilerde H^+ ve OH^- iyonları derişimi çok küçüktür. Bu nedenle çözeltilerin asitlik ve bazlık derecesini göstermek için pH ya da pOH kavramları kullanılır.
25 °C sıcaklıkta H^+ iyonunun derişiminin eksi logaritmasına **pH** denir. pH aşağıdaki eşitlikten hesaplanabilir.

$$\boldsymbol{pH = -log[H^+]}$$

25 °C sıcaklıkta OH^- iyonunun derişiminin eksi logaritmasına **pOH** denir. pOH aşağıdaki eşitlikten hesaplanabilir.

$$\boldsymbol{pH = -log[OH^-]}$$

25 °C sıcaklıktaki bir çözelti için pH ve pOH değerleri toplamı 14'tür.

$$\boldsymbol{pH + pOH = 14}$$

25 °C sıcaklıktaki bir çözelti için;

$pH = pOH = 7$ *ise çözelti nötrdür.* $pH < 7$ *ise çözelti asidiktir.* $pH > 7$ *ise çözelti baziktir.*

Bilgi Kutusu

Asit ve bazlarda pH hesaplamaları yapılırken logaritma fonksiyonu kullanılır. p bir logaritma fonksiyonu olup önüne geldiği ifadenin eksi logaritması alınır.
Bu konuda kullanılması gereken bazı basit logaritma kuralları aşağıda verilmiştir.

- log 1 = 0
- log 10 = 1
- log 10^a = a
- log 10^{-a} = -a

Örnek

25 °C sıcaklıkta H^+ iyonları derişimi 0,001 M olan bir çözeltinin pH ve pOH değerlerini bulunuz.

Çözüm

$0{,}001 = 10^{-3}$ *yazılabilir.* $pH = -log[H^+]$ $pH = -log10^{-3}$ $\boldsymbol{pH = 3\ olur.}$

$pH + pOH = 14$ $3 + pOH = 14$ $\boldsymbol{pOH = 11\ olur.}$

Örnek

25 °C sıcaklıkta 0,01 molar HCl çözeltisinin pH değeri kaçtır? Hesaplayınız.

Çözüm

$HCl(suda) \rightarrow H^+(suda) + Cl^-(suda)$

0,01 M 0,01 M 0,01 M

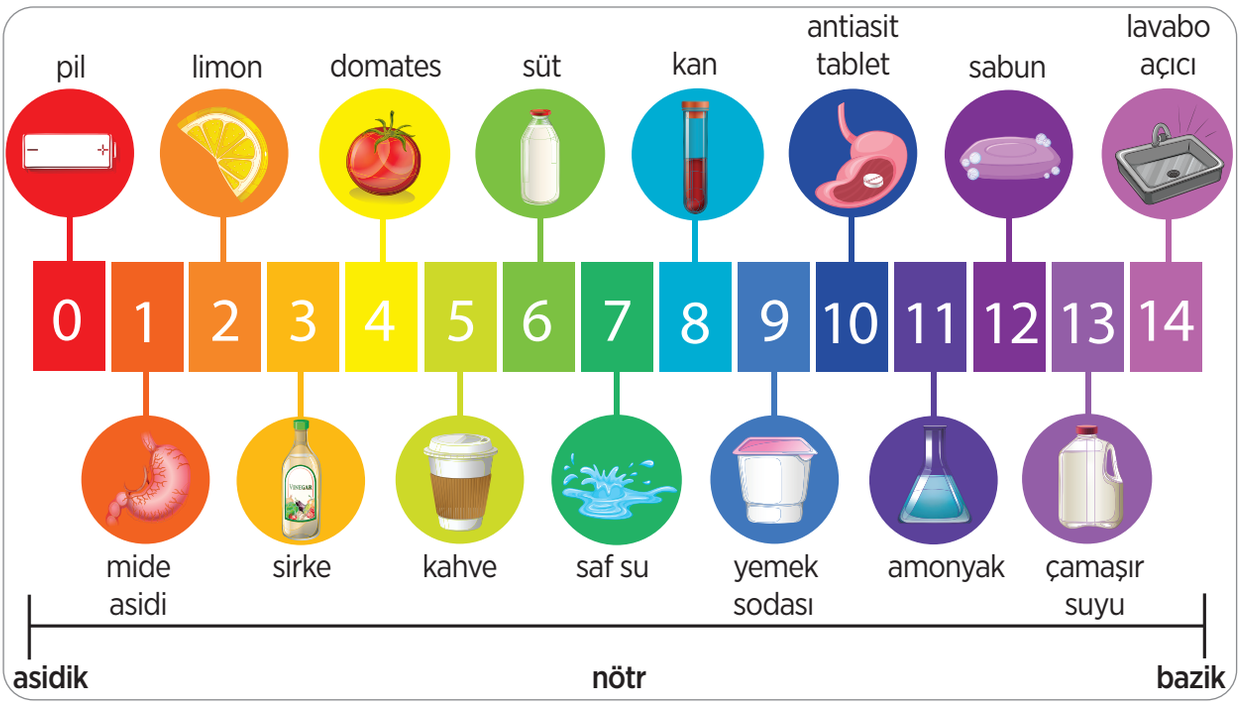
$[H^+] = 0{,}01\ M$ $[H^+] = 10^{-2}\ M$ $pH = -log[H^+]$ $pH = -log10^{-2}$ $\boldsymbol{pH = 2\ olur.}$

5. Sıra Sizde

25 °C sıcaklıkta OH^- iyonları derişimi 10^{-10} M olan bir çözeltinin pH değerini bulunuz.

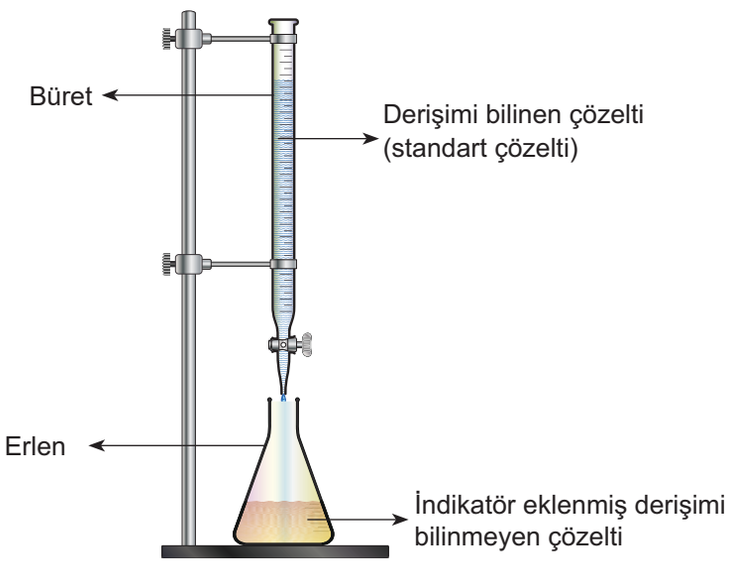
6. Sıra Sizde

25 °C sıcaklıkta pOH'ı 4 olan bir çözelti için pH, $[H^+]$ ve $[OH^-]$ değerlerini bulunuz.



Görsel 4.1: Bazı maddelerin pH değerleri

Bilgi Kutusu



Derişimi bilinmeyen bir maddenin derişimi bilinen belirli hacimdeki başka bir madde ile tepkimeye sokularak miktarının bulunmasına **titrasyon** denir. Titrasyon sırasında iki maddenin tepkimeye sokulması olayına ise **titre etmek** denir. Derişimi bilinen çözelti bir bürete konulur ve diğer çözeltiye damla damla eklenirken erlen çalkalanır. Tepkimenin bittiği noktayı belirleyebilmek için indikatör (belirteç) kullanılır. İndikatörün renk değiştirdiği noktada büretten standart çözelti eklemeye son verilir. Bürette harcanan maddenin hacmi not edilir. Eldeki veriler kullanılarak bilinmeyen derişim hesaplanır.

4. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
ASİT BAZ TİTRASYONLARI

Güvenlik İşaretleri

Deneyin amacı: Derişimi bilinen bir asit çözeltisinden yararlanarak derişimi bilinmeyen baz çözeltisinin derişimini belirlemek.

Araç gereçler: Erlen, büret, bünzen mesnedi, bünzen kıskacı, bağlama parçaları, huni.

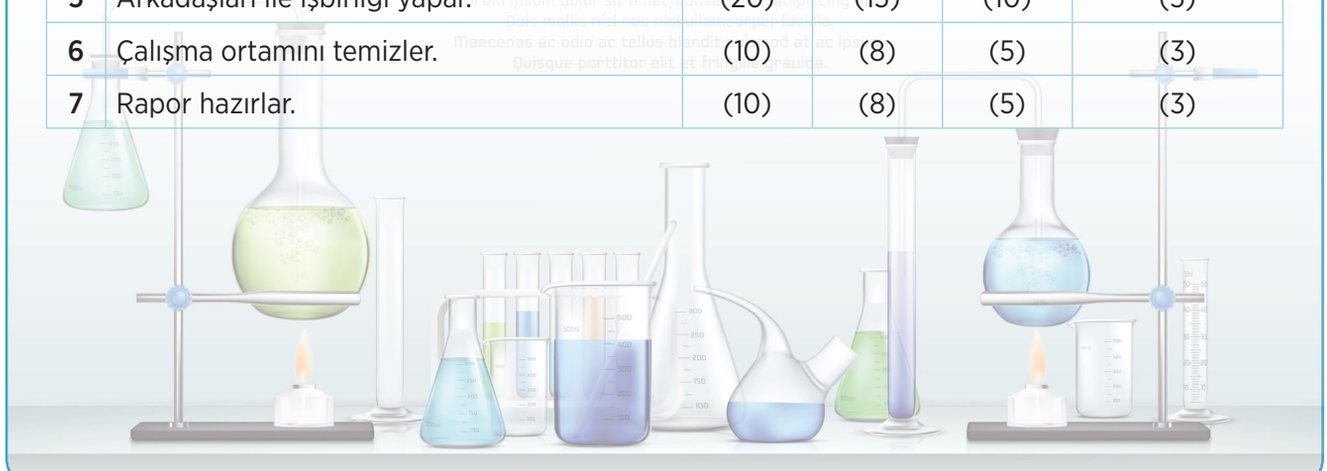
Kimyasal maddeler: NaOH katısı, 0,1 M HCl çözeltisi, metil oranj indikatör çözeltisi.

İşlem basamakları:

1. Erlene spatül ucuyla bir miktar NaOH koyunuz. NaOH üzerine su ekleyerek toplam hacmi 50 mL'ye tamamlayınız.
2. Erlendeki NaOH çözeltisine iki damla metil oranj damlatınız.
3. Büreti bağlama parçaları ve bünzen kıskacı ile bünzen mesnedine bağlayınız.
4. Büretin musluğunu kapatıp içine 100 mL HCl çözeltisi koyunuz.
5. Büretten erlene, erlendeki sarı renk kırmızıya dönene kadar damla damla HCl çözeltisi ekleyiniz.
6. Erlende kalıcı kırmızı renk elde ettiğiniz an (eş değerlik noktası) musluğu kapatarak harcadığınız asit hacmini not ediniz.
7. $M_B V_B = M_A V_A$ **denklemini kullanarak rastgele hazırladığınız NaOH çözeltisinin derişimini hesaplayınız.** (V_B: bazın hacmi, M_B: bazın molaritesi, V_A: harcanan asidin hacmi, M_A: asidin molaritesi)

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Değerlendirme Ölçütleri		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	(10)	(8)	(5)	(3)
2	Titrasyon düzeneğini kurar.	(10)	(8)	(5)	(3)
3	Titrasyon işlemini yapar.	(20)	(15)	(10)	(5)
4	Eş değerlik noktasını belirler.	(20)	(15)	(10)	(5)
5	Arkadaşları ile işbirliği yapar.	(20)	(15)	(10)	(5)
6	Çalışma ortamını temizler.	(10)	(8)	(5)	(3)
7	Rapor hazırlar.	(10)	(8)	(5)	(3)



4.3.2. Brönsted-Lowry Asit Baz Tanımı

Brönsted-Lowry (Bornsted-Lovri) asit baz tanımında sulu çözeltilerin dışındaki maddeler de asit ya da baz olarak sınıflandırılır.

Bu tanıma göre

- Kimyasal bir tepkimede H^+ iyonu (proton) veren maddeler asit, H^+ iyonu alan maddeler ise bazdır.
- Pratikte aralarında bir H^+ kadar fark bulunabilen maddeler birbirinin eşleniğidir.
- **Eşlenik (konjüge) asit-baz çiftlerinden hidrojeni fazla olan asit, az olan bazdır.**

Örnek

Aşağıda verilen tepkimelerde eşlenik asit-baz çiftlerini belirtiniz.

a) $HF(suda) + H_2O(s) \leftrightharpoons H_3O^+(suda) + F^-(suda)$

b) $NH_3(suda) + H_2O(s) \leftrightharpoons NH_4^+(suda) + OH^-(suda)$

Çözüm

$HF(suda) + H_2O(s) \leftrightharpoons H_3O^+(suda) + F^-(suda)$
Asit1 Baz2 Asit2 Baz1

HF ile F^-, H_2O ile H_3O^+ birbirinin eşleniğidir.

$NH_3(suda) + H_2O(s) \leftrightharpoons NH_4^+(suda) + OH^-(suda)$
Baz1 Asit2 Asit1 Baz2

NH_3 ile NH_4^+, H_2O ile OH^- birbirinin eşleniğidir.

7. Sıra Sizde

Aşağıda verilen tepkimelerde eşlenik asit-baz çiftlerini belirleyiniz

a) $CN^-(suda) + H_2O(s) \leftrightharpoons HCN(suda) + OH^-(suda)$

b) $HSO_4^-(suda) + NH_3(suda) \leftrightharpoons SO_4^{2-}(suda) + NH_4^+(suda)$

c) $HClO_3(suda) + H_2O(s) \leftrightharpoons H_3O^+(suda) + ClO_3^-(suda)$

4.3.3. Asit ve Bazların Kuvveti

Suda %100 iyonlarına ayrışan asit ve bazlar kuvvetlidir. Kuvvetli asit ve bazların çözünme denklemleri tek yönlüdür. HBr kuvvetli asidinin ve KOH kuvvetli bazının suda iyonlaşma denklemleri;

$HBr(g) \rightarrow H^+(suda) + Br^-(suda)$

$KOH(k) \rightarrow K^+(suda) + OH^-(suda)$

şeklinde yazılır.

Zayıf asitler suda %100 iyonlarına ayrışmaz. Bazlar ise genellikle iyonik oldukları için suda tamamen iyonlarına ayrışsalar da suda az çözünenleri zayıf baz olarak sınıflandırılır (NH_3 gibi kovalent yapılı bazlar ise suda çok çözünmesine rağmen %100 iyonlaşmaz). Zayıf asit ve zayıf bazların suda iyonlaşması denge tepkimesidir. Zayıf asitlerin iyonlaşma denge sabitine **asitlik sabiti (K_a)** denir.

Örneğin HF'ün çözünme denklemi ve denge ifadesi aşağıdaki gibi yazılır.

$$HF(suda) \leftrightharpoons H^+(suda) + F^-(suda)$$

$$K_a = \frac{[H^+][F^-]}{[HF]}$$

Zayıf bazların iyonlaşma denge sabitine **bazlık sabiti (K_b)** denir.
Örneğin NH_3'ın çözünme denklemi ve denge ifadesi aşağıdaki gibi yazılır.

$$NH_3(suda) + H_2O(s) \leftrightharpoons NH_4^+(suda) + OH^-(suda)$$

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

Zayıf asitlerin kuvvetleri karşılaştırılırken K_a değerlerine, zayıf bazların kuvvetleri karşılaştırılırken K_b değerlerine bakılır. Asitlerde K_a değeri büyük olan, bazlarda ise K_b değeri büyük olan daha kuvvetlidir. Kuvvetli olan asit ve bazın iyonlaşma yüzdesi daha fazladır.

K_a ve K_b ifadelerinden yararlanarak pH hesaplamaları yapılır.

Sık kullanılan bazı asit ve bazlar Tablo 4.2 ve tablo 4.3' te verilmiştir.

Tablo 4.2: Bazı kuvvetli ve zayıf asitler

Bazı Kuvvetli Asitler		**Bazı Zayıf Asitler**	
HBr	hidrobromik asit	CH_3COOH	asetik asit
HCl	hidroklorik asit	HCOOH	formik asit
HNO_3	nitrik asit	HF	hidroflorik asit
H_2SO_4	sülfürik asit	H_3PO_4	fosforik asit

Tablo 4.3: Bazı kuvvetli ve zayıf bazlar

Bazı Kuvvetli Bazlar		**Bazı Zayıf Bazlar**	
KOH	potasyum hidroksit	NH_3	amonyak
NaOH	sodyum hidroksit	$Fe(OH)_3$	demir(III) hidroksit
$Ca(OH)_2$	kalsiyum hidroksit	$Al(OH)_3$	alüminyum hidroksit
$Ba(OH)_2$	baryum hidroksit	AgOH	gümüş hidroksit

Örnek

25 °C'de 0,5 M HF çözeltisinin pH'ı 6 olarak ölçülmüştür. Aynı sıcaklıkta HF'nin asitlik sabiti K_a'nın değerini hesaplayınız.

Çözüm

$pH = 6$

$pH = -\log[H^+]$

$6 = -\log[H^+]$

$[H^+] = 10^{-6}\ M$

$[H^+] = [F^-] = 10^{-6}\ M\ olur.$

$$HF(suda) \leftrightharpoons H^+(suda) + F^-(suda)$$

0,5-~~10^{-6}~~ 10^{-6} 10^{-6}

(0,5'in yanında 10^{-6} çok küçük bir sayı olduğu için ihmal edilir.)

$$K_a = \frac{[H^+][F^-]}{[HF]}$$

$$K_a = \frac{10^{-6} \times 10^{-6}}{0,5}$$

$$\boldsymbol{K_a = 2 \times 10^{-12}\ bulunur.}$$

8. Sıra Sizde

0,1 M HCN çözeltisinin pH değeri 5 tir. Aynı sıcaklıkta HCN'nin asitlik sabiti (K_a) kaçtır?

Yaparak Öğrenelim

Gerekli malzemeler: 1 M CH_3COOH ve 1 M NH_3 çözeltisi, pH metre veya pH kâğıdı.

Yapılışı:

1. Bir deney tüpüne 10 mL CH_3COOH çözeltisini koyunuz.
2. pH metre veya pH kâğıdı ile çözeltinin pH değerini ölçünüz.
3. **CH_3COOH'in asitlik sabitini (K_a) hesaplayınız.**
4. Bir deney tüpüne 10 mL NH_3 çözeltisinden koyunuz.
5. pH metre ve pH kâğıdı ile çözeltinin pH değeri ölçünüz.
6. **NH_3'ın bazlık sabitini (K_b) hesaplayınız.**

CH_3COOH için $K_a = 1,7 \times 10^{-5}$, NH_3 için $K_b = 1,8 \times 10^{-5}$ olduğu bilinmektedir. **Hesaplamalarınızda bulduğunuz değeri teorik değerlerle karşılaştırınız. Farklı sonuçlar elde etmişseniz olası hataları ve bu hataların sebeplerinin neler olabileceğini tartışınız.**

4.3.4. Tuz Çözeltilerinin Asitlik / Bazlık Özelliği

Asit ve bazların nötralleşme tepkimelerinde su ve tuz oluşur. Kuvvetli asitlerle kuvvetli bazların nötralleşmesi sonucunda oluşan tuzun çözeltisi nötrdür.

$$Kuvvetli\ asit + Kuvvetli\ baz \rightarrow \mathbf{Nötr\ tuz} + Su$$

$$HCl(suda) + NaOH(suda) \rightarrow \mathbf{NaCl(suda)} + H_2O(s)$$

Zayıf asitlerin kuvvetli bazlarla nötralleşmesi sonucunda oluşan tuzun çözeltisi, bazik özellik gösterir.

$$Zayıf\ asit + Kuvvetli\ baz \rightarrow \mathbf{Bazik\ tuz} + Su$$

$$HCN(suda) + NaOH(suda) \rightarrow \mathbf{NaCN(suda)} + H_2O(s)$$

Kuvvetli asitlerin zayıf bazlarla nötralleşmeleri sonucunda oluşan tuzun çözeltisi, asidik özellik gösterir.

$$Kuvvetli\ asit + Zayıf\ baz \rightarrow \mathbf{Asidik\ tuz} + Su$$

$$HCl(suda) + NH_3(suda) \rightarrow \mathbf{NH_4Cl(suda)}$$

Örnek

Aşağıdaki tabloda bazı nötralleşme tepkimeleri verilmiştir. **Tepkimelerde kullanılan asit ve bazları kuvvetli / zayıf, oluşan tuz çözeltilerini ise nötr / asidik / bazik şeklinde sınıflandırınız.**

Nötralleşme Tepkimesi	Asit (Zayıf / Kuvvetli)	Baz (Zayıf / Kuvvetli)	Tuz (Nötr / Asidik / Bazik)
$H_2SO_4(suda) + 2NaOH(suda) \rightarrow Na_2SO_4(suda) + 2H_2O(s)$			
$HNO_3(suda) + NH_3(suda) \rightarrow NH_4NO_3(suda)$			
$CH_3COOH(suda) + NaOH(suda) \rightarrow CH_3COONa(tuz) + H_2O(s)$			

Çözüm

Nötralleşme Tepkimesi	Asit (Zayıf / Kuvvetli)	Baz (Zayıf / Kuvvetli)	Tuz (Nötr / Asidik / Bazik)
$H_2SO_4(suda) + 2NaOH(suda) \rightarrow Na_2SO_4(suda) + 2H_2O(s)$	H_2SO_4 kuvvetli	$NaOH$ kuvvetli	Na_2SO_4 nötr
$HNO_3(suda) + NH_3(suda) \rightarrow NH_4NO_3(suda)$	HNO_3 kuvvetli	NH_3 zayıf	NH_4NO_3 asidik
$CH_3COOH(suda) + NaOH(suda) \rightarrow CH_3COONa(suda) + H_2O(s)$	CH_3COOH zayıf	$NaOH$ kuvvetli	CH_3COONa bazik

9. Sıra Sizde

Aşağıdaki tabloda verilen nötralleşme tepkimelerinde kullanılan asit ve bazları kuvvetli / zayıf, oluşan tuz çözeltilerini ise nötr / asidik / bazik şeklinde sınıflandırınız.

Nötralleşme Tepkimesi	Asit (Zayıf / Kuvvetli)	Baz (Zayıf / Kuvvetli)	Tuz (Nötr / Asidik / Bazik)
$HNO_3(suda) + KOH(suda) \rightarrow KNO_3(suda) + H_2O(s)$			
$HCN(suda) + KOH(suda) \rightarrow KCN(suda) + H_2O(s)$			
$HBr(suda) + NH_3(suda) \rightarrow NH_4Br(suda)$			

Yaparak Öğrenelim

Gerekli malzemeler: Katı NaF, katı NH_4Cl, pH metre veya pH kâğıdı, spatül, iki adet beher, mezür, baget.

Yapılışı:

1. İki farklı behere ellişer mL saf su ekleyiniz.
2. Spatülle birinci behere NaF, ikinci behere NH_4Cl katısı ilave edip çözünmesini sağlayınız.
3. **Her iki beherdeki çözeltinin pH değerini ölçerek tabloya ölçtüğünüz pH değerini ve çözeltinin asidik mi, bazik mi olduğunu yazınız.**

	NaF çözeltisi	NH_4Cl çözeltisi
pH		
asidik / bazik		

4.3.5. Tampon Çözeltiler

Tampon çözeltiler, az miktarda asit ya da baz ilave edildiğinde pH değeri önemli oranda değişmeyen çözeltidir. Asidik ya da bazik olabilir.

Bir zayıf asit ve onun eşlenik bazı olan tuzunun karışımından oluşan çözeltilere **asidik tampon** denir. Örneğin HCN ve NaCN karışımının çözeltisi asidik bir tampondur.

Bazik tamponlar ise zayıf baz ve onun eşlenik asidi olan tuzunun karışımından oluşan çözeltilerdir. Örneğin NH_3 ve NH_4Cl karışımının çözeltisi bazik bir tampondur.

Her tampon çözeltinin bir dayanma sınırı vardır. Bu sınır aşıldığında tampon çözelti, özelliğini yitirir.

Örnek

Aşağıda verilen karışımların asidik tampon mu, bazik tampon mu yoksa tampon olmayan çözelti mi olduklarını karşılarına yazınız.

Çözelti Karışımı	Çözelti Özelliği
CH_3COOH - CH_3COONa çözeltisi	
H_2SO_4 - Na_2SO_4 çözeltisi	

Çözüm

Çözelti Karışımı	Çözelti Özelliği
CH_3COOH - CH_3COONa çözeltisi	CH_3COOH zayıf asittir. CH_3COONa asetik asidin sodyum tuzudur. **Asidik tampon oluşturur.**
H_2SO_4 - Na_2SO_4 çözeltisi	H_2SO_4 kuvvetli asit olduğu için **tampon çözelti oluşturmaz.**

10. Sıra Sizde

Aşağıda verilen karışımların asidik tampon mu, bazik tampon mu yoksa tampon olmayan çözelti mi olduklarını karşılarına yazınız.

Çözelti Karışımı	Çözelti Özelliği
NH_3 - NH_4Br çözeltisi	
HF - NaF çözeltisi	
KOH - NaCl çözeltisi	

Meraklısına

Birçok biyokimyasal tepkime ancak belirli bir pH aralığında gerçekleşir. Bu nedenle canlıların yaşamaları ve gelişmeleri için sabit bir pH aralığı gereklidir. Bu aralığın korunmasında tampon çözeltilerin rolü büyüktür.

Kan, zayıf baz özellikte olup pH değeri 7,35-7,45 aralığındadır. Kanın pH değerindeki çok küçük bir değişiklik şeker hastalığı, ishal, protein kaybı, kusma gibi ciddi sorunlara yol açar. Ani bir kaza ve yaralanma sonucunda pH değişimi meydana gelebilir. Kanın pH değerini tekrar dengelemek için kazazedelere hemen serum takılır. Serum, sıvı elektrolit dengesinin kurulmasını sağlayarak kanın pH'ını da düzenler. Kanın pH değerinin korunmasında HCO_3^-/H_2CO_3 tampon çözeltisi rol oynar. Kanın değişen pH'ı CO_2 ile dengelenir. Fosfat tamponu ($H_2PO_4^-/HPO_4^{2-}$) ise plazma proteinlerine etki ederek kanın pH değerinin sabit tutulmasına katkıda bulunur.

İdrarın pH değerinin sabit kalması da HPO_4^{2-} iyonunun tampon etkisi ile mümkündür.

5. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
TAMPON ÇÖZELTİLER

Güvenlik İşaretleri

Deneyin amacı: CH_3COOH-CH_3COONa tampon çözeltisinin pH değişimini saf su ile kıyaslamak.

Araç gereçler: 2 adet beher, pH metre veya pH kâğıdı, pipet, mezür.

Kimyasal maddeler: %80'lik CH_3COOH çözeltisi, katı CH_3COONa, 0,1 M HCl çözeltisi, 0,1 M NaOH çözeltisi.

İşlem basamakları:

1. Mezüre CH_3COOH çözeltisinden 8 mL koyarak üzerine 8 gram CH_3COONa katısından ekleyiniz.
2. Mezürdeki karışıma, son hacim 100 mL olacak şekilde saf su ilave ediniz.
3. Hazırladığınız tampon çözeltiyi bir behere alınız. Diğer behere 100 mL saf su koyunuz.
4. pH metre veya pH kâğıdı kullanarak hazırladığınız tampon çözeltinin ve saf suyun pH'ını ölçerek tabloya not ediniz.
5. Her iki behere onar mL 0,1 M HCl çözeltisi ilave ederek pH'ını ölçünüz. Ölçtüğünüz pH değerlerini tabloya not ediniz.
6. Her iki behere yirmişer mL 0,1 M NaOH çözeltisi ilave ederek pH'ını ölçünüz. Ölçtüğünüz pH değerlerini tabloya not ediniz.
7. Tampon çözeltiye asit ya da baz ilave ederek çözeltinin dayanma sınırını (tampon kapasitesi) aşmaya çalışınız.

	Tampon Çözeltinin pH Değeri	Saf Suyun pH Değeri
Başlangıçtaki		
10 mL HCl ilavesi sonucundaki		
20 mL NaOH ilavesi sonucundaki		

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

	Değerlendirme Ölçütleri	Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	(10)	(8)	(5)	(3)
2	Hacimleri ölçer.	(10)	(8)	(5)	(3)
3	Tampon çözeltiyi hazırlar.	(20)	(15)	(10)	(5)
4	Tepkimeleri gerçekleştirerek sonuçtaki pH değerlerini karşılaştırır.	(20)	(15)	(10)	(5)
5	Ekip arkadaşlarıyla işbirliği yapar.	(20)	(15)	(10)	(5)
6	Çalışma ortamını temizler.	(10)	(8)	(5)	(3)
7	Rapor hazırlar.	(10)	(8)	(5)	(3)

4.4. ÇÖZÜNME-ÇÖKELME TEPKİMELERİ

Çaydanlıklarda kireç tortusu, mağaralarda sarkıt ve dikitler, Pamukkale travertenleri çözünme-çökelme tepkimeleri sonucunda oluşur. Madencilik sektöründe, ilaç üretiminde, tuzların saflaştırılmasında, sodyum karbonat gibi çoğu sanayi kimyasallarının hazırlanmasında çözünme-çökelme tepkimelerinden faydalanılır. Üretim faaliyetlerinde, istemli ya da istemsiz meydana gelen çözünme ve çökelme olaylarını kontrol altına almak gerekir. Bunun için çözünürlük dengesinin işleyiş mekanizmasının bilinmesi önemlidir.

Dibinde katısı bulunan doygun çözeltide çözünme ve çökelme olayları arasında bir denge söz konusudur. Bu dengeye **çözünürlük dengesi** adı verilir. NaCl gibi bazı katılar suda çok çözünürken AgCl gibi bazı katılar ise az çözünür. Dibinde katısı bulunan çözeltilerin çözünme denklemleri, denge tepkimesidir ve çift yönlüdür. AgCl'ün suda çözünme denklemi, $AgCl(k) \leftrightharpoons Ag^{+}(suda) + Cl^{-}(suda)$ şeklinde yazılır.

Bilgi Kutusu

Sabit sıcaklıkta sulu çözeltilerde bir çözünürlük dengesi meydana gelmişse
- Dibinde katısı olan doymuş bir çözelti oluşmuştur.
- Gözlemlenmese de çözünme ve çökelme olayları devam etmektedir.
- Çözünme hızı çökelme hızına eşittir.
- Dipteki katı kütlesi ve çözelti kısmındaki iyonların derişimi sabittir.

Bilgi Kutusu

Bir veya daha fazla maddenin bir çözücü içerisinde homojen olarak dağılmasıyla oluşan karışımlara **çözelti** denir. Çözünme olaylarında iki temel bileşen vardır. Genellikle miktarı fazla olan bileşene **çözücü** az olana ise **çözünen** adı verilir. Çözünen madde miktarına göre çözeltiler; doymuş, doymamış ve aşırı doymuş çözelti olarak sınıflandırılır.

Belirli sıcaklıkta çözebileceği maksimum miktarda maddeyi çözmüş çözeltilere **doymuş çözeltiler** denir. **Doymamış çözeltiler**, belirli sıcaklıkta çözebileceği maksimum miktardan daha az çözünen içeren çözeltilerdir. Belirli bir noktada yapılan etkiler sonucunda bir çözelti doyma noktasını aşabilir. Bu şekilde çözebileceği miktardan daha çok çözünen içerecek hâle gelen karışımlara da **aşırı doymuş çözeltiler** denir.

4.4.1. Çözünürlük Çarpımı

Az çözünen tuzların doymuş çözeltilerinde bir denge olayı olduğu için bu tür maddelerin çözünme tepkimeleri için denge ifadeleri yazılabilir. Az çözünen tuzların denge ifadesi ürünlerde yer alan iyonların derişimlerinin çarpımından ibarettir. Çünkü bu denge olayında girenler tarafında daima bir katı bulunur ve bu katı denge ifadesinde yer almaz. Çözünürlük dengelerindeki denge sabitine **çözünürlük çarpımı** denir, $\mathbf{K_{çç}}$ ile gösterilir.

Örneğin suda az çözünen MgI_2'ün doymuş çözeltisinde çözünme denklemi ve denge ifadesi aşağıdaki gibidir.

$MgI_2(k) \leftrightharpoons Mg^{2+}(suda) + 2I^-(suda)$ $\qquad K_{ÇÇ} = [Mg^{2+}][I^-]^2$

Örnek

Aşağıda verilen suda az çözünen iyonik katıların çözünme denklemlerini ve bunlara ait çözünürlük denge bağıntılarını yazınız.

a) $AgCl$ **b)** $CaCO_3$ **c)** $PbCI_2$ **ç)** $Ca_3(PO_4)_2$

Çözüm

a) $AgCl(k) \leftrightharpoons Ag^+(suda) + Cl^-(suda)$ $\qquad K_{ÇÇ} = [Ag^+][Cl^-]$

b) $CaCO_3(k) \leftrightharpoons Ca^{2+}(suda) + CO_3^{2-}(suda)$ $\qquad K_{ÇÇ} = [Ca^{2+}][CO_3^{2-}]$

c) $PbCI_2(k) \leftrightharpoons Pb^{2+}(suda) + 2Cl^-(suda)$ $\qquad K_{ÇÇ} = [Pb^{2+}][CI^-]^2$

ç) $Ca_3(PO_4)_2(k) \rightarrow 3Ca^{2+}(suda) + 2PO_4^{3-}(suda)$ $\qquad K_{ÇÇ} = [Ca^{2+}]^3[PO_4^{3-}]^2$

11. Sıra Sizde

Aşağıda verilen suda az çözünen iyonik katıların çözünme denklemlerini ve bunlara ait çözünürlük denge bağıntılarını yazınız.

a) $AlBr_3$ **b)** $BaCO_3$ **c)** PbI_2

4.4.2. Çözünürlük

Çözünürlük bir maddenin belirli bir sıcaklıkta en fazla çözünen miktarını ifade eder, **s** ile gösterilir. Az çözünen tuzlarla ile ilgili hesaplamalarda çözünürlük birimi olarak **mol/L** kullanılır.
$K_{ÇÇ}$ değerinin hesaplanabilmesi için tuzun molar çözünürlüğünün (s) bilinmesi gerekir.

$AgCl(k) \leftrightharpoons \underset{s}{Ag^+}(suda) + \underset{s}{Cl^-}(suda)$ tepkimesinde AgCl katısının molar çözünürlüğü s ise

$K_{ÇÇ} = [Ag^+][Cl^-]$ $\quad K_{ÇÇ} = s \times s$ $\quad \boldsymbol{K_{ÇÇ} = s^2}$ ***olur***.

$MgF_2(k) \leftrightharpoons \underset{s}{Mg^{2+}(suda)} + \underset{2s}{2F^-(suda)}$ tepkimesinde MgF_2 katısının molar çözünürlüğü s ise

$K_{ÇÇ} = [Mg^{2+}][F^-]^2 \quad K_{ÇÇ} = s \times (2s)^2 \quad \boldsymbol{K_{ÇÇ} = 4s^3\ olur.}$

Bilgi Kutusu

$K_{ÇÇ}$ ifadelerini yazarken matematiksel işlemleri azaltmak için bazen kısayollar kullanılır. Aşağıda bazı tuz tipleri ve bu tuzların çözünürlük çarpımları için kısayollar verilmiştir.

XY tipi tuzlar için $K_{ÇÇ} = s^2$ XY_2 tipi tuzlar için $K_{ÇÇ} = 4s^3$ XY_3 tipi tuzlar için $K_{ÇÇ} = 27s^4$

Örnek

Belirli koşullarda baryum sülfat ($BaSO_4$) katısı ile doymuş çözelti hazırlanıyor. Baryum sülfat katısının hazırlanan çözeltideki çözünürlüğü 2.10^{-4} mol/L olarak ölçülüyor.

Buna göre aynı sıcaklıkta bakır(I) bromür katısının çözünürlük çarpımı kaçtır?

Çözüm

$BaSO_4(k) \leftrightharpoons \underset{2.10^{-4}}{Ba^{2+}(suda)} + \underset{2.10^{-4}}{SO_4^{2-}(suda)}$

$K_{ÇÇ} = [Ba^{2+}][SO_4^{2-}] \quad K_{ÇÇ} = (2 \times 10^{-4})(2 \times 10^{-4}) \quad \boldsymbol{K_{ÇÇ} = 4 \times 10^{-8}\ olur.}$

Örnek

CaF_2 katısının t °C sıcaklıkta çözünürlük çarpımı 4.10^{-9} olarak ölçülüyor.

Buna göre CaF_2 katısının aynı sıcaklıktaki çözünürlüğü kaç molardır?

Çözüm

$CaF_2(k) \leftrightharpoons \underset{s}{Ca^{2+}(suda)} + \underset{2s}{2F^-(suda)} \quad K_{ÇÇ} = [Ca^{2+}][F^-]^2 \quad K_{ÇÇ} = s \times (2s)^2$

$K_{ÇÇ} = 4s^3 \quad 4 \times 10^{-9} = 4s^3 \quad s^3 = 10^{-9} \quad \sqrt[3]{s^3} = \sqrt[3]{10^{-9}} \quad \boldsymbol{s = 10^{-3}\ M\ olur.}$

12. Sıra Sizde

Belirli koşullarda Li_3PO_4 katısının çözünürlük çarpımı 27.10^{-8} olarak ölçülüyor. **Buna göre aynı sıcaklıkta hazırlanan doygun Li_3PO_4 çözeltisindeki Li^+ iyonları derişimi kaç molardır?**

6. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
ÇÖZÜNME ÇÖKELME TEPKİMELERİ

Güvenlik İşaretleri

Deneyin amacı: Kimyasal bir tepkimede çökelti oluşumunu gözlemlemek.

Araç gereçler: 2 adet 50 mL'lik beher, 1 adet 200 mL'lik beher, termometre, cam baget, spatül.

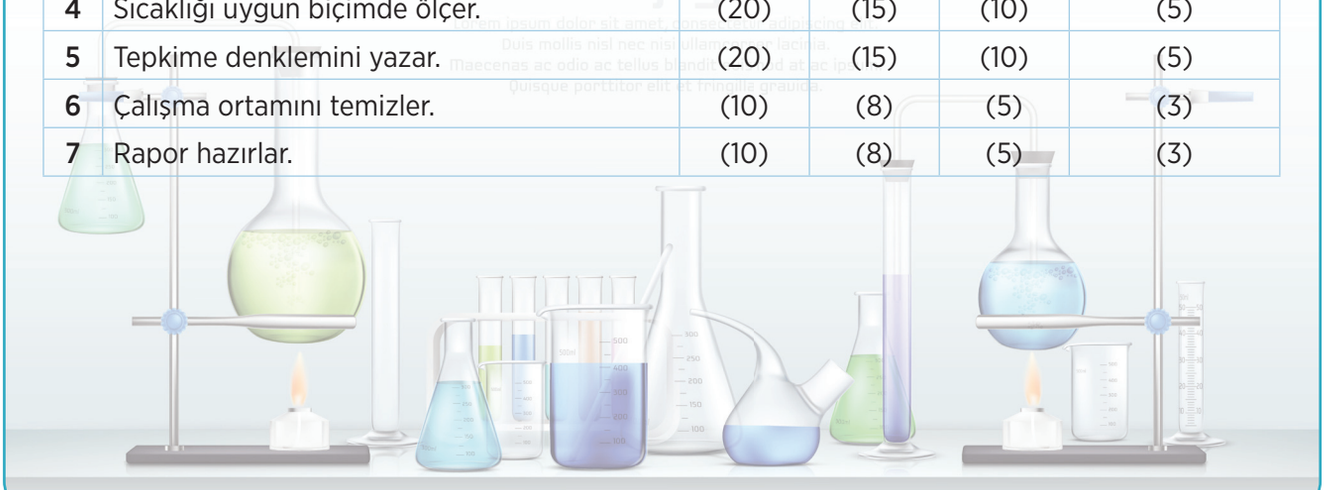
Kimyasal maddeler: Saf su, kurşun(II) nitrat [$Pb(NO_3)_2$], potasyum iyodür (KI).

İşlem basamakları:

1. 50 mL'lik beherlere kırkar mL su koyunuz. Termometre ile suyun sıcaklığını ölçerek not ediniz.
2. Birinci beherdeki suyun içine bir spatül $Pb(NO_3)_2$ ekleyerek karıştırınız.
3. İkinci beherdeki suyun içine bir spatül KI katısı ekleyerek karıştırınız.
4. Çözünmelerin tamamlanmasını bekleyiniz ve çözelti sıcaklıklarını ölçerek not ediniz.
5. Hazırladığınız her iki çözeltiyi aynı anda 200 mL'lik behere yavaş yavaş ekleyiniz.
6. Beherde gerçekleşen PbI_2 katısının çökelme tepkimesini gözlemleyiniz.
7. Çökelme işlemi tamamlanınca sıcaklığı ölçerek not ediniz.
8. Gerçekleşen olayların ekzotermik mi, endotermik mi olduğunu belirleyiniz.
9. Gerçekleşen tepkimenin denklemini yazınız.
10. Çalışma ortamını temizleyiniz.
11. Yaptığınız çalışma ile ilgili rapor yazınız.

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Değerlendirme Ölçütleri		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	(10)	(8)	(5)	(3)
2	Çözeltileri hazırlar.	(10)	(8)	(5)	(3)
3	Çözeltileri karıştırarak tepkimeyi gerçekleştirir.	(20)	(15)	(10)	(5)
4	Sıcaklığı uygun biçimde ölçer.	(20)	(15)	(10)	(5)
5	Tepkime denklemini yazar.	(20)	(15)	(10)	(5)
6	Çalışma ortamını temizler.	(10)	(8)	(5)	(3)
7	Rapor hazırlar.	(10)	(8)	(5)	(3)



4.4.3. Tuzların Çözünürlüğüne Etki Eden Faktörler

Katısıyla dengede bulunan bir tuz çözeltisine dışarıdan yapılan etkilerin tuzun çözünürlüğüne etkisi Le Châtelier İlkesi ile açıklanır. Çözünürlük dengesine ortak iyon ve sıcaklık etki eder.

Çözünürlüğe Ortak İyonun Etkisi

Bir tuzun sudaki çözünürlüğüne ortamda bulunan diğer iyonların etkisi vardır. Sulu ortam, çözünecek tuz ile aynı iyonları içeriyorsa tuzun o ortamdaki çözünürlüğü azalır. Buna **ortak iyon etkisi** denir.

Suda az çözünen CaF_2'ün katısı ile dengedeki doygun çözeltisine suda çok çözünen KF katısı ilave edilsin. Eklenen KF'ün tamamı $KF(k) \rightarrow K^+(suda) + F^-(suda)$ şeklinde çözünerek çözeltide K^+ ve F^- iyonlarını oluşturur. Oluşan F^- iyonları CaF_2'ün çözünme dengesinde de yer aldığı için ortak iyon olarak adlandırılır. Oluşan ortak iyon dengeyi etkiler ve tepkime, dengenin tekrar oluşması için tepki gösterir. $CaF_2(k) \leftrightharpoons Ca^{2+}(suda) + 2F^-(suda)$ denge tepkimesinde F^- iyonu derişiminin artması dengenin girenler yönüne kaymasına neden olur. Bu nedenle CaF_2 katısının sudaki çözünürlüğü azalır.

Örnek

AgI katısının t °C sıcaklıktaki doygun çözeltisinin çözünürlük çarpımı değeri 9×10^{-18} dir. **Buna göre**

a) AgI katısının aynı sıcaklıkta saf sudaki çözünürlüğünü hesaplayınız.

b) AgI'ün 0,1 M NaI çözeltisindeki çözünürlüğünü bularak saf sudaki çözünürlüğü ile kıyaslayınız.

Çözüm

a) $AgI(k) \leftrightharpoons \underset{s}{Ag^+(suda)} + \underset{s}{I^-(suda)}$

$K_{ÇÇ} = [Ag^+][I^-] \quad K_{ÇÇ} = s \times s \quad 9 \times 10^{-18} = s^2 \quad \sqrt{s^2} = \sqrt{9 \times 10^{-18}}$

$\boldsymbol{s = 3 \times 10^{-9}\ M\ olur.}$

b) NaI bileşiği suda % 100 çözünür. 0,1 M NaI çözündüğünde ortama 0,1 M I^- iyonu verir.

$NaI(k) \rightarrow Na^+(suda) + I^-(suda)$

0,1 M 0,1 M 0,1 M

I^- iyonu çözeltide ortak iyon etkisi yaparak çözünürlüğü azaltır.

$AgI(k) \leftrightharpoons Ag^+(suda) + I^-(suda)$

tepkimesi girenler yönüne kayarak tekrar dengeye gelir. $K_{çç}$'nin değeri değişmez.
AgI katısının ortak iyon etkisi ile değişen yeni çözünürlüğü x olsun. Son durumda ortamda x+0,1 M iyodür iyonu olacaktır. Başlangıçta çözeltide bulunan I^- derişimi çözeltiye eklenen 0,1 M I^- derişimi yanında ihmal edilecek kadar küçük olduğundan hesaplamaya alınmaz, ihmal edilir.

$AgI(k) \leftrightharpoons \underset{x}{Ag^+(suda)} + \underset{(0,1+\cancel{x})}{I^-(suda)}$

$K_{ÇÇ} = [Ag^+][I^-] \quad 9 \times 10^{-18} = x.0,1 \quad \boldsymbol{x = 9 \times 10^{-17}\ M\ olur.}$

AgI'ün saf sudaki çözünürlüğü s= 3×10^{-9} M ve 0,1 M NaI çözeltisindeki çözünürlüğü x= 9×10^{-17} M olarak hesaplanır. **Görüldüğü gibi ortak iyon, çözünürlüğü yaklaşık 10^8 kat azaltmıştır.**

13. Sıra Sizde

Belirli koşullarda PbF_2 katısının doygun çözeltisinin çözünürlük çarpımı değeri $32x10^{-9}$ molardır.
Buna göre
a) PbF_2 katısının saf sudaki çözünürlüğünü hesaplayınız.
b) PbF_2 katısının 2 M NaF çözeltisindeki çözünürlüğünü hesaplayınız.

Çözünürlüğe Sıcaklığın Etkisi

Sıcaklığın çözünürlüğe etkisi, çözünme tepkimesinin endotermik ya da ekzotermik olmasına göre değişir. Bir tepkime için çözünürlük çarpımının değerini değiştiren tek faktör sıcaklıktır.

Endotermik çözünme tepkimelerinde sıcaklık arttıkça, Le Châtelier İlkesi gereğince tepkime ürünlere ilerleyeceğinden çözünürlük ve çözünürlük çarpımının değeri artar. Ekzotermik tepkimelerde ise sıcaklığın artması, tepkimeyi girenler yönüne kaydıracağından çözünürlük ve çözünürlük çarpımının değerini azaltır.

$PbI_2(k) + Isı \leftrightharpoons Pb^{2+}(suda) + 2I^-(suda)$ tepkimesi için sıcaklık artışı dengeyi ürünler yönüne kaydırır. Çözünürlük ve çözünürlük çarpımının değeri artar.

$CaCO_3(k) \leftrightharpoons Ca^{2+}(suda) + CO_3^{2-}(suda) + Isı$ tepkimesi için sıcaklık arttıkça denge, etkiyi azaltmak için girenler yönüne doğru ilerler. Bu nedenle çözünürlük ve çözünürlük çarpımının değeri azalır.

Yaparak Öğrenelim

Gerekli malzemeler: Bakır tel, hassas terazi, dereceli silindir, beher, doygun gümüş asetat çözeltisi.
Yapılışı:

1. Bakır teli tartarak kütlesini not ediniz.
2. Deney tüpü yardımıyla bakır tele helezoni (sarmal) şekli veriniz.
3. Bir behere 50 mL doygun gümüş asetat çözeltisi koyunuz. Helezoni şekli verilmiş bakır teli, tamamı çözeltinin içinde kalacak şekilde behere daldırınız. Çözeltiyi bu hâliyle bir gece bekleteniz.
4. Ertesi gün bakır teli çözeltiden çıkarıp üzerindeki tortuları yıkayınız. Tel kuruduktan sonra tekrar tartınız. Bakırın mol kütlesini 64 g/mol alarak harcanan bakırın mol sayısını hesaplayınız.
5. Bakır ve Ag^+ iyonu arasında $Cu(k) + 2Ag^+(suda) \rightarrow Cu^{2+}(suda) + 2Ag(k)$ tepkimesi gerçekleşmektedir. Tepkimeden yararlanarak çözeltide bulunan Ag^+ iyonlarının mol sayısını ve Ag^+ derişimini hesaplayınız.
6. Gümüş asetat $CH_3COOAg(k) \leftrightharpoons CH_3COO^-(suda) + Ag^+(suda)$ tepkimesine göre çözünür. Hesapladığınız Ag^+ derişimi CH_3COO^- derişimine eşittir. **Verilen bilgileri kullanarak çözünürlük çarpımını hesaplayınız.**
7. Gümüş asetat için Kçç değeri $2x10^{-3}$ tür. **Deney sonucunda bulduğunuz çözünürlük çarpımı değeri aynı mıdır? Sonuca ne kadar yaklaştınız? Olası hata kaynakları nelerdir?**

A. Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. Mutfaklarda mermer tezgah üzerinde limon kesilmemesi, tezgaha limon damladıysa hemen silinmesi neden tavsiye edilir? Açıklayınız.

.....

.....

2. Çaydanlıkların içinde oluşan kireçlenmenin sebebi nedir? Bu kireçlerin temizlenmesi için ne kullanılmalıdır? Açıklayınız.

.....

.....

3. Katalizörlerin denge tepkimelerini etkilemeyip sadece dengeye ulaşma süresini kısaltmasının sebebini açıklayınız.

.....

.....

4. İçme suları ve atık suları arıtma tesislerinde ne tür denge tepkimeleri kullanılır?

.....

.....

5. Saf suyun oda sıcaklığında elektrik iletkenliği çok düşüktür fakat saf su ısıtılınca elektrik iletkenliği bir miktar artar. **İyon içeren tüm denge tepkimeleri düşünüldüğünde sıcaklık artışı her zaman elektrik iletkenliğini arttırır mı? Açıklayınız.**

.....

.....

B. Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

1. Zayıf bir asidin iyonlaşma sabitini (Ka) hesaplayabilmek için asidin

I. formülü
II. molar derişimi
III. pH değeri

niceliklerinden hangisi / hangilerinin bilinmesi yeterlidir?

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

2. Dezenfektanlar konusunda araştırma yapan bir kimyagerin aldığı notlardan bir bölümü aşağıdaki gibidir.

Dezenfektanların etkinliği; kullanılacağı yere, dezenfektanın yapısına, ortam şartlarına ve yok edilmesi hedeflenen mikroorganizmaların yapısına bağlıdır. Suda iyonlaşma kabiliyeti yüksek maddelerden oluşan dezenfektanın etkinliği daha fazla olur. Ortama bağlı faktörler içinde en etkili olanlar sıcaklık, pH ve temas yüzeyidir. Ortamın sıcaklığının artması iyonizasyonu artırır. Kimyasal ve fiziksel olayların gerçekleşme hızı artar ve böylece mikropları öldürme süresi kısalır. Asitlik bazlık derecesinin artması mikropların direncini kırar. Her dezenfektanın iyonize olabildiği bir pH aralığı vardır. Bu nedenle dezenfektanın ve ortamın pH'ı dezenfektanın iyonlaşmasında etkendir. Dezenfekte edilecek yüzeyin üzerinde organik veya inorganik maddeler olmamalıdır. Örtücü role sahip dış faktörler dezenfektanı inaktive edebilir. Bu faktörler temas yüzeyi ile birlikte dezenfektanın etki hızını ve gücünü azaltarak kimyasalların mikroba ulaşmasını engeller.

Kimyagerin aldığı bu notları okuyan bir kişi dezenfektanın etkili olması için

I. dezenfektan yapımı için kullanılacak olan maddelerin pH değerlerinin hassasiyetle hesaplanması gerektiği,
II. dezenfektanların iyonlaşma özelliği olmayan maddelerden yapılmasının doğru olacağı,
III. ortam sıcaklığının artmasının tepkimeleri yavaşlatarak dezenfektanın etkisini azalttığı

sonuçlarından hangisi / hangilerine ulaşır?

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

3. Aşağıda verilen madde çiftlerinden hangisi tampon çözelti <u>oluşturmaz</u>?

A) NH_3 - NH_4Cl
B) HF - KF
C) HCN - NaCN
D) NaOH - NaCl
E) $Al(OH)_3$ - $AlBr_3$

4. $H_3PO_4 + HCO_3^- \leftrightharpoons H_2PO_4^- + H_2CO_3$ **tepkimesi için aşağıda verilen ifadelerden hangisi doğrudur?**

A) $H_2PO_4^-$, H_3PO_4'ün eşlenik asididir.
B) HCO_3^- tepkimede asit olarak davranmıştır.
C) Tepkime nötralleşme tepkimesidir.
D) HCO_3^- ile H_2CO_3 eşlenik asit-baz çiftidir.
E) H_3PO_4 tepkimede proton (H^+) alıcı olarak davranmıştır.

5. Kapalı bir kapta
$N_2(g) + 3H_2(g) \leftrightharpoons 2NH_3(g) + 90$ kj tepkimesi sabit sıcaklıkta dengededir. **Tepkimeye aşağıda verilen etkilerden hangisi yapılırsa tepkime ürünler yönüne kayarak dengeye ulaşır?**

A) Ortamdan bir miktar N_2 gazı uzaklaştırılırsa
B) Ortama bir miktar NH_3 gazı eklenirse
C) Ortam sıcaklığı azaltılırsa
D) Kap hacmi artırılırsa
E) Katalizör kullanılırsa

6. **Aşağıda verilen tepkimelerin hangisinde denge sabitleri arasındaki ilişki $K_p = K_c(RT)^{-2}$ olarak yazılır?**

A) $H_2(g) + Cl_2(g) \leftrightharpoons 2HCl(g)$
B) $N_2(g) + 3H_2(g) \leftrightharpoons 2NH_3(g)$
C) $CaCO_3(k) \leftrightharpoons CaO(k) + CO_2(g)$
D) $C(k) + O_2(g) \leftrightharpoons CO_2(g)$
E) $PCl_5(g) \leftrightharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$

7. Kapalı sabit hacimli bir kapta
$2HI(g) \leftrightharpoons H_2(g) + I_2(g)$ tepkimesi dengededir. Sabit sıcaklıkta kaba $I_2(g)$ ilave edilip sistemin tekrar dengeye gelmesi bekleniyor. **Bu sırada meydana gelen değişimlerle ilgili verilen ifadelerden hangisi doğrudur?**

A) Sistem dengeye ulaşana kadar $H_2(g)$ derişimi azalır.
B) Sistem dengeye ulaşana kadar HI(g) derişimi azalır.
C) İlk duruma göre geri hız azalır.
D) $I_2(g)$ derişimi başlangıca göre azalır.
E) Tepkime ürünler yönüne kayar.

8. **Bir denge tepkimesi için aşağıdaki ifadelerden hangisi doğrudur?**

A) Denge tepkimeleri açık kapta gerçekleşir.
B) Denge anında ileri ve geri yöndeki olaylar bitmiştir.
C) Denge anında tepkimeye giren ve oluşan bütün maddeler kapta bulunur.
D) Denge anında sıcaklık sürekli değişir.
E) Denge anında minimum enerji eğilimi daima girenler tarafındadır.

9. **25 °C sıcaklıkta sulu çözeltiler için aşağıda verilen ifadelerden hangisi doğrudur?**

A) Daima $[H^+] = [OH^-]$ olur.
B) $[H^+] = 10^{-5}$ M ise $[OH^-] = 10^{+9}$ M olur.
C) pH x pOH = 14 olur.
D) $[H^+] + [OH^-] = 10^{-14}$'tür.
E) $[OH^-] = 10^{-10}$ M ise ortam asidiktir.

10. HI kuvvetli, HF zayıf bir asittir. **Aynı sıcaklıkta ve aynı hacimde bulunan HI ve HF asitlerinin 0,1 molar çözeltileri için aşağıda verilen ifadelerden hangisi doğrudur?**

A) HF asitinin pH değeri HI asidinin pH değerinden küçüktür.
B) HI asidinin pH değeri 1'dir.
C) Her iki asidin pH değerleri eşittir.
D) Her ikisinin de iyonlaşma yüzdeleri eşittir.
E) HF suda %100 iyonlarına ayrışır.

11. **Oda sıcaklığında $PbBr_2$ katısının 1 M KBr çözeltisindeki çözünürlüğü kaç mol/L'dir?**
($PbBr_2$ katısı için $K_{çç} = 4.10^{-6}$)

A) 4.10^{-8} B) 10^{-6} C) 2.10^{-6}
D) 4.10^{-6} E) 2.10^{-3}

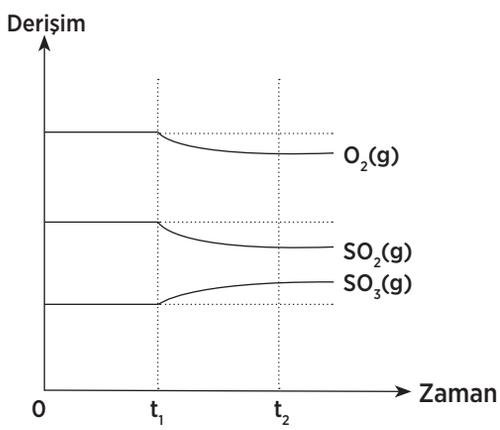
12. **Aşağıda verilen denge tepkimelerinden hangisinde tuzun çözünürlük çarpımı ($K_{çç}$) $4s^3$ ile ifade edilebilir?** (s: tuzun molar çözünürlüğü)

A) $PbS(k) \leftrightharpoons Pb^{2+}(suda) + S^{2-}(suda)$
B) $Mg(OH)_2(k) \leftrightharpoons Mg^{2+}(suda) + 2OH^-(suda)$
C) $SrCO_3(k) \leftrightharpoons Sr^{2+}(suda) + CO_3^{2-}(suda)$
D) $Fe(OH)_3(k) \leftrightharpoons Fe^{3+}(suda) + 3OH^-(suda)$
E) $CuI(k) \leftrightharpoons Cu^+(suda) + I^-(suda)$

13. Metil oranj indikatörü asidik ortamda kırmızı, bazik ortamda sarı, nötr ortamda portakal renginde bulunur.
Metil oranj damlatılmış 0,1 M 20 mL NaOH çözeltisi hazırlanıyor. Bu çözeltiye damla damla 0,1 M HNO_3 çözeltisinden ekleniyor.
Buna göre aşağıda verilen ifadelerden hangisi doğrudur?

A) 5 mL HNO_3 eklenince çözeltinin rengi kırmızı olur.
B) HNO_3 eklendikçe çözeltinin rengi kırmızıdan sarıya doğru geçiş yapar.
C) 20 mL HNO_3 eklendiğinde çözelti portakal rengini alır.
D) HNO_3 eklenmeden önceki çözelti kırmızıdır.
E) 30 mL HNO_3 eklendiğinde çözelti sarı renkte olur.

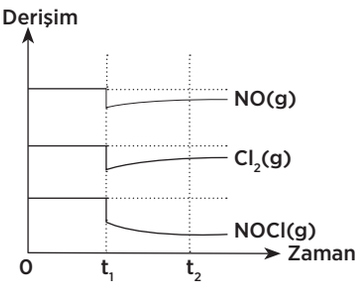
14. $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g) \quad \Delta H < 0$ tepkimesi kapalı kapta dengede iken t_1 anında tepkimeye dışarıdan bir etki yapılmıştır. Sistem etkiyi azaltacak yönde hareket ederek t_2 anında yeniden dengeye gelmiştir. Bu olaya ilişkin derişim-zaman grafiği aşağıdaki gibidir.

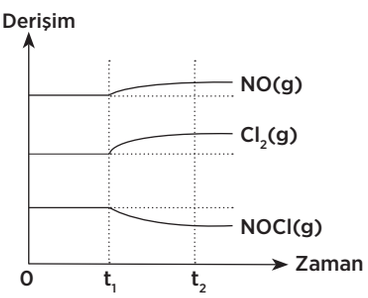


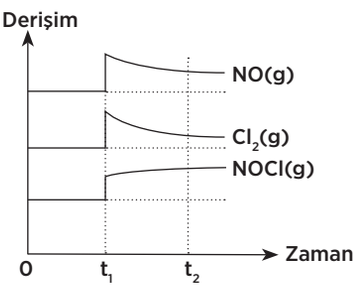
Buna göre, sisteme t_1 anında yapılan etki ile ilgili verilen ifadelerden hangisi doğrudur?

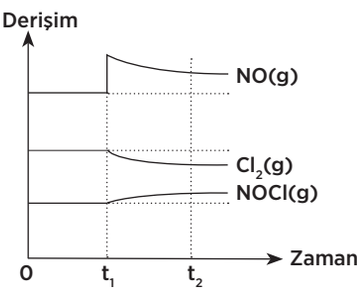
A) Sisteme $O_2(g)$ eklenmiştir.
B) Sistemin hacmi azaltılmıştır.
C) Sistemin sıcaklığı azaltılmıştır.
D) Sisteme $SO_3(g)$ eklenmiştir.
E) Sistemin basıncı azaltılmıştır.

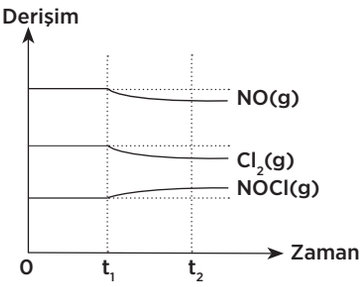
15. Kapalı kapta bulunan NO ve Cl_2 gazları tepkime vererek bir süre sonra
$2NO(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons 2NOCl(g)$ + ısı şeklinde dengeye ulaşıyor. Sistem dengede iken kabın hacmi artırılıp bir süre bekleniyor.
Tepkimedeki maddelerin derişimlerindeki değişimi gösteren grafik aşağıdakilerden hangisi gibi olur?

A)


B)


C)


D)


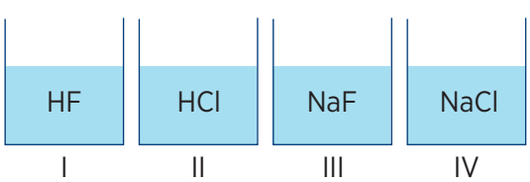
E)


16.

Verilen ham maddeleri kullanarak bazik tuz elde etmek isteyen bir kimyager aşağıdaki tuzlardan hangilerini elde etmişse doğru bir işlem yapmıştır?

A) $NaNO_3$, $CaBr_2$
B) CuBr, $Fe(NO_3)_3$
C) $Ca(NO_3)_2$, $FeBr_3$
D) NaF, $CaCO_3$
E) $CuNO_3$, $CaCO_3$

17.



Asidik tampon çözelti hazırlamak isteyen bir öğrenci yukarıdaki çözeltilerden hangilerini karıştırmalıdır?

A) I ve II B) I ve III C) I ve IV
D) II ve IV E) III ve IV

18. 25 °C sıcaklıkta hazırlanan 0,01 M HCN asidinin pH değeri kaçtır?
(25 °C sıcaklıkta HCN için $K_a = 10^{-10}$)

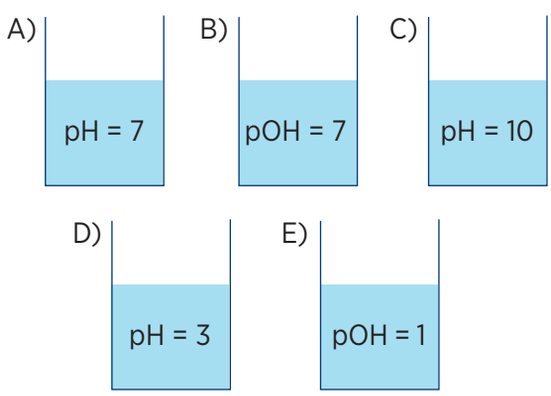
A) 6 B) 5 C) 4 D) 3 E) 2

19. Hemoglobin (Hb) kana kırmızı rengini veren ve kanın oksijen taşıma kapasitesini artıran bir moleküldür. Kanda, hemoglobin ve oksijen arasında $Hb + O_2 \leftrightharpoons HbO_2$ dengesi kurulur. Bu tepkimenin denge sabiti oldukça büyüktür. Bu nedenle HbO_2 derişimi ve kanın oksijen taşıma kapasitesi fazladır.

Le Châtelier İlkesi göz önünde alındığında hemoglobin ve oksijen arasındaki dengeyle ilgili aşağıdaki ifadelerin hangisi doğrudur?

A) Oksijen derişiminin yüksek olduğu akciğerlerde denge ürünler yönüne kayar.
B) Oksijen derişiminin düşük olduğu kas dokusunda denge HbO_2 derişimini artıracak yönde hareket eder.
C) Tepkimenin denge sabitinin büyük olması kanın oksijen taşıma kapasitesinin az olduğunu gösterir.
D) Havadaki oksijen derişiminin azalması akciğerlerdeki kanda dengeyi ürünler yönüne kaydırır.
E) Hava basıncının ve oksijen derişiminin düşük olduğu dağlık yörelerde yaşayan insanların kanında daha az hemoglobin bulunması beklenir.

20. Aşağıdaki seçeneklerde 25 °C sıcaklıkta hazırlanmış olan çözeltilerin pH-pOH değerleri üzerlerinde verilmiştir. **Bu çözeltilerden hangisi asidik özellik gösterir?**



21. 25 °C sıcaklıkta hazırlanan 0,01 molar NaOH çözeltisinin pH değeri kaçtır?

A) 2 B) 5 C) 7 D) 10 E) 12

5. ÖĞRENME BİRİMİ
ELEKTROKİMYA

KONULAR

5.1. İNDİRGENME-YÜKSELTGENME TEPKİMELERİNDE ELEKTRİK AKIMI
5.2. ELEKTROTLAR VE ELEKTROKİMYASAL HÜCRELER
5.3. ELEKTROT POTANSİYELLERİ
5.4. KİMYASALLARDAN ELEKTRİK ÜRETİMİ
5.5. ELEKTROLİZ
5.6. KOROZYON

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

Kimyasal tepkimelerde meydana gelen elektron alışverişini inceleyen, sonuçta açığa çıkan enerjiyi ve olayları uygulamalarında kullanan bilim dalına **elektrokimya** adı verilir. Elektrokimya bilim alanının geliştirilmesiyle, ihtiyaç duyulan elektrik enerjisi kolayca elde edilmiş; enerjinin depolanması ve tekrar kullanılması sağlanmıştır. Pil ve akü benzeri üreteçlerle teknolojik aletlerin kullanımı kolaylaşmıştır. Tabiattan cevher hâlinde elde edilen metallerin saflaştırılması, bileşiklerin elementlerine ayrıştırılması da elektrokimyanın çalışma alanına girer. Ayrıca elektrokimyasal süreçlerle kaplamacılık yapılarak dış şartlardan etkilenen metal yüzeyler korunur.

Bu öğrenme biriminde elektrokimyasal olayların oluşum süreçlerini ve kullanım alanlarını öğreneceksiniz.

NELER BİLİYORSUNUZ?

Neden tüm piller şarj edilemez? Araştırınız.

Balkon demirleri paslanmaktan nasıl korunabilir? Tartışınız.

Atık piller evde saklanır mı? Atık piller nasıl imha edilmelidir? Tartışınız.

Kemiklerde meydana gelen kırıkların tedavisinde neden platin kullanılır?

5.1. İNDİRGENME-YÜKSELTGENME TEPKİMELERİNDE ELEKTRİK AKIMI

Elektron alışverişi ile gerçekleşen tepkimelerde indirgenme ve yükseltgenme adı verilen iki olay gerçekleşir. Bir atomun veya iyonun elektron alması ile gerçekleşen olaya **indirgenme (redüksiyon)**, elektron vermesi ile gerçekleşen olaya ise **yükseltgenme (oksidasyon)** denir. Sadece yükseltgenme veya indirgenme olaylarının gösterildiği tepkimelere de **yarı tepkimeler** adı verilir.

$Zn^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Zn^0(k)$ tepkimesi, elektron alma olayı gerçekleştiği için **indirgenme yarı tepkimesidir.**

$Zn^0(k) \rightarrow Zn^{2+}(suda) + 2e^-$ tepkimesi, elektron verme olayı gerçekleştiği için **yükseltgenme yarı tepkimesidir.**

İndirgenme ve yükseltgenme olaylarının aynı anda gerçekleştiği tepkimelere ise **indirgenme-yükseltgenme tepkimeleri** veya **redoks tepkimeleri** denir. Bu tepkimelere; yanma olayları, bileşiklerin elementlerine ayrılması, metallerin asitlerle tepkimeleri örnek olarak verilebilir.

Redoks tepkimeleri gerçekleşirken elektron alarak indirgenen taneciklere **yükseltgen,** elektron vererek yükseltgenen taneciklere **indirgen** denir (Görsel 5.1).

Elektron alan tanecik ⟶ yükseltgendir ⟶ indirgenmiştir.
Elektron veren tanecik ⟶ indirgendir ⟶ yükseltgenmiştir.

Görsel 5.1: İndirgen ve yükseltgen kavramları ile ilgili benzetim modeli

$Zn^0(k) + Cu^{2+}(suda) \rightarrow Zn^{2+}(suda) + Cu^0(k)$ tepkimesinde Cu^{2+} iyonları Zn metalinden elektron alarak indirgenir. Bu sırada Zn metali Zn^{2+} iyonuna yükseltgenir. Cu^{2+} iyonları Zn metalinin yükseltgenmesine sebep olduğundan yükseltgen özellik gösterir. Zn metali ise elektron vererek Cu^{2+} iyonlarını indirgediğinden tepkimede indirgen olarak davranmıştır.

Bilgi Kutusu

O_2, $KMnO_4$, H_2SO_4, HNO_3, H_2O_2 yaygın olarak kullanılan yükseltgenlerdendir. Bu maddeler redoks tepkimelerinde indirgendiklerinden yükseltgen özellik gösterir.

$\overset{0}{Fe}(k) + 3\overset{0}{O_2}(g) \rightarrow 2\overset{3+}{Fe}_2\overset{2-}{O_3}(k)$

$3\overset{0}{Cu}(k) + 8H\overset{5+}{N}O_3(suda) \rightarrow 3\overset{2+}{Cu}(NO_3)_2(suda) + 2\overset{2+}{NO}(g) + 4H_2O(s)$

H_2, SO_2 yaygın olarak kullanılan indirgenlerdir. Bu maddeler redoks tepkimelerinde yükseltgendiklerinden indirgen özelliktedir.

$\overset{0}{N_2}(g) + 3\overset{0}{H_2}(g) \rightarrow 2\overset{3-}{N}\overset{+}{H_3}(g)$

$2K\overset{7+}{Mn}O_4(k) + 5\overset{4+}{S}O_2(g) + 2H_2O(s) \rightarrow K_2\overset{6+}{S}O_4(suda) + 2\overset{2+}{Mn}SO_4(suda) + 2H_2\overset{6+}{S}O_4(suda)$

Örnek

$Mg(k) + 2Ag^+(suda) \rightarrow Mg^{2+}(suda) + 2Ag(k)$ **tepkimesi için yükseltgenme ve indirgenme yarı tepkimelerini yazınız.**

Çözüm

yükseltgenme yarı tepkimesi : $Mg(k) \rightarrow Mg^{2+}(suda) + 2e^-$
indirgenme yarı tepkimesi : $2Ag^+(suda) + 2e^- \rightarrow 2Ag(k)$

1. Sıra Sizde

$Zn(k) + Cu^{2+}(suda) \rightarrow Zn^{2+}(suda) + Cu(k)$ **tepkimesi için yükseltgenme ve indirgenme yarı tepkimelerini yazınız.**

5.1.1. Yükseltgenme Basamakları

Redoks tepkimelerinde, indirgenen ve yükseltgenen türlerin belirlenebilmesi için elementlerin yükseltgenme basamaklarının bilinmesi gerekir. Yükseltgenme basamakları bulunurken aşağıdaki kurallar ve özellikler dikkate alınır.

1. Element hâlindeki atom ya da moleküllerin yükseltgenme basamakları sıfırdır.
   Fe°, H_2°, N_2°, O_2° vb.

2. 1A grubu metalleri (Li, Na, K...), bileşiklerinde daima +1 yükseltgenme basamağına sahiptir.
3. 2A grubu metalleri (Be, Mg, Ca...), bileşiklerinde daima +2 yükseltgenme basamağına sahiptir.
4. 3A grubunda bulunan alüminyum, bileşiklerinde daima +3 yükseltgenme basamağına sahiptir.
5. Hidrojen, ametallerle yaptığı bileşiklerde +1 yükseltgenme basamağına sahiptir.
H_2O, CH_4, NH_3, HBr vb.
Hidrojenin, metallerle yaptığı hidrür adı verilen bileşiklerde ise yükseltgenme basamağı -1'dir.
LiH, CaH_2, AlH_3, NaH vb.
6. Oksijen, bileşiklerinde genellikle -2 yükseltgenme basamağına sahiptir.
Na_2O, CaO, Al_2O_3, CO vb.
Oksijen, peroksit (O_2^{2-}) bileşiklerinde ise -1 yükseltgenme basamağına sahiptir.
H_2O_2, Na_2O_2, K_2O_2 vb.
7. Flor (F) elementi, elektronegatifliği en yüksek element olduğu için bileşiklerinde daima -1 yükseltgenme basamağına sahiptir.
HF, BF_3, CaF_2 vb.
8. Atomların yükseltgenme basamakları toplamı; bileşiklerde sıfıra, köklerde kökün yüküne eşittir.

KCl $\rightarrow \overset{+\ -}{KCl}$ $(+1)+(-1)=0$

HF $\rightarrow \overset{+\ -}{HF}$ $(+1)+(-1)=0$

$CO_2 \rightarrow \overset{4+\ 2-}{CO_2}$ $(+4)+2\times(-2)=4-4=0$

$OH^- \rightarrow \overset{2-\ +}{OH^-}$ $(-2)+(+1)=-1$

$NO_3^- \rightarrow \overset{5+\ 2-}{NO_3^-}$ $(+5)+3\times(-2)=-1$

Örnek

$MgSO_4$ bileşiğindeki S atomunun yükseltgenme basamağını bulunuz.

Çözüm

$MgSO_4$ bileşiğinde elementlerin yükseltgenme basamakları toplamı sıfıra eşittir.

$\overset{2+\ x\ 2-}{MgSO_4}$ $(+2)+x+4\times(-2)=0$ $\boldsymbol{x=+6\ olur.}$

Örnek

Aşağıda verilen iyonlardaki altı çizili olan elementlerin yükseltgenme basamaklarını bulunuz.

a) $\underline{C}O_3^{2-}$ **b)** $\underline{P}O_4^{3-}$

Çözüm

CO_3^{2-} ve PO_4^{3-} iyonlarında elementlerin yükseltgenme basamakları toplamı iyon yüklerine eşittir.

$\overset{x\ 2-}{CO_3^{2-}}$ $x+3\times(-2)=-2$ $\boldsymbol{x=+4\ olur.}$

$\overset{x\ 2-}{PO_4^{3-}}$ $x+4\times(-2)=-3$ $\boldsymbol{x=+5\ olur.}$

2. Sıra Sizde

Aşağıda verilen iyon ve bileşiklerdeki altı çizili elementlerin yükseltgenme basamaklarını bulunuz.

I. $Na\underline{N}O_3$ **II.** $\underline{S}O$ **III.** $K\underline{Mn}O_4$ **IV.** $Ca\underline{C}O_3$ **V.** $\underline{O}F_2$

3. Sıra Sizde

Aşağıda verilen iyon köklerindeki altı çizili elementlerin yükseltgenme basamaklarını bulunuz.

I. $\underline{N}H_4^+$ **II.** $\underline{Cr}O_4^{-2}$ **III.** $\underline{N}O_3^-$ **IV.** $\underline{Cl}O_3^{-1}$ **V.** $\underline{P}O_3^{-3}$

5.1.2. Redoks Tepkimelerinin Denkleştirilmesi

Redoks tepkimeleri denkleştirilirken aşağıdaki işlem sırası takip edilir:

1. **Tepkimedeki bütün elementlerin yükseltgenme basamağı bulunur.**

$$\overset{0}{C} + \overset{+\ 6+2-}{H_2SO_4} \rightarrow \overset{4+2-}{CO_2} + \overset{4+2-}{SO_2} + \overset{+\ 2-}{H_2O}$$

2. **Yükseltgenme basamağı değişmiş olan elementler belirlenir.**
   Karbon (C) ve kükürt (S) elementlerinin yükseltgenme basamakları değişmiştir.
3. **İndirgenme ve yükseltgenme yarı tepkimeleri, yükseltgenme basamağı değişen elementler kullanılarak yazılır.**
   yükseltgenme yarı tepkimesi : $C^0 \rightarrow C^{4+} + 4e^-$
   indirgenme yarı tepkimesi : $S^{6+} + 2e^- \rightarrow S^{4+}$
4. **Tepkimeler, alınan ve verilen elektron sayılarını eşitlemek için uygun katsayılarla çarpılır.**
   $1/\ \ C^0 \rightarrow C^{4+} + 4e^-$
   $2/\ \ S^{6+} + 2e^- \rightarrow S^{4+}$
5. **Yarı tepkimeler alt alta toplanır.**
   yükseltgenme yarı tepkimesi : $C^0 \rightarrow C^{4+} + 4e^-$
   indirgenme yarı tepkimesi : $2S^{6+} + 4e^- \rightarrow 2S^{4+}$
   net tepkime : $C^0 + 2S^{6+} \rightarrow C^{4+} + 2S^{4+}$
6. **Bulunan katsayılar tepkime denkleminde yerlerine yazılır.**
   $C + 2H_2SO_4 \rightarrow CO_2 + 2SO_2 + H_2O$
7. **Tepkimedeki diğer elementlerin denkleştirmesi yapılır.** (Hidrojen ve oksijen atomları genellikle en son denkleştirilir.)
   $C + 2H_2SO_4 \rightarrow CO_2 + 2SO_2 + 2H_2O$

Örnek

Aşağıda verilen redoks tepkimesini en küçük tam sayılarla denkleştiriniz. Tepkimede indirgen ve yükseltgen olarak davranan maddeleri bulunuz.

$HNO_3 + H_2S \rightarrow NO + H_2O + S$

Çözüm

Elementlerin yükseltgenme basamakları, üzerlerine yazılırsa

$\overset{+5+2-}{HNO_3} + \overset{+\ 2-}{H_2S} \rightarrow \overset{2+2-}{NO} + \overset{+\ 2-}{H_2O} + \overset{0}{S}$ azot(N) ve kükürt(S) elementlerinin yükseltgenme basamaklarının değiştiği görülür. İndirgenme ve yükseltgenme yarı tepkimeleri yazılır.

indirgenme yarı tepkimesi : $N^{5+} + 3e^- \rightarrow N^{2+}$
yükseltgenme yarı tepkimesi : $S^{2-} \rightarrow S^0 + 2e^-$

Tepkimelerde alınan ve verilen elektron sayıları eşitlenmelidir. Bunun için indirgenme yarı tepkimesi 2 ile, yükseltgenme yarı tepkimesi 3 ile çarpılır ve tepkimeler toplanır.

indirgenme yarı tepkimesi : $2/\ \ N^{5+} + 3e^- \rightarrow N^{2+}$
yükseltgenme yarı tepkimesi : $3/\ \ S^{2-} \rightarrow S^0 + 2e^-$
net tepkime : $2N^{5+} + 3S^{2-} \rightarrow 2N^{2+} + 3S^0$

Net tepkimedeki katsayılar tepkime denkleminde yerlerine yazılır.
$2HNO_3 + 3H_2S \rightarrow 2NO + H_2O + 3S$

Son olarak hidrojen ve oksijen elementlerinin de denkleştirilmesi yapılır. Suyun katsayısı 4 olarak bulunur.
$2HNO_3 + 3H_2S \rightarrow 2NO + 4H_2O + 3S$

Tepkimede HNO_3 bileşiğinde bulunan azot indirgendiğinden **HNO_3 bileşiği yükseltgen** olarak davranmıştır.

H_2S bileşiğinde bulunan kükürt yükseltgendiği için **H_2S bileşiği indirgen** özellik göstermiştir.

4. Sıra Sizde

Aşağıda verilen redoks tepkimesini en küçük tam sayılarla denkleştiriniz. Tepkimede indirgen ve yükseltgen özellik gösteren maddeleri bulunuz.

$P + HNO_3 + H_2O \rightarrow H_3PO_4 + NO$

Yaparak Öğrenelim

Gerekli malzemeler: Bakır parçaları, deney tüpü, tüp standı, derişik HNO_3 çözeltisi, pipet, pens, turnusol kâğıdı.

Yapılışı: (**Dikkat:** Deneyi çeker ocakta yapınız. Deney sırasında açığa çıkan gazı solumayınız.)

1. Deney tüpüne 5 mL derişik HNO_3 koyunuz.
2. Bir parça bakırı deney tüpüne dikkatli şekilde atınız.
3. Tüpte gerçekleşen $Cu(k) + 4HNO_3(suda) \rightarrow Cu(NO_3)_2(suda) + 2NO_2(g) + 2H_2O(s)$ tepkimesini gözlemleyiniz.
4. Deney tüpünden çıkan gaza kırmızı ve mavi renkli turnusol kâğıdını bir pens yardımıyla ayrı ayrı tutarak renk değişimi gözlemleyiniz.

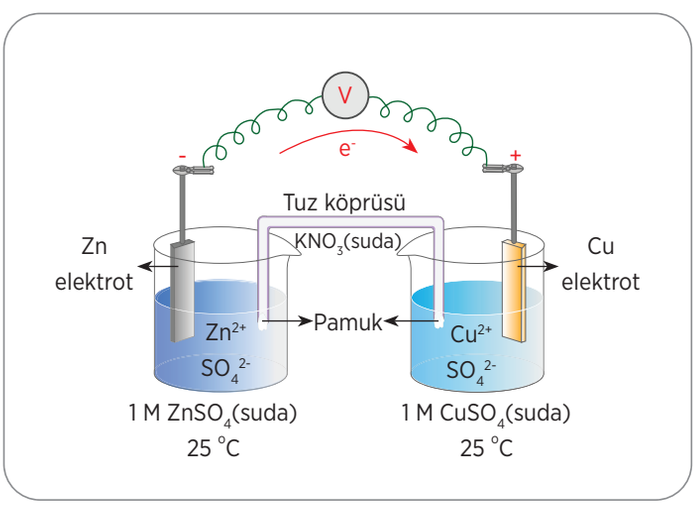
Tepkime sonunda açığa çıkan gazın asidik mi yoksa bazik mi olduğunu belirleyiniz. Tüpte gerçekleşen tepkime redoks tepkimesi midir? Arkadaşlarınızla tartışınız.

5.1.3. Elektrik Enerjisi ve Redoks Tepkimeleri

Bulunduğu şartlarda kendiliğinden gerçekleşen tepkimelere **istemli tepkime**, kendiliğinden gerçekleşmeyen tepkimelere **istemsiz tepkime** denir. İstemli bir redoks tepkimesi sonucunda elektrik üretmek mümkündür.

Bilim insanları, kimyasal tepkimeler sonucunda çıkan enerjiyi elektrik enerjisine çevirmek için çalışmalar yapmıştır. Doktor Luigi Galvani (Luici Galvani) 1786 yılında yaptığı bir deneyde, ölü kurbağanın bacaklarına metalleri değdirdiğinde kurbağanın bacaklarında hareketlenme gözlemlemiştir. Hareketlenmenin sebebini açıklayamasa da bu çalışması kendisinden sonra gelen Alessandro Volta'ya (Alessandıro Volta) yol göstermiştir. Volta, bakır ve çinko metallerini kullanarak basit bir pil tasarlamıştır. Daha sonra John Frederic Daniell (Can Fredrik Denyıl) bu pili geliştirmiştir. Kurduğu düzenekte gerçekleşen redoks tepkimesi sonucunda elektrik enerjisi üretmeyi başarmıştır. Daniell pili adı verilen bu düzenekte çinko ve bakır iki ayrı kapta kendi çözeltilerine batırılır (Şekil 5.1). Kaplar iletken bir tel ve U şeklindeki bir tuz köprüsüyle birbirine bağlanır.

Daniell pilinde $Zn^0(k) + Cu^{2+}(suda) \rightarrow Zn^{2+}(suda) + Cu^0(k)$ tepkimesi dışarıdan bir etki olmadan, kendiliğinden gerçekleşir.



Şekil 5.1: Daniell pili (Cu-Zn pili)

1. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
REDOKS TİTRASYONU

Güvenlik İşaretleri

Deneyin amacı: Derişimi bilinen $KMnO_4$ çözeltisi yardımıyla derişimi bilinmeyen Fe^{2+} çözeltisinin derişimini belirlemek.

Araç gereçler: Dereceli silindir, erlen, büret, bünzen mesnedi, bünzen kıskacı, bağlama parçaları, huni, spatül.

Kimyasal maddeler: Katı $FeSO_4$, 0,1 M $KMnO_4$ çözeltisi, derişik H_2SO_4 çözeltisi.

İşlem basamakları:

Bilgi: $KMnO_4$ menekşe renginde olan kuvvetli bir yükseltgendir. Asidik ortamda $KMnO_4$ ve $FeSO_4$ arasında $2KMnO_4 + 10FeSO_4 + 8H_2SO_4 \rightarrow 2MnSO_4 + 5Fe_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 8H_2O$ tepkimesi gerçekleşir. Tepkime tamamlandığında çözeltinin menekşe rengi kaybolur. Renksiz bir çözelti meydana gelir. $KMnO_4$ redoks tepkimelerinde yükseltgen olmanın yanı sıra indikatör olarak da görev yapar.

1. Büreti, bağlama parçaları ve bünzen kıskaçları yardımıyla bünzen mesnedine bağlayıp titrasyon düzeneğini kurunuz.
2. Huni yardımıyla büreti $KMnO_4$ çözeltisi ile doldurunuz.
3. Yaklaşık 3 gram $FeSO_4$ katısını spatül yardımıyla erlene koyup üzerine 2 mL derişik sülfürik asit ilave ediniz.
4. Erlene yavaş yavaş su ekleyerek toplam hacmi 50 mL'ye tamamlayınız. $FeSO_4$ katısının çözünmesini sağlayınız. Çözünme tamamlanınca titrasyon işlemine geçiniz.
5. Erlendeki çözeltiyi, kalıcı pembe (açık menekşe) renk elde edinceye kadar titre ediniz.
6. Titrasyon için harcadığınız $KMnO_4$ hacmini büretten okuyarak not ediniz.
7. Aşağıdaki eşitliği kullanarak $FeSO_4$ çözeltisinin derişimini hesaplayınız.

$$M_{KMnO_4}V_{KMnO_4} = 5\left(M_{FeSO_4}V_{FeSO_4}\right)$$

$M_{KMnO_4}: KMnO_4$ çözeltisinin derişimi $V_{KMnO_4}: KMnO_4$ çözeltisinin hacmi

$M_{FeSO_4}: FeSO_4$ çözeltisinin derişimi $V_{FeSO_4}: FeSO_4$ çözeltisinin hacmi

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

	Değerlendirme Ölçütleri	Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	(10)	(8)	(5)	(3)
2	Çözeltileri hazırlar.	(10)	(8)	(5)	(3)
3	Titrasyon düzeneğini kurar.	(20)	(15)	(10)	(5)
4	Titrasyon işlemini yapar.	(20)	(15)	(10)	(5)
5	Arkadaşları ile işbirliği yapar.	(20)	(15)	(10)	(5)
6	Çalışma ortamını temizler.	(10)	(8)	(5)	(3)
7	Rapor hazırlar.	(10)	(8)	(5)	(3)

2. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
GÜMÜŞ AĞACI DENEYİ

Güvenlik İşaretleri

Deneyin amacı: Ag^+ iyonları ile bakır metali arasındaki redoks tepkimesini gözlemlemek.

Araç gereçler: Bakır tel, 25 mL'lik beher.

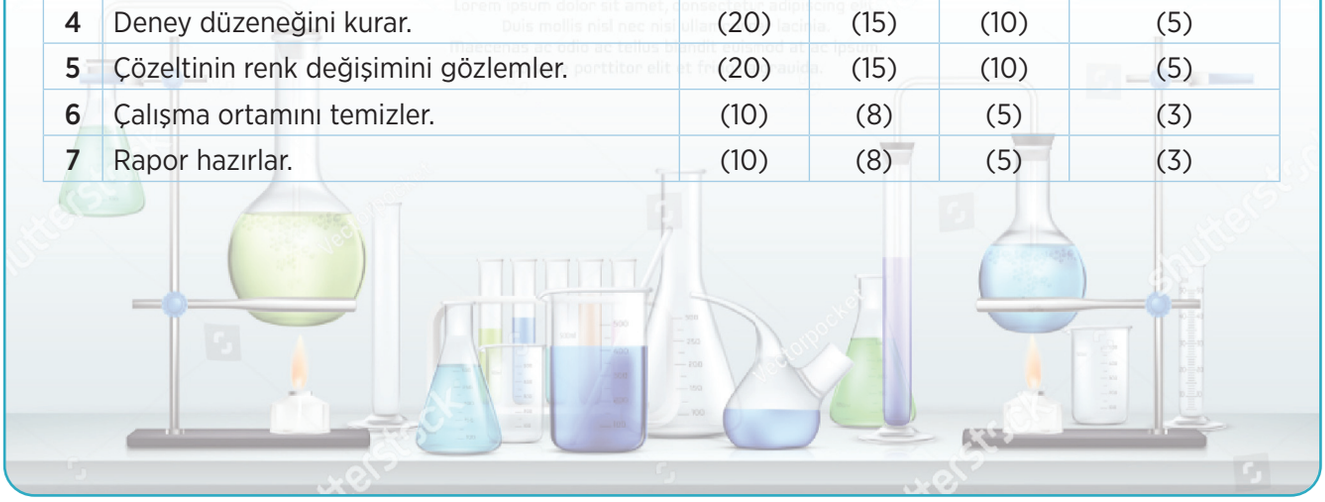
Kimyasal maddeler: Katı $AgNO_3$.

İşlem basamakları:

1. Bakır kabloyu bir mezürün ya da deney tüpünün etrafına helezoni (sarmal) biçimde sarınız. (Tele ağaç şekli de verebilirsiniz.)
2. 2 gram $AgNO_3$ katısı tartarak beherin içine koyunuz. Behere 25 mL su ekleyerek $AgNO_3$'ın çözünmesini sağlayınız.
3. Bakır tel ile hazırladığınız helezonun tamamını çözelti içinde kalacak biçimde $AgNO_3$ çözeltisine daldırınız.
4. Beherin içerisindeki değişimleri gözlemleyiniz. (Değişimler çok yavaş gerçekleşeceğinden bir süre beklemek gerekebilir.) Mümkünse onar dakikalık aralıklarla, hep aynı açıdan fotoğraf çekiniz.
5. Çözeltinin rengindeki değişimi gözlemleyiniz.
6. Bakır tel üzerinde oluşan kristallerin ne olduğunu arkadaşlarınızla tartışınız.
7. Gerçekleşen redoks tepkimesinin denklemini yazınız.

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Değerlendirme Ölçütleri		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	(10)	(8)	(5)	(3)
2	$AgNO_3$'ı tartma işlemini yapar.	(10)	(8)	(5)	(3)
3	Çözeltiyi hazırlar.	(20)	(15)	(10)	(5)
4	Deney düzeneğini kurar.	(20)	(15)	(10)	(5)
5	Çözeltinin renk değişimini gözlemler.	(20)	(15)	(10)	(5)
6	Çalışma ortamını temizler.	(10)	(8)	(5)	(3)
7	Rapor hazırlar.	(10)	(8)	(5)	(3)

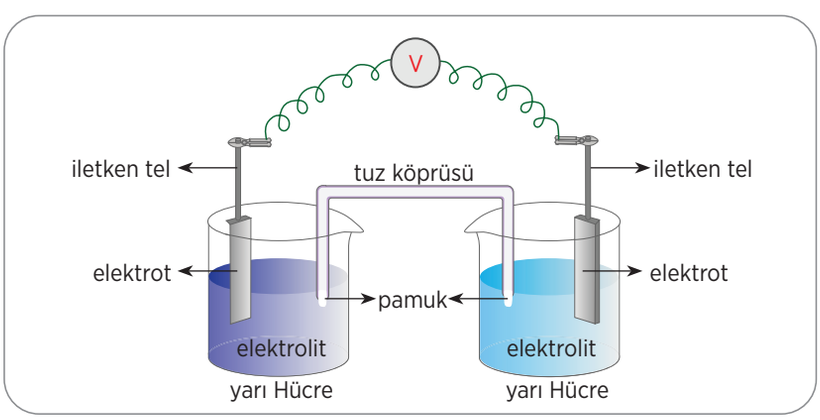


5.2. ELEKTROTLAR VE ELEKTROKİMYASAL HÜCRELER

Kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine kendiliğinden dönüştüren düzeneklere **pil hücresi** denir. Kimyasal tepkimeleri gerçekleştirmek için elektrik enerjisi kullanan cihazlara ise **elektroliz hücresi** adı verilir. Pil hücresi ve elektroliz hücresi **elektrokimyasal hücreler**dir.

5.2.1. Elektrot, Elektrolit ve Yarı Hücreler

Luigi Galvani'nin pillerin gelişimine büyük katkısından dolayı, kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren düzeneklere **galvanik hücre (elektrokimyasal pil)** denir (Şekil 5.2).



Şekil 5.2: Galvanik hücre

Pillerde meydana gelen elektrokimyasal olayları anlamak için galvanik hücrelerde kullanılan kavramların ve düzeneği oluşturan kısımların bilinmesi gerekir. Elektrokimyasal tepkimelerin gerçekleşmesi için kullanılan iletken çözeltilere **elektrolit**, bu çözeltilere batırılan metal çubuklara **elektrot** adı verilir. Elektrolit ve elektrolit içine daldırılmış olan elektrottan oluşan sisteme de **yarı hücre** denir.

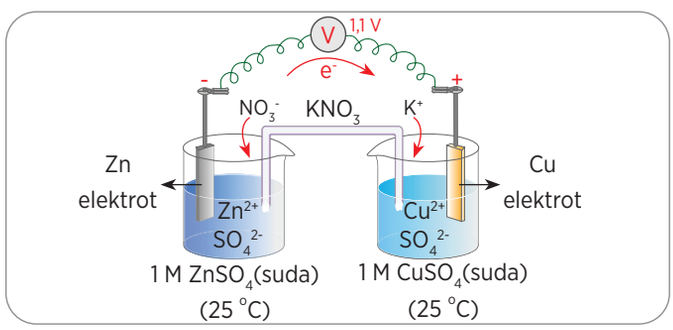
Galvanik hücrelerde yükseltgenmenin gerçekleştiği kaba **anot yarı hücresi**, bu kabın içindeki elektroda **anot elektrot** denir. İndirgenmenin gerçekleştiği kaba **katot yarı hücresi,** bu kabın içindeki elektroda **katot elektrot** adı verilir.

İndirgenme ve yükseltgenme tepkimeleri kaplarda elektrotlarla gerçekleştirilir. Anot yarı hücresinden katot yarı hücresine elektron akışı, dış devreden elektrotlara bağlanan iletken bir tel ile sağlanır. Galvanik hücrelerde gerçekleşen istemli redoks tepkimeleri sonucunda oluşan elektriksel potansiyel, dış devredeki tel üzerine bağlanan bir voltmetre ile ölçülür.

Elektrotların yapımında kullanılan metaller genellikle redoks tepkimesinde yer alır. Ancak bazı durumlarda elektrodun tepkimeye girmemesi istenir. Sistemin çalışmasına yardımcı olurken yarı tepkimede yer almayan bu elektrotlara **inert elektrot** denir. Platin, altın, rodyum gibi metaller ve grafit inert elektrot olarak kullanılabilir. İnert elektrotlar, çözelti derişiminin değişmesinin istenmediği durumlarda tercih edilir. Bu sayede yarı hücre potansiyeli sabit kalır.

Elektrokimyasal pilde kimyasal enerji elektrik enerjisine dönüştürülürken yarı hücrelerinde indirgenme ve yükseltgenme tepkimeleri meydana gelir. Meydana gelen bu indirgenme ve yükseltgenme tepkimeleri sonucunda zamanla yarı hücrelerdeki yük denkliği bozulur. Elektrokimyasal pilin işlevine devam edebilmesi için yarı hücrelerdeki yük denkliğinin tekrar sağlanması gerekir. Yarı hücrelerdeki yük denkliğini sağlamak için de **tuz köprüsü** kullanılır. İçerisinde genellikle NaCl, KNO_3 gibi tuz çözeltileri bulunan bu köprü, çözeltiler arası teması gerçekleştirir ve içindeki iyonlar yardımı ile yük denkliğini sağlar. Pilin çalışması sırasında, tuz köprüsünde bulunan anyonlar anot yarı hücresine, katyonlar katot yarı hücresine geçerek yük denkliğini korur.

Aşağıda örnek olarak verilen Zn-Cu pilinde gerçekleşen olaylar bilinirse elektrokimyasal pillerin çalışma prensipleri daha iyi anlaşılır (Şekil 5.3).



Şekil 5.3: Zn-Cu pili

Zn-Cu pil düzeneğinin anot yarı hücresinde, $\boldsymbol{Zn(k) \rightarrow Zn^{2+}(suda) + 2e^-}$ yükseltgenme tepkimesi kendiliğinden gerçekleşir. Tepkime esnasında Zn elektrot yükseltgenerek çözeltiye Zn^{2+} olarak geçer. Zamanla Zn elektrodun kütlesi azalırken çözeltideki Zn^{2+} derişimi artar. Oluşan katyonlar çözeltideki yük denkliğini bozar. Yük denkliğini sağlamak için tuz köprüsünde anyonlar (NO_3^-) anot yarı hücresine geçer. Çinkonun yükseltgenirken verdiği elektronlar ise dış devrede katoda doğru hareket eder.

Katot yarı hücresindeki çözeltide bulunan Cu^{2+} iyonları anot elektrottan gelen elektronları alarak katı bakıra dönüşür. Katot kabında $\boldsymbol{Cu^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Cu(k)}$ indirgenme tepkimesi gerçekleşir. Tepkime esnasında katot kabındaki çözeltide bulunan Cu^{2+} iyonları derişimi azalırken Cu katısı, elektrot üzerinde toplanır. Cu elektrot kütlesi zamanla artar. Çözeltide Cu^{2+} katyonunun azalması yük denkliğinin bozulmasına sebep olur. Yük denkliğini sağlamak için tuz köprüsündeki katyonlar (K^+) katoda doğru hareket eder.

Şekil 5.3'te standart şartlarda hazırlanan devreye bağlı voltmetrede okunan 1,1 V değeri pilin başlangıç potansiyelidir. Pil potansiyeli zamanla azalır.
Pilde gerçekleşen yarı tepkimeler toplanarak pil tepkimesi bulunur.

anotta gerçekleşen yükseltgenme tepkimesi : $Zn(k) \rightarrow Zn^{2+}(suda) + 2e^-$
katotta gerçekleşen indirgenme tepkimesi : $Cu^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Cu(k)$
pildeki tepkimelerin toplamı (pil tepkimesi) : $Zn(k) + Cu^{2+}(suda) \rightarrow Zn^{2+}(suda) + Cu(k)$

Elektrokimyasal pillerde gerçekleşen toplam pil tepkimesi şematik olarak da gösterilebilir.
Zn-Cu pili için şematik gösterim aşağıdaki gibidir.

Tuz köprüsü

$Zn(k) \,/\, Zn^{2+}\,(1\ M) \;//\; Cu^{2+}\,(1\ M) \,/\, Cu(k)$

anot katot

Şematik gösterimlerde anot tepkimesi sol, katot tepkimesi sağ tarafa yazılır. Derişimler parantez içinde belirtilir. Faz sınırları "/" sembolü ve tuz köprüsü "//" sembolü ile gösterilir.

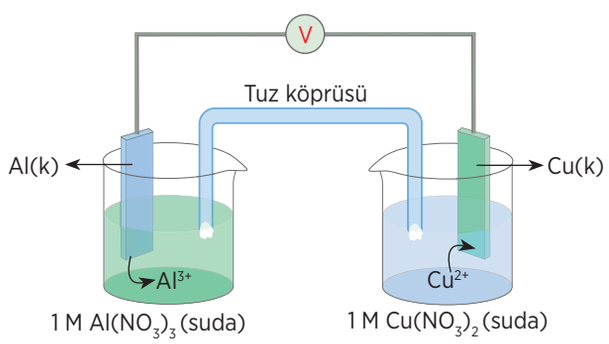
Elektrokimyasal pillerde bulunan yarı hücrelerin özellikleri ve yarı hücrelerde gerçekleşen olaylar Tablo 5.1'de verilmiştir.

Tablo 5.1: Elektrokimyasal Pillerde Bulunan Yarı Hücrelerin Özellikleri ve Yarı Hücrelerde Gerçekleşen Olaylar

ANOT YARI HÜCRESİ	KATOT YARI HÜCRESİ
Pillerde anot tarafından elektron çıkışı gerçekleştiği için anot elektrot kısmı (-) ile gösterilir.	Pillerde katot elektrodun bulunduğu kısım (+) ile gösterilir.
Yükseltgenme olayı gerçekleşir.	İndirgenme olayı gerçekleşir.
Elektrodun kütlesi zamanla azalır.	Genellikle elektrodun kütlesi zamanla artar.
Çözeltideki katyon derişimi zamanla artar.	Çözeltide indirgenen katyonun derişimi zamanla azalır.
Dış devrede elektron akışı, daima anot yarı hücresinden katot yarı hücresine doğrudur.	Elektrik akımı, katot yarı hücresinden anot yarı hücresine doğrudur.
Tuz köprüsünde bulunan anyonlar, anot yarı hücresine yönelir.	Tuz köprüsünde bulunan katyonlar, katot yarı hücresine yönelir.

Örnek

Aşağıda verilen elektrokimyasal pil düzeneği çalışmaya başladığında zamanla alüminyum elektrodun kütlesi azalmaktadır.



Düzeneği inceleyerek aşağıdaki soruları cevaplayınız.

a) Anot ve katot elektrotları belirleyiniz.
b) Anot ve katotta gerçekleşen tepkimeleri ve pil tepkimesini yazınız.
c) Pilin şematik gösterimini yazınız.
ç) Pilde (+) ve (-) kutupları belirleyerek elektronların hareket yönünü gösteriniz.

Çözüm

a) Kütlesi zamanla azaldığına göre Al elektrot anottur. Cu elektrot katottur.

b) anot : $2/\ \ Al(k) \rightarrow Al^{3+}(suda) + 3e^-$

katot : $3/\ \ Cu^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Cu(k)$

pil tepkimesi : $2Al(k) + 3Cu^{2+}(suda) \rightarrow 2Al^{3+}(suda) + 3Cu(k)$

c) Al(k) / Al^{3+} (1 M) // Cu^{2+}(1 M) / Cu(k)

ç) Alüminyum elektrotun bulunduğu kısım (anot) (-) , bakır elektrodun bulunduğu kısım (katot) (+) ile gösterilir. Dış devrede, elektronlar daima anot yarı hücresinden katot yarı hücresine doğru hareket eder. Buna göre bu pildeki **elektronların akış yönü alüminyum elektrottan bakır elektroda doğrudur.**

Örnek

Magnezyum ve kadmiyum metalleri kullanılarak yapılan bir elektrokimyasal pilin şematik gösterimi aşağıda verilmiştir.

$Mg(k)\ /Mg^{2+}(1\ M)\ //\ Cd^{2+}(1\ M)\ /\ Cd(k)$

Buna göre pilin yarı tepkimelerini ve toplam pil tepkimesini yazınız.

Çözüm

Verilen pil şemasına göre, anotta Mg metali yükseltgenirken katotta Cd^{2+} iyonları indirgenmiştir.

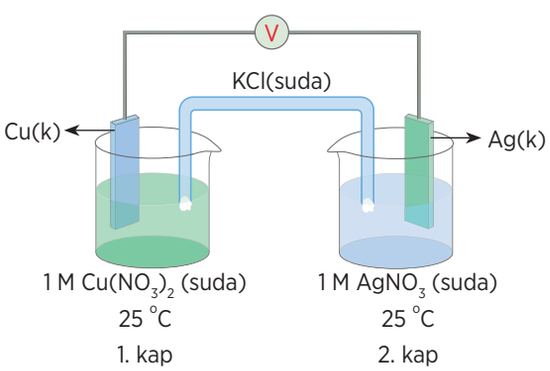
anot : $Mg(k) \rightarrow Mg^{2+}(suda) + 2e^-$

katot : $Cd^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Cd(k)$

pil tepkimesi : $Mg(k) + Cd^{2+}(suda) \rightarrow Mg^{2+}(suda) + Cd(k)$

5. Sıra Sizde

1 M $Cu(NO_3)_2$ çözeltisi ile 1 M $AgNO_3$ çözeltisine metal elektrotlar daldırılarak şekildeki düzenek kuruluyor.



Pil çalışmaya başladığında elektronlar dış devrede 1. kaptan 2. kaba doğru hareket ediyor. **Buna göre**

a) Anot ve katotta gerçekleşen tepkimeleri ve pil tepkimesini yazınız.

b) Pilin şematik gösterimini yazınız.

c) Tuz köprüsünde bulunan K^+ ve Cl^- iyonlarının hareket yönlerini belirleyiniz.

ç) Cu ve Ag elektrot kütlelerinde meydana gelen değişmeleri açıklayınız.

3. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
ELEKTROKİMYASAL PİL DENEYİ

Güvenlik İşaretleri

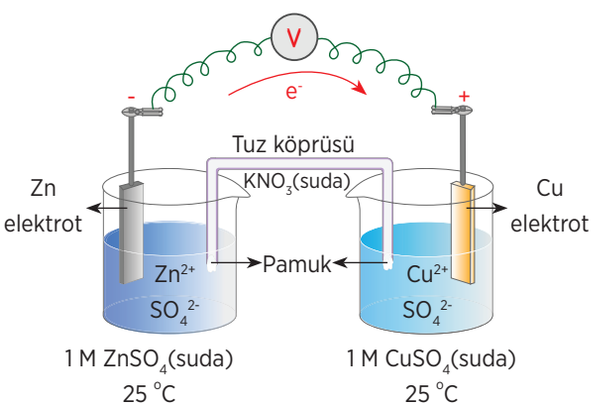
Deneyin amacı: Cu-Zn pili oluşturmak ve çalışan pildeki değişimleri gözlemlemek.

Araç gereçler: 2 adet 500 mL'lik beher, U şeklinde cam boru, pamuk, voltmetre, terazi, Zn ve Cu levhalar.

Kimyasal maddeler: 1 M $ZnSO_4$ çözeltisi, 1 M $CuSO_4$ çözeltisi, doygun KNO_3 çözeltisi.

İşlem basamakları:

1. Elektrot olarak kullanacağınız Zn ve Cu levhaları tartarak ölçümü not ediniz.
2. 500 mL'lik behere 200 mL 1 M $ZnSO_4$ çözeltisi koyunuz. Zn levhayı çözeltiye batırınız.
3. Diğer behere 200 mL 1 M $CuSO_4$ çözeltisi koyunuz. Cu levhayı çözeltiye batırınız.
4. Voltmetrenin paralel bağlandığı iletken telle Zn ve Cu levhaları birbirine bağlayınız.
5. U borusunun içine KNO_3 çözeltisi doldurup iki ucunu pamukla kapatarak bir ucunu anot, diğer ucunu katot yarı hücresine batırınız.
6. Voltmetrede meydana gelen değişimleri belirli bir süre, acele etmeden ve dikkatlice gözlemleyiniz.
7. Anot ve katotta meydana gelen tepkimeleri ve toplam pil tepkimesini yazınız.
8. Elektrot olarak kullandığınız Zn ve Cu levhaları yerinden çıkararak tartınız. Bulduğunuz sonucu ilk tartım sonucuyla karşılaştırınız.
9. Deney düzeneğini toplayarak çalışma ortamını temizleyiniz.
10. Yaptığınız deneyle ilgili rapor yazınız.



Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

	Değerlendirme Ölçütleri	Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	(10)	(8)	(5)	(3)
2	Çözeltileri hazırlar.	(10)	(8)	(5)	(3)
3	Düzeneği kurar.	(20)	(15)	(10)	(5)
4	Pilin bölümlerini belirler.	(20)	(15)	(10)	(5)
5	Değişimleri gözlemler ve not alır.	(20)	(15)	(10)	(5)
6	Çalışma ortamını temizler.	(10)	(8)	(5)	(3)
7	Rapor hazırlar.	(10)	(8)	(5)	(3)

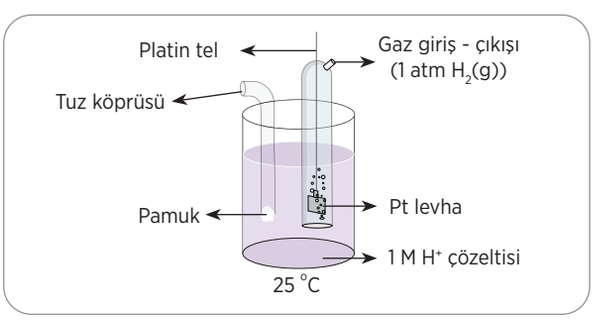
5.3. ELEKTROT POTANSİYELLERİ

Elementlerin aktifliklerini kıyaslamada metaller için elektron verme eğilimi, ametaller için ise elektron alma eğilimi kullanılır. Kıyaslama, indirgenme ve yükseltgenme potansiyellerine bakılarak yapılır.

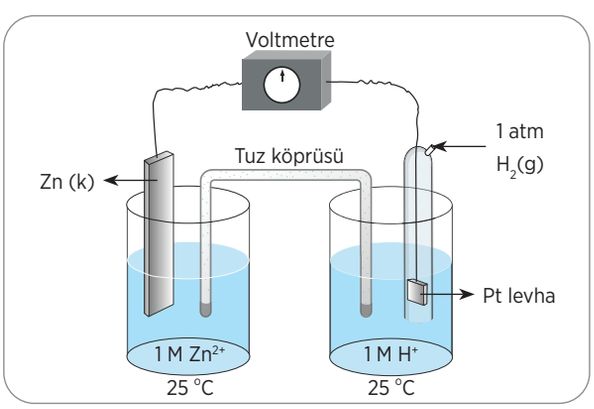
Bir redoks tepkimesinde indirgenme ve yükseltgenme olayları aynı anda gerçekleştiği için elektrotların yükseltgenme ve indirgenme potansiyelleri tek başlarına belirlenememiştir. Bu nedenle bilim insanları referans bir elektrot seçmek zorunda kalmıştır. Hazırlanması kolay ve tekrar tekrar kullanılabilen hidrojen elektrodu referans olarak seçilmiştir. Standart hidrojen elektrottan yararlanarak standart şartlarda 1 M çözelti için standart elektrot potansiyelleri belirlenmiştir. Standart potansiyeller E^0 ile gösterilir.

Standart Hidrojen Elektrodu (SHE)

Standart hidrojen elektrodu, standart şartlarda 1 M H^+ iyonu içeren asit çözeltisine daldırılan platin elektrot üzerine 1 atm basıncında H_2 gazı gönderilerek oluşturulur (Şekil 5.4). Hazırlanan bu elektrot için standart elektrot potansiyeli **sıfır volt** kabul edilir. Diğer bütün yarı hücrelerin potansiyelleri, hidrojen elektrotla beraber oluşturdukları bir elektrokimyasal hücrenin potansiyeli ölçülerek belirlenir (Şekil 5.5). Hidrojen elektrodun potansiyeli sıfır kabul edildiği için voltmetrede okunan potansiyeller, hidrojen elektrodun karşısındaki yarı hücre için standart elektrot potansiyeli olarak alınır.



Şekil 5.4: Standart hidrojen elektrodu (SHE)



Şekil 5.5: SHE kullanılarak Zn elektrot potansiyelinin ölçülmesi

5.3.1. Metallerin Aktifliği

Standart hidrojen elektrodu yardımıyla bulunan standart indirgenme potansiyelleri kullanılarak metallerin aktiflikleri kıyaslanabilir.

Tablo 5.2: Bazı Metallerin Standart İndirgenme Gerilimleri

İndirgenme Yarı Tepkimesi	Standart İndirgenme Potansiyeli (E°_{ind}) (volt)
$Au^{3+}(suda) + 3e^- \rightarrow Au(k)$	+1,498
$Ag^{+}(suda) + e^- \rightarrow Ag(k)$	+0,799
$Cu^{+}(suda) + e^- \rightarrow Cu(k)$	+0,521
$Cu^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Cu(k)$	+0,337
$2H^{+}(suda) + 2e^- \rightarrow H_2(g)$	0,000
$Fe^{3+}(suda) + 3e^- \rightarrow Fe(k)$	-0,040
$Pb^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Pb(k)$	-0,126
$Ni^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Ni(k)$	-0,250
$Cd^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Cd(k)$	-0,403
$Fe^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Fe(k)$	-0,440
$Cr^{3+}(suda) + 3e^- \rightarrow Cr(k)$	-0,744
$Zn^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Zn(k)$	-0,763
$Al^{3+}(suda) + 3e^- \rightarrow Al(k)$	-1,662
$Mg^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Mg(k)$	-2,372
$Li^{+}(suda) + e^- \rightarrow Li(k)$	-3,040

Tablo 5.2'de bazı metallerin indirgenme potansiyelleri verilmiştir. İndirgenme potansiyeli küçük olan metalin aktifliği daha fazladır. Örneğin lityum, tabloda verilen metaller içinde en aktif olanıdır.

Aktif metaller, aktifliği düşük olan metal iyonlarını indirgeyerek yükseltgenir.

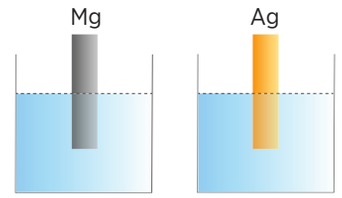
Niçin Öğreniyoruz?

Günlük hayatta kullanılan tencere, tava, kaşık, çatal gibi araçların üretiminde kullanılan metal malzemeler rastgele seçilemez. Kullanılan malzemelerin aktiflikleri, hangi maddelerle temas ettiklerinde tepkime verebilecekleri bilinmelidir. Bunlar bilinmeden kullanılan malzemeler yiyeceklere geçebilir. Yiyeceklere geçmeleri sadece yemeğin lezzetini değiştirmekle kalmayıp insan sağlığını da tehlikeye atar.

Örneğin alüminyum metali tencere ve diğer malzemelerin yapımında yaygın olarak kullanılmaktadır. Alüminyum kaplar doğru üretilmezlerse kaplarda kullanılan alüminyum metali yiyeceklerde bulunan asit ve bazlarla tepkimeye girerek yiyeceklere bulaşır ve insan sağlığına ciddi zarar verir. Bu nedenle alüminyum kapların yüzeyi anodizasyon denilen elektrokimyasal bir prosesle kaplanır.

Örnek

Aşağıda verilen çözeltilere şekildeki gibi metal çubuklar daldırılıyor.



Tablo 5.2'de verilen indirgenme potansiyellerinden yararlanarak kaplara daldırılan çubuklarda aşınma olup olmayacağını belirleyiniz.

Çözüm

I. kap için,

$Mg^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Mg(k) \quad E^0_{ind} = -2{,}372\ V$

$Zn^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Zn(k) \quad E^0_{ind} = -0{,}763\ V$

indirgenme potansiyeli küçük olan Mg daha aktiftir (Mg > Zn).

Mg çubuk yükseltgenerek çözeltiye Mg^{+2} iyonları olarak geçer. **Mg çubuk aşınır.**

II. kap için,

$Cu^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Cu(k) \quad E^0_{ind} = +0{,}337\ V$

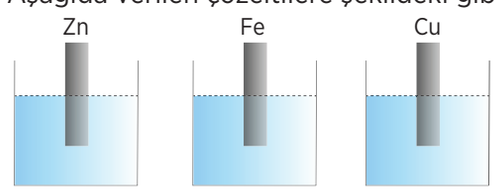
$Ag^{+}(suda) + e^- \rightarrow Ag(k) \quad E^0_{ind} = +0{,}799\ V$

indirgenme potansiyeli küçük olan Cu daha aktiftir (Cu > Ag).

Kapta tepkime gerçekleşmeyeceği için **Ag çubuk aşınmaz.**

6. Sıra Sizde

Aşağıda verilen çözeltilere şekildeki gibi metal çubuklar daldırılıyor.



Tablo 5.2'de verilen indirgenme potansiyellerinden yararlanarak kaplara daldırılan çubuklarda aşınma olup olmayacağını belirleyiniz.

Yaparak Öğrenelim

Gerekli malzemeler: Pipet, etiket, 3 adet deney tüpü, tüp standı, metalik çinko (Zn), bakır (Cu) ve kurşun (Pb) parçaları; 0,1 M $Zn(NO_3)_2$, 0,1 M $Cu(NO_3)_2$ ve 0,1 M $Pb(NO_3)_2$ çözeltileri.

Yapılışı:

1. Tüpleri numaralandırınız.
2. 1. deney tüpüne 5 mL $Zn(NO_3)_2$ çözeltisi ve bir parça bakır metali koyunuz.
3. 2. deney tüpüne 5 mL $Cu(NO_3)_2$ çözeltisi ve bir parça kurşun metali koyunuz.
4. 3. deney tüpüne 5 mL $Pb(NO_3)_2$ çözeltisi ve bir parça çinko metali koyunuz.
5. Tüpleri tüp standına yerleştirerek en az 30 dakika bekleyiniz.
6. Tüpleri gözlemleyerek tepkime olup olmadığını belirleyiniz. Tepkime gözlemlediyseniz ilgili deney tüpü için tabloda verilen tepkimeyi tamamlayınız. Tepkime gözlemlemediyseniz **tepkime yok** yazınız.
7. Hangi metalin daha aktif olduğunu ilgili denklemin karşısına yazınız.

Deney No	Tepkime Denklemi	Aktiflik Sırası
1. Tüp	$Zn^{2+}(suda) + Cu(k) \rightarrow \cdots$	..... > .....
2. Tüp	$Cu^{2+}(suda) + Pb(k) \rightarrow \cdots$	..... > .....
3. Tüp	$Pb^{2+}(suda) + Zn(k) \rightarrow \cdots$	..... > .....

Deney sonuçlarına göre çinko, bakır ve kurşunu aktifliklerine göre sıralayınız.
Aktiflik sırası ..... > ..... > .....

5.3.2. Elektrokimyasal Pillerde Standart Hücre Potansiyelinin Hesaplanması

Elektrokimyasal bir pilin potansiyeli hesaplanırken yarı hücrelerin indirgenme ve yükseltgenme potansiyelleri toplanır. $E^0_{pil} = E^0_{yük} + E^0_{ind}$

Bilgi Kutusu

- Bir yarı hücrede gerçekleşen tepkime ters çevrilirse E° değerinin işareti değişir.

  $Fe^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Fe(k) \quad E^0_{ind} = -0{,}440\ V$

  $Fe(k) \rightarrow Fe^{2+}(suda) + 2e^- \quad E^0_{yük} = +0{,}440\ V$

- Bir yarı hücrede gerçekleşen tepkime herhangi bir sayı ile çarpılırsa E° değeri değişmez.

  $Fe^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Fe(k) \quad E^0_{ind} = -0{,}440\ V$

  $2Fe^{2+}(suda) + 4e^- \rightarrow 2Fe(k) \quad E^0_{ind} = -0{,}440\ V$

- İndirgenme ve yükseltgenme yarı tepkimeleri toplanırsa E° değerleri de toplanır. Bulunan değer standart pil potansiyelidir.

  $Sn^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Sn(k) \quad E^0_{ind} = -0{,}136\ V$

  $Ni(k) \rightarrow Ni^{2+}(suda) + 2e^- \quad E^0_{yük} = +0{,}250\ V$

  $Sn^{2+}(suda) + Ni(k) \rightarrow Sn(k) + Ni^{2+}(suda) \quad E^0_{pil} = +0{,}114\ V$

Örnek

Çinko ve bakır metalleri kullanılarak bir galvanik pil oluşturuluyor. **Oluşturulan galvanik pilin başlangıç potansiyelini aşağıda verilen yarı tepkime potansiyellerini kullanarak hesaplayınız.**

$Zn^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Zn(k) \quad E^0_{ind} = -0{,}76\ V$

$Cu^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Cu(k) \quad E^0_{ind} = +0{,}34\ V$

Çözüm

Verilen indirgenme yarı pil tepkimeleri için potansiyeller karşılaştırılır. İndirgenme potansiyeli küçük olan metalin yükseltgenme potansiyeli daha büyük olur. E°_{ind} değeri küçük olan Zn anot, karşısında E°_{ind} değeri büyük olan Cu elektrot katot olarak davranacaktır. Buna bağlı olarak çinko için yükseltgenme tepkimesi, bakır için ise indirgenme tepkimesi yazılır.

anot : $Zn(k) \rightarrow Zn^{2+}(suda) + 2e^- \qquad E^0_{yük} = +0{,}76\ V$

katot : $Cu^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Cu(k) \qquad E^0_{ind} = +0{,}34\ V$

pil tepkimesi: $Zn(k) + Cu^{2+}(suda) \rightarrow Zn^{2+}(suda) + Cu(k) \qquad E^0_{pil} = E^0_{yük} + E^0_{ind}$

$E^0_{pil} = 0{,}76 + 0{,}34$

$\boldsymbol{E^0_{pil} = +1{,}10\ V\ olur.}$

7. Sıra Sizde

$Cr^{3+}(suda) + 3e^- \rightarrow Cr(k) \quad E^0_{ind} = -0{,}74\ V$

$Al^{3+}(suda) + 3e^- \rightarrow Al(k) \quad E^0_{ind} = -1{,}66\ V$

Yukarıda indirgenme potansiyeli verilen alüminyum ve krom metalleri kullanılarak bir galvanik pil oluşturuluyor. **Oluşturulan galvanik pilin anot ve katot yarı tepkimelerini yazarak pilin başlangıç potansiyelini hesaplayınız.**

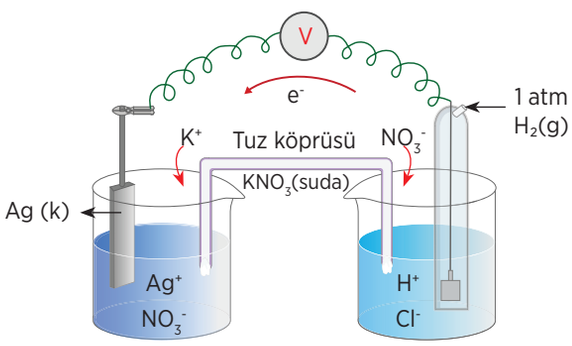
Örnek

Aşağıdaki düzenekte verilen Ag-SHE elektrokimyasal pili için standart indirgenme potansiyelleri

$2H^+(suda) + 2e^- \rightarrow H_2(g) \quad E^0_{ind} = 0{,}000\ V$

$Ag^+(suda) + e^- \rightarrow Ag(k) \quad E^0_{ind} = +0{,}799\ V$

olarak veriliyor.



Buna göre anot ve katot yarı tepkimelerini yazarak standart pil gerilimini (E°_{pil}) hesaplayınız.

Çözüm

İndirgenme potansiyeli büyük olan gümüş elektrot katot, indirgenme potansiyeli küçük olan hidrojen elektrot anottur.

anot tepkimesi : $H_2(g) \rightarrow 2H^+(suda) + 2e^- \qquad E^0_{yük} = 0{,}000\ V$

katot tepkimesi: 2/ $Ag^+(suda) + e^- \rightarrow Ag(k) \qquad E^0_{ind} = +0{,}799\ V$

pil tepkimesi: $H_2(g) + 2Ag^+(suda) \rightarrow 2H^+(suda) + 2Ag(k) \qquad E^0_{pil} = E^0_{yük} + E^0_{ind}$

$E^0_{pil} = 0{,}000 + 0{,}799 \qquad \boldsymbol{E^0_{pil} = +0{,}799\ V\ olur.}$

8. Sıra Sizde

$2H^+(suda) + 2e^- \rightarrow H_2(g) \quad E^0_{ind} = 0{,}000\ V$

$Zn^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Zn(k) \quad E^0_{ind} = -0{,}763\ V$

Standart indirgenme potansiyelleri bilindiğine göre hazırlanacak Zn-SHE pili için anot ve katot yarı tepkimelerini yazarak standart pil gerilimini hesaplayınız.

5.3.3. Redoks Tepkimelerinin İstemliliği ve Elektrot Potansiyelleri

Hesaplanan standart pil potansiyelleri, oluşturulan hücrenin enerji üretip üretmeyeceği konusunda bilgi verir. E° değeri sıfırdan büyükse istemli redoks tepkimesi gerçekleşir ve hücre çalışarak enerji üretir. E° değeri negatif olan redoks tepkimesi istemsizdir.

Örnek

Aşağıda nikel ve kadmiyum metallerinin indirgenme yarı tepkimeleri ve standart elektrot potansiyelleri verilmiştir.

$Cd^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Cd(k) \quad E^0_{ind} = -0{,}40\ V$

$Ni^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Ni(k) \quad E^0_{ind} = -0{,}25\ V$

Bu metaller arasında gerçekleşen

$Ni(k) + Cd^{2+}(suda) \rightarrow Ni^{2+}(suda) + Cd(k)$ **redoks tepkimesi istemli midir? Açıklayınız.**

Çözüm

$Ni(k) + Cd^{2+}(suda) \rightarrow Ni^{2+}(suda) + Cd(k)$ tepkimesinde nikel yükseltgenmiş, kadmiyum indirgenmiştir. Buna göre yarı tepkimeler yazılırsa

indirgenme yarı tepkimesi: $Ni(k) \rightarrow Ni^{2+}(suda) + 2e^- \qquad E^0_{yük} = +0{,}25\ V$

yükseltgenme yarı tepkimesi: $Cd^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Cd(k) \qquad E^0_{ind} = -0{,}40\ V$

toplam tepkime: $Ni(k) + Cd^{2+}(suda) \rightarrow Ni^{2+}(suda) + Cd(k) \qquad E^0_{pil} = E^0_{yük} + E^0_{ind}$

$E^0_{pil} = +0{,}25 - 0{,}40$

$\boldsymbol{E^0_{pil} = -0{,}15\ olur.}$ **E° değeri negatif olduğu için tepkime istemsizdir.**

9. Sıra Sizde

$3Mg(k) + 2Au^{3+}(suda) \rightarrow 3Mg^{2+}(suda) + 2Au(k)$ **redoks tepkimesinin istemli olup olmadığını aşağıda verilen yarı tepkimeleri ve standart elektrot potansiyellerini kullanarak bulunuz.**

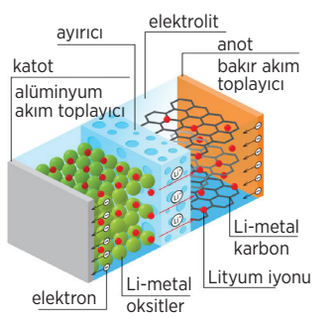
$Au^{3+}(suda) + 3e^- \rightarrow Au(k) \quad E^0_{ind} = +1{,}50\ V$

$Mg^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Mg(k) \quad E^0_{ind} = -2{,}37\ V$

5.4. KİMYASALLARDAN ELEKTRİK ÜRETİMİ

Geçmişten bugüne birçok aşamadan geçirilerek geliştirilen pillerin kullanım alanları çok geniştir. Zaman içerisinde kullanım alanlarına ve amaçlarına göre daha küçük, uzun ömürlü, tekrar doldurulabilir ve çevreye daha az zarar veren piller üretilmiştir. Nikel-kadmiyum piller; güneş, yakıt, lityum iyon pilleri üretilen bu pillere örnek olarak verilebilir (Görsel 5.2). Dizüstü bilgisayarlarda ve cep telefonlarında kullanılan lityum iyon pilleri çevreye zararı az olacak şekilde tasarlanmıştır. Bu piller, toksik madde içermez. Aynı zamanda kütlece hafif, şarj edilebilir ve potansiyel yönünden yüksektir. 3,7 volta kadar gerilim üretebilmektedir. Bu pillerde, lityum metali anot görevi yapar. Katot olarak genellikle TiS_2, elektrolit olarak da iletken özellikteki polimer kullanılır. Bu iletken polimer iyon geçişine izin verirken elektron geçişini engeller (Şekil 5.6).

Görsel 5.2: Lityum-iyon pili



Şekil 5.6: Lityum-iyon pilinin yapısı

Nerede Kullanıyoruz?

Günümüzde tersinir tepkimeler kontrollü gerçekleştirilmektedir. Bu tepkimeler ilaç, plastik, boya, gıda, kozmetik ve otomotiv gibi sektörlerde kullanılan kimyasal süreçlerde önemli rol oynamaktadır. Tersinir tepkimelerin kullanıldığı bir araç da akümülatördür.

Akümülatörler, otomobillerde enerji sağlamak için kullanılır. İçlerinde meydana gelen kimyasal tepkimeler sonucunda açığa çıkan enerjiyi depolar. Depoladıkları kimyasal enerjiyi gerektiği anda elektrik enerjisi olarak aktarır. Akümülatörler kullanıldıkça depoladıkları enerji azalır ve tekrar şarj edilerek doldurulabilir. Şarj edilirlerken kimyasal süreç tersine döner ve kullanılırlarken tüketilen kimyasal maddeler yeniden üretilir. Akümülatörler gibi tersinir olaylar sayesinde şarj edilebilen piller de vardır. Bu pillere, kullanıldıktan sonra elektrik akımı verilir. Bu yolla pilin içindeki kimyasal tepkime tersine çevrilir ve pil tekrar kullanılabilir hâle gelir. Cep telefonu, taşınabilir bilgisayarlar, fotoğraf makineleri ve elektrikli otomobillerde şarj edilebilir piller kullanılır.

Meraklısına

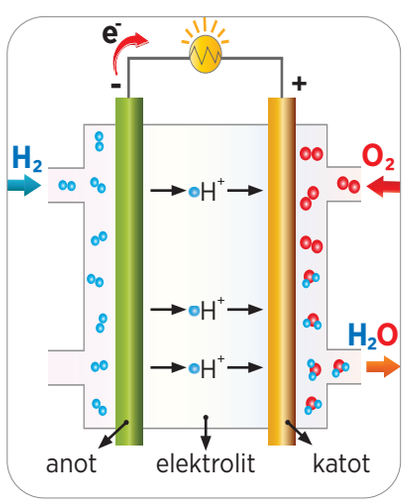
Yakıt Pilleri (Yakıt Hücreleri)

Yenilenebilir ve temiz yakıtların kullanıldığı ve kullanılan bu maddelerin enerjisini doğrudan elektrik enerjisine çevirebilen elektrokimyasal hücrelere **yakıt pilleri** denir.

Sanayide ve günlük yaşamda hızla artan enerji gereksinimi uzun süre fosil yakıtlar tarafından karşılanmıştır. Fosil yakıtların hızlı tükenmesi ve çevreye verdiği zararlar, bilim insanlarını yenilenebilir enerji kaynakları konusunda araştırmalar yapmak zorunda bırakmıştır. Yapılan araştırmalar zamanla meyvesini vermiş ve 1838 yılında William Grove (Vılyım Gırov) tarafından ilk yakıt hücresi geliştirilmiştir. 1958 yılında uzay çalışmalarında kullanılan Apollo, Gemini ve Space Shuttle uzay gemilerinde yakıt pili kullanılmıştır. 18. yy'da başlayan araştırmalar 21. yy'a gelindiğinde hız kazanmıştır.

Fosil yakıtlardan enerji eldesi genellikle yanma tepkimeleri ile mümkün olabilmektedir. Bu şekilde elde edilen enerji verimi düşüktür. Enerji üretiminde yaygın olarak kullanılan diğer bir alternatif olan klasik piller kapalı sistemlerdir. Uzun şarj süreleri ve sınırlı kullanım kapasitesi bu pillerin en önemli sorunudur. Yakıt pilleri ise açık sistemlerdir. Yakıt ile oksitleyici farklı bölmelerde olup birbiri ile temas etmez. Bölmeler arasında iyon ve elektron aktarımı olur. Yakıt olan kısım anot, oksitleyici kısım katot olarak davranır. Bu sayede yakıt hücresinde yanma olayı olmaz ve yüksek verimle elektrik enerjisi üretilir. Yakıt ve oksitleyici madde sağlandığı sürece pil enerji üretmeye devam eder. Dışarıdan kimyasalların eklenmesi arabaya benzin doldurmak kadar kolaydır ve kısa sürer. Yakıt pillerinde uzun ve sınırlı şarj döngüleri yoktur. Sessiz ve temiz çalışmaları, yapılarının basit olması, hareketli parça içermemeleri, kullanım amacına göre uygun boyutta üretilebilmeleri önemli avantajlarıdır.

Günümüzdeki en gelişmiş yakıt pili hücresinde hidrojen ve oksijen gazı kullanılarak enerji üretilir. Yakıt olarak saf hidrojen kullanıldığında zehirli madde açığa çıkmaz, yan ürün olarak saf su oluşur. Bir depoda bulunan hidrojen gazı anot yarı hücresine girerek elektrot yüzeyinde katalitik olarak $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$ tepkimesine göre proton ve elektronlara ayrışır. Açığa çıkan protonlar (H^+ iyonları), polimer elektrolit membrandan katot hücresine geçerken elektronlar, dış devreden katot elektroda ulaşır. Katot elektrot yüzeyinde $1/2O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O$ tepkimesi gerçekleşir. Yakıt hücresinde gerçekleşen net tepkime $H_2 + 1/2\,O_2 \rightarrow H_2O$ şeklindedir. Pil potansiyeli sıcaklık ve basınca bağlı olarak değişse de 1 V civarında bir gerilim elde edilir. Hidrojen yakıt pilindeki en önemli yapı polimer elektrolit mebrandır. Bu membran H_2 ve O_2 gazlarının birbirine karışmasını engellerken H^+ iyonlarını geçirecek biçimde tasarlanmıştır.



Yakıt pillerinin kara, deniz ve uzay araçlarında, endüstride, teknolojik aletlerde, hastane, otel, ev vb. yerlerde alternatif enerji kaynağı olarak kullanımı yaygınlaşmaktadır. Özellikle son yıllarda otomotiv sanayisinde bu konudaki teknolojik gelişmeler için yatırımlar yapılmaktadır.

Enerji giderlerinin ülkelerin ekonomisinde önemli ölçüde payının olduğu bilinmektedir. Hidrojen kaynakları açısından ülkemiz oldukça zengin bir coğrafyada yer almaktadır. Ülkemizde hidrojen eldesi için gereken güneş, rüzgar ve jeotermal enerji kaynakları bol miktarda vardır. Karadeniz'de hidrojen elde etmek için gereken zengin hidrojen sülfür kaynakları mevcuttur. Ayrıca dünya bor kaynaklarının yaklaşık dörtte üçü bizim topraklarımızdadır. Ülkemiz, zengin bor yataklarının değerlendirilmesi durumunda, hidrojenin taşınması ve kullanılması için gereken bor hidrür'ün en önemli sağlayıcısı olacaktır. Ülkemizde son yıllarda bu konuda yapılan çalışmalar; yerli araçların, pillerin ve teknolojik aletlerin üretimi konusunda atılan adımlar ümit vericidir.

4. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
LİMON PİLİ DENEYİ

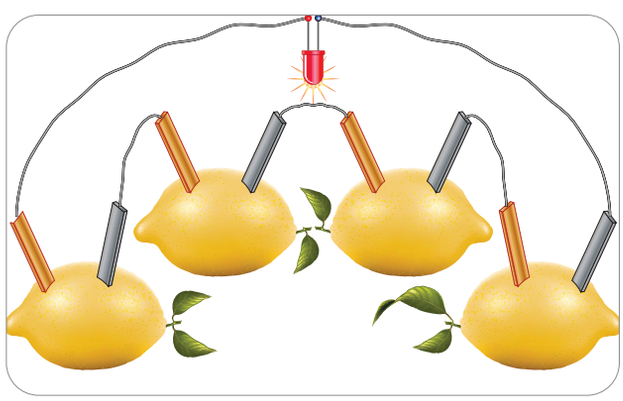
Güvenlik İşaretleri

Deneyin amacı: Limon, bakır ve çinko yardımıyla elektrik akımı elde etmek.

Araç gereçler: 4 adet limon, bakır tel, çinko kaplı vidalar, krokodil kablo, led ampul, voltmetre.

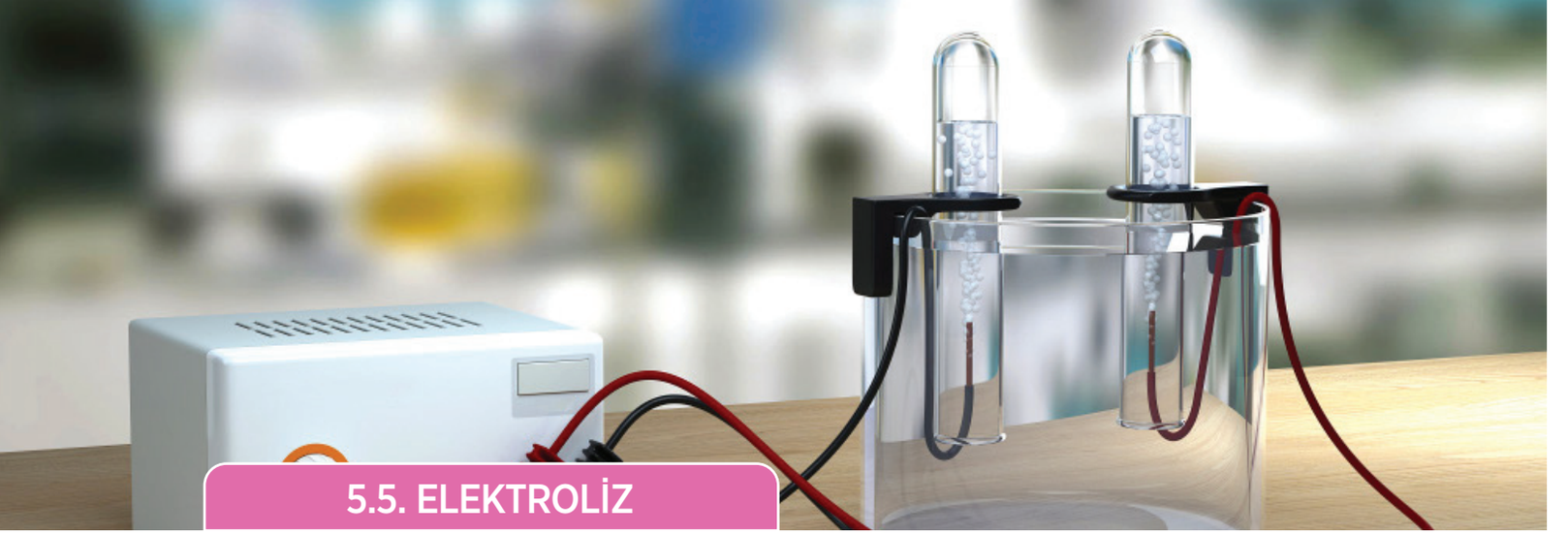
İşlem basamakları:

1. Bakır telden beş cm uzunluğunda 4 parça kesiniz.
2. Her limona bir çinko kaplı vida ve bir bakır tel batırınız.
3. Görseldeki gibi limonların üzerindeki bakır teli ve çinko kaplı vidaları krokodil kablolarla birbirine bağlayınız.
4. Led ampulü, görselde görüldüğü gibi, bakır tel ve çinko levhadan gelen kablolara bağlayarak ampulün yanıp yanmadığını gözlemleyiniz.
5. Led ampulü çıkararak, devreye voltmetre bağlayıp gerilimi ölçünüz.
6. Beşer dakikalık aralıklarla voltmetredeki değişimi gözlemleyiniz.
   (Aynı deneyi patates, elma gibi değişik sebze ve meyvelerle tekrarlayabilirsiniz.)



Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

	Değerlendirme Ölçütleri	Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	(10)	(8)	(5)	(3)
2	Devreyi kurar.	(10)	(8)	(5)	(3)
3	Led ampülü devreye bağlar.	(20)	(15)	(10)	(5)
4	Pil gerilimini ölçer.	(20)	(15)	(10)	(5)
5	Arkadaşları ile işbirliği yapar.	(20)	(15)	(10)	(5)
6	Çalışma ortamını temizler.	(10)	(8)	(5)	(3)
7	Rapor hazırlar.	(10)	(8)	(5)	(3)



5.5. ELEKTROLİZ

Kendiliğinden gerçekleşmeyen elektrokimyasal tepkimelerin elektrik enerjisi yardımıyla gerçekleştirilmesine **elektroliz** denir. Elektroliz olayının gerçekleştiği düzeneğe de **elektroliz hücresi (elektrolitik hücre)** adı verilir. Elektrik enerjisi, elektroliz yoluyla kimyasal enerjiye dönüştürülerek akümülatör ve elektrokimyasal pillerde depolanabilir. Ayrıca bileşiklerin elementlerine ayrıştırılmasında, metallerin saflaştırılmasında ve kaplamacılıkta elektroliz kullanılır.

5.5.1. Elektroliz Olayı

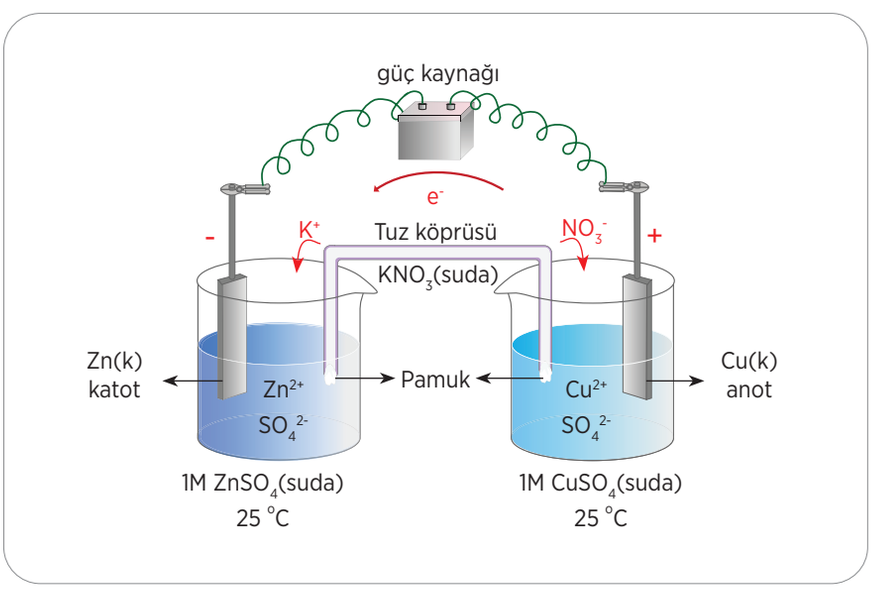
Elektroliz olayının gerçekleşmesi için elektrolitik hücreye dışarıdan, istemli gerçekleşen redoks tepkimesinde açığa çıkan potansiyelin üstünde bir potansiyel uygulanmalıdır.

Örneğin bir Zn-Cu pilinde Zn metali yükseltgenirken çinko metali indirgenir. İstemli olarak gerçekleşen tepkime sonucunda oluşan pilde Zn yarı hücresi anot, Cu yarı hücresi katottur. Standart Zn-Cu pilinin başlangıç gerilimi yaklaşık 1,10 volttur.

$Zn(k) + Cu^{2+}(suda) \rightarrow Zn^{2+}(suda) + Cu(k)$ tepkimesinin ters yönde gerçekleşmesi istemsizdir. Zn-Cu yarı hücreleri, Şekil 5.7'deki gibi birleştirilerek bu yarı hücrelere dış devreden enerji verilirse pilde gerçekleşen redoks tepkimesi aşağıdaki gibi tersine çevrilebilir.

$Cu(k) + Zn^{2+}(suda) \rightarrow Cu^{2+}(suda) + Zn(k)$

Yeni düzenek artık galvanik hücre değil elektrolitik hücre adını alır. Tepkimenin ters çevrilebilmesi için üretecin gerilimi 1,10 volttan büyük olmalıdır. Hazırlanan elektrolitik hücrede Cu yarı hücresi anot, Zn elektrot katot olarak davranır.



Şekil 5.7: Zn-Cu yarı hücreleri ile hazırlanmış elektroliz düzeneği

Elektrolitik ve galvanik hücrelerin her ikisine de **elektrokimyasal hücre** adı verilir. Tablo 5.3'te galvanik hücre ile elektrolitik hücre kıyaslanmıştır.

Tablo 5.3 : Galvanik Hücre ile Elektroliz Hücresinin Kıyaslanması

Galvanik Hücre (Pil)	Elektrolitik Hücre (Elektroliz Hücresi)
Gerçekleşen redoks tepkimesi istemlidir. Kendiliğinden gerçekleşir.	Gerçekleşen redoks tepkimesi istemsizdir. Kendiliğinden gerçekleşmez.
Kimyasal enerji, elektrik enerjisine dönüşür.	Elektrik enerjisi, kimyasal enerjiye dönüşür.
Aktifliği yüksek olan element ile oluşturulan elektrot anottur.	Aktifliği düşük olan elementle oluşturulan elektrot anottur.
Anot tarafı negatif, katot tarafı pozitif olarak gösterilir.	Anot tarafı pozitif, katot tarafı negatif olarak gösterilir.
Elektron akışının yönü anottan katoda doğrudur.	Elektron akışının yönü anottan katoda doğrudur.
Anotta yükseltgenme, katotta indirgenme olayı gerçekleşir.	Anotta yükseltgenme, katotta indirgenme olayı gerçekleşir.

5.5.2. Faraday Yasaları

Michael Faraday (Maykıl Faraday) tarafından yapılan elektrolizle ilgili çalışmalar sonucunda **Faraday Yasaları** ortaya çıkmıştır. Faraday Yasaları günümüzde de geçerliliğini korumaktadır. Anot ve katotta toplanan madde miktarlarının hesaplanmasında Faraday Yasaları'ndan yararlanılır. Bu hesapların yapılabilmesi için aşağıda verilen bilgi ve formüllerin bilinmesi gerekir:

1. Faraday Yasaları'na göre, elektroliz devresinden geçen elektrik yükü (Q) miktarı ile anotta ve katotta toplanan ya da çözünen madde miktarı (m) doğru orantılıdır.
2. Elektrik yükü miktarını ifade etmek için kullanılan birim **coulomb'dur (kulon)**.
3. 1 mol elektronun taşıdığı elektrik yüküne **1 Faraday** denir.
   $1\ mol\ elektron = 1\ Faraday = 96500\ Coulomb$
4. Devreden geçen elektrik yükü miktarı; akım şiddeti ve zamana bağlıdır.
   $Q = It \quad [Q: yük\ (coulomb, C), \quad I: akım\ (amper, A), \quad t: zaman\ (saniye, s)]$
5. Elektroliz sonucu anot ve katotta çıkan madde miktarı aşağıdaki formülle hesaplanabilir.

$$m = \frac{QM_A}{96500 \times Z}$$

$m: elektrolizde\ açığa\ çıkan\ maddenin\ kütlesi\ (gram, g) \qquad M_A: mol\ kütlesi\ (g/mol)$

$Q: devreden\ geçen\ elektrik\ yükü\ (coulomb, C) \qquad Z: alınan\ /\ verilen\ elektron\ sayısı$

Örnek

Erimiş $MgCl_2$ bileşiği elektroliz ediliyor. **Elektroliz süresince devreden 9650 coloumb yük geçtiğine göre**

a) Devreden geçen yük kaç Faraday'dır?
b) Katotta kaç gram magnezyum toplanır? (Mg: 24 g/mol)

Çözüm

a) $1\ faraday$ ↔ $96500\ C$; $x\ faraday$ ↔ $9650\ C$ $\quad x = \frac{9650}{96500}$ $\quad \boldsymbol{x = 0,1\ faraday\ olur.}$

b) Çözüm yolu 1

$Mg^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Mg(k)$ tepkimesine göre 2 mol elektron (2 Faraday) yükü devreden geçtiğinde 1 mol yani 24 gram magnezyum metali katotta toplanır.

$2\ faraday$ ↔ $24\ gram\ Mg$; $0,1\ faraday$ ↔ $m\ gram\ Mg$ $\quad m = \frac{24x0,1}{2}$ $\quad \boldsymbol{m = 1,2\ gram\ Mg\ toplanır.}$

Çözüm yolu 2

Verilen değerler formülde yerine yazılarak hesaplama yapılır.

$$m = \frac{QM_A}{96500 \times Z} \qquad m = \frac{\overset{1}{\cancel{9650}} \times \overset{12}{\cancel{24}}}{\underset{10}{\cancel{96500}} \times \underset{1}{\cancel{2}}} \qquad m = \frac{12}{10} \qquad \boldsymbol{m = 1,2\ gram\ Mg\ toplanır.}$$

5.5.3. Elektrolizin Kullanım Alanları

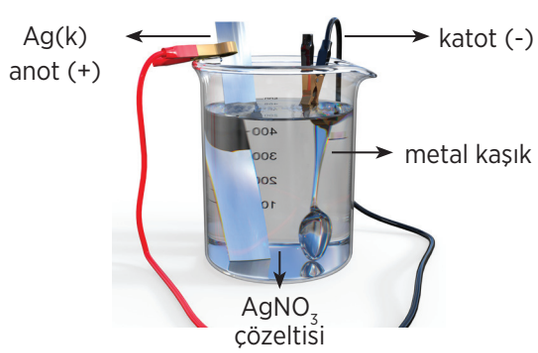
Elektroliz yaygın kullanım alanına sahiptir. Metallerin cevherlerinden ayrılarak saflaştırılmasında; bakır, çinko gibi bazı metallerin inceltilmesinde elektroliz kullanılır. Aşınmalara karşı korumak için araba tamponlarının kromla, muslukların nikel ve kromla, süs eşyalarının altın ve gümüşle kaplanmaları elektrolizle yapılır. Görevli personelin denizaltılarda, gerektiğinde aylarca kalabilmeleri suyun elektrolizi ile üretilen oksijen sayesindedir.

Kaplamacılık

Elektrolizin en yaygın kullanım alanlarından biri de kaplamacılıktır. Bazı metaller, korozyona uğramamaları ve daha güzel görünmeleri için aşınmaya daha dayanıklı, parlak ve hoş görünen başka metallerle kaplanır (Görsel 5.3). Elektrolizle kaplanan yüzeyler pürüzsüz ve dayanıklıdır. Kaplama işleminde farklı yöntemler olmasına rağmen elektrolizle kaplamacılık, kolay ve ucuz olduğu için tercih edilir.

Kaplama işleminde üzeri kaplanacak metal, katot elektrot olarak kullanılır. Çözelti, kaplama olarak kullanılacak metalin tuzunu içerir. Anot elektrot ise kaplama malzemesi olan metalden oluşur. Kaplama malzemesi olarak altın, gümüş, bakır, nikel ve krom gibi metaller kullanılır (Görsel 5.4).

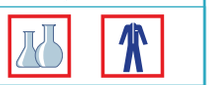
Görsel 5.3: Nikel kaplanmış motosiklet egzozu



Görsel 5.4: Elektroliz yöntemiyle kaşığın gümüşle kaplanması

5. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
ELEKTROLİZ YÖNTEMİYLE KAPLAMACILIK

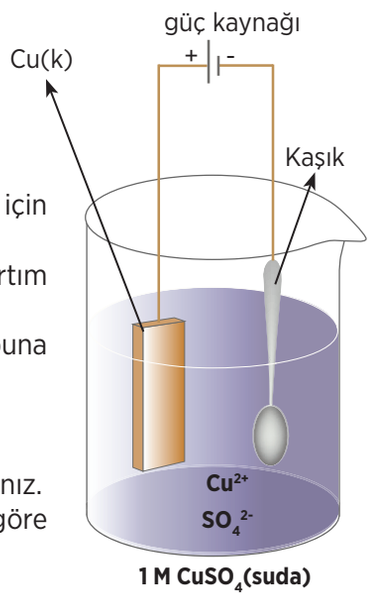
Güvenlik İşaretleri



Deneyin amacı: Elektroliz yöntemiyle bir metal nesneyi bakırla kaplamak.

Araç gereçler: Güç kaynağı, 200 mL'lik beher, iletkenliği sağlayan bağlantı kabloları, terazi, spatula, metal kaşık, bakır elektrot.

Kimyasal maddeler: Bakır(II) sülfat ($CuSO_4$).

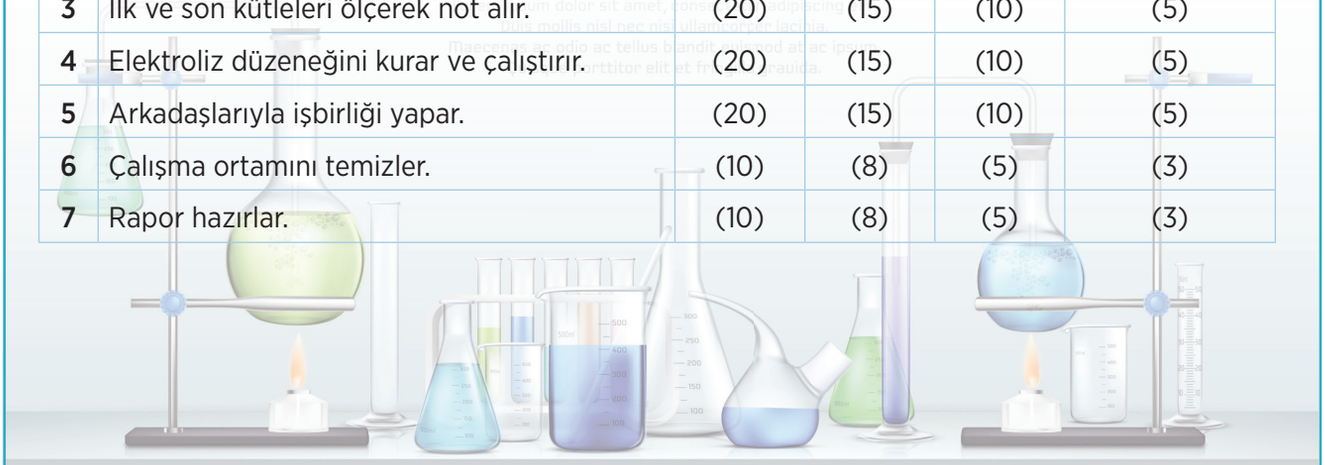


İşlem basamakları:

1. Behere 150 mL su koyunuz.
2. 30 gr bakır(II) sülfat katısı tartınız.
3. Tarttığınız $CuSO_4$ katısını suyun üzerine ilave ediniz ve çözünmesi için spatula ile karıştırınız.
4. Metal kaşığın ve bakır elektrodun kütlesini ayrı ayrı tartınız. Tartım sonuçlarını not ediniz.
5. Metal kaşığı güç kaynağının (-) kutbuna, bakır elektrodu (+) kutbuna bağlantı kabloları yardımıyla bağlayınız.
6. Güç kaynağını 9 volta ayarlayarak, çalıştırınız.
7. Yeterli süre bekledikten sonra güç kaynağını kapatınız.
8. Metal kaşığı ve bakır elektrodu düzenekten ayırarak ayrı ayrı tartınız.
9. Metal kaşığın ve bakır elektrodun kütlelerinde deney öncesine göre değişim olup olmadığını belirtiniz.
10. Çalışma ortamını temizleyiniz.
11. Yaptığınız çalışma ile ilgili rapor yazınız.

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Değerlendirme Ölçütleri		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	(10)	(8)	(5)	(3)
2	Çözelti hazırlar.	(10)	(8)	(5)	(3)
3	İlk ve son kütleleri ölçerek not alır.	(20)	(15)	(10)	(5)
4	Elektroliz düzeneğini kurar ve çalıştırır.	(20)	(15)	(10)	(5)
5	Arkadaşlarıyla işbirliği yapar.	(20)	(15)	(10)	(5)
6	Çalışma ortamını temizler.	(10)	(8)	(5)	(3)
7	Rapor hazırlar.	(10)	(8)	(5)	(3)



Bileşiklerden Elementlerin Elde Edilmesi

Elementler doğada genellikle bileşikleri hâlinde bulunur. Elementlerin saf olarak elde edilebilmesi için pek çok kimyasal yöntem vardır. Ancak aktifliği çok yüksek metaller ve ametaller bileşiklerinden kolaylıkla ayrıştırılamaz. Bu tür elementlerin elde edilmesinde elektroliz yöntemi kullanılır. Örneğin erimiş NaCl tuzunun elektrolizinden sodyum metali ve klor gazı elde edilir (Şekil 5.8).

Erimiş NaCl'ün elektrolizinde anot ve katot tepkimeleri aşağıda verilmiştir.

$anot: Cl^-(s) \rightarrow {}^1/_2\, Cl_2(g) + e^-$

$katot: Na^+(s) + e^- \rightarrow Na(k)$

$net\ tepkime: Na^+(s) + Cl^-(s) \rightarrow Na(k) + {}^1/_2\, Cl_2(g)$

Benzer biçimde suyun elektrolizinden O_2 ve H_2 elementleri saf olarak elde edilebilir. Saf su elektriği çok az ilettiği için suya bir miktar sülfürik asit ilave edilir. Suyun elektrolizinde Hoffman (Hofmın) voltametresi kullanılır (Şekil 5.9).

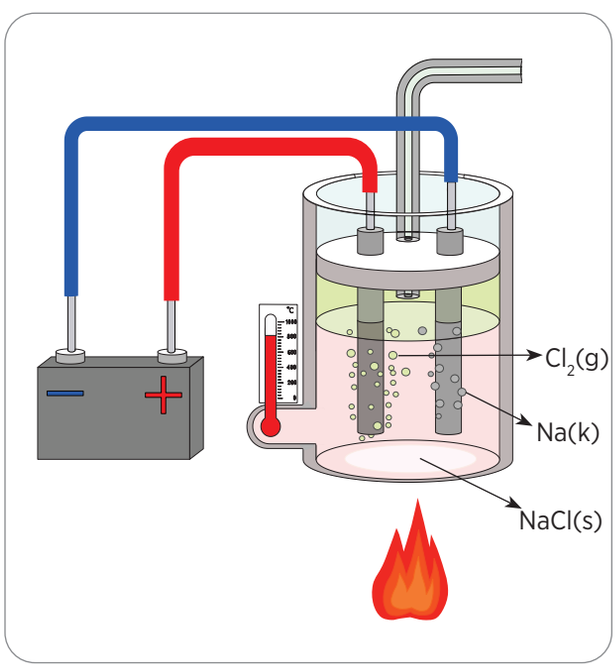
Suyun elektrolizi sırasında anot ve katotta gerçekleşen tepkimeler aşağıda verilmiştir.

$anot: H_2O(s) \rightarrow {}^1/_2\, O_2(g) + 2H^+(suda) + 2e^-$

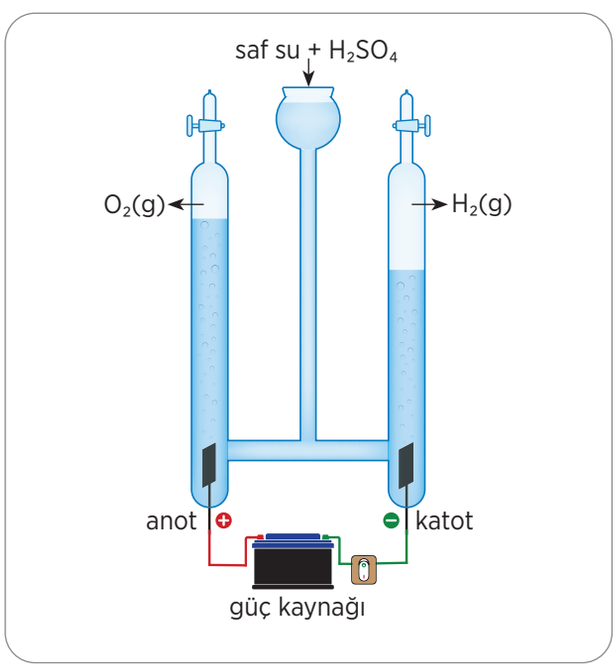
$katot: 2H^+(suda) + 2e^- \rightarrow H_2(g)$

$net\ tepkime: H_2O(s) \rightarrow \underset{2V}{H_2(g)} + {}^1/_2\, \underset{V}{O_2(g)}$

Net tepkime incelendiğinde katotta açığa çıkan hidrojen gazının hacmi (2V), anotta açığa çıkan oksijen gazının hacminin (V) iki katıdır.



Şekil 5.8: Erimiş sodyum klorürün elektrolizi



Şekil 5.9: Hoffman voltametresi ile suyun elektrolizi

6. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
SUYUN ELEKTROLİZİ

Güvenlik İşaretleri

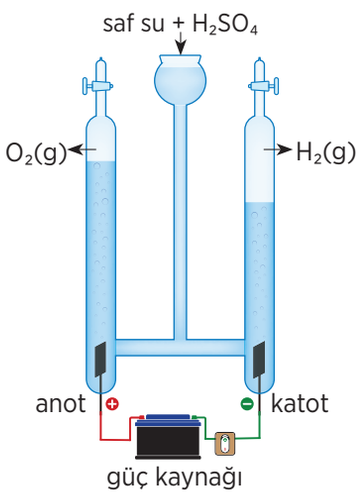
Deneyin amacı: Sudan, elektroliz yöntemiyle hidrojen ve oksijen gazlarını elde etmek.

Araç gereçler: Hoffman voltametresi, iletken tel, güç kaynağı.

Kimyasal maddeler: 1 M H_2SO_4, saf su.

İşlem basamakları:

1. Hoffman voltametresindeki muslukları açıp cam boruları tamamen su ile doldurunuz.
2. Suyun içine bir kaç mL H_2SO_4 damlatınız ve muslukları kapatınız.
3. Aşağıdaki görselde verildiği gibi iletken tellerle güç kaynağına bağlantıyı sağlayınız.
4. Güç kaynağını 12 V olacak şekilde ayarlayarak bir süre akım veriniz.
5. (-) ve (+) kutupların bağlandığı cam borulardaki su seviyelerini ölçerek not alınız.
6. **Anot ve katotta topladığınız gazların hacimleri aynı mıdır? Sebebini açıklayınız.**



Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

	Değerlendirme Ölçütleri	Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	(10)	(8)	(5)	(3)
2	Hoffman voltametresini doldurarak hazırlar.	(10)	(8)	(5)	(3)
3	Voltametreyi güç kaynağına bağlayarak voltajı ayarlar.	(20)	(15)	(10)	(5)
4	Cam borulardaki su ve gaz seviyelerini ölçer.	(20)	(15)	(10)	(5)
5	Arkadaşlarıyla işbirliği yapar.	(20)	(15)	(10)	(5)
6	Çalışma ortamını temizler.	(10)	(8)	(5)	(3)
7	Rapor hazırlar.	(10)	(8)	(5)	(3)

5.6. KOROZYON

Korozyon, genel anlamıyla maddenin kimyasal etkilerle bozunarak kullanılamaz hâle gelmesidir. Ancak korozyonla kastedilen çoğunlukla metallerdeki aşınmadır. Metaller, özellikle nemli ortamda havadaki oksijenle yükseltgenip metal oksitlere dönüşür.

5.6.1. Korozyon Oluşumu

Metallerin yükseltgenme eğilimi genellikle yüksektir. Bu nedenle metaller, doğada element hâli yerine yükseltgenerek bileşikleri hâlinde bulunur. Metallerden ve metal alaşımlarından üretilmiş malzemeler kendiliğinden bileşiklerine dönüşerek aşınır.

Demirin nemli veya asitli ortamlarda oksijenle oluşturduğu yükseltgenme ürünlerine **pas** denir. Pas, demir ya da çelikten üretilmiş malzemenin dayanımının azalmasına ve işlevini yerine getirememesine sebep olur (Görsel 5.5).

Görsel 5.5: Korozyona uğramış demir boru parçaları

Metallerin korozyona uğrama hızı, metalin aktifliğine ve bulunduğu ortama bağlıdır. Metalin aktifliği ve ortamdaki nem miktarı arttıkça korozyon hızı artar. Ayrıca ortamda bulunan SO_2 gibi asidik gazlar ve tuz da korozyon hızını arttırır.

5.6.2. Korozyona Karşı Alınabilecek Önlemler

Dünyada ve ülkemizde her yıl çok büyük miktarda metalin kullanılamaz duruma gelmesinin sebebi korozyondur. Ülke kaynaklarının israfını önlemek için metalleri korozyondan korumak gerekir.

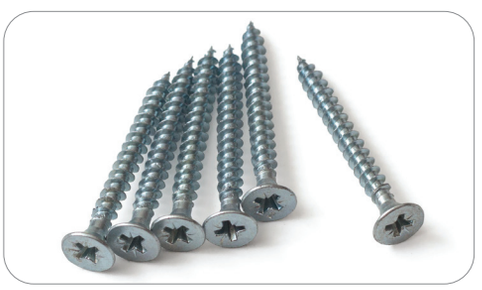
Metalleri korozyondan korumanın en iyi yolu, korozyona sebep olan etkenleri ortadan kaldırmak ya da metale ulaşmasını engellemektir. Bunu sağlamak için de aşağıdaki yöntemlere başvurulur:

- Korozyona dayanıklı metaller kullanılır.
- Metaller başka metallerle kaplanır.
- Metaller boyanır.
- Katodik koruma sistemleri kullanılır.

Metalleri boyamak en basit ve en sık kullanılan koruma yöntemidir (Görsel 5.6). Kullanım amacına uygun metaller seçmek veya alaşımdan üretilmiş daha dayanıklı malzemeler kullanmak da etkili bir korozyon önleme yöntemidir.

Görsel 5.6: Otomobillerin kaportalarının boyanarak korunması

Galvanizleme, metallerin başka metallerle kaplanmasında kullanılan en önemli işlemlerdendir. Demir veya çelikten üretilmiş malzemelerin yüzeylerinin çinko ile kaplanmasına **galvanizleme** denir. Çinko, aktif bir metal olduğu için üzerine kaplandığı demirin yerine kendisi korozyona uğrar (Görsel 5.7). Kaplamanın sıyrılması veya delinmesi durumunda bile çinko kaplama, koruma işlevini sürdürür.



Görsel 5.7: Galvanize edilmiş vidalar

Yaparak Öğrenelim

Gerekli malzemeler: 3 adet çivi, 3 adet 1-2 cm^2 büyüklüğünde teneke parçası, 6 adet saat camı, yağlı boya.

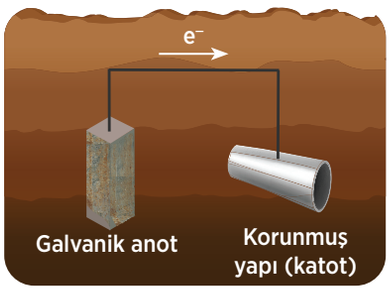
Yapılışı:

1. Sınıftaki arkadaşlarınızla 3 gruba ayrılınız.
2. Her grubun yapacağı işlemler aşağıda belirtilmiştir.
3. **1. grup:** 2 ayrı saat camından birine çivi, diğerine teneke parçası koyunuz ve üzerlerini örtecek şekilde su ekleyiniz. Her gün su miktarını kontrol ederek azalmışsa su ekleyiniz. Günde en az bir kez gözlemleyerek değişiklikleri not ediniz.
4. **2. grup:** Çiviyi ve teneke parçasını yağlı boya ile boyayarak iki ayrı saat camına koyunuz. Üzerlerini örtecek şekilde su ekleyiniz. Her gün su miktarını kontrol ederek azalmışsa su ilave ediniz. Günde en az bir kez gözlemleyerek değişiklikleri not ediniz.
5. **3. grup:** 2 ayrı saat camından birine çivi, diğerine teneke parçası koyunuz. Üzerine su eklemeden ve boyamadan günde en az bir kez gözlemleyerek değişiklikleri not ediniz.
6. Öğretmeninizin deneyi sonuçlandırmanızı söylediği ana kadar gözlemlemeye devam ediniz.
7. Deney sonuçlandığında gözlemlerinizi sınıfla paylaşınız.

Her üç grubun elde ettiği verileri karşılaştırarak korozyona sebep olan olaylar ve korozyondan korunma yöntemlerini tartışınız.

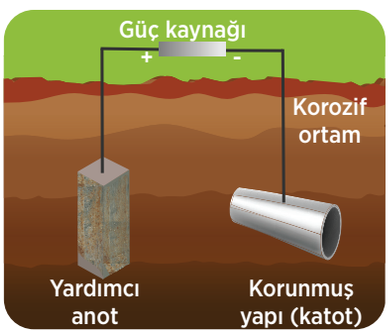
Korozyonu engellemenin en etkili yöntemlerinden biri de katodik korumadır. Bu yöntemde amaç, korunacak metali katot olarak davranmaya zorlamaktır. Petrol boru hatları, gemiler ve denize inşa edilen petrol platformlarında bu yöntem kullanılır. Bu yöntem iki farklı biçimde uygulanabilir:

Galvanik anotlu katodik koruma: Bu yöntemde, korunacak metale daha aktif bir metal bağlanarak galvanik hücre (pil) elde edilir (Şekil 5.10). Elde edilen galvanik hücrede aktif metal anot görevi üstlenir ve zamanla aşınır. Korunacak metali de katot olarak davranmaya zorlar. Bu yöntemde aktif metal **kurban elektrot** olarak adlandırılır. Çünkü kendisi korozyona uğrarken esas yapıyı korur.



Şekil 5.10: Galvanik anotlu katodik koruma

Dış akım kaynaklı katodik koruma: Bu yöntemde korunacak metal ve kurban elektrodun galvanik hücre oluşturması gerekmez. Kurban elektrot, dışarıdan elektrik akımı verilerek anot olmaya ve aşınmaya zorlanır. Korunacak metal ise katot olarak davranır. Yani sistem elektroliz hücresi gibi çalışır (Şekil 5.11).



Şekil 5.11: Dış akım kaynaklı katodik koruma

Yaparak Öğrenelim

Gerekli malzemeler: 4 adet çivi, çinko levha, 3 adet beher, yassı pil, NaCl çözeltisi, etiket, krokodil kablolar, selobant.

Yapılışı:

1. Etiketleri, üzerlerine deneyin başlangıç tarihini yazarak beherlere yapıştırınız.
2. İlk behere çivilerden birini koyunuz.
3. Başka bir çiviyi krokodil kablo ile çinko levhaya bağlayıp ikinci behere koyunuz. (Çivi ve çinko levha üzerindeki bağlantı yerlerinin temiz olmasına ve beherdeki metallerin temas etmemesine dikkat ediniz.)
4. Korozyona karşı korumak istediğiniz çiviyi etiketle işaretleyiniz. Yassı pilin (+) ucuna etiketlediğiniz çiviyi, (-) ucuna ise başka bir çiviyi krokodil kablolarla bağlayınız. Hazırladığınız düzeneği pil kısmı dışarıda kalacak şekilde üçüncü beherin içine koyunuz. Yassı pili selobantla beherin dış tarafına yapıştırınız. **(DİKKAT: Çivilerin birbirlerine temas etmemesine özen gösteriniz.)**
5. Kabloların bağlantı yerlerini ıslatmamaya özen göstererek her üç behere de çivilerin yarısı çözelti içinde kalacak biçimde NaCl çözeltisi ekleyiniz.
6. Beherleri güvenli bir yere kaldırıp öğretmeniniz deneyin tamamlandığını söyleyinceye kadar her gün gözlemleyiniz. Gözlemlerinizi, tarihini de yazarak not ediniz.

Gözlemlerinize dayanarak katodik koruma yönteminin etkinliğini diğer koruma yöntemleriyle kıyaslayınız. Galvanik anotlu katodik koruma ve dış akım kaynaklı katodik koruma hangi durumlarda tercih edilmelidir? Örnekler vererek arkadaşlarınızla tartışınız.

A. Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. Aşağıda bazı metallerin indirgenme potansiyelleri verilmiştir.

$Cu^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Cu(k)$ $E^\circ_{ind} = +0{,}337$ V

$Mg^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Mg(k)$ $E^\circ_{ind} = -2{,}372$ V

$Zn^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Zn(k)$ $E^\circ_{ind} = -0{,}763$ V

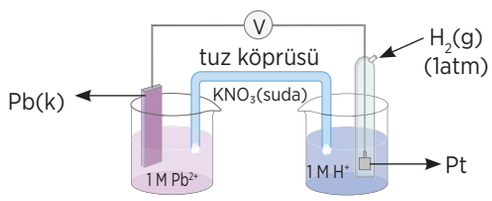
$Fe^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Fe(k)$ $E^\circ_{ind} = -0{,}440$ V

Buna göre metalleri, aktifliği yüksek olandan düşük olana doğru sıralayınız.

.....

.....

2. Aşağıda Pb-SHE pili verilmiştir.



$Pb^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Pb(k)$ $E^\circ_{ind} = -0{,}130$ V

$2H^+(suda) + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$ $E^\circ_{ind} = 0.000$ V

Buna göre aşağıda verilen soruları cevaplayınız.

a) Anot ve katotta gerçekleşen tepkimeleri ve pil tepkimesini yazınız.

.....

.....

.....

b) Pil potansiyelini bulunuz.

.....

.....

3. Tencere, kaşık ve diğer mutfak gereçlerinin üretiminde kimya bilgisine ihtiyaç vardır. **Bu araçların üretiminde ve kullanım aşamalarında kimyasal olarak nelere dikkat edilmektedir?**

.....

.....

.....

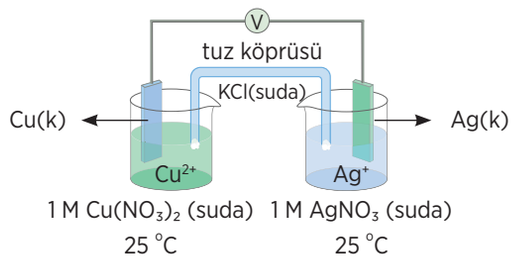
4. İleriki yaşamınızda bir tekne sahibi olduğunuzu düşünün. **Teknenizi korozyondan korumak için neler yapardınız?**

.....

.....

B. Aşağıda verilen soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

1. Aşağıda galvanik bir pil ve pili oluşturan elektrotların indirgenme potansiyelleri verilmiştir.



$Cu^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Cu(k)$ $E^\circ_{ind} = +0{,}337$ V

$Ag^+(suda) + e^- \longrightarrow Ag(k)$ $E^\circ_{ind} = +0{,}799$ V

Buna göre aşağıda verilen ifadelerden hangisi doğrudur?

A) Cu metali indirgenir.

B) Ag elektrodun kütlesi zamanla artar.

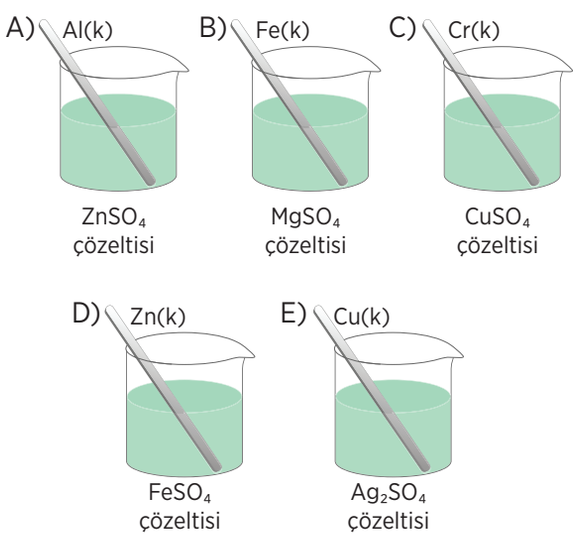
C) Tuz köprüsünde Cl^- iyonları katot kutba doğru hareket eder.

D) Cu elektrot katot görevi yapar.

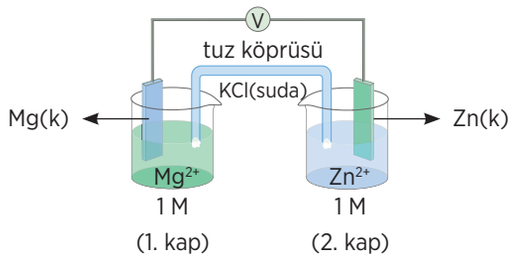
E) $E^\circ_{pil} = +1{,}136$ V olur.

2. Elinde beş ayrı metalden yapılmış karıştırma çubuğu olan kimya teknisyeninin, hazırladığı çözeltileri bu çubukları kullanarak karıştırması gerekmektedir.

Çözeltide herhangi bir kimyasal tepkimenin olmaması gerektiğine göre kimyagerin hangi şıkta yaptığı karıştırma işlemi doğrudur?
(Metallerin aktiflik sırası:
Mg > Al > Zn > Cr > Fe > Cu > Ag)



3. Aşağıda standart şartlarda hazırlanmış olan bir galvanik hücre düzeneği verilmiştir.



$Mg^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Mg(k)$ $E^o = -2,37$ V

$Zn^{2+}(suda) + 2e^- \longrightarrow Zn(k)$ $E^o = -0,76$ V

olduğuna göre aşağıda verilen ifadelerden hangisi doğrudur?

A) Net pil tepkimesi,
$Mg^{2+}(suda) + Zn(k) \rightarrow Mg(k) + Zn^{2+}(suda)$
şeklinde yazılır.

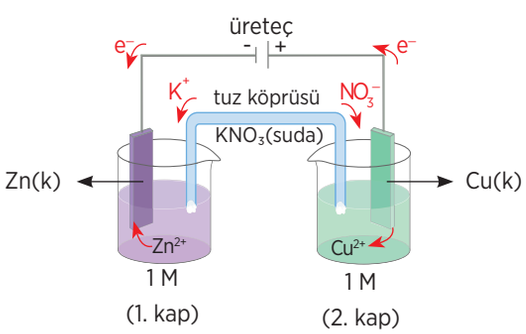
B) Zn elektrot anottur.

C) Tuz köprüsündeki anyonlar 2. kaba gider.

D) Şematik gösterimi,
$Mg(k) / Mg^{2+}(1\ M) // Zn^{2+}(1\ M) / Zn(k)$
şeklindedir.

E) $E^o_{pil} = +3,31$ V olur.

4. Aşağıda verilen hücre çalıştığında gerçekleşen olaylar şekil üzerinde gösterilmiştir.



Buna göre

I. İkinci kapta $Cu(k) \longrightarrow Cu^{2+}(suda) + 2e^-$ tepkimesi gerçekleşir.

II. Oluşturulan düzenek elektrokimyasal pildir.

III. Düzenekte gerçekleşen tepkime
$K + Zn^{+2} \longrightarrow Cu^{+2} + NO_3$ şeklindedir.

IV. Zn elektrot katottur.

yargılarından hangisi / hangileri doğrudur?

A) I ve III B) II ve III C) I ve IV
D) I, II ve IV E) II, III ve IV

5. Metalleri korozyondan korumak için kaplamacılık yapılmaktadır. Bir araştırmacı laboratuvar ortamında bir demir parçasını gümüş (Ag) ile kaplamak istiyor. Bunun için düzeneğin kurulması sırasında yapması gerekenler ve elektrolizin gerçekleşmesi sırasındaki olaylar ile ilgili bazı bilgiler topluyor. **Araştırmacının elektroliz hakkında topladığı, aşağıdaki seçeneklerde verilen bilgilerden hangisi yanlıştır?**

A) Üzeri kaplanacak demir parçası katota bağlanmalıdır.

B) Ag elektrot kütlesi zamanla artacaktır.

C) Çözeltideki Ag^+ iyonları indirgenerek kaşığın üzerine Ag katısı şeklinde kaplanacaktır.

D) Gümüş metali, anot elektrot olarak kullanılmalıdır.

E) Kaba elektrolit olarak gümüş metalinin çözeltisi konulmalıdır.

6. Bir üretim tesisinde çalışan mühendisten makine tasarlaması istenmiştir. Mühendis, üretim anında metallerden kaynaklanabilecek kimyasal olaylarla ilgili bilgi almalıdır. Hata ve kayıpları en aza indirgeyebilmek için makinede kullanacağı metalleri doğru seçebilmelidir. Bu nedenle de bir kimyagerin bilgisine ihtiyaç duymaktadır. **Kimyagerin mühendise, yapacağı makinede kullanması gereken metaller ve üretimle ilgili aşağıdaki bilgilerden hangisini vermesi beklenemez?**

A) üretim anında makinede kullanılan metallerle hangi maddelerin temas edeceği

B) kullanılan metallerin korozyona uğramaması için hangi tedbirlerin alınması gerektiği

C) üretim anında metallerin çevre ve insan sağlığı açısından tehdit oluşturmayacak şekilde seçilmesinin önemi

D) metalin üretim yapılan maddelerle olabilecek muhtemel reaksiyonlarının engellenmesi için gerekenler

E) metallerin nereden alınacağı ve maliyetinin ne olacağı

7. $C + H_2SO_4 \longrightarrow CO_2 + SO_2 + H_2O$

tepkimesi en küçük tam sayılarla denkleştirildiğinde suyun katsayısı kaç olur?

A) 1 B) 2 C) 3 D) 4 E) 6

8. Piller, kimyasal kirleticilerdir, tükendiklerinde atık pil kutularına atılmalıdır. Pillerin kullanıldıktan sonra yeniden doldurulması ülke ekonomisine büyük katkı sağlar. Tekrar kullanılma, geri dönüşüm ve sıfır atık projesine destek olarak doğanın korunmasına yardımcı olur. Radyo, el feneri gibi araçlarda çoğunlukla kuru piller ($Zn\text{-}MnO_2$ pilleri) kullanılır. Kuru piller, şarj edilemez. İçinde cıva barındıran, uzun ömürlü oldukları için işitme aletleri ve saatlerde kullanılan piller de (düğme piller) şarj edilemez. Şarj edilemeyen bu pillerin yerine çok kullanımlık ve ergonomik pillerin kullanılması, teknolojik aletlerin çalıştırılmasında kolaylık sağlar. Atık oluşturmadığı için çevre kirliliğini de büyük oranda azaltır. Nikel-kadmiyum piller, lityum-iyon pilleri ve aküler çok kullanımlık pillerin başlıca örnekleridir. Bu piller, bulundukları aracın üzerinde veya dış ünitelerde şarj edilebilmektedir. Şarj edilemeyen kuru pillerin, cıva pillerinin şarj ünitelerine konulması, patlama ve yangınlara sebep olarak ciddi yaralanmalara, kimyasalların dışarı sızması sonucu zehirlenmelere yol açabilir. Bu nedenle hayatı kolaylaştıran teknolojik aletlerin kullanımı konusunda bilgi sahibi olmak büyük önem taşır.

Yukarıda verilen paragrafı okuyan bir kişi aşağıdaki yargılardan hangisini söylerse doğru bir ifade kullanmış olur?

A) Tek kullanımlık piller daha ekonomiktir.
B) Bütün piller şarj edilerek tekrar kullanılabilir.
C) Kullanılmış piller kesinlikle atık pil kutularına atılmalıdır.
D) Teknolojinin gelişmesiyle doğanın kirlenmesi bitmiştir.
E) Piller, haklarında bilgi sahibi olmadan da rahatlıkla kullanılabilir.

9. Aşağıda verilen bileşik çiftlerinden hangisinde altı çizili elementlerin yükseltgenme basamakları aynıdır?

A) $Cu(\underline{N}O_3)_2$ - $H\underline{N}O_3$
B) $\underline{S}O_2$ - $Mg\underline{S}O_4$
C) $K\underline{Mn}O_4$ - $\underline{Mn}O_2$
D) $\underline{Fe}(OH)_2$ - $\underline{Fe}Cl_3$
E) $K_2\underline{Cr}O_7$ - $\underline{Cr}_2O_3$

10. Üniversitede verdiği konferansta korozyon konusuna değinen öğretim görevlisi aşağıda verilen ifadeleri kullanmıştır:
"Öncelikle, üretim alanlarında kullanılan makine ve yardımcı üniteleri, korozyondan koruma konusuna gereken önemi veriyor muyuz, sorusuyla başlamak istiyorum. Korozyondan koruma, yıllarca ihmal edilen, son yıllarda ihracatla birlikte getirilen standartların zorlaması ile üzerinde çalışmalar başlatılan bir konudur. Üretim tesislerinde ve çalışma alanlarında korozyon eğitimi alanların sayısının artması, korozyon nedeniyle uğranan ekonomik kayıpları azaltmaktadır. Korozyona uğrayan malzemeler hem sistemlerin çalışmalarını engellemekte hem de sonuçların güvenilirliğini tehlikeye sokmaktadır. Ham madde kayıplarına da sebep olan korozyon mutlaka engellenmelidir. Bunun için yapılabilecek iş ve işlemler vardır."

Öğretim görevlisinin konuşmasının devamında söyleyebileceği iş ve işlemler aşağıdakilerden hangisi <u>olamaz</u>?

A) Tesisatlarda kullanılan metaller, çalışma ortamına uygun olmalı ve üretim yapılacak yerdeki maddelerle istenmeyen tepkimeler vermeyecek şekilde seçilmelidir.
B) Metallerin kullanımı ergonomik, doğru tasarlanmış ve standartlara uygun olmalıdır.
C) Korunacak metal, daha aktif bir metal (kurban anot) ile eşlenerek korozyona uğraması engellenmelidir.
D) Kullanılacak araçlardaki metallere üretim aşamasında değil, kullanılacağı fabrikaya geldikten sonra işçiler tarafından kaplama yapılmalıdır.
E) Metal malzemeler, korozyona uğramamaları için boyanmalı veya kaplanarak dış etkenlerden korunmalıdır.

11. Lityum-iyon pilleri ile ilgili,

I. Şarj edilemeyen tek kullanımlık pillerdir.
II. Aktifliği düşük olmasından dolayı lityum metali kullanılır.
III. Kullanıldığı aracın kütlesini fazla artırmaması avantajdır.

ifadelerinden hangisi / hangileri doğrudur?

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

12. Aşağıda verilenlerden hangisi galvanik hücre ile elektroliz hücresi arasında ortak olan özelliklerdendir?

A) Hücre içindeki redoks tepkimelerinin istemli gerçekleşmesi
B) Kimyasal enerjinin elektrik enerjisine dönüşmesi
C) Aktifliği yüksek olan elementin anot olması
D) Anot tarafının artı işaretle gösterilmesi
E) Anotta yükseltgenme katotta indirgenme olaylarının olması

13. Suyun elektrolizi ile ilgili,

I. Hoffmann voltametresinin anot kısmında $O_2(g)$ toplanır.
II. Su elektroliz edildiğinde 10 litre $H_2(g)$ açığa çıkmışsa 20 litre $O_2(g)$ elde edilmiştir.
III. Saf su elektriği iyi iletir, bu sayede elektrolizi kolaydır.

ifadelerinden hangisi / hangileri doğrudur?

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

14. $H_2S + FeCl_3 \longrightarrow HCl + FeCl_2 + S$

tepkimesi ile ilgili aşağıda verilen ifadelerden hangisi doğrudur?

A) En küçük tamsayılarla denkleştirildiğinde HCl'ün katsayısı 1 olur.
B) H_2S bileşiğindeki S elementinin yükseltgenme basamağı +2'dir.
C) $FeCl_2$ bileşiği indirgenmiştir.
D) H_2S bileşiğindeki S elementi 2 elektron vererek indirgenmiştir.
E) Tepkime bir redoks tepkimesidir.

15. Sıvı hâldeki $CaCl_2$ 1 Faraday akım uygulanarak elektroliz ediliyor. **Buna göre aşağıda verilen bilgilerden hangisi doğrudur?** (Ca= 40 g/mol)

A) Katotta Cl_2 gazı açığa çıkar.
B) Anotta indirgenme gerçekleşir.
C) Katotta 20 g Ca katısı birikir.
D) Devreden 48250 coulomb yük geçer.
E) Devreden 2 mol elektron geçer.

16. Metalleri korozyondan korumak için farklı yöntemler vardır. Bu yöntemlerden biri de metalleri farklı metallerle kaplamaktır.

Metallerin Başka Metallerle Kaplanarak Korunması	
Metallerin Aktif Metallerle Kaplanması	**Metallerin Aktifliği Düşük Metallerle Kaplanması**
çelik yüzeylerin çinkoyla kaplanması (galvanizleme)	çelik yüzeylerin kalayla kaplanması (teneke)
Kaplama delinse bile koruyuculuk özelliği kaybolmaz.	Kaplamanın aktifliği düşük olduğu için aşındırıcı ortamlara dayanıklıdır.
Kaplamanın aktifliği yüksektir. Hızla korozyona uğrayarak bir süre sonra tükenir.	Kaplamada delik açılırsa korunacak metal hızla korozyona uğrar.

Metallerin kaplanması ile ilgili yukarıda verilen tabloya göre aşağıdaki ifadelerden hangisi yanlıştır?

A) Metaller daima kendisinden daha aktif olan metallerle kaplanır.
B) Metalleri korozyondan korumak için farklı metallerle kaplama yapılabilmektedir.
C) Metali daha aktif bir metalle kaplamanın dezavantajı kaplamanın kısa sürede korozyona uğramasıdır.
D) Aktif metalden oluşan kaplama malzemesi aşınmaya uğrasa da bir süre koruyuculuğuna devam eder.
E) Aktifliği az olan kaplama malzemesi dış etkilerle daha az aşınır.

17. Elektroliz, kendiliğinden gerçekleşmeyen elektrokimyasal tepkimelerin elektrik enerjisi yardımıyla gerçekleştirilmesidir.

Elektroliz düzenekleri için aşağıda verilen ifadelerden hangisi doğrudur?

A) Anotta yükseltgenme, katotta indirgenme olayı gerçekleşir.
B) Elektron akışının yönü katottan anota doğrudur.
C) Kimyasal enerji elektrik enerjisine dönüşür.
D) Katot tarafı pozitif, anot tarafı negatif olarak gösterilir.
E) Düzenekteki olaylar istemli gerçekleşir.

- Atatürk Kültür, Dil ve Tarih Yüksek Kurumu. (1988). *TDK ,Türkçe Sözlük*. Ankara: Türk Tarih Kurumu Basımevi.
- Atkıns P. ve Jones L. (2013). *Genel Kimya*. Ankara: Palme Yayıncılık.
- Erdik E. ve Sarıkaya Y. (2014). *Temel Üniversite Kimyası*. Ankara: Gazi Kitabevi.
- Mortimer, C. E. (1993). *Modern Üniversite Kimyası.* İstanbul: Çağlayan Kitabevi.
- Somer G. ve Yaşar A. (2009). *Kimya Terimleri Sözlüğü*. İstanbul: Türk Dil Kurumu Yayınları.
- T.C. MEB, Meslekî ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğü, Programlar ve Öğretim Materyalleri Daire Başkanlığı. (2020). *Kimya Teknolojisi Alanı, Çerçeve Öğretim Programı*. Ankara, .
- TDK. (2012). *Yazım Kılavuzu.* Ankara: Türk Dil Kurumu Yayınları.
- Tez Z. (2000). *Kimya Tarihi*. Nobel Yayın Dağıtım.

Bu kaynakça APA 6.0 yazım kuralları ve kaynak gösterme yöntemi ile hazırlanmıştır.

GENEL AĞ KAYNAKÇASI

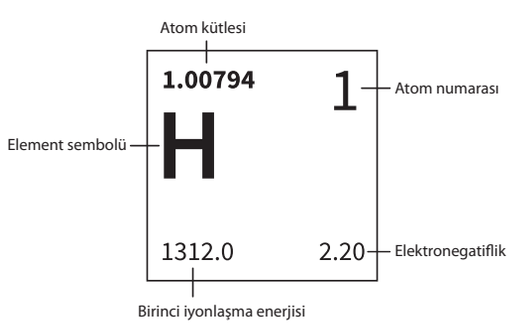
- http://chemistrygod.com/demonstrate-boyle-law (Erişim tarihi ve saati: 5 Kasım 2020, 22:05)
- http://depo.btu.edu.tr/dosyalar/gida/Dosyalar/Genel%20Kimya%20Lab%20F%C3%B6yleri-updated.pdf (Erişim tarihi ve saati: 14 Aralık 2020, 13:09)
- http://depo.btu.edu.tr/dosyalar/kimyamuh/Dosyalar/1-BOMBA%20KALORIMETRESI%20ILE%20YANMA%20ISISININ%20OLCULMESI(1).pdf (Erişim tarihi ve saati: 24 Kasım 2020, 22:47)
- http://edu.rsc.org/resources/catalysis-of-a-reaction-between-sodium-thiosulfate-and-ironiii-nitrate-solutions/442.article (Erişim tarihi ve saati: 17 Kasım 2020, 15:16)
- http://mlz.muhendislik.omu.edu.tr/tr/belgeler/formlar/kimya%20lab_%20f%C3%B6y.pdf (Erişim tarihi ve saati: 10 Aralık 2020, 09:16)
- http://sozluk.gov.tr/ (Erişim tarihi ve saati: 07 Aralık 2020, 11:00)
- http://www.uralakbulut.com.tr/wp-content/uploads/2009/11/D%C3%9CD%C3%9CKL%C3%9C-TENCEREDEN-BUHAR-MAK%C4%B0NES%C4%B0NE.docMAYIS-2011.pdf (Erişim tarihi ve saati: 6 Kasım 2020, 10:02)
- http://www.uralakbulut.com.tr/wp-content/uploads/2014/12/D%C3%9CD%C3%9CKL%C3%9C-TENCERE-ZAMAN-VE-ENERJ%C4%B0-TASARRUFU-SA%C4%9ELADI-17-ARALIK-2014.pdf (Erişim tarihi ve saati: 5 Aralık 2020, 20:08)

GÖRSEL KAYNAKÇASI

Karekodu okutarak ya da http://kitap.eba.gov.tr/karekod/Kaynak.php?KOD=1527 adresinden görsel kaynakçaya ulaşabilirsiniz.

PERİYODİK

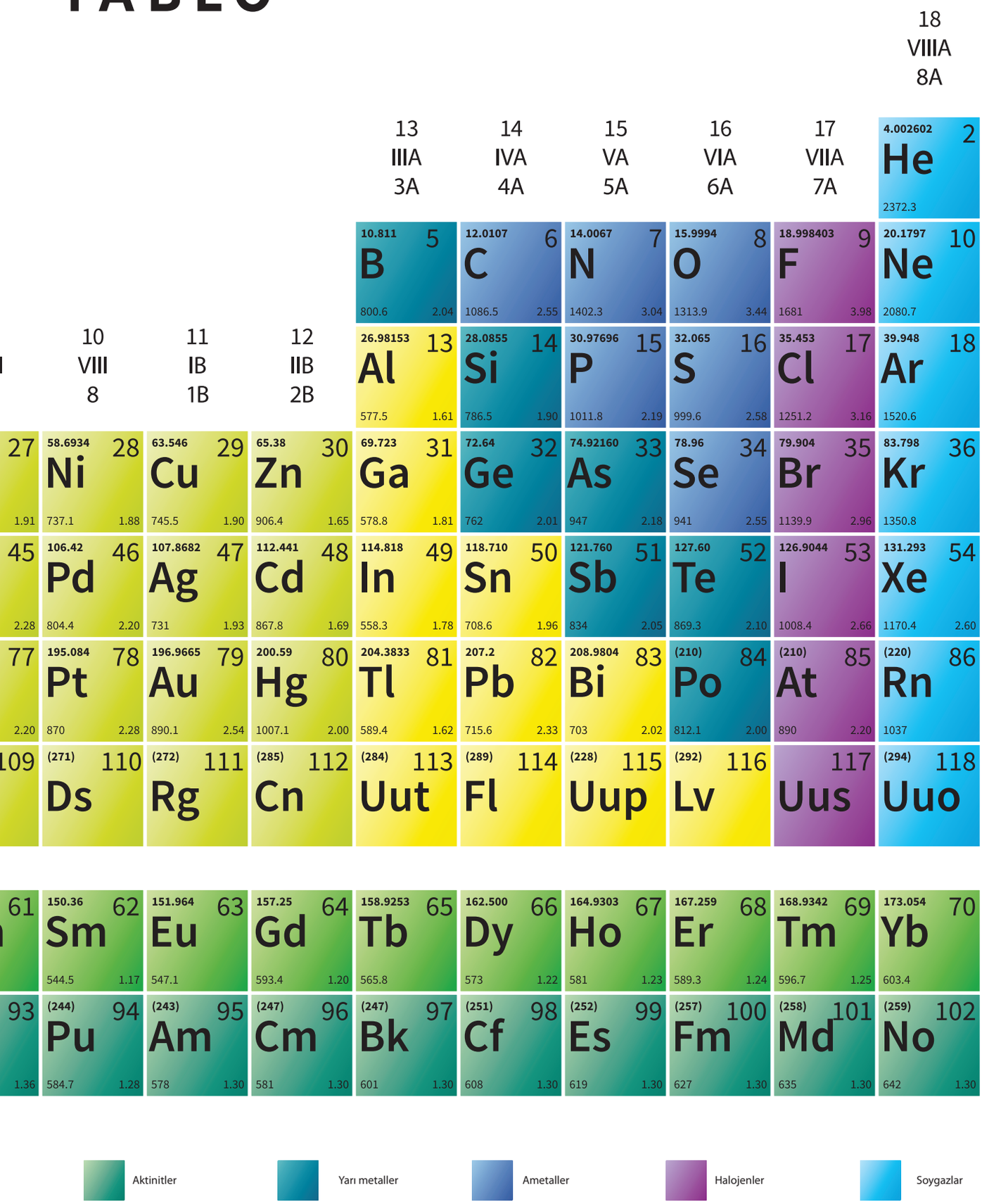
	1 IA 11A	1 IIA 2A	3 IIIB 3B	4 IVB 4B	5 VB 5B	6 VIB 6B	7 VIIB 7B	8 VIII 8	9 VIII 8
1	1.00794 **H** 1 · 1312.0 · 2.20								
2	6.941 **Li** 3 · 520.2 · 0.98	9.012182 **Be** 4 · 899.5 · 1.57							
3	22.98976 **Na** 11 · 495.8 · 0.93	24.3050 **Mg** 12 · 737.7 · 1.31							
4	39.0983 **K** 19 · 418.8 · 0.82	40.078 **Ca** 20 · 589.8 · 1.00	44.95591 **Sc** 21 · 633.1 · 1.36	47.867 **Ti** 22 · 658.8 · 1.54	50.9415 **V** 23 · 650.9 · 1.63	51.9962 **Cr** 24 · 652.9 · 1.66	54.93804 **Mn** 25 · 717.3 · 1.55	55.845 **Fe** 26 · 762.5 · 1.83	58.93319 **Co** 27 · 700.4 · 1.9
5	85.4678 **Rb** 37 · 403 · 0.82	87.62 **Sr** 38 · 549.5 · 0.95	88.90585 **Y** 39 · 600 · 1.22	91.224 **Zr** 40 · 640.1 · 1.33	92.90638 **Nb** 41 · 652.1 · 1.60	95.96 **Mo** 42 · 684.3 · 2.16	(98) **Tc** 43 · 702 · 1.90	101.07 **Ru** 44 · 710.2 · 2.20	102.9055 **Rh** 45 · 719.7 · 2.2
6	132.9054 **Cs** 55 · 375.7 · 0.79	137.327 **Ba** 56 · 502.9 · 0.89	174.9668 **Lu** 71 · 523.5 · 1.27	178.49 **Hf** 72 · 658.5 · 1.30	180.9478 **Ta** 73 · 761 · 1.50	183.84 **W** 74 · 770 · 2.36	186.207 **Re** 75 · 700 · 1.90	190.23 **Os** 76 · 840.0 · 2.20	192.217 **Ir** 77 · 880 · 2.2
7	(223) **Fr** 87 · 380.0 · 0.7	(226) **Ra** 88 · 509.3 · 0.90	(262) **Lr** 103 · 470	(261) **Rf** 104 · 580	(262) **Db** 105	(266) **Sg** 106	(264) **Bh** 107	(277) **Hs** 108	(268) **Mt** 109



				138.9054 **La** 57 · 538.1 · 1.10	140.116 **Ce** 58 · 534.4 · 1.12	140.9076 **Pr** 59 · 527 · 1.13	144.242 **Nd** 60 · 533.1 · 1.14	(145) **Pm** 61 · 540	
				(227) **Ac** 89 · 499 · 1.10	232.0380 **Th** 90 · 587 · 1.30	231.0358 **Pa** 91 · 508 · 1.50	238.0289 **U** 92 · 597.6 · 1.38	(237) **Np** 93 · 604.5 · 1.3	

Alkali metaller · Toprak alkaliler · Diğer metaller · Geçiş metalleri · Lantanitler

TABLO


18
VIIIA
8A
13
IIIA
3A
14
IVA
4A
15
VA
5A
16
VIA
6A
17
VIIA
7A
4.002602 2 He 2372.3
10.811 5 B 800.6 2.04
12.0107 6 C 1086.5 2.55
14.0067 7 N 1402.3 3.04
15.9994 8 O 1313.9 3.44
18.998403 9 F 1681 3.98
20.1797 10 Ne 2080.7
10
VIII
8
11
IB
1B
12
IIB
2B
26.98153 13 Al 577.5 1.61
28.0855 14 Si 786.5 1.90
30.97696 15 P 1011.8 2.19
32.065 16 S 999.6 2.58
35.453 17 Cl 1251.2 3.16
39.948 18 Ar 1520.6
27 1.91
58.6934 28 Ni 737.1 1.88
63.546 29 Cu 745.5 1.90
65.38 30 Zn 906.4 1.65
69.723 31 Ga 578.8 1.81
72.64 32 Ge 762 2.01
74.92160 33 As 947 2.18
78.96 34 Se 941 2.55
79.904 35 Br 1139.9 2.96
83.798 36 Kr 1350.8
45 2.28
106.42 46 Pd 804.4 2.20
107.8682 47 Ag 731 1.93
112.441 48 Cd 867.8 1.69
114.818 49 In 558.3 1.78
118.710 50 Sn 708.6 1.96
121.760 51 Sb 834 2.05
127.60 52 Te 869.3 2.10
126.9044 53 I 1008.4 2.66
131.293 54 Xe 1170.4 2.60
77 2.20
195.084 78 Pt 870 2.28
196.9665 79 Au 890.1 2.54
200.59 80 Hg 1007.1 2.00
204.3833 81 Tl 589.4 1.62
207.2 82 Pb 715.6 2.33
208.9804 83 Bi 703 2.02
(210) 84 Po 812.1 2.00
(210) 85 At 890 2.20
(220) 86 Rn 1037
109
(271) 110 Ds
(272) 111 Rg
(285) 112 Cn
(284) 113 Uut
(289) 114 Fl
(228) 115 Uup
(292) 116 Lv
117 Uus
(294) 118 Uuo
61
150.36 62 Sm 544.5 1.17
151.964 63 Eu 547.1
157.25 64 Gd 593.4 1.20
158.9253 65 Tb 565.8
162.500 66 Dy 573 1.22
164.9303 67 Ho 581 1.23
167.259 68 Er 589.3 1.24
168.9342 69 Tm 596.7 1.25
173.054 70 Yb 603.4
93 1.36
(244) 94 Pu 584.7 1.28
(243) 95 Am 578 1.30
(247) 96 Cm 581 1.30
(247) 97 Bk 601 1.30
(251) 98 Cf 608 1.30
(252) 99 Es 619 1.30
(257) 100 Fm 627 1.30
(258) 101 Md 635 1.30
(259) 102 No 642 1.30
Aktinitler
Yarı metaller
Ametaller
Halojenler
Soygazlar

1. ÖĞRENME BİRİMİ CEVAP ANAHTARI

1. Sıra Sizde
a) 0,5 atm **b)** 152 cmHg **c)** 2 atm **ç)** 2 bar **d)** 190 mmHg

2. Sıra Sizde
a) 10000 mL **b)** 0,2 L **c)** 4 L **ç)** 0,1 mL

3. Sıra Sizde
a) 296 K **b)** -273 °C **c)** 27 °C **ç)** 400 K

4. Sıra Sizde
P / Sıcaklık / K ve °C / Hacim / L, mL, dm^3 ve cm^3 / n

5. Sıra Sizde
h = 6 cm

6. Sıra Sizde
E noktasında karşılaşır.

7. Sıra Sizde
A noktasından 80 cm uzaklıkta olur.

DEĞERLENDİRME SORULARI

A

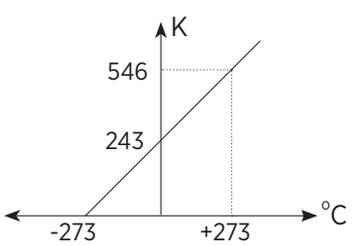
1) Sıkıştırılabilirlik özelliği dikkate alınarak yapılmıştır.

2) Gaz molekülleri arasında büyük boşluklar vardır. Bu nedenle gazların özkütlesi sıvılardan daha küçüktür.

3) N_2, gazı, havadaki oksijene karşı inert ve yanma tepkimesi endotermik olduğu ve hava yastığından sızdığında insana zarar vermediği için kullanılır.
Gazların akışkan olması ve bulunduğu kabı doldurması özelliğinden kaynaklanır.

4) LNG, LPG, doğal gaz, hava vb.

5)



B

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

11	12	13	14	15	16	17	18	19
B	B	C	D	C	C	A	B	D

2. ÖĞRENME BİRİMİ CEVAP ANAHTARI

1. Sıra Sizde
a) V_2 = 3 L **b)** P_3 = 3 atm

2. Sıra Sizde
Son basınç 12 atm olur. Tüp bu basınca dayanamaz.

3. Sıra Sizde
Ahmet sıcaklığı 1227 °C'a çıkarmalıdır. Öğrencinin laboratuvarda bu sıcaklığa güvenli bir şekilde ulaşması mümkün değildir.

4. Sıra Sizde
200 L olur.

5. Sıra Sizde
20 mol O_2 gazı depolanmıştır. 3 saatlik gezi için 30 mol oksijen gerekeceğinden yeterli oksijen yoktur.

6. Sıra Sizde
Başlangıçtaki mol sayısının son durumdaki mol sayısına oranı 2/1 olur. LPG miktarı, 30 günde yarıya düşmüştür. 30 gün daha üretim yapılabilir.

7. Sıra Sizde
IV > III > II > I

DEĞERLENDİRME SORULARI

A

1) Su oda koşullarında buhar hâlinde değil, sıvı hâlinde bulunur. Bu nedenle soğutucu akışkan olarak kullanılamaz.
2) Sıcakta araç depolarının dolumu esnasında önemli miktarda benzin buharı ile uçucu organik madde atmosfere karışır. Bu olay ozon tabakasına ve ekonomik olarak araç sahibine zarar verir. Sabah hava soğuk olacağı için yoğuşma miktarı artar, aynı ücrete daha fazla yakıt alınır.
3) Tank tamamen doldurulursa buharlaşan ve sıvı yüzeyinde biriken gazın basıncı, sıcaklıkla genleşen sıvı tarafından sıkıştırıldığı için artar. Artan basınç, sisteme zarar verir ve dışarı sızmalar olabilir.
4) Gazın sıcaklığı yüksek, üzerindeki basınç düşük olmalıdır.
5) Boyle, Charles ve Avogadro Kanunları kullanılmıştır.

B

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

11	12	13	14	15	16	17
C	D	D	B	E	B	B

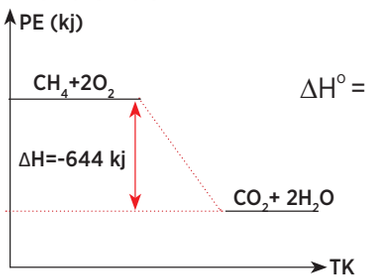
3. ÖĞRENME BİRİMİ CEVAP ANAHTARI

1. Sıra Sizde
$NO(g)+1/2O_2(g) \rightarrow NO_2(g)$, ΔH= -56 kj ekzotermiktir.

2. Sıra Sizde
ΔH°= -676 kj

3. Sıra Sizde
ΔH° = -25 kj

4. Sıra Sizde



ΔH° = -644 kj

5. Sıra Sizde
ΔH°= -993 kj

6. Sıra Sizde
0,1 mol/s

7. Sıra Sizde
a) heterojen b) homojen c) homojen d) heterojen e) heterojen

8. Sıra Sizde
a) $r=k[H_2]^2[O_2]$, üçüncü derece
b) r=k, derecesi sıfır
c) $r=k[O_2]^3$, üçüncü derece
ç) $r=k[Mn^{2+}][Fe^{3+}]^3$, dördüncü derece

9. Sıra Sizde
Tepkime hızı 4 katına çıkar.

10. Sıra Sizde
$r=k[H_2S]^2[O_2]^3$, $k = 10^{-2}$

11. Sıra Sizde
$2H_2O_2(suda) \rightarrow 2H_2O(s)+O_2(g)$
Br_2 katalizör, H^+ ve Br^- ara üründür.

DEĞERLENDİRME SORULARI

A

1) Enerji verimliliği yüksek, çevreyi kirletmeyen, güvenli yakıtlar tercih edilmelidir.
2) Kimyasal bağ enerjisi olarak depolanır. Maddelerin potansiyel enerjisi artar.
3) Tepkime hızları; maddenin türüne, reaktiflerin derişimine, temas yüzeyine ve ortam şartlarına bağlıdır.
4) Temas yüzeyi azalacağı için parça kömür, toz kömüre göre daha yavaş ve uzun süre yanar. Bu nedenle parça veya sıkma kömür olarak satılır.
5) Tepkimeler, uygun şartlarda kolayca gerçekleşirdi. Örneğin atmosferdeki oksijen, yanabilecek her şeyi tüm yaşamı yok edinceye kadar yakardı.

B

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

11	12	13	14	15	16	17	18
E	E	D	D	C	A	D	A

4. ÖĞRENME BİRİMİ CEVAP ANAHTARI

1. Sıra Sizde

a) $K_C = \frac{[HBr]^2}{[H_2][Br_2]}$ **b)** $K_C = \frac{[NO]^2[Br_2]}{[NOBr]^2}$ **c)** $K_C = \frac{[H_2O_2]^2}{[H_2O]^2[O_2]}$ **ç)** $K_C = [SO_3]$

2. Sıra Sizde
$K_c = 3$

3. Sıra Sizde
$K_p = K_c(RT)^2$ b) $K_p = K_c(RT)^{-2}$

4. Sıra Sizde
$K_c = 10$

5. Sıra Sizde
pH = 4

6. Sıra Sizde
pH = 10 $[H^+] = 10^{-10}$ M $[OH^-] = 10^{-4}$ M

7. Sıra Sizde
Asit 1: HCN, Baz 1: CN^-, Asit 2: H_2O, Baz 2: OH^-
Asit 1:HSO_4^-, Baz 1: SO_4^{2-}, Asit 2: NH_4^+, Baz2: NH_3
Asit 1: $HClO_3$, Baz 1: ClO_3^-, Asit 2: H_3O^+, Baz 2: H_2O

8. Sıra Sizde
$K_a = 10^{-9}$

9. Sıra Sizde
HNO_3: kuvvetli asit, KOH: kuvvetli baz, KNO_3: nötr tuz / HCN: zayıf asit, KOH: kuvvetli baz, KCN: bazik tuz / HBr: kuvvetli asit, NH_3: zayıf baz, NH_4Br: asidik tuz

10. Sıra Sizde
NH_3: zayıf baz, NH_4Br: asidik tuz, bazik tampon / HF: zayıf asit, NaF: bazik tuz, asidik tampon
KOH: kuvvetli baz, NaCl: nötr tuz, tampon çözelti değil.

11. Sıra Sizde

$AlBr_3(k) \rightleftharpoons Al^{3+}(suda) + 3Br^-(suda)$	$K_{ÇÇ} = [Al^{3+}][Br^-]^3$
$BaCO_3(k) \rightleftharpoons Ba^{2+}(suda) + CO_3^{2-}(suda)$	$K_{ÇÇ} = [Ba^{2+}][CO_3^{2-}]$
$PbI_2(k) \rightleftharpoons Pb^{2+}(suda) + 2I^-(suda)$	$K_{ÇÇ} = [Pb^{2+}][I^-]^2$

12. Sıra Sizde
$[Li^+] = 3x10^{-2}$ M

13. Sıra Sizde
a) $2x10^{-3}$ M b) $8x10^{-9}$ M

DEĞERLENDİRME SORULARI

A

1) Limon asidiktir ve bazik özellikteki mermer tezgahı aşındırır.

2) Çaydanlık içinde biriken kireç, başta $CaCO_3$ olmak üzere suda az çözünen bazı tuzların çökmesi ile oluşur. Kireç bazik özellikte olduğu için sirke gibi asidik temizleyicilerle temizlenmelidir.

3) Katalizörler ileri ve geri tepkime hızını eşit oranda artırır. Bu yüzden katalizör kullanılması dengeyi etkilemese de hızı artırdığı için dengeye ulaşma süresini kısaltır.

4) Çözünme-çökelme denge tepkimeleri kullanılır.

5) Su ısı alarak iyonlaşır. Bu nedenle sıcaklık artırılırsa iyonlaşma oranı az miktarda arttığı için elektrik iletkenliği artar. Bazı iyonlaşma dengeleri ısı vererek (ekzotermik) gerçekleşir. Bu tür tepkimelerde sıcaklık arttıkça iyon derişimleri ve elektrik iletkenliği azalır.

B

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

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
D	B	C	C	A	D	B	A	A	D	E

5. ÖĞRENME BİRİMİ CEVAP ANAHTARI

1. Sıra Sizde
yükseltgenme: $Zn(k) \rightarrow Zn^{2+}(suda) + 2e^-$ indirgenme: $Cu^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Cu(k)$

2. Sıra Sizde
I. N = +5 **II.** S = +4 **III.** Mn = +7 **IV.** C = +4 **V.** O = +2

3. Sıra Sizde
I. N = -3 **II.** Cr = +6 **III.** N = +5 **IV.** Cl = +5 **V.** P = +3

4. Sıra Sizde
$3P + 5HNO_3 + 2H_2O \rightarrow 3H_3PO_4 + 5NO$ P indirgen, HNO_3 yükseltgendir.

5. Sıra Sizde
a) anot: $Cu(k) \rightarrow Cu^{2+}(suda)+2e^-$ katot: $2Ag^+(suda)+2e^- \rightarrow 2Ag(k)$
pil: $Cu(k)+2Ag^+(suda) \rightarrow Cu^{2+}(suda)+2Ag(k)$
b) $Cu(k) / Cu^{2+}$ (1 M) // Ag^+ (1 M) / Ag(k)
c) K^+ iyonları 2. kaba (katoda), Cl^- iyonları 1. kaba (anoda) gider.
ç) Cu elektrodun kütlesi azalır, Ag elektrodun kütlesi artar.

6. Sıra Sizde
I. kapta Zn metali, II. kapta Fe metali aşınır. III. kapta aşınma olmaz.

7. Sıra Sizde
anot: $Al(k) \rightarrow Al^{3+}(suda)+3e^-$ $E^o_{yük} = +1,66$ V
katot: $Cr^{3+}(suda)+3e^- \rightarrow Cr(k)$ $E^o_{ind} = -0,74$ V
pil: $Al(k)+Cr^{3+}(suda) \rightarrow Al^{3+}(suda)+Cr(k)$ $E^o_{pil} = +0,92$ V

8. Sıra Sizde
anot: $Zn(k) \rightarrow Zn^{2+}(suda)+2e^-$ $E^o_{yük} = +0,763$ V
katot: $2H^+(suda)+2e^- \rightarrow H_2(g)$ $E^o_{ind} = 0,000$ V
pil: $Zn(k)+2H^+(suda) \rightarrow Zn^{2+}(suda)+H_2(g)$ $E^o_{pil} = +0,763$ V

9. Sıra Sizde
anot: $3Mg(k) \rightarrow 3Mg^{2+}(suda)+6e^-$ $E^o_{yük} = +2,37$ V
katot: $2Au^{3+}(suda)+6e^- \rightarrow 2Au(k)$ $E^o_{ind} = +1,50$ V
pil: $3Mg(k)+2Au^{3+}(suda) \rightarrow 3Mg^{2+}(suda)+2Au(k)$ $E^o_{pil} = +3,87$ V
$E^o_{pil} > 0$ olduğu için tepkime istemlidir.

DEĞERLENDİRME SORULARI

A

1) Mg > Zn > Fe > Cu

2) a) anot: $Pb(k) \rightarrow Pb^{2+}(suda) + 2e^-$ $E^o_{yük} = +0,130$ V
katot: $2H^+(suda) + 2e^- \rightarrow H_2(g)$ $E^o_{ind} = 0,000$ V
pil: $Pb(k) + 2H^+(suda) \rightarrow Pb^{2+}(suda) + H_2(g)$
b) $E^o_{pil} = +0,130$ V

3) Aktifliği düşük metaller ya da alaşımlar tercih edilmektedir. Temas ettiği yiyeceklere geçmeyecek metaller kullanılmaktadır. Aynı zamanda kullanılan metallerin ısı iletkenlikleri ve yüksek ısı karşısında eriyip erimeyeceklerine dikkat edilmektedir.

4) Tekne gövdesini boyardım. Eğer gövde metalse anodik korumayı tercih ederdim.

B

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
B	B	D	C	B	E	B	C	A	D	B	E	A	E	C	A	A

Bazı Tuzların Çözünürlük Çarpımları

Bileşik	Formülü	Çözünürlük Çarpımı
alüminyum hidroksit	$Al(OH)_3$	3×10^{-34}
alüminyum fosfat	APO_4	9.84×10^{-21}
baryum bromat	$Ba(BrO_3)$	2.43×10^{-4}
baryum karbonat	$BaCO_3$	2.58×10^{-9}
baryum kromat	$BaCrO_4$	1.17×10^{-10}
baryum florür	BaF_2	1.84×10^{-7}
baryum nitrat	$Ba(NO_3)_2$	4.64×10^{-3}
Baryum sülfat	$BaSO_4$	1.08×10^{-10}
baryum sülfit	$BaSO_3$	5.0×10^{-10}
berilyum hidroksit	$Be(OH)_2$	6.92×10^{-22}
kadmiyum karbonat	$CdCO_3$	1.0×10^{-12}
kadmiyum florür	CdF_2	6.44×10^{-3}
kadmiyum hidroksit	$Cd(OH)_2$	$7{,}2\times10^{-15}$
kadmiyum fosfat	$Cd_3(PO_4)_2$	2.53×10^{-33}
kadmiyum sülfür	CdS	1×10^{-27}
Kalsiyum karbonat (aragonit)	$CaCO_3$	6.0×10^{-9}
Kalsiyum karbonat (kalsit)	$CaCO_3$	3.36×10^{-9}
kalsiyum florür	CaF_2	3.45×10^{-11}
Kalsiyum hidroksit	$Ca(OH)_2$	5.02×10^{-6}
Kalsiyum fosfat	$Ca_3(PO_4)_2$	2.07×10^{-33}
Kalsiyum sülfat	$CaSO_4$	4.93×10^{-5}
Kobalt(II) karbonat	$CoCO_3$	1.0×10^{-10}
Kobalt(II) hidroksit	$Co(OH)_2$	$5{,}92\times10^{-15}$
Kobalt(II) fosfat	$Co_3(PO_4)_2$	2.05×10^{-35}
Bakır(I) bromür	CuBr	6.27×10^{-9}
Bakır(I) klorür	CuCl	1.72×10^{-7}
Bakır(I) siyanür	CuCN	3.47×10^{-20}

Bileşik	Formülü	Çözünürlük Çarpımı
Bakır(II) hidroksit	$Cu(OH)_2$	$4,8\times10^{-20}$
Bakır(II) oksalat	CuC_2O_4	$4,43\times10^{-10}$
Bakır(II) fosfat	$Cu_3(PO_4)_2$	1.40×10^{-37}
Bakır(II) sülfür	CuS	8×10^{-37}
Demir(II) karbonat	$FeCO_3$	3.13×10^{-11}
Demir(II) florür	FeF_2	2.36×10^{-6}
Demir(II) hidroksit	$Fe(OH)_2$	4.87×10^{-17}
Demir(II) sülfür	FeS	8×10^{-19}
Demir(III) hidroksit	$Fe(OH)_3$	2.79×10^{-39}
Kurşun(II) karbonat	$PbCO_3$	$7,40\times10^{-14}$
Kurşun(II) klorür	$PbCl_2$	1.70×10^{5}
Kurşun (II) kromat	$PbCrO_4$	3×10^{-13}
Kurşun (II) florür	PbF_2	3.3×10^{-8}
Kurşun (II) hidroksit	$Pb(OH)_2$	1.43×10^{-20}
Kurşun(II) iyodür	PbI_2	9.8×10^{-9}
Kurşun(II) oksalat	PbC_2O_4	8.5×10^{-9}
Kurşun (II) sülfat	$PbSO_4$	2.53×10^{-8}
Kurşun(II) sülfür	PbS	3×10^{-28}
Cıva(I) klorür	Hg_2Cl_2	1.43×10^{-18}
Cıva(II) hidroksit	HgO	3.6×10^{26}
Cıva(II) sülfür	HgS	2×10^{-53}
Cıva(II) sülfür	HgS	2×10^{-54}
Gümüş (I) asetat	CH_3COOAg	$1,94\times10^{3}$
Gümüş(I) bromür	AgBr	$5,35\times10^{-13}$
Gümüş(I) klorür	AgCl	1.77×10^{-10}
Gümüş(I) oksalat	$Ag_2C_2O_4$	$5,40\times10^{-12}$
Gümüş (I) fosfat	Ag_3PO_4	8.89×10^{-17}
Gümüş(I) sülfat	Ag_2SO_4	1.20×10^{-5}