



# FİZİKOKİMYA LABORATUVARI I

BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN EDEBİYAT FAKÜLTESİ  
KİMYA BÖLÜMÜ FİZİKOKİMYA ANABİLİM DALI

BALIKESİR, 2007

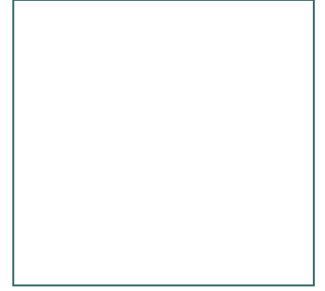
## DENEY LİSTESİ

Öğrencinin:

ADI / SOYADI :

NUMARASI :

BÖLÜMÜ :



1. İDEAL GAZ YASALARI..... 1

2. AVOGADRO SAYISININ TAYİNİ..... 10

3. KİSMİ MOLAL HACİM..... 17

4. BENZOİK ASİTİN ÇÖZÜNEM ENTALPİSİ..... 27

5. TERMOKİMYA..... 34

6. ELEKTROLİTİK İLETKENLİK..... 44

7. DENGESABİTİNİN SPEKTROFOTOMETRİK TAYİNİ..... 53

8. ÇÖZELTİLERDE KİMYASAL DENGESABİTİNİN SPEKTROFOTOMETRİK TAYİNİ..... 60

# İDEAL GAZ YASALARI

**Amaç :** Boyle-Mariotte kanunu yardımıyla günün atmosfer basıncının ve Gay-Lussac kanunu yardımıyla mutlak sıfırın belirlenmesi

Fizikokimya Lab. I

Deney Tarihi : .../.../...

## Bu Deneyde :

|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| Teori                             | 1 |
| Gerekli Malzemeler                | 3 |
| Deneyin Yapılışı                  | 3 |
| Hesaplamalar                      | 3 |
| Sorular                           | 5 |
| Bunları biliyor muydunuz ?        | 6 |
| Kaynaklar                         | 6 |
| Veriler, hesaplamalar ve sonuçlar | 7 |

## İlgi çeken özel konular:

- Gaz kanunları
- Mutlak sıfır
- Barometre ve manometreler
- Joule-Thomson olayı
- Brown hareketleri

Herhangi bir sistemin halini belirlemek için kullanılan değişkenlere *hal değişkenleri* denir. Hal değişkenleri kullanılarak sistemin halinin tanımlandığı denklemlere *hal denklemleri* denir.

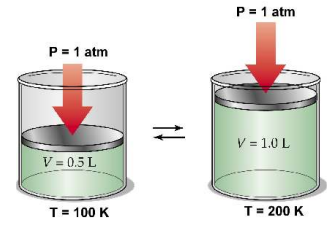
Gaz sistemlerinin halini tanımlamak için de hal denklemleri kullanılır. Gazlar incelenirken, gerçekte olmayan bir gaz modeli ile yola çıkmak yararlıdır. Buna *ideal gaz modeli* denir. İdeal gaz, öz hacmi olmayan moleküllerdir, bunlar arasında hiçbir itme çekme etkileşimi yoktur ve çarpışmaları sırasında kinetik enerji kaybının olmadığı kabul edilir. Gerçek gazlar, ancak yüksek sıcaklık ve düşük basınçlarda ideal gazlara yakın davranış gösterirler.

Belli miktar bir gazın hacminin, gazın sıcaklığı ve basıncına bağımlı olduğunu günlük hayatımızdaki deneyimlerimizden biliriz. Eğer ele aldığımız gazı ideal kabul edersek belli sıcaklık ve basınçta kaplayacağı hacim bellidir. Oysa; gerçek gazlar için sıcaklık-basınç-hacim ilişkisini gösteren pek çok formül çıkartılmıştır. İdeal gazlar için kullanılan iki temel eşitlik ise Boyle-Mariotte ve Gay Lussac Kanununun ifadeleridir.

Boyle-Mariotte kanununa göre; mol sayısı ve sıcaklığı sabit olan bir gazın hacmi ile basıncının çarpımı sabittir.

$$PV = k \quad (T \text{ ve } n \text{ sabit}) \quad (1)$$

Gay-Lussac Kanununa göre ise; kütlesi sabit tutulan bir gazın hacmi de sabit tutulursa basıncı sıcaklıkla orantılıdır. Charles'da ise basınç sabit tutulmuştur.

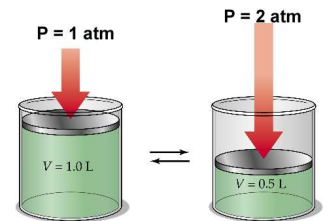


**Şekil :** Charles yasasının şematik gösterimi

$$V_t = V_o (1 + \alpha t) \quad (2)$$

$$P_t = P_o (1 + \alpha t) \quad (3)$$

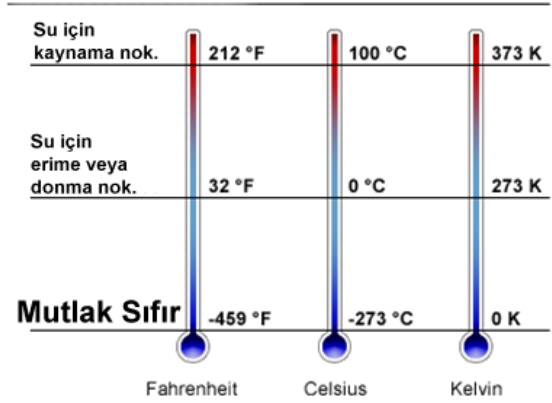
Tüm gazların termik genleşme katsayıları aynıdır ve bu değer  $1 / 273.15 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 'dir. Eşitlikteki  $V_o$ ; sabit basınçta  $0^\circ\text{C}$  deki gaz hacmi ve  $V_t$ ;  $t$  sıcaklığındaki aynı basınçta kapladığı hacimdir.  $P_o$  da sabit hacimde  $0^\circ\text{C}$  de gaz basıncı ve  $P_t$ ,  $t$  sıcaklığında aynı hacimdeki sahip olduğu basınçtır.



**Şekil :** Boyle yasasının şematik gösterimi

Buna göre bir gazın hacminin sıcaklık düştükçe azalması, teorik olarak  $-273.15$  santigratta da hacmin sıfıra eşit olması gerekir. Ama biz gerçekte hacmin kesinlikle sıfıra eşitlenmediğini biliyoruz. Peki nedir bu mutlak sıfır noktası? Mutlak sıfır noktasının moleküllerin enerjisinin sıfıra eşit olduğu nokta veya moleküller arası boşluğun hiç kalmadığı nokta olduğunu söyleyebilir miyiz ?

Mutlak sıfır noktasının, moleküllerin toplam enerjisinin en düşük değere sahip sıcaklık olduğunu söylemiştik. Yani, maddeyi daha fazla soğutmanın artık mümkün olmadığı nokta. Genellikle düşük



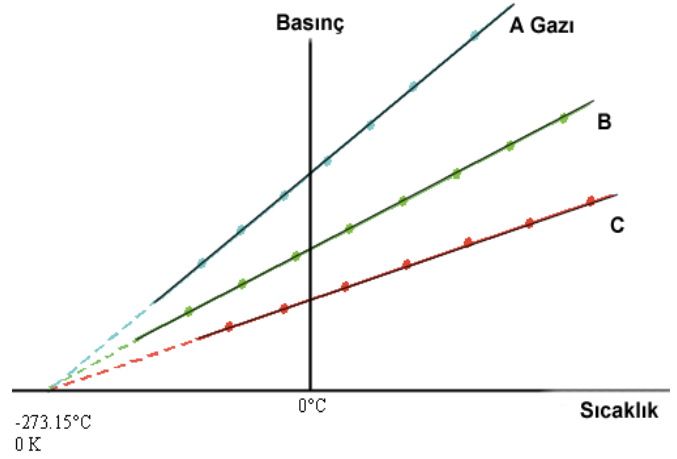
Şekil: Çeşitli sıcaklık türlerinin karşılaştırması

sıcaklıklarda moleküller arasındaki mesafe de en düşük değerlerine erişir, ama bunu sıfır noktasının tanımı olarak kullanmak mümkün değil. Kelvin birimi ile ifade edilen mutlak sıcaklık ölçeğinin tanımı, termodinamiğin ikinci yasasından doğal olarak çıkar. Ama ilginç bir şekilde, mutlak sıcaklık ideal gaz yasasında da (ve Charles yasasında) ortaya çıkıyor. Bu nedenle, mutlak sıcaklığın ölçülmesi gereken bazı deneylerde gazlar termometre olarak kullanılıyorlar. Charles yasası iki Fransız bilgininin çalışmaları sonucu bulunmuş. Gazların sıcaklıkla genişmesi olayını ilk önce 1787'de Jacques Charles incelemiş ve bütün gazların aynı genişleme oranlarına sahip olduğunu bulmuş. Charles'ın çalışmasından haberdar olan Joseph Louis Gay-Lussac, aynı çalışmayı diğer gazlar için de yaparak yasayı 1802 yılında ifade etmiş, ve adını "Charles yasası" olarak koymuş. Bir gazın hacim, sıcaklık ve basıncı arasındaki bağlantıyı ifade eden ideal gaz yasası, Charles yasasının daha genel bir hali.

Tabii ki, bütün diğer yasalar gibi, bu yasalar da sadece yaklaşık olarak geçerli. Yasanın geçerli olabilmesi için, gazın ideale oldukça yakın olması gerekiyor. İdeal bir gaz, molekülleri kesinlikle çarpışmayan bir gaz olarak tanımlanır. Tahmin edebileceğiniz gibi, hiç bir gerçek gaz bu anlamda ideal değil. Bir gazı kapalı bir kutuya sıkıştırdığınızda moleküller arasında mutlaka bir çarpışma olacaktır (eğer kutu içinde sadece tek bir molekül yoksa!) Fakat bir gazın molekülleri arasındaki uzaklık, molekül çaplarına oranla oldukça büyükse, çarpışmalar nadir olacağı için, gazın, tam anlamıyla ideal olmasa da, ideale çok yakın olduğunu söyleyebiliriz. Bu nedenle, Charles yasası yüksek sıcaklıklarda pratik amaçlar için geçerli. Fakat, sıcaklık düşürüldüğünde, hacmin azalmasıyla moleküller birbirlerine daha çok yaklaşacağı için, yasa geçerliliğini kaybetmeye başlar.

Eğer sıcaklık daha fazla düşürülürse, gaz yoğunlaşarak sıvı veya katı hale geçer ve yasanın uygulanma olasılığı tamamen ortadan kalkar. Tabii elimizde gerçekten ideal bir gaz olsaydı, yani gazın molekülleri kesinlikle çarpışmasaydı, yasa çok daha düşük sıcaklıklarda bile geçerliliğini koruyacak ve mutlak sıfıra yaklaştığımızda gazın hacminin gerçekten sıfıra yaklaştığını görecektik. Ne yazık ki, evrende gerçek gazların dışında gaz bulmak mümkün değil! İdeal gaz yasası sıcaklık düşürüldüğünde geçerliliğini kaybetmeye başlasa da, bunu "yasa düşük sıcaklıklarda geçerli değildir" şeklinde yorumlamak gerekir. Çünkü, yasanın ifadesinde yer alan basıncın değeri uygun seçildiğinde yasanın bütün sıcaklıklarda geçerli olduğunu görmek mümkün. Örneğin, hidrojen gazı,  $-253^{\circ}\text{C}$ 'de (20 K) sıvı hale geçer. Bu değer atmosferik basınç altında geçerli. Yani, atmosfer basıncına sahip hidrojen gazı için ideal gaz yasası ancak 30 K'in çok üzerinde uygulanabilir.

Fakat basınç düşürülürse, yasa daha düşük sıcaklıklarda da geçerli hale gelebilir. Örneğin uzaydaki bazı karanlık nebular, 10 Kelvin (-260°C civarı) gibi sıcaklıklarda yoğunluğu santimetre küpte 100 molekül kadar olan hidrojen gazından oluşmuştur. Bu durumda gazın basıncı, yeryüzünde laboratuvarlarda elde edilen vakumlardaki basınçlardan kat kat düşük. Bu nebular için de ideal gaz yasasının doğru olduğunu rahatlıkla söyleyebiliriz, çünkü moleküllerin çarpışma olasılığı oldukça düşük. Üstelik bu nebular uzayda varlığını görebildiğimiz gazların kümeleştiği büyük bulutlar. Uzayın nebulardan ve yıldızlardan uzak bölgelerinde, çok daha düşük basınçlarda ve daha düşük sıcaklıklarda hidrojen gazı mevcut. Bu gazlar da, benzer şekilde, ideal gaz yasasına uyuyorlar.



**Şekil :** İdeal bir gazın sıcaklık ile basıncının değişimi ve mutlak sıcaklık değeri.

## Gerekli Malzemeler

- Boyle Mariotte ve Gay-Lussac düzenekleri,
- 500 ml lik beher,
- Termometre,
- 100 cm'lik bir cetvel,
- Bunzen beki

## Deneyin Yapılışı ve Hesaplamalar

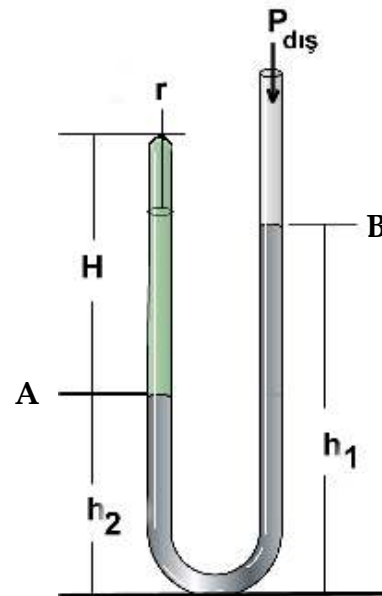
### 1. Günün Atmosfer Basıncının Belirlenmesi

Yandaki şekilde görüldüğü gibi bir miktar gaz  $r$  yarıçaplı bir silindir içinde civa vasıtasıyla A koluna hapsedilmiştir. B kolu aşağı ve yukarı doğru hareket ettirildiğinden B kolundaki civanın seviyesi ( $h_1$ ) azalır veya artar. Bu sırada A kolundaki civanın seviyesi  $h_2$  de azalır ya da artar. Bu A kolunda silindir içinde bulunan gazın hacminin değişmesi demektir. A kolundaki gazın basıncı ( $P_g$ ) atmosfer basıncı ( $P_{dış}$ ) ve civanın yaptığı basıncın ( $P_{civa}$ ) toplamına eşit olacaktır.

$$P_g = P_{dış} + (h_1 - h_2) \quad (4)$$

$$P_g V_g = k \text{ (Boyle yasasına göre)}$$

$$[P_{dış} + (h_1 - h_2)]V = k \text{ olacaktır.} \quad (5)$$



**Şekil :** Günün atmosfer basıncını bulmada yararlanılan düzenek

$V = \pi r^2 H$  olacağından eşitlik (5)

$$[P_{dis} + (h_1 - h_2)]H = \frac{k}{\pi r^2} = K \quad (6)$$

Şeklinde yazılabilir.

Denklem düzenlenirse;

$$P_{dis} + (h_1 - h_2) = \frac{K}{H} \quad (7)$$

$$(h_1 - h_2) = \frac{K}{H} - P_{dis} \quad (8)$$

Buradan  $(h_1 - h_2)$  ile  $1/H$  arasında çizilen grafiğin ekstrapole değeri  $-P_{dis}$  değerine eşit olur.

Şekildeki düzenekte  $h_1$  yüksekliğini kendiniz elinizle değiştirerek bu değişime karşı değişen  $h_2$  ve  $H$  yüksekliğini okuyun ve  $1/H$  değişimini hesaplayarak aşağıdaki tabloya kaydedin.

**Tablo :**  $P_{dis}$  basıncını bulmak için kullanılan deneysel veriler

| $h_1$ | $h_2$ | $H$ | $h_1 - h_2$ | $1/H$ |
|-------|-------|-----|-------------|-------|
|       |       |     |             |       |
|       |       |     |             |       |
|       |       |     |             |       |
|       |       |     |             |       |
|       |       |     |             |       |
|       |       |     |             |       |
|       |       |     |             |       |
|       |       |     |             |       |
|       |       |     |             |       |
|       |       |     |             |       |

## YAPILACAK İŞLEMLER

- $(h_1 - h_2)$  değerlerine karşılık  $1/H$  değerlerini grafik edin.
- Bu grafiğin ekstrapole değeri  $-P_{dis}$  değerine eşittir.  $P_{dis}$  değerini belirleyin
- Bulduğunuz  $P_{dis}$  değerinden,  $P_g = P_{dis} + (h_2 - h_1)$  eşitliğini kullanarak  $P_g$  yi hesaplayın.  $P_g$  ile  $H$  arasında bir grafik çizerek  $P_g H$  değerinin sabit olduğunu gösterin.

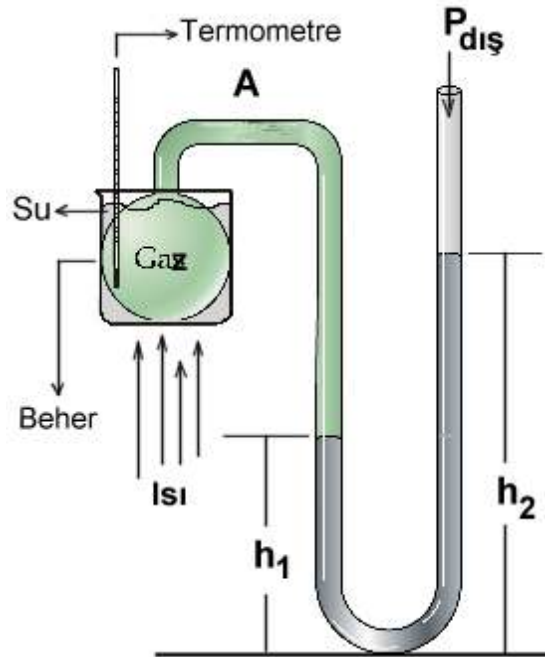
## 2. Mutlak Sıfır Noktasının Belirlenmesi

Gay-Lussac Kanununu ile mutlak sıfır noktasını bulabilmek için ise yandaki gibi bir düzene kulla-nılabilir. Bu düzeneğin A koluna bir miktar gaz, civa vasıtasıyla hapsedilmiştir. A kolundaki gazın sıcaklığı bir termostat ile değiştirilir. Bu civa seviyelerinde bir değişmeye neden olur. Sıcaklık belli bir değerde sabit tutulurken  $h_1$  civa seviyesi eski yerine getirilir. Bu dü-zenekte her bir  $t$  sıcaklığında gazın basıncı ( $P_g$ );

$$P_g = P_{dis} + (h_2 - h_1) \quad (9)$$

olacaktır.

$P_g$  ile  $t$  arasında çizilen grafiğin ekstrapole değeri **Mut-lak Sıfır** değerini verecektir.



**Şekil :** Mutlak sıcaklığın belirlenmesinde yararlanılan deney düzeneğinin şematik gösterimi

Mutlak sıcaklığın belirlenmesinde ölçümlere başlamadan önce  $h_1$  yüksekliği için sabit bir seviye belirleyip borunun üzerini kalemle işaretleyin. Beher içindeki suyun sıcaklığını sabit bir değere getirin ve gazın sıcaklığının bu sabit değere ulaşması için yaklaşık 5 dk kadar bekleyin.  $h_2$  ve  $h_1$  yüksekliklerini ölçerek kaydedin. 2. ölçümde U borusunu elinizle ayarlayarak  $h_1$  yüksekliğini kalemle işaretlediğiniz seviyeye tekrar getirin. Daha sonra gazın ısınmasına izin verin. Bu işlemi yapmamızın sebebi gazın hacmini sabit tutmaktır. Böylece sıcaklığa karşı gaz basıncının nasıl değiştiğini incelemiş olacaksınız.

**Tablo :** Mutlak sıfır bulmak için kullanılan deneysel veriler

| $h_1$ | $h_2$ | $T (^{\circ}\text{C})$ | $P_g$ |
|-------|-------|------------------------|-------|
|       |       |                        |       |
|       |       |                        |       |
|       |       |                        |       |
|       |       |                        |       |
|       |       |                        |       |
|       |       |                        |       |

### YAPILACAK İŞLEMLER

- Çalıştığınız sıcaklıklarda bulduğunuz  $h_1$  ve  $h_2$  ve ilk bölümde hesapladığınız  $P_{\text{dış}}$  değerlerini kullanarak  $P_g$  değerlerini hesaplayınız.
- $P_g$  değerleri ile  $t$  arasında bir grafik çizerek **Mutlak Sıfır** bulunuz.
- Gerçekte mutlak sıfır sıcaklığı  $-273,15^{\circ}\text{C}$  olarak bilinir, bu değere ne kadar yaklaşabildiniz, yüzde hatanızı hesaplayınız.

### Sorular

- 1) Gerçek değerler ile sizin değerleriniz arasındaki fark neden kaynaklanıyor olabilir?
- 2) Basıncı sıfır olan bir gaz elde edilebilir mi?
- 3) Charles Kanununu uygulamak için düzenekler uygun mudur? Bu kanunu ispat etmek için nasıl bir düzenek yaptınız?



**Yandaki soruları deney sonrasında tartışınız !**

## Bunları Biliyor musunuz ?

- 1912 yılında Nernst, termodinamiğin üçüncü kanunu sonucunda bir sistemin sıcaklığını mutlak sıfıra düşürmenin imkansız olacağını söyledi. Ayrıca birbirini takip eden izotermal sıkıştırma ve ardından adyabatik genişlemeleri ile mutlak sıfıra istenildiği kadar yaklaşabileceğini de gösterdi. Mutlak sıfırın ulaşılamaz olması ise, böyle sonsuz sayıda adımın gerekmesi ile izah edildi. Bu durum fizikçiler arasında mutlak sıfıra yaklaşma konusunda heyecanlı bir yarış başlattı. Bu konudaki en son rekor ise, Lounasmaa(l) tarafından 1989 yılında  $2 \times 10^{-9}$  K olarak elde edildi.  $10^{-6}$  -  $10^{-9}$  K arasındaki fiziksel olayların  $1-10^3$  K arasındaki fiziksel olaylar kadar zengin olması beklendiğinden, mutlak sıfıra yaklaşma arzusu daha uzun süre ilginç araştırmalara konu olacağına benzer.
- Fizikçilerin ve filozofların ilgisini çeken bir başka problem ise, verilen bir bölgede mutlak boşluğun oluşturulmasıdır. Bir bölgede boşluk oluşturma yolu, o bölgedeki bütün görünen maddeleri; katıları, sıvıları ve gazları boşaltmaktır. Planck'ın bilimde devrim yapan çalışması sonucu ise, yukarıda anlatıldığı biçimde boşaltılmış bir bölgenin gene de duvarların sıcaklığında termal radyasyon ihtiva edeceği ortaya çıktı. Kısaca, bir bölgeyi tamamen boşaltmak için aynı zamanda duvarların mutlak sıfıra soğutulması da gerekmektedir.

## Kaynaklar

- [1] P.W. ATKINS, FİZİKOKİMYA, I. Baskı, 2004
- [2] [www.biltek.tubitak.gov.tr/merak\\_ettikleriniz](http://www.biltek.tubitak.gov.tr/merak_ettikleriniz)
- [3] <http://wps.prenhall.com>
- [4] <http://www.physics.metu.edu.tr/~bayin/doga.htm>





# VERİLER, HESAPLAMALAR VE SONUÇLAR

Deney Tarihi : ...../....../.....

Deney Sorumlusunun Adı: \_\_\_\_\_  
İmzası : \_\_\_\_\_





# AVOGADRO SAYISININ TAYİNİ

**Amaç :** Su yüzeyi üzerindeki ince bir stearik asit filminin dağılımı hakkında basit kabuller yaparak, Avogadro sayısının hesaplanması

Fizikokimya Lab. I

Deney Tarihi : .../.../...

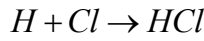
## Bu Deneyde :

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| Teori                             | 10 |
| Gerekli Malzemeler                | 11 |
| Deneyin Yapılışı                  | 11 |
| Hesaplamalar                      | 12 |
| Sorular                           | 12 |
| Bunları biliyor muydunuz ?        | 13 |
| Kaynaklar                         | 13 |
| Veriler, hesaplamalar ve sonuçlar | 14 |

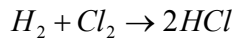
## İlgi çeken özel konular:

- Mol kavramı
- Millikan'ın yağ damlası deneyi
- Hidrofilik ve hidrofobik gruplar
- Yüzey aktif maddeler
- Yüzey gerilimi
- Agregatlar

John Dalton (1766-1844) bir elementin bir atomu ile bir molekül arasındaki farkı iyi anlayamadı. Bir çok elementin en kararlı hali, (oksijen, hidrojen ve halojenler vs) atom değil, iki atomlu moleküllerdir. Bir elementin en küçük biriminin atom olması gerektiği inancı, Daltonun Gay Lussac'ın gazların birleşen hacimleri konusundaki görüşünü kabul etmesini kolaylaştırdı. Dalton teorisile Gay Lussac'ın verileri arasındaki uzlaşma Lorenzo Romano Amedeo Karlo Avogadro (1776-1856) tarafından sağlandı. Avogadro bir elementin bir atomu ile bir molekülü arasında fark olduğunu ve **gazların eşit hacimlerinin eşit sayıda molekül içerdiği** hipotezini ortaya koydu. Örneğin, hidrojen ve klor'un tek atomlu olduğuna ve gazların eşit hacimlerinin ( aynı sıcaklık ve basınçta ) eşit sayıda atom içerdiğine inanıyorsanız, bu durumda bir hacim hidrojen ve bir hacim klor gazıyla bir hacim hidroklorik asit (HCl) vermek üzere reaksiyona girmelidir.



Fakat deney yaparsanız iki hacim hidroklorik asitin (HCl) oluştuğunu görürsünüz. Avogadro bu sonucu şöyle açıklamıştır: Hidrojen ve klorun en küçük birimi atom değil moleküldür, Buna göre denklem şöyle yazılabilir.



Bundan sonra yapılan birçok deney de Avogadronun açıklamasının doğru olduğunu göstermiştir. 1811' de yayımlanan bir hipotez, belki çağının ilersindeydi ve hemen hemen hiç dikkate alınmadı. Cannizzero' nun 1858' de yayınlanan bir makalesinde bu hipotezin genel uygulanabilirliğini göstermesine



Romano Amedeo Karlo Avogadro (1776-1856)

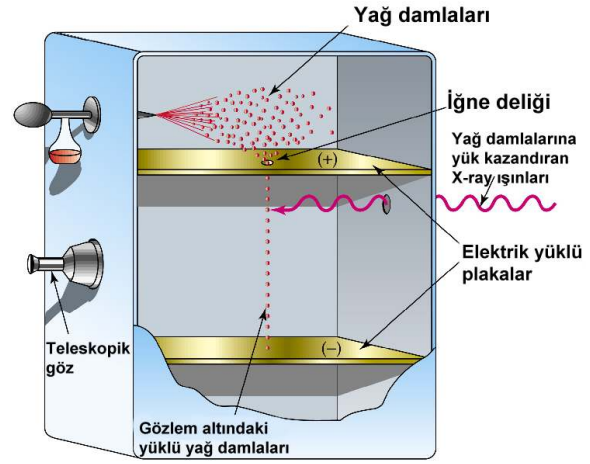
kadar yarım yüzyıldan daha uzun bir zaman geçti. Bu yayın 1860' ta Karlsruhe' ne (Almanya)'daki I. Uluslararası Kimya Kongresinde bir broşür şeklinde dağıtıldı. Bu broşür atomları, molekülleri, atom ağırlıklarını ve molekül ağırlıklarını öyle açıklık ve bütünlük içerisinde taşıyordu ki; kimyacılar onun kimyasal düşünceyle iyi bir uyum gösteren bu görüşleri karşısında ikna oldular. Bir mol içinde kaç tane tanecik vardır? Avogadro bunu hiç bilmedi. Bir Fransız bilim adamı olan Jean Perrin ilk kez

1908’ de bunun değerini hesapladı. Perrin, hint zamkı (Gamboge: tabii bir reçine) parçacıklarının sudaki süspansiyonunun yer çekimi alanındaki düşey dağılımını ölçmüş ve  $5,4$  ile  $6,0 \times 10^{23}$  arasında değerler elde etti.

Robert Milikan’ ın 1915 sıralarında bir elektronun yükünü tayin etmesinden sonra, 1 mol elektronun yükünün (Faraday sabiti) bir tek elektronun yüküne bölünmesiyle daha doğru bir değer elde edildi. Biraz daha doğru değerler Silikon kristallerinin X-ışınları kırımının kesin bir şekilde ölçülmesiyle elde edildi. 1 mol silikonun hacminin 1 silikon atomunun etkin hacmine oranı **Avogadro sayısı**’ nı verir. Bugün Avogadro sayısının değeri  $6,02209 \times 10^{23}$  tanecik / mol olarak kabul edilmektedir.

Mol Uluslararası Birim Sisteminde bir birimdir. 1 mol karbon, tam olarak 12,0000 g Karbon-12’ dir. Avogadro sayısı 1 mol Karbon-12’ deki atomların sayısı olarak tanımlanır.

Bu deneyde Avogadro sayısını, su yüzeyinde tek molekülü bir tabaka oluşturan stearik asit miktarını belirlemek suretiyle yaklaşık olarak tahmin edeceksiniz.



**Şekil:** Robert Milikan’ın yağ damlası deneyinde kullandığı deney dizaynı.

Stearik asit moleküllerinin tek tabakayı oluşturmak üzere bir araya gelişi ile ilgili basit kabuller yaparak kalınlığını tayin edilebilir ve kalınlığından faydalanarak da bir karbon atomunun boyutunu tahmin edebilirsiniz. Bir karbon atomunun büyüklüğü biliniyorsa, hacmini hesaplayabilirsiniz ve eğer elmas şeklinde bulunan 1 mol karbon atomu tarafından kaplanan hacmi biliyorsak, 1 mol karbon atomunun hacmini, bir tek karbon atomunun hacmine bölerek Avogadro sayısını tahmin edebiliriz. Bu yolla yüzyıl önceki kimyacıardan daha iyi sonuçlar elde edebiliriz.

## Gerekli Malzemeler

- 1 mL’ lik pipet,
- 20x30 cm ebatlarında cam veya plastik küvet,
- Grafik kağıdı,
- Talk pudrası,
- Stearik asitin hekzandaki  $10^{-3}$  molarlık çözeltisi.

## Deneyin Yapılışı

Stearik asitin hekzandaki  $10^{-3}$  molarlık çözeltisinden 1 mL’ lik pipetle 1mL alarak, 1 mL’ deki damla sayısını belirleyiniz.(N) Bu işlemi en az üç kez tekrarlayınız. Küvetin içine yaklaşık 0,5 cm yükseklikte olacak şekilde su koyunuz. Küvetin altına, tüm küvetin tabanına yetecek şekilde bir grafik kağıdı yerleştiriniz. Su üzerinde üfleme suretiyle teterince ince bir talk pudrası katmanı oluşturunuz. Stearik asit çözeltisinden bir damlayı yavaşça bırakınız.

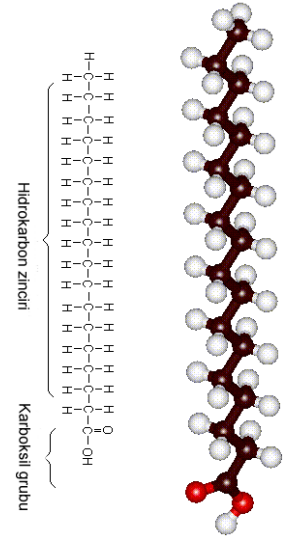


*“Bugün  
Avogadro  
sayısının değeri  
 $6,02209 \times 10^{23}$   
tanecik / mol  
olarak kabul  
edilmektedir.”*

Genellikle talk pudrası üzerine damlanın bırakılmasıyla garip görünüşlü bir yarıлма oluşur. Bu yarıк altındaki grafik kağıdı net bir şekilde görülebilir. Bu yarığın şekli alttaki grafik kağıdına bakılarak başka bir grafik kağıdına çizilir. Kesip tartma yöntemiyle yarığın alanı belirlenir. (S) ( Kesip tartma yönteminde alanı belli bir grafik kağıdı kesilerek tartılır ve alanı belli olmayanda tartılarak orantı kurulur ve hesaplanır.)

## Hesaplamalar

- 1 mL' deki damla sayısı, ortalama;  $\bar{N}$
- Bir damlanın hacmi ( $V_d / \text{cm}^3$ ) :
- Bir damlanın içerdіği stearik asit moleküllerinin su yüzeyinde örttüğü alan ( $S_s / \text{cm}^2$ ) :
- Bir damla çözeltideki stearik asit moleküllerinin ağırlığı ( $m_s / \text{g}$ ) (stearik asitin çözeltisinin konsantrasyonu ve molar kütesinden faydalanınız.  $M = 284 \text{ g / mol}$   $m_s = M \times V_{\text{damla}}$ ):
- Su yüzeyindeki tek tabakada saf stearik asitin hacmi ( $V_s / \text{cm}^3$ ) ( Katı stearik asitin yoğunluğu  $0,85 \text{ g / cm}^3$  , ) :  $V_s = \frac{m_s}{d_s}$
- Tek tabakanın kalınlığı :  $t = \frac{V_s}{S_s}$
- Stearik asitteki bir karbon atomunun boyutu:  $l = t / 18$
- Bir karbon atomunun hacmi ( $V_c = l^3$ ) ( Karbon (elmas)'ın molar hacmi ( elmasın yoğunluğu  $3,51 \text{ g / cm}^3$  ve karbonun atomik kütesinden faydalanınız ) :  $V_m = \frac{M_c}{d_c}$
- Avogadro sayısı ( hacimler oranından yararlanınız , ) :  $N_A = \frac{V_m}{V_c}$
- Yüzde hata oranınızı hesaplayınız. ( $N_{\text{Teorik}} = 6,02 \times 10^{23}$  )



Şekil: Stearik asit molekülü



**Deneysel sonuçlarınızı hesaplamadan önce tüm basamakların yapıldığından emin olunuz ve deneyin sorumlusundan gerekli bilgileri alınız !**

## Sorular

- 1) Sıvı damlacıkları neden küreseldir? Tartışınız.
- 2) Sıvı suyun yüzey geriliminin yüksek olmasının nedenini açıklayınız.
- 3) Su formik asiti çözer ancak bütan'ı çözemez. Bunun sebebini moleküler düzeyde tartışınız.
- 4) Stearik asitin molekül formülünü yazarak su içindeki davranışını açıklayınız.
- 5) Su yüzeyini stearik asit tek tabaka halinde kapladıktan sonra, stearik asit ilavesine devam edilirse sizce su yüzeyinde neler olabilir?
- 6)  $l$  değeri hesaplanırken tek tabaka kalınlığı neden  $18'$  e bölünmektedir?



**Yandaki soruları deney sonrasında tartışınız !**

## Bunları Biliyor musunuz ?

Avogadro sayısı 1 mol maddedeki tanecik sayısıdır. Aslında bu sayı çok büyüktür ancak biz bunları benzer şeyler cinsinden ifade etmediğimizde küçük anlam taşır. Aşağıdaki örnekler bunlarla ilgilidir.

- Eğer 1 mol Al' deki Al atomları piring tanecikleri kadar büyük olsalardı kıtasal Amerika' yı kıyıda kıyıya 800 m derinliğindeki bir tabaka ile kaplardı.
- Eğer Al atomlarının molü saniyede 1 atom hızla sayılsaydı, bu işi 5 milyar

insan  $3,8 \times 10^6$  yılda yaparlardı.

- 1 mol dolar servete sahip olduğunuzu düşünün ve 1 saniyede 1 milyar hızla harcadığınızı hayal edin. Ortalama bir yaşam süresinden sonra paranızın sadece yaklaşık olarak % 0,001' ini harcardınız.
- Avogadro sayısının büyüklüğü yukarıdaki örneklere dikkat edildiğinde atomların aşırı derecede küçüklüğünü görünür yapar.



CO<sub>2</sub> molekülü için bazı veriler

## Kaynaklar

- [1] P.W. ATKINS, FİZİKOKİMYA, I. Baskı, 2004
- [2] <http://www.aip.org/history/gap/Millikan/Millikan.html>
- [3] <http://www.chem.csustan.edu/chem1102/stearic.htm>



# VERİLER, HESAPLAMALAR VE SONUÇLAR

Deney Tarihi : ...../.../.....

Deney Sorumlusunun Adı: \_\_\_\_\_  
İmzası : \_\_\_\_\_







# KİSMİ MOLAL HACİM



Fizikokimya Lab. I

Deney Tarihi : .../.../...

## Bu Deneyde :

|                            |    |
|----------------------------|----|
| Teori                      | 17 |
| Gerekli Malzemeler         | 21 |
| Deneyin Yapılışı           | 21 |
| Hesaplamalar               | 22 |
| Sorular                    | 23 |
| Bunları biliyor muydunuz ? | 23 |
| Kaynaklar                  | 23 |
| Veriler,                   | 24 |
| Hesaplamalar ve Sonuçlar   |    |

## İlgi çeken özel konular:

- Molal hacim
- Tanecikler arası boşluklar
- Tanecikler arası etkileşimler

**Amaç:** Kısmi molal hacim kavramının anlaşılması ve hesaplamalarla pekiştirilmesi.

Termodinamik değişkenleri iki gruba ayırabiliriz: İncelenen fazın miktarı ile orantılı olanlara kapasite (extensive) özellikler denir. V, U, H, S, A, G termodinamik fonksiyonları böyledir. Fazın miktarına bağlı olmayan basınç ve sıcaklık gibi nicelikler şiddet (intensive) özellikler olarak adlandırılır.

Kısmi molal nicelikler termodinamikte önemli şiddet değişkenlerinden biri olup

$$\bar{Q}_i = \left( \frac{\partial Q}{\partial N_i} \right)_{P, T, N_{j \neq i}} \quad (1)$$

denklemleriyle tanımlanır. Burada Q yukarıda tanımlanan kapasite niceliklerinden herhangi biri olabilir. Bir bileşenli sistemin bir fazı için kısmi molal nicelikler, molal niceliklerle aynıdır.  $Q = Q/N$ . İdeal bir gaz yada sıvı çözeltisi için, bazı kısmi molal nicelikler,  $(\bar{V}_i, \bar{U}_i, \bar{H}_i)$  bileşenlerin saf haldeki molal niceliklerine eşit olduğu halde bazıları eşit  $(\bar{S}_i, \bar{A}_i, \bar{G}_i)$  değildir. İdeal olmayan çözeltiler için, tüm kısmi molal nicelikler genel olarak, karşılık gelen molal niceliklerden farklıdır ve farklar çoğu zaman ilginçtir.

Kısmi molal niceliklerin çok yararlı bir özelliği homojen fonksiyonlar için Euler Teoreminden üretilir. Bu teoreme göre  $n$ . dereceden bir homojen fonksiyon  $f(N_1, N_2, N_3, \dots, N_i, \dots)$  için,

$$N_1 \frac{\partial f}{\partial N_1} + N_2 \frac{\partial f}{\partial N_2} + \dots + N_i \frac{\partial f}{\partial N_i} + \dots = nf \quad (2)$$

yazılabilir. Bir kapasite termodinamik değişkene uygulanırsa,

$$N_1 \bar{Q}_1 + N_2 \bar{Q}_2 + \dots + N_i \bar{Q}_i + \dots = Q \quad (3)$$

olduğunu görürüz. (3) denklemi önemli bir sonuca götürür. Q nun diferansiyelini bildiğimiz yolla alırsak

$$dQ = \frac{\partial Q}{\partial N_1} dN_1 + \frac{\partial Q}{\partial N_2} dN_2 + \dots + \frac{\partial Q}{\partial N_i} dN_i + \dots + \frac{\partial Q}{\partial P} dP + \frac{\partial Q}{\partial T} dT$$

ve (3) denkleminde elde edilen diferansiyel

$$dQ = \bar{Q}_1 dN_1 + \bar{Q}_2 dN_2 + \dots + \bar{Q}_i dN_i + N_1 d\bar{Q}_1 + N_2 d\bar{Q}_2 + \dots + N_i d\bar{Q}_i + \dots$$

ile karşılaştırırsak

$$N_1 d\bar{Q}_1 + N_2 d\bar{Q}_2 + \dots + N_i d\bar{Q}_i + \dots - \left( \frac{\partial Q}{\partial P} \right)_{N_i, T} dP - \left( \frac{\partial Q}{\partial T} \right)_{N_i, P} dT = 0 \quad (4)$$

olduğunu görürüz. Basınç ve sıcaklık sabit tutulursa

$$N_1 d\bar{Q}_1 + N_2 d\bar{Q}_2 + \dots + N_i d\bar{Q}_i + \dots = 0 \quad (\text{sabit } P \text{ ve } T) \quad (5)$$

olur. Bu denkleme göre, kısmi molal niceliklerdeki değişimler (  $N_i$  deki değişimlerden ortaya çıkan) birbirinden bağımsız değildir. İki bileşenli bir çözelti için

$$\frac{d\bar{Q}_2}{d\bar{Q}_1} = - \frac{X_1}{X_2} k \quad (6)$$

yazılabilir. Burada  $X_i$  mol kesridir ve  $X_i = N_i / \sum N_i$  ile verilir. Bu denklemin Gibbs enerjisine uygulanması ile elde edilen denkleme Gibbs-Duhem Denklemi denir.

Bu deneyde kısmi molal hacim, sonsuz miktardaki ( veya konsantrasyon değişiminin önemli olmayacağı kadar büyük miktardaki) çözeltiye 1 mol  $i$  bileşeni ilave edildiğinde, hacimde meydana gelen artış olarak düşünülebilir. Bunun hiçbir şekilde 1 mol  $i$  bileşenin hacmine eşit olma zorunluluğu yoktur.

Kısmi molal hacimler, diğer kısmi molal nicelikler (örneğin kısmi molal Gibbs enerjisi, yani kimyasal potansiyel) ile termodinamik bağıntılar kurulmasında önemlidir. Kimyasal potansiyelin önemli bir özelliği, belli bir bileşen için, birbiri ile dengede olan tüm fazlarda eşit olmasıdır. Doygun sulu çözeltisi ile dengede bulunan saf bir katı maddeyi (örneğin NaCl) içeren bir sistem düşünün. Çözünenin kimyasal potansiyeli her iki fazda aynıdır. Şimdi basıncın izotermal olarak değiştiğini düşünün. Çözünenin bir fazdan diğerine geçer mi ? (yani çözünürlük değişir mi?) Sabit sıcaklıkta, sadece genleşme işini içeren bir denge değişimi için

$$dG = V dp \quad (7)$$

Çözünenin mol sayısına ( $N_2$ ) göre türev alırsak

$$d\bar{G}_2 = \bar{V}_2 dp \quad (8)$$

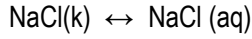
elde ederiz.



“Nerede  
Kullanılır?”

*Kısmi molal hacim  
okyanus biliminde,  
aquatik çevre  
biliminde ve  
biyokimya  
alanında  
önemlidir”*

Burada  $d\bar{G}_2$  çözünenin kısmi molal Gibbs enerjisi (kimyasal potansiyel) değişimi ve  $\bar{V}_2$  kısmi molal hacmidir. Hal değişimi



için  $d(\Delta\bar{G}_2) = \Delta\bar{V}_2 dP$  veya

$$\left[ \frac{d(\Delta\bar{G}_2)}{dP} \right]_T = \Delta\bar{V}_2 \quad (9)$$

yazabiliriz. Buna göre; sulu çözeltide çözünenin kısmi molal hacmi, katı haldeki molal hacimden daha büyük ise, basınçtaki bir artış çözünenin kimyasal potansiyelini katı haldekine göre arttıracak; böylece daha düşük bir denge çözünürlüğüne ulaşılınca kadar çözünen çözelti fazını terk edecek, yani çökecektir. Bunun aksine eğer çözeltideki kısmi molal hacim katı halinden daha küçük ise, çözünürlük basınç ile artacaktır.

Kısmi molal hacimler ve özellikle ideal çözeltilerden beklenen değerlerden sapmalar, çözeltilerin teorisi (özellikle karışma ısıları ve Rault Kanunundan sapmaların incelendiği sıvı bileşenlerin ikili karışımlara uygulanması) ile ilgilendiği zaman çok yararlıdır.

## METOT

(4) denklemine göre, 1000 g su (55.51 mol) ve m mol çözünen içeren bir çözeltinin hacmi

$$V = N_1 \bar{V}_1 + N_2 \bar{V}_2 = 55.51 \bar{V}_1 + m \bar{V}_2 \quad (10)$$

ile verilir. Burada 1 ve 2 indisleri, sırasıyla çözücü ve çözüneni göstermektedir.  $\bar{V}_1^o$  saf suyun molal hacmi ( $= 18.016 / 0.997044 = 18.069$ , 25 °C de ) olsun. Buna göre;

(1) denklemi

$$V = N_1 \bar{V}_1^o + N_2 \phi = 55.51 \bar{V}_1^o + m\phi \quad (11)$$

Şeklinde verilebilir. Burada  $\phi$ , çözünen görünür molal hacmidir. Bu denklem yeniden düzenlenerek,

$$\phi = \frac{1}{N_2} (V - N_1 \bar{V}_1^o) = \frac{1}{m} (V - 55.51 \bar{V}_1^o) \quad (12)$$

elde edilir. Ayrıca

$$V = \frac{1000 + mM_2}{d} \quad (13)$$

$$N_1 \bar{V}_1^o = \frac{1000}{d_o} \quad (14)$$

yazılabilir. Burada  $d$ , çözeltinin yoğunluğu;  $d_o$  saf çözücünün yoğunluğu ve  $M_2$  çözünenin molekül ağırlığıdır. (13) ve (14) denklemlerini (12) denkleminde yerine yazarsak,

$$\phi = \frac{1}{d} \left[ M_2 - \frac{1000}{m} \left( \frac{d - d_o}{d_o} \right) \right] \quad (15)$$

$$\phi = \frac{1}{d} \left[ M_2 - \frac{1000}{m} \left( \frac{W - W_o}{W_o - W_b} \right) \right] \quad (16)$$

elde ederiz. (16) denkleminde piknometrenin doğrudan ölçülen ağırlıkları kullanılmıştır.  $W_b$ ; boş,  $W_o$ ; saf su dolu ve  $W$ ; çözelti ile dolu iken elde edilen kütlesidir. Bu denklem  $\phi$  nin hesaplanmasında (15) denklemine tercih edilir. Çünkü yoğunlukları çok hassas olarak hesaplama gerekliliği ortadan kaldırır ( $d - d_o$  farkı çok küçüktür).

Şimdi kısmi molal hacimlerin tanımına göre ve (10) ve (11) denklemlerinin kullanılması ile

$$\bar{V}_2 = \left( \frac{\partial V}{\partial N_2} \right)_{N_1, T, P} = \phi + N_2 \frac{d\phi}{dN_2} = \phi + m \frac{d\phi}{dm} \quad (17)$$

$$\bar{V}_1 = \frac{1}{N_1} \left( N_1 \bar{V}_1^o + N_2^2 \frac{d\phi}{dN_2} \right) = \bar{V}_1^o - \frac{m^2}{55.51} \frac{d\phi}{dm} \quad (18)$$

elde edilir.  $\phi$ 'yi  $m$  e karşı grafik edip, noktalardan geçen eğriyi çizdikten sonra, istenilen konsantrasyonlarda eğimleri hesaplamak için eğriye teğetler çizebiliriz. Bununla beraber basit elektrolit çözeltileri için orta konsantrasyonlara kadar  $\phi$  gibi görünür molal niceliklerin birçoğunun  $\sqrt{m}$  ile doğrusal olarak değiştiği bulunmuştur. Bu özellik, seyreltik çözeltiler için Debye-Hückel tahmini ile uyum halindedir.

$$\frac{d\phi}{dm} = \frac{d\phi}{d\sqrt{m}} \frac{d\sqrt{m}}{dm} = \frac{1}{2\sqrt{m}} \frac{d\phi}{d\sqrt{m}} \quad (19)$$

olduğundan (17) ve (18) denklemlerinden

$$\bar{V}_2 = \phi + \frac{m}{2\sqrt{m}} \frac{d\phi}{d\sqrt{m}} = \phi^o + \frac{\sqrt{m}}{2} \frac{d\phi}{d\sqrt{m}} = \phi^o + \frac{3\sqrt{m}}{2} \frac{d\phi}{d\sqrt{m}} \quad (20)$$

$$\bar{V}_1 = \bar{V}_1^o - \frac{m}{55.51} \left( \frac{\sqrt{m}}{2} \frac{d\phi}{d\sqrt{m}} \right) \quad (21)$$

elde ederiz. Burada  $\phi^o$  sıfır konsantrasyona ekstrapole edilen görünür molal hacimdir. Şimdi  $\phi$ ,  $\sqrt{m}$  'ye karşı grafik edilebilir ve bu noktalardan geçen en uygun doğru çizilebilir. Deneysel veriler olağanüstü güzel olmadıkça, deneysel noktaların en iyi doğrudan sapmaları önemli değildir. Eğim  $d\phi / d \sqrt{m}$  ve  $\phi^o$  değerlerinden hem  $\bar{V}_1$  hem de  $\bar{V}_2$  elde edilebilir.

## Gerekli Malzemeler

- Piknometre,
- 5 adet 250 ml lik balon joje,
- 250 ml lik erlen, 250 ve 10 ml lik beher, pipet
- Kurulama için peçete, istenirse sabit sıcaklık banyosu, sodyum klorür, bir miktar aseton( kurulama için) temizleme çözeltisi



Şekil : Piknometre

## Deneyin Yapılışı

Piknometreyi destile su ile yıkayın ve her kullanımdan önce güzelce kurutun. Kurutmayı hızlandırmak için az miktar aseton ile durulanabilir. Kurultulduktan sonra çözeltiyi doldurunuz ve dış yüzeyini bir havlu peçete ile kurulayınız.(Çözeltiler ve destile su laboratuvar sıcaklığına gelmiş olmalıdır.)

### 1) Piknometrenin hacminin bulunması:

Piknometreyi boş ve kuru iken tartınız, İçerisine saf su doldurunuz ve suyun sıcaklığını termometre ile ölçünüz. Piknometrenin kapağını dikkatlice yerleştiriniz kapağın üzerinden ve yanlarından çıkan suyu temiz peçete ile yavaşça kurulayınız. Ve tekrar tartınız. ( Deney boyunca tartım işlemlerini 3 er kez birkaç dakika ara ile tekrarlayarak doğru tartımlar aldığınıza emin olun)

Suyun ilgili sıcaklıktaki yoğunluğunu öğrenerek piknometrenin hacmini hesaplayın.

### 2) NaCl çözeltilerinin hazırlanması

3.0 M 250 ml NaCl çözeltisi hazırlayın. Tuzu hassas şekilde tartın ve çözeltiyi hazırlarken bir balon joje kullanın. Eğer mümkünse bu çözeltiyi önceden hazırlayın, çünkü tuzu çözmek zaman alacaktır. Başlangıç molaritesinin 1/2 , 1/4, 1/8 , 1/16 konsantrasyonlarında çözeltileri ardışık seyretme yoluyla hazırlayın. ( 3/ 2 M lık için: 3 M lık çözeltiden 125 ml pipetle çek balonjojede üzerini 250 ml ye tamamla, 3 / 4 M lık için: Hazırladığınız 3/2 M lık çözeltiden 125 ml çek üzerini balonjojede 250 ml ye tamamla.. vb.)

### 3) Her bir çözeltinin yoğunluklarının bulunması

Hazırladığınız her bir çözeltiyi piknometreye koyarak dikkatli bir şekilde tartınız. Piknometre yüzeyinin temiz ve kuru olmasına dikkat ediniz. Yukarıda bulduğunuz piknometre hacmini kullanarak her bir çözeltinin yoğunluğunu hesaplayınız.

## Hesaplamalar

Deney sırasında aşağıdaki veri tablosunu doldurmanız size hesaplamalarda yardımcı olacaktır.

| Çözeltiler           | Sıcaklık (°C) | W <sub>b</sub> (piknometre boş) | W <sub>o</sub> (piknometre destile su ile dolu) | W ( piknometre çözelti ile dolu) |
|----------------------|---------------|---------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------|
| Saf Su               |               |                                 |                                                 |                                  |
| 3 M lık NaCl çöz.    |               |                                 |                                                 |                                  |
| 3/2 M lık NaCl çöz.  |               |                                 |                                                 |                                  |
| 3/4 M lık NaCl çöz.  |               |                                 |                                                 |                                  |
| 3/8 M lık NaCl çöz.  |               |                                 |                                                 |                                  |
| 3/16 M lık NaCl çöz. |               |                                 |                                                 |                                  |



**Deneyisel sonuçlarınızı hesaplamadan önce tüm basamakların yapıldığından emin olunuz ve deneyin sorumlusundan gerekli bilgileri alınız !**

Bu deneyin başarısı, büyük ölçüde hesaplamaların çok dikkatli yapılmasına bağlıdır. Bu nedenle, verilerin analizinde basit bir bilgisayar programı tavsiye edilir. Eğer bu mümkün değilse gelişmiş bir hesap makinesi kullanılabilir. Eğer deney grup olarak yapılıyorsa tüm hesaplamalar her öğrenci tarafından yapılmalı ve sonuçlar karşılaştırılmalıdır.

**1-** Hesaplamaların çoğunda ağırlıkların kendilerini kullanacak olmanıza rağmen her bir çözeltinin yoğunluğunu,  $d$  yi de, en azından binde bir hassasiyetle hesaplayınız.

$$d = \frac{W_{\text{çöz}}}{V} = \frac{W - W_b}{V_{\text{pikno}}} \quad (23)$$

**2-** Hesaplamalar için gerekli olan molalitelere ( $m$ ) volumetrik işlemde elde edilen molaritelerden ( $M$ )

$$m = \frac{1}{1 - (M/d)(M_2/1000)} \cdot \frac{M}{d} = \frac{1}{(d/M) - (M_2/1000)} \quad (24)$$

denklemini kullanarak hesaplayınız. Burada  $M_2$  çözünenin molekül ağırlığı ( $58,45 \text{ g mol}^{-1}$ ) ve  $d$ ; deneysel yoğunluktur.

**3 –** (16) denklemini kullanarak her bir çözelti için  $\phi$  değerlerini hesaplayınız.

**4-**  $\phi$  nin  $\sqrt{m}$  karşı grafik ederek en uygun doğruyu çiziniz. Bu doğrunun eğimi;  $d\phi/d\sqrt{m}$  ve kayımı  $\phi^\circ$  değerini verir. Bunları okuyarak kaydedin.

**5-**  $m = 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0$  ve  $2.5$  için  $\bar{V}_1$  ve  $\bar{V}_2$  değerlerini hesaplayın. Bu iki niceliğin her biri için bulduğunuz değerleri  $m'$  e karşı eğrilerini çizin. Bu grafikleri yorumlayınız.

**6–** İncelediğiniz her bir çözelti için (20) ve (21),  $d$ ,  $M$ ,  $m$ ,  $\phi$  ve  $(1000/m)(W-W_o)/(W_o-W_b)$  niceliklerini tablo halinde defterinize kaydedin.



## Sorular

- 10 ml etilalkol ile 10 ml saf suyun karıştırılması ile elde edilen çözeltinin hacminin kaç olmasını beklersiniz, neden?
- Kısmi molal hacimler sıcaklık ve basınçla nasıl değişir?
- Bu deneyde en önemli hata kaynağı hangisidir?
- Literatürdeki [5] değerler ile sonuçlarınızı karşılaştırınız?
- Bu deneyin kimyasal önemi nedir?
- Saf bileşenlerin hacimleri toplamını, deneysel toplam hacimle karşılaştırınız?
- Çözgen ve çözücünün kısmi molal hacimleri saf kısmi molar hacimlerinden büyükmüdür? Neden?
- Çözelti içindeki kuvvetler kısmi molal hacimlerde farklılıklar oluşturur mu? (Bir çözelti modeli çizin, çözülmüş iyonları küresel, su moleküllerini de çubuk şeklinde göstererek açıklayınız.)



**Yandaki soruları deney sonrasında tartışınız !**

## Bunları Biliyor musunuz ?

- Kısmi molal hacim okyanus biliminde, aquatik çevre biliminde ve biyokimya alanında önemlidir. Biyokimya alanında ultrasantrifüj kullanılarak protein ve nükleik asitin moleküler ağırlıklarını hesaplamada gereklidir.

## Kaynaklar

- [1] P.W. ATKINS, FİZİKOKİMYA, I. Baskı, 2004
- [2] A. Calka and D. Wexler, Mechanical milling assisted by electrical discharge, *Nature* **419**, 147-151 (12 September 2002)
- [3] [www.physics.bc.edu/arpes/superover.htm](http://www.physics.bc.edu/arpes/superover.htm)
- [4] [http://www.biltek.tubitak.gov.tr/merak\\_ettikleriniz/](http://www.biltek.tubitak.gov.tr/merak_ettikleriniz/)
- [5] Millero F.J. Apparant and partial molal volume of aqueous sodium choride solutions at various temperature J.Phys. Chem. 1970, 74(2),356-62.
- [6] [www.colby.edu/chemistry/pchem](http://www.colby.edu/chemistry/pchem).



# VERİLER, HESAPLAMALAR VE SONUÇLAR

Deney Tarihi : ...../..../.....

Deney Sorumlusunun Adı: \_\_\_\_\_  
İmzası :





# BENZOİK ASİTİN ÇÖZÜNME ENTALPİSİ

Fizikokimya Lab. I

Deney Tarihi : .../.../...

## Bu Deneyde :

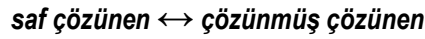
|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| Teori                              | 27 |
| Gerekli Malzemeler                 | 28 |
| Deneyin Yapılışı                   | 28 |
| Hesaplamalar                       | 29 |
| Sorular                            | 29 |
| Bunları biliyor muydunuz ?         | 30 |
| Kaynaklar                          | 30 |
| Veriler, Hesaplamalar, ve Sonuçlar | 31 |

## İlgi çeken özel konular:

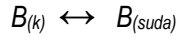
- Çözünürlük
- Entalpi
- Çözeltiler
- Molalite, molarite, normalite vb.

**Amaç :** Benzoik asidin doymuş çözeltilerinin, farklı sıcaklıklardaki çözünürlüğünün ve çözünme entalpisinin belirlenmesi

Bir miktar çözeltili aşırı miktarda çözünen eklendiğinde, saf çözünen ile çözülmüş haldeki çözünen arasında bir denge kurulur :



Saf çözünen katı, sıvı ya da gaz olabilir. Örneğin çözücünün su, çözünenin B katısı olması hali için denklemi ;



şeklinde yazılabilir.

Denge halindeki böyle bir sistemde, saf çözünenin çözünme hızı, çözülmüş çözünenin saf katı faza geçme (çökme) hızına eşit olduğundan, çözülmüş madde konsantrasyonu, belli bir sıcaklıkta sabittir. Bu tür çözeltilere **Doymuş Çözelti**, çözeltinin konsantrasyonuna da **Çözünürlük** denir.

Çözünürlük, konsantrasyon birimlerinden herhangi biri ile verilebilir. Burada molalite kullanılacaktır.  $B_{(k)} \leftrightarrow B_{(suda)}$  dengesi için denge sabiti ifadesi ;

$$K = \frac{a_{B(suda)}}{a_{B(katı)}}$$

şeklinde yazılabilir. Burada  $a_{B(suda)}$ , B'nin

doymuş çözeltildeki aktivitesidir. Bir katı için standart hal, o sıcaklıkta 1 atm basınç altındaki saf madde olduğundan,  $a_{B(k)}=1$  alınabilir.

$a_{B(suda)}$  aktivitesi, çözünenin molalitesi (m) ile aktivite katsayısının ( $\gamma$ ) çarpımına eşittir.

Buna göre denge sabiti denklemi ;

$$K = (a_{suda})_m = m_d = \gamma_d \cdot m_d$$

olur. Burada "d" indisi, bağıntının doymuş çözeltil için yazıldığını ;  $a_{B(suda)}=m_d$  sembolü ise B'nin doymuş çözeltildeki aktivitesini gösterir.

Sabit basınçta K'nın sıcaklıkla değişmesi  $m_d$  ve  $\gamma_d$  'nin sıcaklıkla değiştiğini gösterir. Aktivite katsayısı hem çözeltinin konsantrasyonuna hem de sıcaklığa bağlıdır. Denge sabitinin sıcaklıkla değişimi ;

$$\frac{\partial \ln K}{\partial T} = \frac{\Delta H^\circ}{RT^2}$$

bağıntısıyla verilir.

Burada  $\Delta H^0$ , çözünme olayı için standart entalpi değişimidir. Bu nicelik, doğrudan deneysel olarak ölçülebilen gerçek çözünme ısı ile karıştırılmamalıdır. Buradaki  $\Delta H^0$  dolaylı olarak tayin edilebilir. Aktivite katsayısı ( $\gamma_d$ ), doygunluk civarında konsantrasyon ile değişiminin çok küçük olması hali için, yaklaşık olarak sabit alınabilir; bu durumda yukarıdaki iki denklemin kullanılmasıyla ;

$$\frac{\partial \ln m_d}{\partial T} = \frac{(\Delta H_{\Delta\epsilon})_{m_d}}{RT^2} \quad \text{diferansiyelinden de} \quad \ln m_d = -\frac{(\Delta H_{\Delta\epsilon})_{m_d}}{RT} + \text{sabit}$$

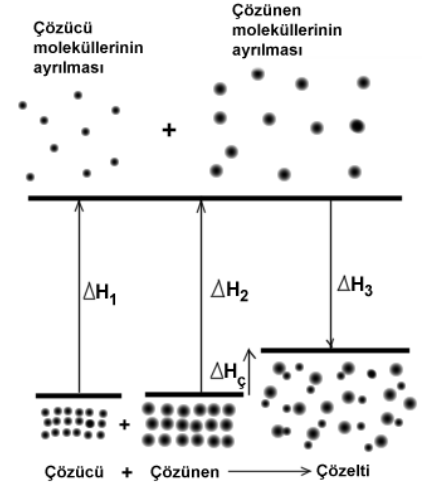
elde edilir. Burada :  $(\Delta H_{\Delta\epsilon})_{m_d}$  belli bir sıcaklık ve basınçta doygun haldeki çözeltinin diferansiyel çözünme ısını gösterir ve doygun durumda bulunan bir çözeltide 1 mol katı çözüldüğü zaman absorblanan ısı olarak tanımlanır. Buna göre,  $\ln m_d$ 'nin  $1/T$ 'ye karşı grafiği çizilirse, elde edilen doğrunun eğiminden  $(\Delta H_{\Delta\epsilon})_{m_d}$  hesaplanabilir.

## Gerekli Malzemeler

- Su banyosu,
- 6 adet 250 mL'lik kapaklı erlen
- Benzoik asit,
- Fenol ftalein indikatörü,
- 0.1 N 500 mL ayarlı NaOH çözeltisi.

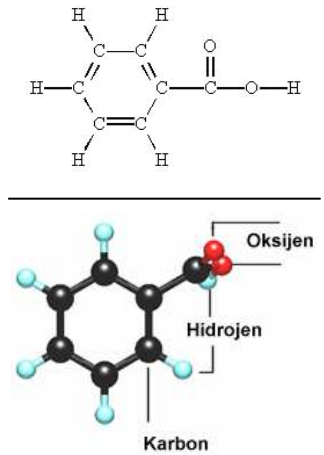
## Deneyin Yapılışı

1. Üç farklı sıcaklıkta ve sıcaklığını kesin olarak bildiğiniz üç su banyosu hazırlayınız.
2. Yaklaşık 2 'şer gram benzoik asit tartarak 250 mL'lik kapaklı erlenlere koyun.
3. Erlenlerin her birine 50 mL kadar saf su koyun.
4. 2 gram benzoik asit içeren erlenleri hazırladığınız su banyolarına yerleştirin.
5. Bu erlenleri aralıklı olarak çalkalayarak 1 saat süreyle su banyolarında bekletin.
6. Denge kurulduktan sonra, erlenleri su banyolarından çıkartmadan, daha önce temizlenmiş, kurutulmuş ve tartılmış erlenlere 25'er mL örnek çekerek tekrar tartınız. (W)
7. Daha sonra, birkaç damla fenol ftalein ekleyin. Ayarlı 0.1 N NaOH ile titre edin.
8. Sarfiyatınızı kaydedin.



**Şekil :** Çözünme olayı ve entalpi değişimleri;  $\Delta H_1$  ve  $\Delta H_2$  çözücü ve çözünen moleküllerinin ayrılması sırasındaki entalpi değişimleri (Endotermik),  $\Delta H_3$ ; moleküller arasındaki etkileşme sonucu oluşan entalpi değişimi (Ekzotermik),  $\Delta H_c$  ise çözünme olayının entalpi değişimidir.

$$\Delta H_c = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3$$



**Şekil :** Benzoik asit molekülünün iki ayrı gösterimim

## Hesaplamalar

- Kullandığınız baz derişimini molarite cinsinden hesaplayınız.
- Her bir sıcaklıkta çözünmüş benzoik asidin molaritesini ve gram cinsinden madde miktarını hesaplayınız.
- Çözeltinin (su+benzoik asit) madde miktarını hesaplayınız.
- Çözünenin mol sayısını ve molalitesini hesaplayınız.
- Bulgularınızdan  $\ln(m_d)$  ye karşı  $1/T$  grafiğini çizerek çözünme entalpisini ve son denklemdaki sabitin değerini hesaplayınız.



**Deneyisel sonuçlarınızı hesaplamadan önce tüm basamakların yapıldığından emin olunuz ve deneyin sorumlusundan gerekli bilgileri alınız !**

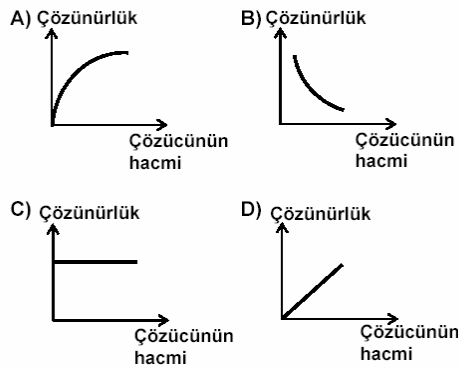
## Sorular

- 1) Dinamik denge nedir ?
- 2) Çizelgede verilen doymuş şeker çözeltilerindeki şekerin çözünürlüğü ile çözücü hacmi arasındaki ilişkiyi gösteren grafik aşağıdakilerden hangisidir?

| Özellikler<br>Çözeltiler | Suyun hacmi (cm <sup>3</sup> ) | Şekerin kütlesi (g) | Çözeltinin sıcaklığı (°C) |
|--------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| I                        | 100                            | 204                 | 20                        |
| II                       | 300                            | 612                 | 20                        |
| III                      | 500                            | 1020                | 20                        |
| IV                       | 600                            | 1224                | 20                        |



**Yandaki soruları deney sonrasında tartışınız !**



## Bunları Biliyor musunuz ?

- Dalgıçlar, denizin derinliklerinden yüze aniden çıktıklarında vurgun denen çok ağrı verici ve öldürücü olan bir olay ile karşılaşır. Denizin derinlerinde suyun uyguladığı basınç yüzeye göre daha fazladır. Dalgıç derinlerde iken yüksek basınçtan dolayı havadaki azot vücuttaki kanda ve diğer sıvılarda daha fazla çözünür. Dalgıç yüzeye ani çıkış yaptığında yüzeyde basınç düşük olduğundan dolayı dalgıcın üzerindeki basınç aniden düşer ve vücut sıvılarındaki çözünmüş azot, kabarcıklar oluşturarak uzaklaşır. Bu da kanın dolaşımını ve sinir sistemini etkiler ve vurgun denilen olay gerçekleşir.
- Bir kaptaki su ısıtmaya başladığında çıkan kabarcıklar, havanın sudaki çözünürlüğünün azaldığını gösterir. Oksijen gazı soğuk suda, sıcak suda olduğundan daha fazla çözünür. Sıcaklık yükselmesiyle sudaki oksijen miktarının azalması, suda yaşayan canlıların hayatının tehlikeye girmesi demektir. Bu yüzden nehirlerde sıcak su atıkları bırakan fabrikalar, sadece bu sebeple bile sudaki doğal yasama zarar verirler.
- Derin su dalgıçları vurgundan korunmak için dalgıç tüplerinde sıvılaştırılmış hava (azot-oksijen) yerine sıvılaştırılmış helyum-oksijen karışımını kullanırlar. Çünkü helyum gazının çözünürlüğü azot gazının üçte biridir. Dolayısıyla basınç değişikliklerinde helyumun çözünürlüğü daha az etkilenmektedir. Yani, basınç azaldığında vücut sıvısından uzaklaşan çözünmüş gaz daha az olacağından, vücut bu az miktardaki değişime kolaylıkla uyum sağlar. Böylece vurgunun gerçekleşmesi önlenmiş olur.

## Kaynaklar

- [1] P.W. ATKINS, FİZİKOKİMYA, I. Baskı, 2004
- [2] Sarıkaya, Yüksel, Fiziko Kimya ve Uygulamaları, A. Ü. Fen Fak., 1979
- [3] R.H.Petrucci, W.S.Harwood, F.G.Herring, "Genel Kimya 1-2. İlkeler ve Modern Uygulamalar", Çeviri Editörleri: Tahsin Uyar, Serpil Aksoy, Sekizinci Baskı, Palme Yayıncılık, 2002.
- [4] C.E.Mortimer, "Modern Üniversite Kimyası I-II", Çeviri Editörü: T.Altınata, Çağlayan Yayınevi, 1993.
- [5] B.H.Mahan, "Üniversite Kimyası I-II", Çeviri: C.Şenvar, E.Edgüer, Hacettepe Üniv. Yayınları, 1972.
- [6] [www.kimyaevi.org.tr](http://www.kimyaevi.org.tr), [www.kimyasal.net](http://www.kimyasal.net)
- [7] E.Erdik, Y.Sarıkaya, "Temel Üniversite Kimyası", Hacettepe-Taş kitapçılık, 1988.





# VERİLER, HESAPLAMALAR VE SONUÇLAR

Deney Tarihi : ...../..../.....

Deney Sorumlusunun Adı: \_\_\_\_\_  
İmzası :





# TERMOKİMYA

**Amaç :** Dewar kabı yardımıyla bazı reaksiyonların entalpilerinin belirlenmesi ve Hess Yasasına uygulanması

Fizikokimya Lab. I

Deney Tarihi : .../.../...

## Bu Deneyde :

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| Teori                             | 34 |
| Gerekli Malzemeler                | 38 |
| Deneyin Yapılışı                  | 38 |
| Hesaplamalar                      | 39 |
| Sorular                           | 39 |
| Bunları biliyor muydunuz ?        | 40 |
| Kaynaklar                         | 40 |
| Veriler, Hesaplamalar ve Sonuçlar | 41 |

## İlgi çeken özel konular:

- Enerji
- Termodinamik Yasaları
- Kalorimetre bombası
- Reaksiyon Isıları

Termodinamik kimyasal reaksiyonlarda meydana gelen ısı enerjisi değişimi ile ilgilenir. Bu enerji değişimleri genellikle reaksiyon ısısı olarak adlandırılır. Reaksiyon sabit basınçta gerçekleştiriliyorsa, reaksiyon ısısı entalpi değişimi ( $\Delta H$ ) olarak tanımlanır. Isı oluşturan kimyasal reaksiyonlarda (ekzotermik reaksiyon) ürünlerin entalpisi reaktantların entalpisinden daha küçüktür. Entalpideki değişim :

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

şeklinde tanımlarsak, ekzotermik bir reaksiyon için  $\Delta H$ 'ın negatif olacağını görürüz. Bunun aksine, reaksiyonun meydana gelmesi sırasında çevreden ısı absorplıyorsa, bu reaksiyon için entalpi değişimi pozitif olacaktır ve bu reaksiyon *endotermik*'tir.

Bir kimyasal reaksiyon için, entalpi değişimi bize o olayda ısı nın alınacağını ya da verileceğini söylemesine rağmen, bir kimyasal reaksiyonun kendiliğinden meydana gelip gelemeyeceğini söyleyemez. Hem pozitif hem de negatif entalpi değişimine sahip olup, kendiliğinden meydana gelen reaksiyonların varlığı bilinmektedir. Belli bir reaksiyonun mümkün olup olmadığını belirlemek için entropi ve Gibbs enerjisi fonksiyonlarını da kullanmamız gerekir.

Bir kimyasal reaksiyon, çevreden sisteme veya sistemden çevreye ısı akışından başka enerji değişimlerini de içerebilir. Örneğin elektrokimyasal bir pil, pil voltajı ile dış devreye verilen elektrik yükünün çarpımına eşit miktarda elektrik enerjisi üretir. Bir gaz üreten bir kimyasal reaksiyon, atmosferi geri iter ve bu mekanik iş, enerjinin bir diğer türüdür. Eğer kimyasal reaksiyon



HENRI HESS

atmosfere açık bir kapta gerçekleştirilirse, entalpi değişimi atmosferi geri itme işini de içerir.

Entalpi değişimleri daha alt sınıflara ayrılabilir :

**1) Oluşum Isısı :** Bir maddenin 1 molünün doğrudan elementlerinden oluşumu sırasında alınan ya da verilen ısı miktarı olarak tanımlanır.

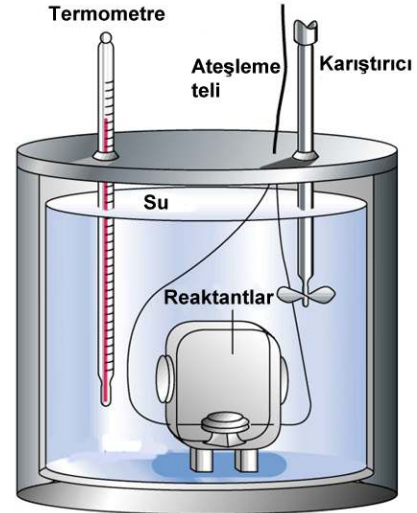
**2) Yanma Isısı :** Yakılabilen bir maddenin 1 molü aşırı oksijen ile reaksiyona girdiğinde oluşan ısı miktarıdır.

**3) Çözünme Isısı :** Bir maddenin bir çözücü içerisinde çözünmesi sırasındaki ısı enerjisi değişimidir.

**4) Buharlaştırma, Erime ve Süblimleşme Isısı :** Hal değişimleri sırasındaki ısı enerjisi değişimidir.

**5) Nötralleşme Isısı :** Bir asidin bir baz ile reaksiyonundan meydana gelen entalpi değişimidir.

Bu deneyde aşağıdaki reaksiyonların reaksiyon ısıları ölçülecektir :



**Şekil:** Kalorimetre bombasının şematik gösterimi

1.  $H_2SO_4(10M) + \text{çözücü} + NaOH(1M) \rightarrow NaHSO_4(0.5M) + H_2O$
2.  $H_2SO_4(10M) + \text{çözücü} \rightarrow H_2SO_4(1M)$
3.  $H_2SO_4(1M) + NaOH(1M) \rightarrow NaHSO_4(0.5M) + H_2O$

Bu reaksiyonlarda, parantez içindeki sayılar reaktant ve ürünlerin molar konsantrasyonlarını göstermektedir. Su, hem bir çözücü hem de reaksiyon ürünüdür. Bu iki rolü ayırt etmek için, reaksiyon ürünü olduğu zaman  $H_2O$ ; reaktantları çözmek için kullandığımız zaman ve bir reaksiyon ortamı olarak kullandığımız zaman çözücü yazılacaktır. (1) ve (2) reaksiyonları nötralizasyon reaksiyonları olarak düşünülebilir. (2) reaksiyonu ise çözünme (veya seyrelme) reaksiyonu olarak isimlendirilebilir ve bu olayın entalpi değişimine *çözünme ısısı* denir. Ayrıca (2) ve (3) reaksiyonları toplandığında (1) reaksiyonunun elde edildiğine dikkat ediniz. Buna göre, (1) reaksiyonu ve (2) ve (3) reaksiyonlarının toplamı, aynı başlangıç halinden aynı son hale gidilen iki farklı yolu göstermektedir.

**Hess Yasası :** Bir reaksiyonun entalpi değişimi ister doğrudan isterse birçok basamakta gerçekleşsin, değişmez. Bu, kimyasal reaksiyonlar toplanabildiği gibi, kimyasal reaksiyonların entalpi değişimleri de toplanabilir demektir.

$$\text{Eğer, } \Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3 \text{ ise,} \quad (4)$$

Bu denklem Hess Yasasının matematiksel ifadesidir.

Bu deneyde, (1), (2) ve (3) reaksiyonlarının entalpi değişimleri ölçülecek ve (4) denkleminin gerçekliği gösterilecektir.

$H_2SO_4$  'ün çözünme ısını veren (2) reaksiyonu, Hess tarafından 1840 yılındaki ilk termodinamik yayınında verdiği reaksiyondur. Entalpi değişimleri genellikle kalorimetre denilen cihazlarla ölçülür. Kalorimetrenin amacı, incelenen sistemi ısı bakımından yalıtmasıdır. Böylece kimyasal reaksiyonlarda açığa çıkan (ya da absorblanan) ısıya tamamı, kalorimetre ve içeriğinin ısıtılması (ya da soğutulması) için kullanılmış olur. Sabit hacimli bir kalorimetrede verilen (ya da alınan) ısı iç enerji değişimine eşittir. Yanma ısılarının tayininde kullanılan bomba kalorimetreler bu tiptedir. Sabit basınçlı bir kalorimetrede verilen (ya da alınan) ısı ise entalpi değişimini verir. Çözelti içinde meydana gelen reaksiyonlara ait ısılar, bu tip kalorimetrelerde belirlenir. Bu deneyde kalorimetre olarak bir *Dewar kabı* kullanılacaktır.

Hacmi  $V$ , yoğunluğu  $d$ , özgül ısı  $c_p$  olan bir maddenin sıcaklığı  $\Delta T$  kadar değiştiğinde, entalpi değişimi ;

$$\Delta H = V \cdot d \cdot c_p \cdot \Delta T \quad (5)$$

ile hesaplanabilir. Bu denklemin boyut analizini yaptığımızda açığa çıkan veya absorblanan ısı miktarını verdiğini görürüz. Sıcaklık yükselmesini görmemiz için, sıcaklık-zaman okumalarını yaptıktan sonra bunları şekildeki gibi grafik etmek uygun bir yoldur.

**Plastik Dewar**



### DEWAR KABI İLE REAKSİYON ISILARININ ÖLÇÜLMESİ

1) Önce soğuk (oda sıcaklığında) su içeren bir kalorimetrenin etkin ısı kapasitesi, buna belli hacimde sıcak su eklemek ve sıcaklık artışını ölçmek suretiyle belirlenir.

2) Sonra birbiri ardınca yapacağımız üç deneyde (1), (2) ve (3) reaksiyonlarının entalpi değişimleri ölçülür.

3) Enerjinin korunumu prensibini (termodinamiğin 1. kanununun bir başka ifadesi) kullanarak, kalorimetre ve içeriğinin entalpi değişimi ve eklenen sıcak suyun entalpi değişimi toplamının sıfıra eşit olması gerektiğini ifade eden bir denklem yazabiliriz. (Kalorimetre ve içeriğinin entalpi değişimi, eklenen sıcak suyun entalpi değişimine mutlak değerce eşit fakat zıt işaretlidir. )

Kalorimetrenin entalpi değişimi iki kısma ayrılabilir :

Kalorimetreyi oluşturan dewar kabı ve termometre ile kalorimetreye başlangıçta konulan soğuk su.

$$\Delta H_d + \Delta H_k + \Delta H_s = 0 \quad (6)$$

|              |                 |          |
|--------------|-----------------|----------|
| dewar kabı   | kalorimetredeki | eklenen  |
| + termometre | soğuk su        | sıcak su |

(5) denklemiyle verilen entalpi değişiminin tanımını kullanarak (6) denklemini şöyle yazabiliriz.

$$V \cdot d \cdot c_p \cdot \Delta T + V \cdot d \cdot c_p \cdot \Delta T + V \cdot d \cdot c_p \cdot \Delta T = 0 \quad (7)$$

|              |                 |          |
|--------------|-----------------|----------|
| dewar kabı   | kalorimetredeki | eklenen  |
| + termometre | soğuk su        | sıcak su |

Eklenen sıcak su ile dewar kabının sadece bazı kısımları temas halinde bulunur ve bu kısımları ısıtır. Bu nedenle " $V \cdot d \cdot c_p$ " çarpımı yerine, dewar kabı ve termometre için kalorimetre sabiti ( $B, \text{cal.K}^{-1}$ ) ni belirlenmelidir. Buna göre (7) denklemini

*"Dewar kaplarının izolasyonu çok iyidir ve sıvı azot tankı olarak bile kullanılır"*

**Cam Dewar**



$$B \cdot \Delta T + V_c \cdot d \cdot c_p \cdot \Delta T_c + V_w \cdot d \cdot c_p \cdot \Delta T_w = 0 \quad (8)$$

şeklinde yazılabilir. Burada;

$V_c$  : kalorimetreye başlangıçta konulan soğuk suyun hacmi

$\Delta T_c$  : kalorimetre ve soğuk suyun sıcaklık artışı

$V_w$  : eklenen sıcak suyun hacmi

$\Delta T_w$  : eklenen sıcak suyun sıcaklığındaki düşme

Bu dört değer deneyde ölçülür. Ayrıca eğer suyun yoğunluğunu ( $d$ ) ve ısı kapasitesini ( $c_p$ ) biliyorsak, (8) denkleminde kalorimetre sabitini ( $B$ ) elde edebiliriz.

(1), (2) ve (3) reaksiyonları için entalpi değişimlerini ölçmek için üç deneyden oluşan bir seri gerçekleştirilir. Bu deneylerde, reaktantların sulu çözeltilerini kullandığımızdan su reaksiyon ortamıdır ve ısı değişimleri çözeltilerde meydana gelen kimyasal reaksiyonlardan ortaya çıkmaktadır. Bu deneylerdeki entalpi değişimlerini tanımlamak için (8) denklemine benzer bir denklem yazabiliriz:

$$B \cdot \Delta T_c + V_c \cdot d \cdot c_p \cdot \Delta T_c + V_r \cdot d \cdot c_p \cdot \Delta T_r + \Delta H_{\text{reaksiyon}} = 0 \quad (9)$$

|              |                 |          |                  |
|--------------|-----------------|----------|------------------|
| dewar kabı   | kalorimetredeki | eklenen  | reaksiyonun      |
| + termometre | soğuk su        | sıcak su | entalpi değişimi |

Bu deneylerde  $V_c$  (kalorimetredeki çözeltinin hacmi),  $\Delta T_c$  (kalorimetre ve içeriğinin sıcaklık değişimi),  $V_r$  (eklenen reaktant çözeltisinin hacmi) ve  $\Delta T_r$  (eklenen reaktant çözeltisinin sıcaklık değişimi) 'yi biz ölçüyoruz.

Çözeltinin yoğunluk ve özgül ısısının çarpımını ( $d \cdot c_p$ ) yaklaşık olarak 0.98 cal/mL.K alabiliriz. Bu değerleri ve  $B$ 'nin daha önceden belirlenmiş olan değerini (9) denkleminde yazarak,  $\Delta H_{\text{reaksiyon}}$  'u hesaplayabiliriz. Karıştırılan reaktantların mol sayılarından faydalanarak, reaksiyonun mol başına entalpi değişimi hesaplanabilir.

## Gerekli Malzemeler

- 2 adet termometre ( 0.1 °C taksimatlı, yada 1 °C taksimatlı
- Dewar kabı,
- 4 adet 400 mL'lik beher,
- 10 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 1 M NaOH çözeltileri (Çözeltiler daha önceden hazırlanıp, laboratuvar sıcaklığına gelmiş olmalıdır.)

## Deneyin Yapılışı

- **1) Kalorimetre Sabitinin Tayini**

- 1) Dewar kabına oda sıcaklığında bulunan 50 ml musluk suyu koyulur ve her 30 saniyede bir olmak üzere 5 dakika süreyle sıcaklık okunur.
- 2) Bir behere 50 mL musluk suyu alınır ve oda sıcaklığının 15-20 °C üstüne kadar ısıtılır.
- 3) Sıcaklık değeri okunup kaydedilir ve hızlıca dewar kabına dökülür.
- 4) Her 30 saniyede bir olmak üzere 5 dakika süre ile sıcaklıkları okunur ve kaydedilir.
- 5) Kaplar boşaltılıp kurutulur ve aynı işlemler tekrarlanır.

- **2) 10 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile 1 M NaOH'in Nötralizasyon ve Çözünme Isısı**

- 1) Dewar kabına 50 mL 1 M NaOH ve 45 mL su koyulur.
- 2) 5 veya 10 mL'lik mezüre 10 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 'ten tam olarak 5 mL alınır ve sıcaklığı ölçülerek kaydedilir.
- 3) Dewar kabındaki NaOH'in sıcaklığı 3 dakika boyunca 1'er dakika aralıkla okunur ve kaydedilir.
- 4) 4. dakikada H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ü ilave edilir . 5., 6., ve 7. dakikalarda sıcaklıkları kaydedilir. Gerekirse deney tekrarlanır.
- 5) Dewar kabı boşaltılıp temizlenir.

- **3) 10 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>'ün Çözünme Isısı**

- 1) Bir mezür ile 90 mL su alarak kalorimetreye koyulur.
- 2) 10 mL'lik mezüre 10 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 'ten 10 mL alınır, sıcaklığı ölçülüp kaydedilir.
- 3) 3 dakika boyunca birer dakika aralıkla dewar kabındaki suyun ve H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> çözeltisinin sıcaklıkları okunur ve kaydedilir.
- 4) 4. dakikada kalorimetreye dökülür.
- 5) Karıştırılır ve 5., 6. ve 7. dakikalarda sıcaklıkları kaydedilir. Kalorimetre kabı boşaltılıp temizlenir.

- **4) 1 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile 1 M NaOH 'in Nötralizasyon Isısı**

- 1) Kalorimetreye 1 M NaOH'ten 50 mL koyulur.
- 2) 50 mL'lik bir mezüre 50 mL 1 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> alınır. Her iki çözeltinin sıcaklığını 3 dakika boyunca birer dakika aralıklarla okunur ve kaydedilir.
- 3) 4. dakikada kalorimetreye dökülür. Karıştırmaya devam edilir. 5., 6., ve 7. dakikalarda sıcaklıkları kaydedilir. Kalorimetre kabı boşaltılır ve temizlenir.



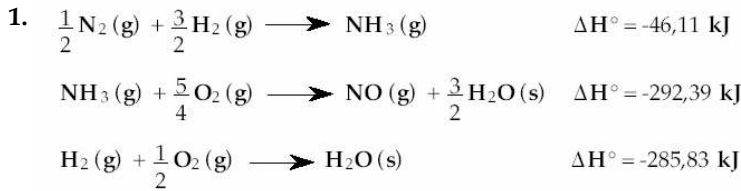
## Hesaplamalar

- 2., 3. ve 4. kısımdaki reaksiyonların her biri için, grafik yoluyla kalorimetredeki çözelti ve reaktant çözeltisi için sıcaklık değişimlerini ( $\Delta T_c$  ve  $\Delta T_r$ ) belirleyiniz.
- 2-3 ve 4. kısımlar için reaksiyon ısılarını ( $\Delta H_{\text{reaksiyon}}$ ) hesaplayınız.
- Kalorimetre sabitinin (B) ortalama değerini kullanınız.
- Her reaksiyon için  $\Delta H_{\text{reaksiyon}}$  'u ilave edilen  $H_2SO_4$  'ün mol sayısına bölerek mol başına reaksiyon entalpisini hesaplayınız.
- Her bir deney için zaman-sıcaklık grafiğini çiziniz.
- Bulduğunuz sonuçları ve çizdiğiniz grafikleri termokimyasal açıdan yorumlayınız.

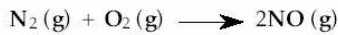


Deneysel sonuçlarınızı hesaplamadan önce tüm basamakların yapıldığından emin olunuz ve deneyin sorumlusundan gerekli bilgileri alınız !

## Sorular



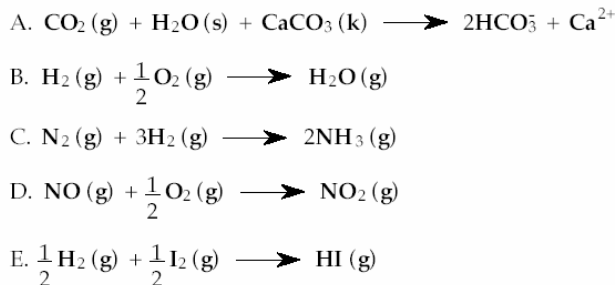
olduğuna göre



reaksiyonunun reaksiyon entalpişi aşağıdakilerden hangisidir?

- A. 180,49 kJ
- B. -1534,49 kJ
- C. -624,33 kJ
- D. -52,67 kJ
- E. +1534,49 kJ

2. Aşağıdaki reaksiyonların hangisinde iç enerji değişimi ile entalpi değişimi aynıdır?



Yandaki soruları deney sonrasında tartışınız !

## Bunları Biliyor musunuz ?

- Kalorimetre bombasında, reaksiyonun yürüdüğü reaksiyon odası sabit hacimli bir kaptır. Bu nedenle kalorimetre bombasında ölçülen reaksiyon ısısı ( $q_v$ ), o reaksiyonun iç enerjisindeki değişmeye ( $U$ ) eşittir.
- Enerji birimi olarak joule (J) veya kalori (cal) kullanılır.
- Günlük hayatta kalorinin kullanımı daha çok tercih edilir ve gıda maddelerinin çoğunun etiketlerinde bu maddelerin enerji değerleri kalori birimi cinsinden verilir. Joule ise SI birim sisteminde kabul edilmiş enerji birimidir. Kalori ile joule arasındaki ilişki

$$1 \text{ kalori} = 4,184 \text{ joule} \quad \text{şeklindedir.}$$

- Şeker en ucuz enerji verici besin maddelerinden biridir. 2 tatlı kaşığı toz şeker ya da 2 adet kesme şeker yaklaşık 40 cal enerji sağlar.

## Kaynaklar

- [1] P.W. ATKINS, FİZİKOKİMYA, I. Baskı, 2004
- [2] Sarıkaya, Yüksel, Fiziko Kimya ve Uygulamaları, A. Ü. Fen Fak., 1979
- [3] R.H.Petrucci, W.S.Harwood, F.G.Herring, "Genel Kimya 1-2. İlkeler ve Modern Uygulamalar", Çeviri Editörleri: Tahsin Uyar, Serpil Aksoy, Sekizinci Baskı, Palme Yayıncılık, 2002.
- [4] C.E.Mortimer, "Modern Üniversite Kimyası I-II", Çeviri Editörü: T.Altınata, Çağlayan Yayınevi, 1993.
- [5] B.H.Mahan, "Üniversite Kimyası I-II", Çeviri: C.Şenvar, E.Edgüer, Hacettepe Üniv. Yayınları, 1972.
- [6] [www.kimyaevi.org.tr](http://www.kimyaevi.org.tr), [www.kimyasal.net](http://www.kimyasal.net)
- [7] E.Erdik, Y.Sarıkaya, "Temel Üniversite Kimyası", Hacettepe-Taş kitapçılık, 1988.



# VERİLER, HESAPLAMALAR VE SONUÇLAR

Deney Tarihi : ...../..../.....

Deney Sorumlusunun Adı: \_\_\_\_\_  
İmzası :





# ELEKTROLİTİK İLETKENLİK

**Amaç :** Çözünen ve az çözünen tuzların çözünürlüklerinin iletkenlik yöntemi ile belirlenmesi.



Fizikokimya Lab. I

Deney Tarihi : .../.../...

## Bu Deneyde :

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| Teori                             | 44 |
| Gerekli Malzemeler                | 47 |
| Deneyin Yapılışı                  | 47 |
| Hesaplamalar                      | 48 |
| Sorular                           | 48 |
| Bunları biliyor muydunuz ?        | 49 |
| Kaynaklar                         | 49 |
| Veriler, Hesaplamalar ve Sonuçlar | 50 |

## İlgi çeken özel konular:

- Kondüktometrik yöntem
- Molar çözünürlük
- Süper iletkenlik
- Yarı iletkenlik

Ohm kanununa göre, bir iletkenin iki ucu arasındaki potansiyel farkı ile bu iletken üzerinden geçen akımın şiddeti arasında sabit bir oran vardır; bu oran o iletkenin direncine eşittir.

$$R = \frac{V}{I}$$

Burada V, iletkenin iki ucu arasındaki potansiyel farkını; I, akımın şiddetini; R ise direncini göstermektedir.

Direnç, bir iletkenin içerisinde geçen akıma karşı göstermiş olduğu zorluktur. Birimi ohm olup, 1 voltluk potansiyel farkı altında 1 A'lık akımı geçiren bir iletkenin direncidir.

Elektriksel iletkenlik iki kısımda incelenebilir.

**1) Metalik iletkenlik:** Genel özellikleri şöyle sıralanabilir.

a) Metal iletkenlik, elektronların iletken içerisindeki hareketlerinden ileri gelir.

b) İletim sırasında ve sonunda, iletkenin kimyasal özelliğinde ve tartısında bir değişim olmaz.

c) Sıcaklık ile iletkenin direnci artar.

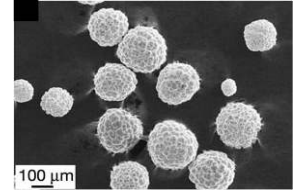
**2) Elektrolitik iletkenlik:**

Genel özellikleri şöyle sıralanabilir.

a) Elektrolitik iletkenlik, çözelti yada erimiş tuz içerisindeki iyonların göçlerinden meydana gelmektedir.

b) İletim sırasında, elektrotlarda bazı kimyasal reaksiyonlar meydana gelir.

c) İletim sonunda elektrotlar arasında bir madde taşınması olduğu gözlenir.



**Şekil:** Elektrolitik nikel iyonlarını SEM görüntüsü.

d) Sıcaklık arttıkça genellikle elektrolitik iletkenlik de artar. Bunun sebebi, sıcaklığa bağlı olarak ortamın viskozitesi ile iyonların hidrasyon derecelerinin azalmasıdır. Düzgün ve kesit alanı S, uzunluğu l olan bir iletkenin direnci R ;

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

ile verilir. Burada ,  $\rho$  , öz direnç olup, 1 cm uzunluğunda ve 1 cm<sup>2</sup> kesitindeki bir iletkenin direncidir. Direncin tersi iletkenlik ( L ),

$$L = \frac{1}{R}$$

Özdirencin tersi de öziletkenlik ,  $\kappa$

$$\kappa = \frac{1}{\rho}$$

olarak tanımlanır. İletkenliğin birimi mho, öz iletkenliğin birimi mho cm<sup>-1</sup> dir.

Sıvıların öz direçlerini dolayısıyla öz iletkenliklerini tayin etmek için özel kaplar kullanılır. İletkenlik hücresi denen bu kaplar, elektrolit ile doldurularak çözeltinin direnci, buradanda iletkenliği bulunur. Bu yöntem geliştirilerek doğrudan iletkenliğin okunabileceği kondüktometreler yapılmıştır.

İletkenliğin hücresi siyahı ile kaplı iki platin elektrottan meydana gelmiştir. Öz iletkenliği ölçmek ve bu elektrotların alanları  $1 \text{ cm}^2$  ve aralarındaki uzaklık  $1 \text{ cm}$  olmalıdır. Ancak böyle bir hücrenin çok zor, iletkenlik hücreleri kullanılmadan, önceden iletkenliği hassas olarak belirlenmiş çözeltilerle ayarlanır.  $R = \rho \frac{\ell}{S}$  denklemi,

$$L = \frac{1}{R} = \left( \frac{1}{\rho} \right) \left( \frac{S}{\ell} \right) = \kappa \left( \frac{S}{\ell} \right)$$

şeklinde yazılır.

$$K_{\text{hücre}} = 1/S \text{ denirse } L = \kappa / K_{\text{hücre}} \text{ veya}$$

$$K_{\text{hücre}} = \kappa / L \text{ olur.}$$

Burada  $K_{\text{hücre}}$ , hücre sabitidir. Hücre sabitini tayin etmek için, öziletkenliği bilinen bir çözeltinin iletkenliği ölçülür, yukarıdaki denklem kullanılarak  $K_{\text{hücre}}$  belirlenir.  $K_{\text{hücre}}$  bir kez belirlendikten sonra, herhangi bir çözeltinin öz iletkenliğini belirlemek için, kondüktometre ile bu çözeltinin iletkenliği ölçülür. Ölçülen bu iletkenlik değeri ve  $K_{\text{hücre}}$  değeri kullanılarak öz iletkenlik değeri,  $\kappa$  hesaplanır. Örneğin KCl çözeltilerinin öz iletkenlikleri şöyledir.

### İLETKENLİĞİN KONSANTRASYONLA DEĞİŞİMİ

Elektrolitik çözeltilerin öz ve eşdeğer iletkenlikleri konsantrasyon ile değişmektedir. Bir elektrolitte iletkenliği sağlayan iyonlar olduğuna göre, bir çözeltinin iletkenliği

1. Ortamdaki iyon sayısına
2. İyonların doğasına bağlıdır. Bu ikisine etki eden faktörler iletkenliğe de etki ederler. Elektrolitlerin eş değer iletkenliklerinin ( $\Lambda$ ), konsantrasyonun karekökleri ile değişimi yandaki şekilde de gösterilmektedir.

Tablo 1: KCl çözeltisinin öz iletkenlikleri

| C (mol/L) | 0.9C    | 18.9C   | 25.9C   |
|-----------|---------|---------|---------|
| 0.1       | 6.543   | 9.820   | 11.173  |
| 0.01      | 0.7154  | 1.119   | 1.288   |
| 0.001     | 0.07751 | 0.12227 | 0.14114 |

### EŞDEĞER İLETKENLİK VE MOLAR İLETKENLİK

Bir elektrotun öz iletkenliğinin, birim hacmindeki eşdeğer gram sayısına oranına **eşdeğer iletkenlik** denir ve  $\Lambda$  (Lamda) ile gösterilir. Bir eşdeğer gram madde içeren çözelti hacmi V ile gösterilirse

$$\Lambda = \frac{\kappa}{1/V} = \kappa V$$

yazılabilir. Hacim  $\text{cm}^3$  olarak verilirse;

$$V = 1000/N \text{ ( cm}^3 \text{ / eşdeğer g ) olacağından}$$

$$\Lambda = 1000 \kappa / N \text{ ( mho cm}^2 \text{ / eşdeğer g ) olur.}$$

Burada N, çözeltinin normalite olarak konsantrasyonudur.

Molar iletkenlikte birbirine paralel olarak yerleştirilmiş iki elektrot arasında 1 mol gram çözülmüş madde içeren bir çözeltinin iletkenliğine denir ve  $\Lambda_m$  ile gösterilir.

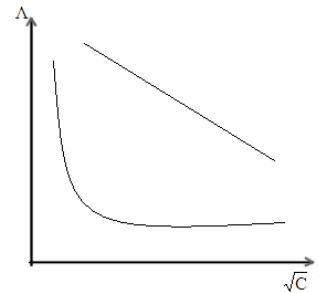
$$\Lambda_m = V_m \kappa = 1000 \kappa / C \text{ (mho cm}^2 \text{ / mol)}$$

Burada C,  $1000 \text{ cm}^3$  çözeltide bulunan çözülmüş maddenin mol sayısıdır.



Şekil : Bir kondüktometre cihazının görünümü.

*“Süper iletkenler, ısıları belli bir seviyeye düşürüldüğünde elektrik akımına karşı dirençlerini tamamen kaybeden maddelerdir.”*



Şekil : Zayıf ve kuvvetli elektrolitlerin çözeltilerinde  $\Lambda'$  nın  $\sqrt{C}$  ile değişimi

Görüldüğü gibi, elektrolit maddelerin sulu çözeltilerinin konsantrasyonu azaldıkça eşdeğer iletkenlikleri artmakta ve sonsuz seyreltik durumunda bir sınır değere erişmektedir. Bu sınır değere **Limit eşdeğer iletkenlik** denir ve  $\Lambda_0$  ile gösterilir. Kuvvetli elektrolitlerin eşdeğer iletkenliklerinin konsantrasyonla değişimi;

$$\Lambda = \Lambda_0 - B \sqrt{C}$$

denklemleri verilebilir. Burada B bir sabittir.

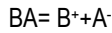
### Kohlrausch Yasası

Bu yasaya göre sonsuz seyreltik çözeltilerde, iyonlar birbirinden bağımsız olarak hareket ederler. Bu durumda elektrolitin Limit Eşdeğer İletkenliği anyon ve katyonun limit iyonik iletkenliklerinin toplamına eşittir.

$$\Lambda_0 = l_0^+ + l_0^-$$

### Ostwald Seyrelme Yasası

Zayıf bir BA elektrolitinin çözücü ortamında iyonlaşması



Şeklinde gösterilebilir. BA'nın konsantrasyonu C ise

$$[BA] = C(1 - \alpha) \quad [B^+] = [A^-] = C\alpha$$

olacaktır. Burada  $\alpha$  iyonlaşma derecesidir. Bunları denge ifadesinde yerine yazarsak;

$$K = \frac{[B^+][A^-]}{[BA]} = \frac{(C\alpha)^2}{C(1 - \alpha)} = C\alpha^2 / (1 - \alpha)$$

olur. Bu bağıntı, elektrolitin başlangıç konsantrasyonunun iyonlaşma derecesi üzerine etkisini gösterir ve Ostwald Seyrelme Yasasını oluşturur. Zayıf elektrolitlerde elektrolitin herhangi bir konsantrasyondaki eşdeğer iletkenliğinin limit eşdeğer iletkenliğe oranı, elektrolitin iyonlaşma derecesini verir.

$$\alpha = \Lambda / \Lambda_0$$

$\alpha$ ' yı yerine yazarsak;

$$K = (\Lambda/C) / \Lambda_0 (\Lambda_0 - \Lambda) \quad \text{veya,}$$

$$\Lambda C = K \Lambda_0^2 (1/\Lambda) - K \Lambda_0$$

denklemini Ostwald Seyrelme Yasasının iletkenliğe göre ifadesidir.

Bu denkleme göre  $\Lambda C$ ' nin  $1/\Lambda$ ' ya göre grafiği çizilirse yandaki şekildeki gibi bir doğru elde edilir. 18 denklemini ve Şekil 2' de göz önüne alınarak ;

$$1/\Lambda = 0 \quad \text{için} \quad 0Y = -K\Lambda_0$$

$$C\Lambda = 0 \quad \text{için} \quad 0X = 1/\Lambda$$

$$(0X)(0Y) = -K \quad \text{yazılabilir.}$$

### Çözünen Tuzların Çözünürlüklerinin İletkenlik Yöntemi İle Belirlenmesi

İletkenlik ölçümlerinden yararlanarak  $BaSO_4$ ,  $AgCl$ ,  $AgI$  gibi suda az çözünen tuzların çözünürlüklerini bulmak mümkündür.

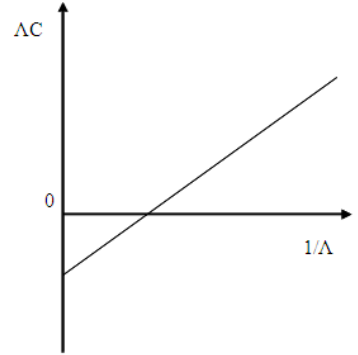
Az çözünen tuzun sudaki doymuş çözeltisinin öz iletkenliği  $K$  olsun. Bu öz iletkenlikten, çözücü olarak kullanılan suyun öz iletkenliği  $K_{su}$  çıkarılırsa doymuş çözeltiye tuzdan gelen öz iletkenlik yani  $K_{tuz}$  bulunur.

$$K_{tuz} = K - K_{su}$$

Bu doymuş tuz çözeltisinin eşdeğer iletkenliğini:

$$\Lambda = (1000 \cdot K_{tuz}) / N$$

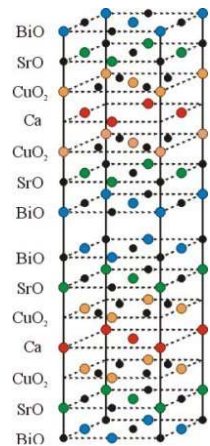
bağıntısı ile hesaplayabiliriz.



Şekil :  $\Lambda C$ ' nin  $1/\Lambda$  ile değişimi



“Tüm gazların elektrik iletiminden dolayısıyla iletkenliklerinden söz edilemez”



Şekil : 1986 yılında sentezlenen  $Bi_2Sr_2CaCu_2O_8$  süper iletkenin kristal yapısı



Burada N, eşdeğergram/litre (normalite) olarak çözünürlüktür. Tuzun çözünürlüğü çok az yani çözelti

çok seyreltik olduğundan,  $\Lambda = \Lambda_0$  alınabilir.

O halde;  $\Lambda = \Lambda_0 = (1000 (\kappa - \kappa_{su})) / N$  yazılabilir.

Buradan da;  $N = (1000(\kappa - \kappa_{su})) / \Lambda_0$  ve  $\Lambda = \Lambda_-^0 + \Lambda_+^0$

olduğuna göre ;  $N = (1000(\kappa - \kappa_{su})) / \Lambda$  elde edilir.

## Gerekli Malzemeler

- Kondüktometre,
- 0,1 M 250 mL KCl çözeltisi ,
- 0,1 M 250 mL CH<sub>3</sub>COOH çözeltisi,
- Kesin konsantrasyonları belirlenmiş ( 0.001, 0.002, 0.003, 0.004, 0.005 M ) 100' er mL asetik asit ve KCl çözeltileri.

## Deneyin Yapılışı

### 1) Zayıf Elektrolitin İncelenmesi

Zayıf bir elektrolitin, örneğin CH<sub>3</sub>COOH' in 0.001, 0.002, 0.003, 0.004, 0.005 M konsantrasyonlarındaki çözeltilerini hazırlayın. Elektrot ve ölçü kabını her denemeden önce saf su ve sonra iletkenliğini belirleyeceğiniz çözelti ile yıkadıktan sonra her bir çözeltinin iletkenliğini ölçün ve kaydedin.

CaF<sub>2</sub>) koyunuz. Bu tuz içindeki yabancı maddeler gidinceye kadar birkaç defa saf su ile yıkayın. Sonra bir miktar saf su koyup sabit sıcaklıkta 15 dakika çalkalayın. Çözeltinin durulmasını bekleyin ve elde ettiğiniz doygun çözeltinin iletkenliğini ölçün. 15 dakika kadar tekrar çalkadıktan sonra durulmasını bekleyip, doygun çözeltinin tekrar iletkenliğini ölçün. Bu işleme öz iletkenlik sabit kalana kadar devam edin.

### 2) Kuvvetli Bir Elektrolitin İncelenmesi

Kuvvetli bir elektrolitin, örneğin KCl' nin 0.001, 0.002, 0.003, 0.004, 0.005 M konsantrasyonlarındaki çözeltileri hazırlayın. Bu çözeltilerin her birinin iletkenliğini ölçün ve kaydedin. Her ölçümden önce elektrot sistemini ve ölçü kabını önce saf su ve sonra iletkenliğini belirleyeceğiniz çözelti ile yıkamayı unutmayın.

\* Ayrıca doygun çözeltiyi hazırlamada kullandığınız saf suyun iletkenliğini de ölçün

### 3) Az Çözünen Bir Tuzun Çözünürlüğünün Belirlenmesi

Bir behere bir miktar az çözünen tuzdan ( örneğin

## Hesaplamalar

Yaptığınız tüm ölçümlerden elde ettiğiniz iletkenlik değerlerini  $\kappa = K_{\text{hücre}} L$  formülünü kullanarak örneklerin her biri için öz iletkenlik değerlerini hesaplayınız.

- Zayıf elektrolitlerin öz iletkenliklerini konsantrasyona karşı grafik ediniz.
- Her bir çözeltinin eşdeğer iletkenliğini (10) denklemini kullanarak hesaplayınız.
- Hem zayıf hem kuvvetli elektrolit için ;  $\Lambda = f(\sqrt{C})$  eğrilerini çizin.
- Kuvvetli elektrolit için, ekstrapolasyon yolu ile  $\Lambda_0$  ' ı bulunuz. Kohlrausch Yasasından hesapladığınız  $\Lambda_0$  değeri ile karşılaştırınız.
- Zayıf elektrolit için  $\Lambda = f(\sqrt{C})$  eğrisinin düşey eksenini kesmediği görüldükten sonra incelenen Zayıf elektrolit için Kohlrausch Yasasından  $\Lambda_0$  ' ı bulunuz. Her konsantrasyon için  $\alpha$  değerini hesaplayınız.
- Her konsantrasyon için Ostwald Seyrelme yasasına göre zayıf elektrolitin K değerini hesaplayınız.
- Zayıf elektrolit için  $C\Lambda = f(\Lambda^{-1})$  eğrisini çizerek  $\Lambda_0$  ve K değerlerini hesaplayınız.
- Eşitlik 25' i kullanarak az çözünen  $\text{CaF}_2$  tuzunun doymuş çözeltideki konsantrasyonunu (N) hesaplayınız.  $K_{\text{çç}}$  değerini bulunuz.

[ Ör:  $\text{CaF}_2$  , için  $K_{\text{çç}}=(N) (N)^2=4N^3$



**Deneyisel sonuçlarınızı hesaplamadan önce tüm basamakların yapıldığından emin olunuz ve deneyin sorumlusundan gerekli bilgileri alınız !**

## Sorular

1) İletkenlik nedir? Kaç tür iletkenlik vardır? Açıklayınız.

2) Hücre sabiti bilinmeyen bir kondüktometri aletinin bu sabitini nasıl hesaplıyorsunuz?

3) İletkenlik ölçümünden faydalanarak nicel analiz yapabilir misiniz? Tartışınız.

4-) Az çözünen tuzların çözünürlük çarpımı, kondüktometrik yöntemden başka yollarla hesaplanabilir mi? Araştırınız.



**Yandaki soruları deney sonrasında tartışınız !**

## Bunları Biliyor musunuz ?

Bildiğimiz gibi; atomlar olağan koşullar altında nötr olduklarından, elektrik yükü veya elektriği taşıyamazlar. Gerçi bir sıvı veya gazın, atom ya da molekülleri, doğal konveksiyon sırasında ısı taşıyabilirler. Ancak katı bir maddeyi oluşturan atom ya da moleküller, konumları sabit olduğundan, ısıyı da taşıyamazlar. O zaman kim taşıyor, taşıyacak, bu ısıyla elektriği?...

Bir elementin atomlarındaki en dış enerji kabuğunda bulunan yörünge elektronlarına, 'değer' ('valens') elektronları denir. Bu elektronlar atoma, daha iç yörüngelerde bulunanlar kadar sıkı bir şekilde bağlıdır ve gerçi elementine bağlı olarak, fakat görece

kolay bir şekilde atomlarından ayrılabilirler. Yani iyonlaşabilir ve atomların oluşturduğu ortama; hem, yük taşıyor oldukları için elektrik, hem de, kütleleri olup kinetik enerji taşıyabildiklerinden dolayı, ısı iletkenlik kazandırırlar. Dolayısıyla, katı maddelerin elektrik ve ısı iletkenlik özellikleri, aynı kökene dayandıklarından, birbirleriyle güçlü bir şekilde ilişkilidirler. İletkenliğin düzeyi ise, 'değer' elektronlarının sayısına ve ne denli kolay iyonlaşabildiklerine bağlı. Bunu da elementin yörünge şeması belirler.

- Sıvılarda ve gazlarda elektrik iletimi iyonlarla yapılır. Ortam iyon bakımından ne kadar zengin ise elektronların taşınması da o kadar hızlı olur. Bu yüzden örneğin tuzlu su, elektriği iyi iletir. Gazlar normalde elektrik iletmeye gönüllü değildirler. Ancak yüksek sıcaklıklarda iyonize olabileceklerinden, elektriği iletebilirler
- Süperiletkenler, ısıları belli bir seviyeye düşürüldüğünde elektrik akımına karşı dirençlerini tamamen kaybeden maddelerdir. Bu bize, elektrik akımının sıradan iletkenlerde dirençten doğan ve ısı olarak yayılan enerji kaybını (%3 ile %10 arasındadır) engelleme olanağı verir. Süperiletkenlerin bir başka özelliği ise kusursuz diamanyetik olmaları. Yani süperiletkenler manyetik alanı tamamen iter. Böylece süperiletken mıknatıslar yardımıyla, örneğin bir treni raylara temas etmeden hareket ettirebilir ve sürtünmeyi azalttığımız için trenin çok daha hızlı gitmesini sağlarız. Bu tip süper hızlı trenler Japonya'da kullanılmakta.
- Yarı iletkenlerde elektrik iletkenliği (metallerden ve yalıtkanlardan farklı olarak) başka elementler (dopant) ekleyerek değiştirilebilir. İki tip ekleme vardır: n - tipi ve p - tipi. Elektrik iletkenliği sadece negatif yüklü elektronlarla değil; aynı zamanda pozitif yüklü boşluklarla da ilgilidir. Metallerden farklı ama yalıtkanlarla ortak olan özelliği ise, yarı iletkenlerde değerlik bandı (valence band) ile iletkenlik bandı (conduction band) arasında bir enerji aralığı vardır. Bu enerji aralığı yalıtkanlarda 5 eV dan fazla iken, yarı iletkenlerde 3.5 eV dolaylarındadır. Yarı iletkenlerin iletkenlikleri sıcaklık ve manyetik alana da duyarlıdır. Organik yarı iletkenlerin rezistansı inorganik yarı iletkenlerden daha fazladır, hatta neredeyse yalıtkanlar kadar yüksektir. Maliyetleri inorganik yarı iletkenlere göre daha düşüktür. Esnek substratların üzerine bile ince bir film tabakası şeklinde yerleştirilebilir. Son zamanlarda oldukça yaygın şekilde kullanılan organik yarı iletken, pentasindir (pentacene). Elektron akışkanlığı  $2\text{cm}^2/\text{V-saniye}$ dir ki; bu amorf silikondaki elektron akışkanlığından da daha yüksek bir değerdir.

## Kaynaklar

- [1] P.W. ATKINS, FİZİKOKİMYA, I. Baskı, 2004
- [2] A. Calka and D. Wexler, Mechanical milling assisted by electrical discharge, *Nature* **419**, 147-151 (12 September 2002)
- [3] [www.physics.bc.edu/arpes/superover.htm](http://www.physics.bc.edu/arpes/superover.htm)
- [4] [http://www.biltek.tubitak.gov.tr/merak\\_ettikleriniz/](http://www.biltek.tubitak.gov.tr/merak_ettikleriniz/)



# VERİLER, HESAPLAMALAR, SONUÇLAR

Deney Tarihi : ...../....../.....

Deney Sorumlusunun Adı: \_\_\_\_\_  
İmzası :





# DENGE SABİTİNİN SPEKTROFOTOMETRİK TAYİNİ

Fizikokimya Lab. I

Deney Tarihi : .../.../...

## Bu Deneyde :

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| Teori                             | 53 |
| Gerekli Malzemeler                | 55 |
| Deneyin Yapılışı                  | 55 |
| Hesaplamalar                      | 56 |
| Sorular                           | 56 |
| Veriler, Hesaplamalar ve Sonuçlar | 57 |

## İlgi çeken özel konular:

- Spektrofotometre
- Maksimum dalga boyu
- Moleküler ve atomik absorpsiyon
- Kimyasal denge

**Amaç :** Spektrofotometrik yöntem kullanılarak bir maddenin denge sabitinin belirlenmesi.

Kimyasal reaksiyonlar, hem reaktantların hem de ürünlerin mevcut olduğu, fakat artık herhangi bir yönde net bir değişimin gözlenmediği dinamik bir denge haline doğru kayar. Bazı hallerde denge karışımındaki ürünlerin derişimleri reaktantların derişiminden öylesine büyüktür ki, pratik olarak reaksiyonun “tamamlandığı” kabul edilir. Ancak birçok durumda hem reaktantlar hem de ürünler dikkate değer bir derişime sahiptirler.

### Lambert-Beer Yasası

Işık şiddetinin ölçülmesine fotometri, spektroskopik çalışmalar sırasında madde tarafından absorplanan ya da yayılan ışınların dalga boylarının belirlenmesine ise spektrofotometri denir.

Alman matematikçi Lambert, bir madde tarafından absorplanan bağıl ışın şiddetinin maddeye gelen ışın şiddetinden bağımsız olduğunu göstermiştir. Lambert yasası olarak bilinen bu olguya göre, I ışın şiddeti olmak üzere, maddenin her dx kalınlığında absorplanan  $-dI/I$  bağıl ışın şiddeti aynıdır. Toplam kalınlığı x olan bir maddeye gelen ışının şiddeti  $I_0$  ve a bir sabit olmak üzere,

$$-\frac{dI}{I} = a$$

$$\int_{I_0}^I \frac{dI}{I} = -a \int_0^x dx$$

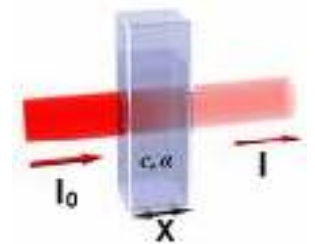
$$\ln \frac{I}{I_0} = -ax$$

$$\frac{I}{I_0} = e^{-ax}$$

$$\log \frac{I_0}{I} = \frac{ax}{2.303} \equiv A$$

Buradaki A niceliğine absorbans denir. Tersine ise, yani maddeden geçen ışın şiddetinin maddeye gelen ışın şiddetine oranına transmitans denir ( $I/I_0 \equiv T$ ).

Beer, bir çözeltideki absorbansın çözeltinin derişimi ile orantılı olarak arttığını göstermiştir.



**Şekil :** Kuvars bir küvetteki çözeltiye gelen ve ayrılan ışık şiddetinin gösterimi

Beer yasası olarak bilinen bu olguya göre, b bir sabit ve C çözeltinin molaritesi olmak üzere,

$$\log\left(\frac{I_0}{I}\right) = A = bc$$

eşitliği yazılır. İki yasanın birleşmesiyle ortaya çıkan Lambert-Beer yasası ise şöyle ifade edilebilir:

$$\frac{a.b}{2,303} \equiv \varepsilon$$

olmak üzere,

$$A \equiv \log \frac{I_0}{I} = \frac{abcx}{2.303} = \varepsilon cx$$

eşitliği ortaya çıkar. Burada,

$\varepsilon$ : absorpsiyon katsayısı ( $\text{dm}^3 \text{mol}^{-1} \text{cm}^{-1}$ )

x : ışığın aldığı yol

c : maddenin konsantrasyonu olarak tanımlanır.

$$\log \frac{I_0}{I} = A = (\varepsilon_1 c_1 + \varepsilon_2 c_2 + \dots)x$$

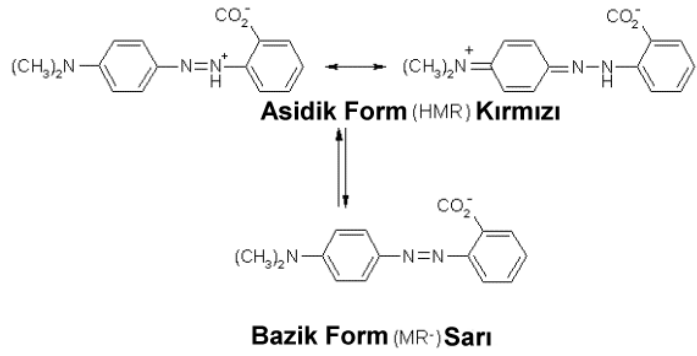
(LAMBERT-BEER YASASI)

Eğer örnekte iki veya daha fazla sayıda absorplayıcı madde bulunuyorsa, gözlenen absorbans bu maddelerin absorbansları toplamına eşit olur. örneğin iki farklı madde için

$$A = A_1 + A_2$$

Sulu çözeltilerde metil kırmızısı zwitter iyon olup, şekilde gösterilen iki sınır hal arasında bir rezonans yapıya sahiptir. Asidik çözeltilerde kırmızı renkli HMR şeklinde, bazik çözeltilerde ise sarı renkli  $\text{MR}^-$  yani bir protonunu kaybetmiş şekilde bulunur. Metil kırmızısının denge sabiti

$$K_c = \frac{[\text{H}^+][\text{MR}^-]}{[\text{HMR}]}$$



Şekil: Metil kırmızısının (MR) asidik ve bazik formları

şeklinde. Bu denklemi

$$\text{pH} = \text{p}K_c + \log \frac{[\text{MR}^-]}{[\text{HMR}]}$$

Şeklinde kullanmak daha uygundur. İyonlaşma sabiti, bilinen pH değerlerinde  $[\text{MR}^-]/[\text{HMR}]$  oranının ölçümlerinden hesaplanabilir.

Metil kırmızısının bu iki hali görünür bölgede kuvvetli bir şekilde absorplama yaptığından,  $[\text{MR}^-]/[\text{HMR}]$  spektrofotometrik olarak tayin edilebilir. Metil kırmızısının asidik ve bazik çözeltilerde absorpsiyon spektrumları belirlenir ve iki halin karışımlarının analizi için iki dalga boyu seçilir ( $\lambda_1$  ve  $\lambda_2$ ). Bu dalga boylarından birinde metil kırmızısının asidik şekli bazik şekline kıyasla çok daha büyük bir absorbans indeksine sahip olmalı; diğerinde ise bu durum tam tersi olmalıdır. Lambert-Beer yasasına uyup uymadığını belirlemek amacıyla çeşitli konsantrasyonlar kullanılarak HMR ve  $\text{MR}^-$  nin absorbans indeksleri bu dalga boylarının her ikisinde de tayin edilir.  $\text{MR}^-$  ve HMR'in herhangi bir karışımının bileşimi hücre kalınlığı 1 alınarak  $\lambda_1$  ve  $\lambda_2$  dalga boylarındaki  $A_1$  ve  $A_2$  absorbanslarından hesaplanabilir.

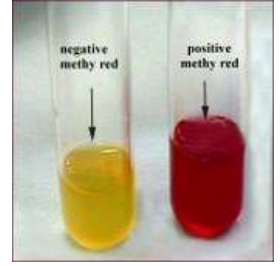
$$A_{\lambda_1} = \varepsilon_{1,\text{HMR}} [\text{HMR}] + \varepsilon_{1,\text{MR}^-} [\text{MR}^-]$$

$$A_{\lambda_2} = \varepsilon_{2,\text{HMR}} (\text{HMR}) + \varepsilon_{2,\text{MR}^-} (\text{MR}^-)$$



## Gerekli Malzemeler

- Spektrofotometre,
- pH metre,
- metil kırmızısı,
- sodyum asetat,
- asetik asit,
- hidroklorik asit,
- %95 lik etanol,
- balon joje ve pipet



Şekil: Metil kırmızısının asidik ve bazik hallerinin renkleri

## Deneyin Yapılışı

- 0,2 g metil kırmızısı 60ml %95'lik etanolde çözülür ve destile suyla 100 ml'ye tamamlanır. (**stok çözelti**)
- 10 ml stok çözeltiden alınır 0.01M HCl ile 100 ml'ye tamamlanır. (**asidik çözelti**)
- 10 ml stoktan alınır ve 0.01M sodyum asetat çözeltisi ile 100 ml'ye tamamlanır. (**bazik çözelti**).
- Her iki çözeltinin dalgaboyu taraması spektrofotometre ile yapılır. Tarama sonucu elde edilen grafiklerden her iki çözelti için iki dalgaboyu seçilir.
- Stok çözeltiden 1-1,5-2-2,5ml alınıp 0,01 M HCl çözeltisi ile 50ml'ye tamamlanarak 4 farklı konsantrasyonda asidik metil kırmızısı çözeltileri hazırlanır.
- Stok çözeltiden 1-1,5-2-2,5ml alınıp 0,01 M sodyum asetat çözeltisi ile 50ml'ye tamamlanarak 4 farklı konsantrasyonda bazik metil kırmızısı çözeltileri hazırlanır.
- Hazırlanan bu farklı metil kırmızısı derişimlerindeki asidik ve bazik çözeltilerin seçilen her iki dalga boyunda her ikisinin de absorbensları ölçülür.
- Boyar maddenin iyonlaşma sabitini tayin etmek için 4 tane 50 ml lik balon jojeye 0.01 M  $\text{CH}_3\text{COONa}$  içeren bazik metil kırmızısı çözeltisinden 10'ar ml alınır. 0.01M asetik asit çözeltisinden 1. balon jojeye 10 ml, 2. balon jojeye 20 ml, 3. balon jojeye 30 ml ve 4. balon jojeye 40 ml konulur ve toplam hacim 50 ml olacak şekilde saf suyla tamamlanır. Böylece sabit metil kırmızısı konsantrasyonuna sahip farklı asitlik ve bazlık oranlarında 4 ayrı çözelti elde etmiş oluruz.
- Bu çözeltilerin öncelikle pH ları okunur ve kaydedilir.
- Daha sonra her bir çözeltinin seçilmiş olan her iki dalga boyunda absorbensları ölçülür.
- Bu grafiğin ekstrapole değeri  $\text{pK}_c$ 'yi verir. (grafik çizilerek hesaplanmasının nedeni nedir? Bulunan tek bir değer için formülden hesaplanmasının sakıncası nedir?)

## Hesaplamalar

- Ölçülen absorpsiyonlara karşı konsantrasyon grafikleri çizilir ve bu grafiklerin eğiminden absorpsiyon katsayıları  $\epsilon$  hesaplanır.
- Her bir çözelti için bulunan  $\epsilon$  değerleri yerine yazılarak  $[MR^-]$  ve  $[HMR]$  konsantrasyonları hesaplanır.
- Her bir çözelti için bulunan bu konsantrasyonlar

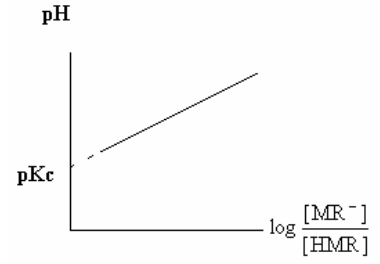
$$pH = pK_c + \log \frac{[MR^-]}{[HMR]}$$

denkleminde yerine konularak,

$$\log \frac{[MR^-]}{[HMR]}$$

ifadeleri hesaplanır.

- pH'a karşı  $\log \frac{[MR^-]}{[HMR]}$  grafiği çizilir, bu grafiğin ekstrapole değeri  $pK_c$ 'yi verir.



**Şekil:**  $pK_c$  değerini bulmak için çizilen grafik



**Deneyisel sonuçlarınızı hesaplamadan önce tüm basamakların yapıldığından emin olunuz ve deneyin sorumlusundan gerekli bilgileri alınız !**

## Sorular

- Spektrofotometrik yöntemle çalışırken en uygun dalga boyu neye göre seçilir?
- Çizilen grafiklerin eğimi neden absorpsiyon katsayısına eşittir?
- Grafiklerin sıfır noktasından geçmesi gereklidir?
- Grafik çizilerek  $pK_c$  hesaplanmasının nedeni nedir? Bulunan tek bir değer için formülden hesaplanmasının sakıncası nedir?



**Yandaki soruları deney sonrasında tartışınız !**



# VERİLER, HESAPLAMALAR VE SONUÇLAR

Deney Tarihi : ...../..../.....

Deney Sorumlusunun Adı: \_\_\_\_\_  
İmzası :





# ÇÖZELTİLERDE KİMYASAL DENGE



Fizikokimya Lab. I

Deney Tarihi : .../.../...

## Bu Deneyde :

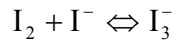
|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| Teori                             | 60 |
| Gerekli Malzemeler                | 61 |
| Deneyin Yapılışı                  | 62 |
| Hesaplamalar                      | 62 |
| Veriler, Hesaplamalar ve Sonuçlar | 64 |

## İlgi çeken özel konular:

- Dağılma, çözünme
- $K_p$ ,  $K_{çç}$  ve  $K_d$
- Polar ve apolar çözücüler

**Amaç :** Homojen ve heterojen denge olaylarından yararlanarak, dağılma ve denge sabitlerinin belirlenmesi

Bu deneyde, sulu çözeltilerde tipik bir homojen denge incelenecek ve kütleleri etkisi yasasının geçerliliği gösterilecektir. İncelenecek denge, elementel iyodun sulu KI çözeltilerinde çözünmesi sırasında meydana gelen



dengesidir. Sulu fazda gerçekleşen bu olay homojen bir dengedir. Moleküler iyodun su ve karbondiklorür gibi birbirleriyle karışmayan iki sıvı arasında dağılmasıyla da heterojen bir denge oluşur.

## Homojen denge

Termodinamik açıdan tam denge sabiti ( $K_a$ ; içerilen kimyasal türlerin aktifliklerine göre ifade edilmeli), incelenen reaksiyon için aşağıdaki gibi verilebilir:

$$K_a = \frac{[I_3^-]}{[I_2][I^-]} \frac{\gamma_{I_3^-}}{\gamma_{I_2}\gamma_{I^-}} = \frac{[I_3^-]}{[I_2][I^-]} = K_c$$

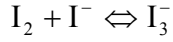
Burada  $\gamma$  aktiflik katsayısı,  $K_c$  konsantrasyon

na göre denge sabitidir. İyonik türlerin aktiflik katsayıları için Debye-Hückel teorisi

$$\log \gamma_i = \frac{-0.509 Z_i^2 \sqrt{\mu}}{1 + \sqrt{\mu}}$$

Şeklinde. Hem  $I^-$  hem de  $I_3^-$  aynı yüke sahip olduklarından  $\gamma_{I^-}$  ve  $\gamma_{I_3^-}$  aktiflik katsayıları birbirine eşit alınır. Bununla beraber, denklemden iyonların boyut ve şekillerindeki değişiklikler hesaba katılmamıştır. Sulu çözeltide  $I_2$  konsantrasyonu çok küçüktür. Bu nedenle aktiflik katsayısı yaklaşık 1'e eşittir.

Eğer konsantrasyonu ( $C$ ) kesin olarak bilinen bir KI çözeltisi içinde iyot çözülürse, dengede iyodun bir kısmı  $I_2$  molekülleri ve diğer kısmı  $I_3^-$  iyonları (başlangıçta alınan  $I^-$  iyonlarının reaksiyon vererek  $I_3^-$  iyonlarına dönüşmüş kısmı) halinde bulunacaktır.



Toplam iyot konsantrasyonu:  $T = [I_2] + [I_3^-]$  standart tiyosülfat çözeltisi ile titrasyon yoluyla bulunabilir. Denge halinde  $[I_2]$  değeri ayrıca bulunabilirse, buradan  $K_c$  hesaplanabilir. Çünkü

$$[I_3^-] = T - [I_2]$$

$$[I^-] = C - [I_3^-]$$

Dengedeki  $I_2$  konsantrasyonu ise, sulu çözeltiler ile karışmayan  $CCl_4$  ün moleküler  $I_2$  yi çözmesi, fakat iyonik türleri ( $I^-$  ve  $I_3^-$ ) çözmemesi avantajından yararlanarak hesaplayabiliriz.

### Heterojen denge

Şimdi çözünen durumundaki moleküler iyodun birbiriyle karışmayan iki sıvı faz (sulu çözelti ve  $CCl_4$ ) arasında dağılımını inceleyelim. Dengede  $I_2$ 'nin bu iki fazdaki konsantrasyonları ( $[I_2]_{su}$  ve  $[I_2]_{CCl_4}$ ) dağılım katsayısı ( $K_d$ ) ile bağıntılıdır.

$$K_d = \frac{[I_2]_{su}}{[I_2]_{CCl_4}}$$

Moleküler iyot, saf su ve  $CCl_4$  içerisinde dağıldığı zaman standart tiyosülfat çözeltisi ile her iki fazı titre etmek suretiyle  $K_d$ 'nin değeri doğrudan belirlenir.  $K_d$  belirlendikten sonra  $I_3^-$  değeri, sulu faz içindeki  $I_2$ 'nin titrasyonu ile elde edilebilir. Dağılım katsayısının bu şekilde kullanılması bu değer in sulu fazdaki iyonların varlığından etkilenmediği kabulüne dayanmaktadır.

## Gerekli Malzemeler

- Erlen, büret, balon joje, pipet, beher, mezur, spor ve kısıkaçlar,  $I_2$ ,  $CCl_4$ , KI,  $Na_2S_2O_3$ , nişasta.
- 1 L 0.01 M tiyosülfat çözeltisi
- 250 ml 0.1 M KI
- 100 ml 0.03 M KI
- Nişasta çözeltisi (Kaynar su içerisinde soğutulularak hazırlanır).
- 1 L 0.05M tiyosülfat çözeltisi
- 250 ml 0.15 M KI

## Deneyin Yapılışı ve Hesaplamalar

### 1. Kd dağılma sabitinin bulunması:

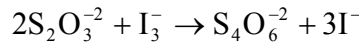
- Bunun için, 25 ml CCl<sub>4</sub> içinde tabloda verilen konsantrasyonlarda I<sub>2</sub> çözeltileri hazırlanır. Bu çözeltilerin üzerine 100 ml saf su eklenir ve erlenler dengeye gelinceye kadar yaklaşık 1 saat çalkalanır.

Böylece moleküler iyot su ve CCl<sub>4</sub> fazlarında dağılmış olur.

- Her iki fazda dağılan moleküler iyotun miktarını bulmak için her iki fazdan alınan örnekler konsantrasyonu bilinen tiyosülfat çözeltisi ile titre edilir. Sulu faz için 0.01 M tiyosülfat çözeltisi, organik faz için ise 0.05M tiyosülfat çözeltisi kullanılmalıdır.

| ERLEN NO | CCl <sub>4</sub> FAZI (25 mL) |
|----------|-------------------------------|
|          | I <sub>2</sub> MOLARİTESİ     |
| 1        | 0.08 M                        |
| 2        | 0.04 M                        |
| 3        | 0.02 M                        |

- Titrasyon için pipetle alınan örnekler 10 mL 0,1 M KI içeren erlenlere boşaltılır. Örnekler tiyosülfat ile titre edilmeye başlanır. Dönüm noktası yakınına gelindiğinde (sulu iyot çözeltisinin renginin çok açık sarı olduğu zaman) 1-2 damla nişasta çözeltisinden eklenir. Bu çözelti iyotu absorplayarak koyu mavi bir renk verdiği için indikatör olarak davranır. Dönüm noktasında bu mavi renk aniden kaybolur. Titrasyonda gerçekleşen reaksiyon ise,



Şeklindeir. (Eğer nişasta çok erken eklenmiş ise renk döndükten sonra çözelti tekrar renklenir. Çünkü koloidal nişasta parçacıklarının iç kısımlarına girmiş olan iyot dışarıya difüzlenir. Titrasyona mavi renk tekrar ortaya çıkıncaya kadar devam edilmelidir.)

- İkili fazın titrasyonunda tiyosülfat çözeltisinin her ilavesinden sonra erleni şiddetle çalkalayınız.
- Titrasyonlar sonucu tiyosülfat hacimlerini kaydedin.
- Her bir faz için dengedeki iyot konsantrasyonlarını bu verileri kullanarak hesaplayın.

$$K_d = \frac{[I_2]_{su}}{[I_2]_{CCl_4}}$$

- Bu verileri formülünde yerine koyarak dağılma sabitini hesaplayın. Her bir erlen için bulduğunuz dağılma sabiti değerlerinin ortalamasını alın.



**2. K<sub>c</sub> denge sabitinin bulunması:**

| ERLEN NO | CCl <sub>4</sub> FAZI (25 mL)<br>I <sub>2</sub> MOLARİTESİ | SULU FAZ (100 mL)<br>KI MOLARİTESİ |
|----------|------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| 1        | 0.08 M                                                     | 0.15                               |
| 2        | 0.04 M                                                     | 0.15                               |
| 3        | 0.08 M                                                     | 0.03                               |

- Yukarıdaki tabloda verilen molaritelerde iyot çözeltilerini CCl<sub>4</sub> fazında hazırlayın.
- Bu çözeltilere tabloda verilmiş olan konsantrasyonlarda KI çözeltilerinden 100 ml ekleyin ve 1.5 saat boyunca dengeye gelene kadar çalkalayın.
- Çalkalama işlemi bittikten sonra her iki fazı da bir önceki basamakta anlatıldığı gibi tiyosülfat çözeltisi ile titre edin.
- CCl<sub>4</sub> fazında sadece moleküler iyot çözünmüştür. Bu durumda organik fazın titrasyonu sonucu elde edilen değer  $[I_2]_{CCl_4}$  değeridir. Dağılıma sabiti K<sub>d</sub> ise bir önceki basamakta hesaplanmıştı. Bu durumda  $[I_2]_{SU} = K_d \cdot [I_2]_{CCl_4}$  formülü kullanılarak sulu fazdaki moleküler iyot konsantrasyonu hesaplanabilir.
- Sulu fazın titrasyonu sonucu ise toplam iyot konsantrasyonu (T) elde edilir.  $[I_3^-] = T - [I_2]_{SU}$  formülünde elde edilen değerler yerine yazılarak sulu fazdaki  $[I_3^-]$  konsantrasyonu hesaplanmış olur.
- Konsantrasyonu (C) kesin olarak bilinen bir KI çözeltisi içinde iyot çözdüğümüz için,  $[I^-] = C - [I_3^-]$  formülünde bulunan bu değerler yerine konularak dengedeki  $[I^-]$  konsantrasyonu hesaplanmış olur.

$$K_c = \frac{[I_3^-]}{[I_2][I^-]} ; \text{denkleminde hesaplanan değerler yerine konularak denge sabiti hesaplanır.}$$

**VERİLER**

| Erlen no | Sulu fazdaki I <sub>2</sub><br>konsantrasyonu | Organik fazdaki I <sub>2</sub><br>konsantrasyonu | $\frac{[I_2]_{SU}}{[I_2]_{CCl_4}}$ | Kd ortalama |
|----------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------|-------------|
| 1        |                                               |                                                  |                                    |             |
| 2        |                                               |                                                  |                                    |             |
| 3        |                                               |                                                  |                                    |             |

| Dengedeki I <sub>2</sub> konsantrasyonu | Dengedeki $[I_3^-]$<br>konsantrasyonu | Dengedeki $[I^-]$<br>konsantrasyonu | Kc |
|-----------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|----|
|                                         |                                       |                                     |    |



# VERİLER, HESAPLAMALAR VE SONUÇLAR

Deney Tarihi : ...../..../.....

Deney Sorumlusunun Adı: \_\_\_\_\_  
İmzası : \_\_\_\_\_



