



## MÜHENDİSLİK KİMYASI DERS NOTLARI

Yrd. Doç. Dr. Atilla EVCİN



## Çözeltiler


- **Çözelti**, iki veya daha fazla maddenin homojen bir karışımı olup, en az iki bileşenden oluşur. Bileşenlerden biri çözücü, diğeri ise çözünen dir.
- Çözeltiyi oluşturan bileşenlerden miktarı az olana "**çözünen**", fazla olanına ise "**çözücü**" denir.
- Çözücü, genellikle çözeltinin fiziksel durumunu belirler. Buna göre çözeltiler, **gaz**, **sıvı** veya **kati** halinde olabilirler. Örneğin nefes aldığımız **hava**, azotta çözülmüş oksijen, argon gibi çeşitli gazların oluşturduğu bir "**gaz çözelti**", **deniz suyu**, tuz ve suda bulunan pek çok sayıda başka maddelerin oluşturduğu bir "**sıvı çözelti**", diş dolgusunda kullanılan **amalgam**, gümüşte cıvanın çözünmesi ile oluşturulan bir "**kati çözelti**" örneğidir.



## Çözelti Çeşitleri

Tablo 11.1: Fiziksel Hallerine Göre Bazı Çözelti Örnekleri

Örnek Çözeltiler	Çözücü	Çözünen
<b>Gaz Çözelti</b>		
Hava (azotta çözülmüş oksijen ve diğer gazlar)	gaz	gaz
<b>Sıvı Çözeltiler</b>		
Soda (suda çözülmüş karbon dioksit)	sıvı	gaz
Sirke (suda çözülmüş asetik asit)	sıvı	sıvı
Şekerli su (suda çözülmüş şeker)	sıvı	kati
<b>Kati Çözeltiler</b>		
Palladyumda hidrojen	kati	gaz
Çelik (demirde karbon)	kati	kati



## Çözünme

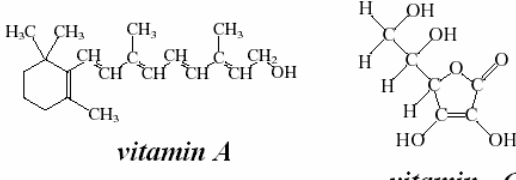
- **Çözünme olayı**, çözücü ve çözünenin **homojen** olarak **karışması** ile gerçekleşir. Bir madde diğeri içinde çözüldüğünde, **çözünenin tanecikleri** çözücü içerisinde **homojen** olarak dağıtılır ve çözünen tanecikleri, çözücü molekülleri arasında yer alır
- • **Çözünen taneciklerinin birbirinden uzaklaşması** (enerji gerekir,;)
- • **Çözücü taneciklerinin** çözüneni yerleştirmek üzere aralarında boşluk açmak için birbirlerinden ayrılması (enerji gerekir)
- • **Çözücü taneciklerinin** çözünen taneciklerini çekmesi (enerji verir)

### Tam karışan ve karışmayan sıvılar



Şişmeğin farklı sıvıların, aynı sıvıya karışması

### Hangisi suda çözünür ?



*vitamin A*

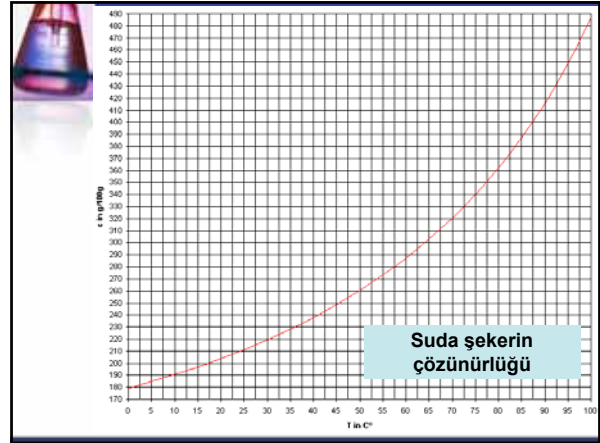
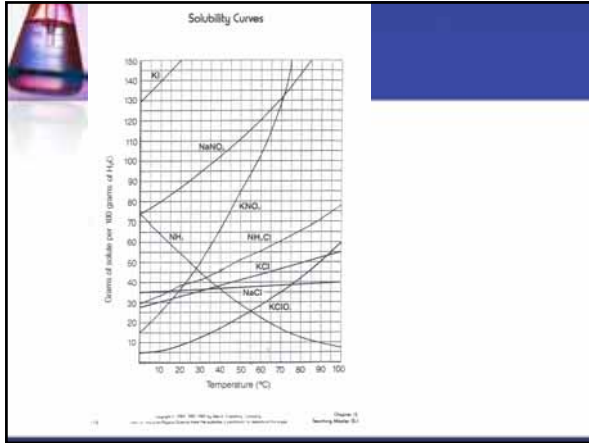
*vitamin C*

### Bileşiğin suda çözünmesi




### Çözünürlük

- Herhangi bir sıcaklıkta belirli miktar çözücüde çözünebilir madde miktarına, o maddenin o koşullardaki "çözünürlüğü" adı verilir.
- Örneğin, oda sıcaklığında 20 g glukoz 100 mL suda karıştırılırsa, glukozun tamamı çözünür. Ancak 300 g glukoz aynı şekilde 100 mL suya eklenirse bir miktarı çözünmeden kalacaktır. Bu koşullarda çözücü bu maddeyi daha fazla çözemeyeceğinden bu çözeltiye "doymuş çözelti" denir.
- Doymuş çözeltilerde;  
 $\text{Çözünen}_{\text{saf}} \leftrightarrow \text{Çözünen}_{\text{çözünmüş}}$   
dinamik dengesi vardır.



- Çözünürlüklerine Göre Çözeltiler
  - Doymuş Çözelti
  - Doymamış Çözelti
  - Aşırı Doymuş Çözelti
- Derişimlerine Göre Çözeltiler
  - Seyreltik Çözelti
  - Derişik Çözelti

- Doymuş bir çözelti için verilen çözünürlük değerinden daha az miktarda madde bulunduran çözeltiler ise "**doymamış çözelti**" olarak adlandırılır.
- Örneğin 20°C'da 100 g suda 36 g'dan daha az NaCl çözünmesi ile hazırlanan çözelti, "**doymamış çözeltidir**" ve NaCl'ün hepsi çözünür.
- Diğer yandan, belli bir sıcaklıkta doymuş bir çözelti hazırlanıp, ardından **sıcaklık** çözünürlüğün daha az olduğu bir değere getirildiğinde (genellikle sıcaklık düşürülür) genellikle **çözünenin fazlası çöker**. Bu tür çözeltiler de **aşırı doymuş çözeltiler** olarak adlandırılır.
- Diğer bir deyişle, eğer bir çözücü verilen koşullarda, çözebileceği miktarlardan **fazla madde** çözmüş ise, bu tür çözeltiler "**aşırı doymuş çözeltiler**" olarak tanımlanır.

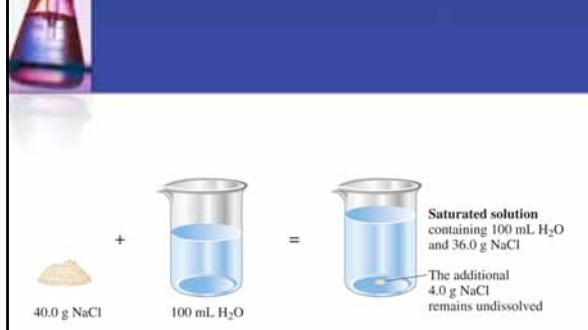


- Doymuş çözeltide çözünen madde miktarı, o maddenin o çözücüdeki "**çözünürlüğü**" olarak belirtilir. Bir maddenin çözünürlüğü genellikle belirli bir sıcaklıkta **100 g veya 100 mL çözücüde** çözünebilen maddenin **gram cinsinden ağırlığı** olarak verilir.

$$\text{NaCl (k)} \rightleftharpoons \text{Na}^+ (\text{sulu}) + \text{Cl}^- (\text{sulu})$$

Çözünen                      Çözünmüş iyonlar


- Örneğin sodyum klorür (NaCl)'ün sudaki çözünürlüğü **20°C da 36 g/100 mL**'dir. Bu ifadeden NaCl'ün verilen şartlarda 100 mL suda 36 g'dan daha fazla çözünmeyeceği anlaşılır. **Doymun** hale gelmiş bu çözeltiye daha fazla NaCl ilave edildiğinde, ilave edilen NaCl çözeltide çözünmeden **kati** halde kalacaktır.



40.0 g NaCl + 100 mL H<sub>2</sub>O = Saturated solution containing 100 mL H<sub>2</sub>O and 36.0 g NaCl

The additional 4.0 g NaCl remains undissolved

© Houghton Mifflin Company. All rights reserved.




## Çözelti Konsantrasyonları

- Kütlece yüzde. (m/m)
- Hacimce yüzde. (v/v)
- Kütle/hacimce yüzde. (m/v)

- Yüzde Değişim

Yüzde değişim, "çözünen maddenin çözelti içerisindeki yüzdesini" belirtir. Bu değişim birimi değişik anlamlarda kullanılabilirliğinden, kütle yüzdesi, hacim yüzdesi ve kütle/hacim yüzdesi gibi terimlerle açıkça belirtilmesi gerekir.



## Kütlece Yüzde

(i) Kütle Yüzdesi

Çözünen madde kütlelerinin çözeltinin kütlelerine oranının 100 katına "kütle yüzdesi" denir. Kütle yüzdesinin birimi yoktur ve şu eşitliklerle ifade edilebilir.

$$\text{Kütle Yüzdesi} = \frac{\text{Çözünenin kütlesi}}{\text{Çözünenin kütlesi} + \text{Çözücünün kütlesi}} \times 100$$
$$= \frac{\text{Çözünenin kütlesi}}{\text{Çözeltinin kütlesi}} \times 100$$

### Örnek

0,892 g Potasyum klorür (KCl), 54,6 g suda çözüldüğünde, KCl'ün kütlece yüzdesi nedir?

$$\text{KCl'ün Kütle Yüzdesi} = \frac{0,892 \text{ g}}{0,892 \text{ g} + 54,6 \text{ g}} \times 100$$
$$= 1,61$$

### Hacimce Yüzde

(ii) Hacim Yüzdesi

Kütle yüzdesinin benzeri olup, kütle yüzdesinde yer alan kütle yerine, çözünen maddenin ve çözeltinin hacmi kullanılır.

Hacim yüzdesi; çözünen maddenin hacmi, çözeltinin toplam hacmine oranının 100'le çarpımı ile hesaplanır ve aşağıdaki eşitlikle ifade edilebilir.

$$\text{Hacim yüzdesi} = \frac{\text{Çözünenin hacmi}}{\text{Çözeltinin hacmi}} \times 100$$

### Kütle/Hacim Yüzdesi

(iii) Kütle/Hacim Yüzdesi


Bu derişim birimi ise çözünen kütlelerinin çözeltinin hacmine oranının 100'le çarpılması ile hesaplanır ve aşağıdaki eşitlikle ifade edilebilir.

$$\text{Kütle /Hacim yüzdesi} = \frac{\text{Çözünenin kütlesi}}{\text{Çözeltinin kütlesi}} \times 100$$

### 10% Etanol Çözeltisi (v/v)




Etanol-su çözeltisi  
 $d = 0,982 \text{ g/mL}$




### ppm, ppb ve ppt

- Çok seyreltik konsantrasyonları ise:  
ppm: parts per million ( $\mu\text{g/g}$ ,  $\text{mg/L}$ )  
ppb: parts per billion ( $\text{ng/g}$ ,  $\mu\text{g/L}$ )  
ppt: parts per trillion ( $\text{pg/g}$ ,  $\text{ng/L}$ )


1.0 L  $\rho$  1.0 g/mL = 1000 g  
ppm, ppb ve ppt; m/m ve v/v için uygundur.



- $\text{ppm} = \frac{\text{\#g çözünen}}{\text{\#g çözelti}} * 10^6 = \frac{\text{\#mg çözünen}}{\text{\#kg çözelti}}$
- $\text{ppm} = \frac{\text{\#micro-L çözünen}}{\text{\#L çözelti}}$



### Mol Kesri

$$\chi = \frac{\text{1 bileşenin toplam miktarı (mol)}}{\text{Tüm bileşenlerin toplam miktarı (mol)}}$$
$$\chi_1 + \chi_2 + \chi_3 + \dots + \chi_n = 1$$


### Molarite

$$\text{Molarite (M)} = \frac{\text{Çözünenin miktarı (mol)}}{\text{Çözeltinin hacmi (litre)}} \quad M = \frac{m}{M_A} \frac{1000}{V}$$

*Molarite, bir litre çözeltide çözünenin mol sayısıdır. Buna göre bir çözeltinin molaritesi, çözünenin mol sayısının, litre cinsinden çözeltinin hacmine oranı olup*

$$\text{Molarite} = \frac{\text{Çözünenin mol sayısı}}{\text{Çözeltinin hacmi}} = \frac{n(\text{mol})}{V(\text{L})}$$

*şeklinde ifade edilir.*

$$M = \frac{d.t.1000}{M_A}$$

### Molar Çözeltinin Hazırlanması



A B C D

### Örnek

Kütlesi 24,3 g olan sodyum sülfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) bir miktar suda çözüldükten sonra hacmi su ile 250 mL'ye tamamlanıyor. Çözeltinin molaritesi nedir?

$$\text{Na}_2\text{SO}_4\text{'in mol sayısı} = \frac{24,3 \text{ g}}{142,1 \text{ g/mol}} = 0,171 \text{ mol}$$
$$\text{Molarite} = \frac{0,171 \text{ mol}}{0,250 \text{ L}} = 0,684 \text{ mol/L}$$

### Örnek

100,0 mL 3,0 M nitrik asit ( $\text{HNO}_3$ ) çözeltisi hazırlamak için kaç gram derişik  $\text{HNO}_3$  gereklidir? Derişik nitrik asit kütlece %70'lidir (Kütlece %70'lik derişik  $\text{HNO}_3$ ; 100 g derişik  $\text{HNO}_3$ 'te 70 g  $\text{HNO}_3$  bulunuyor anlamında-dır).

$$100,0 \text{ mL çözeltideki } \text{HNO}_3 \text{ 'in mol sayısı} = (3,0 \text{ mol/L}) \times (0,100 \text{ L}) = 0,3 \text{ mol}$$
$$\text{Derişik } \text{HNO}_3 \text{ 'in gram miktarı} = (0,3 \text{ mol}) \times (63,0 \text{ g/mol}) \times \left( \frac{100,0 \text{ g der } \text{HNO}_3}{70,0 \text{ g } \text{HNO}_3} \right) = 27,0 \text{ g } \text{HNO}_3$$

100,0 mL 3,0 M  $\text{HNO}_3$  çözeltisi hazırlamak için 27,0 g derişik  $\text{HNO}_3$  çözeltisi gereklidir.

### Molalite

$$\text{Molalite (m)} = \frac{\text{Çözünenin miktarı (mol)}}{\text{Çözücünün kütlesi (kilogram)}} \quad M = \frac{m_{\text{çözünen}}}{M_A} \frac{1000}{m_{\text{çözücü}}}$$

Molalite, 1 kg çözücünde (çözeltide değil) çözünen maddenin mol sayısı olarak tanımlanır. Molalite veya molal derişim "m" ile gösterilir ve aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$\text{Molalite} = \frac{\text{Çözünenin mol sayısı}}{\text{Çözücünün kütlesi (kg)}}$$

### Örnek

0,200 m KNO<sub>3</sub> çözeltisi hazırlamak için 250 g suya kaç gram KNO<sub>3</sub> eklemek gerekir?

KNO<sub>3</sub>'ün gram miktar = (0,200 mol/kg) x (0,250 kg) x (101,1 g/mol)  
= 5,06 g

### Normalite

- 1 L çözeltide çözünen maddenin eşdeğer gram miktarına normalite (N) denir.

$$N = \frac{esd.g}{L}$$

- eşdeğer gram =  $M_g/n$  n= tesir değeri
- Asitler için sulu çözeltilerinde verdikleri H<sup>+</sup> sayısı
- Bazlar için sulu çözeltilerinde verdikleri OH<sup>-</sup> sayısı
- Tuzlar için + veya - yük sayısı
- Yükseltgen veya indirgen maddeler için alınan verilen elektron sayısı

### Örnek

Madde	Molekül Ağ.	Esd.Gramı	Gram	Hacmi	Normalite	Molarite
Ca(OH) <sub>2</sub>	74	4		1 L		2
HNO <sub>3</sub>	63		630		2	
NaOH	40		120	100 ml		
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	98	2			1	

Madde	Molekül Ağ.	Esd.Gramı	Gram	Hacmi	Normalite	Molarite
Ca(OH) <sub>2</sub>	74	4	148	1 L	4	2
HNO <sub>3</sub>	63	10	630	5	2	2
NaOH	40	3	120	100 ml	30	30
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	98	2	98	2	1	0,5

### Seyreltme

$$M_i V_i = M_s V_s$$
$$n_i = n_s$$

Laboratuvarlarda, çözeltiler genellikle derişik hazır çözeltilerden hazırlanırlar. Bu hazır derişik çözeltilerden, daha az derişik veya seyreltik çözeltiler hazırlamak oldukça kolaydır. Bunun için alınan derişik bir çözelti örneğine yeterli miktarda saf su ilave edilir. Bu nedenle alınan derişik çözeltideki çözünen madde miktarının, hazırlanan seyreltik çözeltide de aynen bulunacağı unutulmamalıdır.

### Örnek

500 mL 2,0 M amonyak (NH<sub>3</sub>) çözeltisi hazırlamak için, 14,8 M derişik amonyak çözeltisinden gereken hacmi hesaplayınız.

$$M_i V_i = M_s V_s$$
$$(14,8 \text{ mol/L}) \times V_i = (2,0 \text{ mol/L}) \times (0,500 \text{ L})$$
$$V_i = 6,76 \times 10^{-2} \text{ L}$$
$$V_i = 67,6 \text{ mL}$$

### Seyreltme

**Konsantre çözelti**  
Birim hacimde daha fazla çözünen tanecek

**Seyreltik çözelti**  
Birim hacimde daha az çözünen tanecek