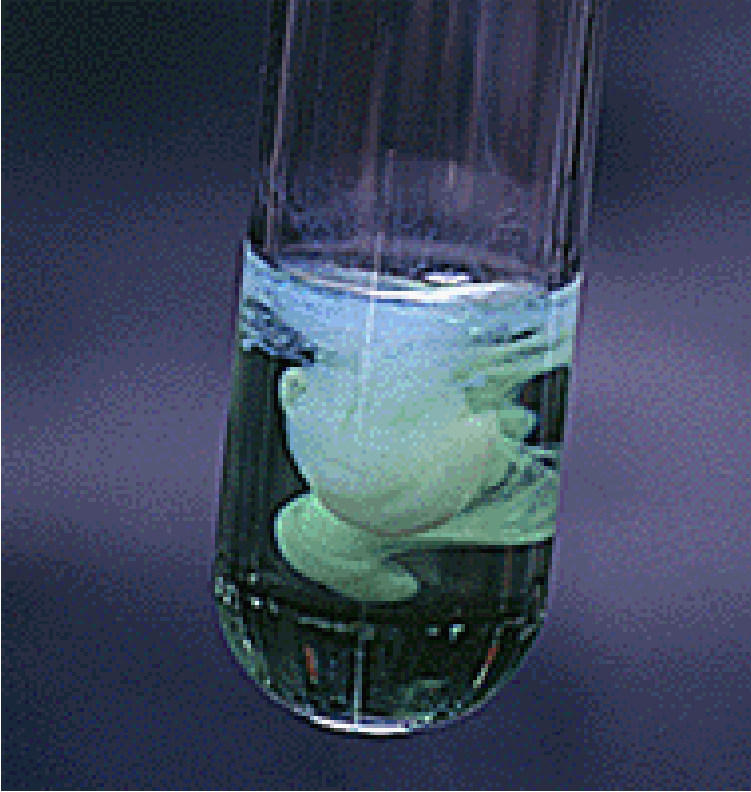


# ÇÖZÜNÜRLÜK DENGESİ



(a)



(b)



(c)

# Çözünürlük kuralları

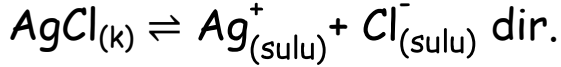
- Bütün amonyum ,  $\text{NH}_4^+$ , bileşikleri suda çok çözünürler.
- Alkali metal (Grup IA) bileşikleri suda çok çözünürler.
- Klorür ( $\text{Cl}^-$ ), bromür ( $\text{Br}^-$ ) ve iyodür ( $\text{I}^-$ ) bileşikleri suda çok çözünürler, ancak bunların  $\text{Ag}^+$  , $\text{Hg}^{2+}$  ve  $\text{Pb}^{+2}$  ile yaptıkları bileşikler çözünmezler.
- Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) asetat ( $\text{CH}_3\text{OO}^-$ ), klorat ( $\text{ClO}_3^-$ ) ve perklorat ( $\text{ClO}_4^-$ ), bileşikleri suda çok çözünür.
- Sülfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) bileşiklerinin çoğu suda çok çözünür. Ancak kalsiyum sülfat ( $\text{CaSO}_4$ ) ve gümüş sülfat ( $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ ) suda az çözünür, baryum sülfat ( $\text{BaSO}_4$ ), civa (II) sülfat ( $\text{HgSO}_4$ ) ve kurşun-II- sülfat ( $\text{PbSO}_4$ ) suda az çözünürler.
- Karbonat ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), kromat ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ), oksalat ( $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ ) ve fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) bileşikleri suda çok az çözünür; ancak IA Grubu elementleri ve  $\text{NH}_4^+$  ile yaptıkları bileşikler suda çok çözünür.
- Sülfürler ( $\text{S}^{2-}$ ) IA ve IIA Grubu elementleri ve  $\text{NH}_4^+$  ile yaptıkları bileşikler hariç suda çok az çözünür.
- Hidroksitler ( $\text{OH}^-$ ) ve oksitler ( $\text{O}^{2-}$ ) , IA ve IIA Grubu elementleri ile yaptıkları bileşikler hariç suda çok az çözünür.  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ve  $\text{Sr}(\text{OH})_2$  kısmen çözünür,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  çok az çözünür.

# ÇÖZÜNÜRLÜK DENGESİ

Çözünürlük kurallarına göre,  $PbCl_2$  ve  $AgCl$  her ikisi de çözünmeyen tuzlardır.  $Pb^{+2}$  ve  $Ag^+$  iyonlarını içeren sulu çözeltiye klorür iyonları eklendiğinde,  $PbCl_2$  oluşmadan gümüş iyonlarının hemen hemen hepsi  $AgCl$  olarak çöker.

## Çözünürlük Çarpımı

Bunun nedeni  $AgCl$ 'ün,  $PbCl_2$ 'den çok daha az çözünmesidir. Çözünürlükteki bu tür farklılıkları açıklamak üzere çözünürlük dengesi üzerinde durmak gerekir. Az çözünen ve katı fazı oluşturan bir bileşik ile çözeltideki iyonları arasında bir denge vardır. Örneğin, katı gümüş klorür ile temasta olan gümüş klorür çözeltisi arasındaki denge,



Bunun anlamı, birim zamanda ne kadar katı  $AgCl$  iyonlaşarak çözeltiye  $Ag^+$  ve  $Cl^-$  iyonları verirse, çözeltideki o kadar  $Ag^+$  ve  $Cl^-$  birleşerek katı faza geçmektedir. Buradaki denge heterojen bir denge olup, denge ile ilgili prensipler burada da geçerlidir. Buna göre bu dengenin denge bağıntısı  $K_{\text{ç}} = [Ag^+][Cl^-]$ 'dir

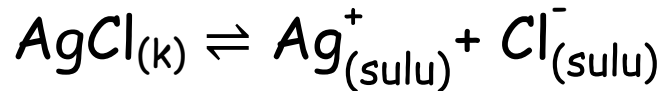
Buradaki  $K_{\text{ç}}$ 'e "çözünürlük çarpımı sabiti" olarak adlandırılır ve  $[Ag^+][Cl^-]$  çarpımına da iyonlar çarpımı denir. Çözünürlük çarpımı sabiti veya kısaca: çözünürlük çarpımı, bir katının doymuş çözeltisindeki iyonlarının molar derişimleri çarpımıdır. Çözünürlük çarpımı sabiti ( $K_{\text{ç}}$ ) deneysel olarak az çözünen tuzlar üzerindeki ölçmelerden saptanmıştır ve suda az çözünen tuzlar söz konusu olduğunda uygulanır.

# K<sub>ç</sub> DEĞERİNİ NELER DEĞİŞTİRİR

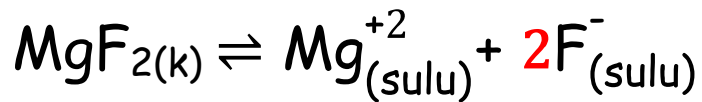
- *Tüm denge sabitleri gibi K<sub>ç</sub>'de çözünen bileşiğin türüne ve sıcaklığa bağlıdır.*
- Katıların suda çözünmesi genellikle endotermik olduğundan, sıcaklık arttığında katının sudaki çözünürlüğü artar ve K<sub>ç</sub> değeri büyür. Sayıları az olsa da suda ekzotermik çözünen katılarda vardır. Bunlarda durum tam tersidir.

# K<sub>ç</sub> BAĞINTILARI NASIL YAZILIR

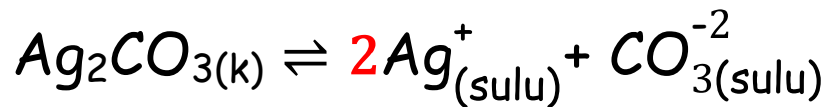
K<sub>ç</sub> ifadesi yazılırken çözünürlük denge reaksiyonundaki iyonların katsayıları ilgili iyonlara "üs" olarak yazılır.



$$K_{\text{ç}} = [\text{Ag}^{+}] [\text{Cl}^{-}]$$



$$K_{\text{ç}} = [\text{Mg}^{+2}] [\text{F}^{-}]^2$$



$$K_{\text{ç}} = [\text{Ag}^{+}]^2 [\text{CO}_3^{-2}]$$



$$K_{\text{ç}} = [\text{Ca}^{+2}]^3 [\text{PO}_4^{-3}]^2$$

# BAZI KATILARIN $K_{\text{ç}}$ DEĞERLERİ

Tablo 12.1: Bazı Bileşiklerin Çözünürlük Çarpımı Sabitleri (25°C da)

Bileşik	Formül	$K_{\text{ç}}$
Aluminyum hidroksit	$\text{Al(OH)}_3$	$1.8 \times 10^{-33}$
Baryum Karbonat	$\text{BaCO}_3$	$8.1 \times 10^{-9}$
Baryum florür	$\text{BaF}_2$	$1.7 \times 10^{-6}$
Baryum sülfat	$\text{BaSO}_4$	$1.1 \times 10^{-10}$
Bizmit sülfür	$\text{Bi}_2\text{S}_3$	$1.6 \times 10^{-72}$
Kadmiyum sülfür	$\text{CdS}$	$8.0 \times 10^{-28}$
Kalsiyum karbonat	$\text{CaCO}_3$	$8.7 \times 10^{-9}$
Kalsiyum florür	$\text{CaF}_2$	$4.0 \times 10^{-11}$
Kalsiyum hidroksit	$\text{Ca(OH)}_2$	$8.0 \times 10^{-6}$
Kalsiyum fosfat	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	$1.2 \times 10^{-26}$
Krom (III) hidroksit	$\text{Cr(OH)}_3$	$3.0 \times 10^{-29}$
Kobalt (II) sülfür	$\text{CoS}$	$4.0 \times 10^{-21}$
Bakır (I) bromür	$\text{CuBr}$	$4.2 \times 10^{-8}$
Bakır (I) iyodür	$\text{CuI}$	$5.1 \times 10^{-12}$

## MOLAR ÇÖZÜNÜRLÜK

- Molar çözünürlük, bir litre doymuş çözeltide çözünenin mol sayısıdır.
- Çözünürlük ise bir litre doymuş çözeltide çözünenin gram miktarıdır.

## Soru:

Gümüş sülfat'ın,  $Ag_2SO_4$ , molar çözünürlüğü  $1,5 \times 10^{-2}$  mol/ L'dir. Bu tuzun  $K_{ç}$  değerini hesaplayınız.

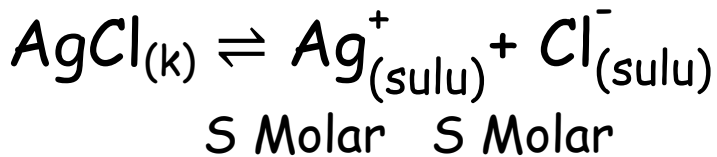


# K<sub>ç</sub> DEĞERİNDEN YARARLANARAK ÇÖZÜNÜRLÜK HESAPLANMASI

- Eğer bir maddenin belli bir sıcaklıktaki çözünürlük çarpımı K<sub>ç</sub> verilirse, o maddenin çözünürlüğü hesaplanabilir.

Örnek: AgCl'nin K<sub>ç</sub> değeri  $1,6 \times 10^{-10}$  olduğuna göre

çözünürlüğünü hesaplayınız.



$$K_{\text{ç}} = [\text{Ag}^{+}] [\text{Cl}^{-}]$$

$$K_{\text{ç}} = [\text{Ag}^{+}] [\text{Cl}^{-}] = 1,6 \times 10^{-10}$$

$$S^2 = 1,6 \times 10^{-10} \quad S = 0,4 \times 10^{-5} \text{ M}$$

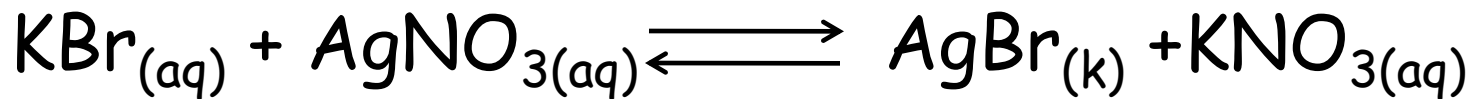
# ÇÖZÜNÜRLÜK ÇARPIMI VE ÇÖKME

- Hesaplanan iyon çarpımı  $Q$  ile  $K_{\text{ç}}$  değerinin karşılaştırılması ile çökelek oluşup oluşmayacağı belirlenebilir

$Q < K_{\text{ç}}$	Doymamış çözelti	Çökme olmaz
$Q = K_{\text{ç}}$	Doymuş çözelti	
$Q > K_{\text{ç}}$	Aşırı doymuş çözelti	Çökme olur

# İYON DENKLEMLERİNİN YAZILMASI

- İki iyonik bileşiğin verdiği tepkimenin yazılması:
- İyon değişimi (yer değiştirme) tepkimesi:



# SORU:

- 10 mL 0,10 M  $\text{AgNO}_3$  ile 10 mL 0,00010 M NaCl çözeltileri karıştırılıyor. Son hacim 20 mL oluyor. Buna göre  $\text{AgCl}$  çöker mi?  
( $\text{AgCl}$  için  $K_{\text{ç}} = 1,7 \times 10^{-10}$ )

- YANIT:

$$Q_{\text{İYON}} > K_{\text{ç}}$$

$$2,5 \times 10^{-6} > 1,7 \times 10^{-10}$$

olduğundan  $\text{AgCl}$  çöker.

# SEÇMELİ ÇÖKTÜRME

- Bazı durumlarda, çözeltide bulunan iyonlardan birisinin çöktürülerek diğerlerinin çözeltide kalması istenebilir. Örneğin potasyum ve baryum iyonları içeren çözeltiye sülfat iyonları eklenerek  $BaSO_4$  çöktürülür ve çözeltiden  $Ba^{+2}$  iyonları uzaklaştırılmış olur. Diğer ürün  $K_2SO_4$  ise suda çok çözündüğünden çözeltide kalır. Çökelek süzerek ayrılır.
- Maddelerin çözünürlükleri karşılaştırılarak ilk önce çökecek belirlenir.

# SEÇMELİ ÇÖKTÜRME

Bir çözeltideki bileşenlerden bir kısmını çöktürüp diğerlerini çözeltide bırakma işlemine seçmeli çöktürme denir. Az çözünen bileşiklerin  $K_{\text{ç}}$  değerlerinin farklılığından yararlanarak iyonlardan biri çöktürülürken diğeri çözelti ortamında bırakılır.



$K_{\text{ç}}$  değerlerinin birbirinden farklı olması  $\text{Cl}^-$  ve  $\text{I}^-$  ü belli bir değere kadar ayırma şansı verir.  $\text{Cl}^-$  ve  $\text{I}^-$  derişimlerinin eşit olduğu bir ortama  $\text{Ag}^+$  ilave edildiğinde  $\text{AgI}$  ün  $K_{\text{ç}}$  değeri küçük olduğu için öncelikle  $\text{AgI}$  çöker. Ortamdaki tüm  $\text{I}^-$  ler çöktükten sonra  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{AgCl}$  halinde çökmeye başlar.  $\text{AgCl}$ 'ün çökmesi için ortamdaki  $\text{Ag}^+$  derişimi;

$$[\text{Ag}^+] = 1.5 \times 10^{-10} / [\text{Cl}^-] \text{ dir.}$$

$\text{AgCl}$  çökmeye başladığı anda ortamdaki  $[\text{I}^-]$  ;

$$1.5 \times 10^{-16} = \frac{1.5 \cdot 10^{-10} [\text{I}^{1-}]}{[\text{Cl}^{1-}]}$$

$[\text{I}^-] = 1.5 \times 10^{-6} \cdot [\text{Cl}^-]$  Eğer ortak çöktürücü reaktif ortama bir kimyasal denge ile veriliyorsa bu bize o reaktifle kontrollü çöktürme ayırımı yapma imkanı sağlar.

# SORU:

0,020 M  $\text{Cl}^-$  ve 0,020 M  $\text{Br}^-$  iyonları içeren bir çözeltiye  $\text{AgNO}_3$  çözeltisi yavaş yavaş ekleniyor.

(a)  $\text{AgBr}$

(b)  $\text{AgCl}$

çökelekleri oluşumunun başlaması için gereken  $\text{Ag}^+$  iyonlarının derişimini (mol/L) olarak hesaplayınız.

Yanıt:

- Kç değerleri  $\text{AgCl}$   $1,6 \times 10^{-10}$   
 $\text{AgBr}$   $7,7 \times 10^{-13}$

**Çözünürlüğü küçük olan önce çöker**

(a) Kç değerlerinden, (ya da çözünürlüklerinden)  $\text{AgBr}$ 'ün  $\text{AgCl}$ 'den önce çökeceğini biliyoruz.

$K_{\text{ç}} = [\text{Ag}^+][\text{Br}^-]$  ve  $[\text{Br}^-] = 0,020$

olduğuna göre,  $\text{AgBr}$ 'ün çökmeğe başlaması gereken  $\text{Ag}^+$ , derişimi

$[\text{Ag}^+] 0,020 = 7,7 \times 10^{-13}$

$[\text{Ag}^+] > 3,9 \times 10^{-11}$  M olduğunda  $\text{AgBr}$  çökmeğe başlar.

$K_{\text{ç}} = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = 1,6 \times 10^{-10}$  buradan da  $[\text{Ag}^+] = 8 \times 10^{-9}$

$8 \times 10^{-9} > [\text{Ag}^+] > 7,7 \times 10^{-13}$