

3.1 LA SOLUBILITAT

La **solubilitat** d'una substància és la *concentració* de la *dissolució saturada* a una temperatura determinada.

Es tracta d'una *propietat característica* que s'acostuma a expressar com la massa de solut que es dissol en 100 grams de solvent, a una determinada temperatura.

✦ RECORDATORI

En el crèdit II, unitat 3, “*Dispersions, mescles i solucions*”, es dedica un apartat a la solubilitat.

Repasseu-ne conceptes com ara: solucions diluïda, concentrada i saturada; equilibri dinàmic de solubilitat; corbes de solubilitat...

Producte de solubilitat, K_{ps}

La major part de les sals (i dels hidròxids) es troben *ionitzades en solució aquosa* (tot i que hi ha alguna excepció, com el $HgCl_2$).

En una dissolució saturada existeix una situació *d'equilibri de solubilitat*.

→ per exemple:

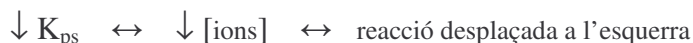
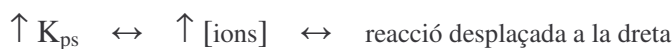


La constant d'aquest tipus d'equilibri s'anomena *producte de solubilitat*, K_{ps} ; en l'exemple anterior:

$$K_{ps} = [Ag^+] \cdot [Cl^-] \quad (\text{a } 25^\circ C, K_{ps} = 1,76 \cdot 10^{-10})$$

Com les altres constants, es considera sempre *adimensional*.

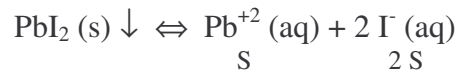
Un valor del producte de solubilitat elevat indica una forta presència iònica en dissolució; contràriament, si el valor de K_{ps} és petit, llavors la concentració d'ions en la solució és baixa.



A partir del *producte de solubilitat*, K_{ps} , es pot calcular la *solubilitat* d'una sal o d'un hidròxid, i *viceversa*.

◀) EXEMPLES DE PROBLEMES RESOLTS:
PRODUCTE DE SOLUBILITAT.

El producte de solubilitat del iodur de plom (II), a 25°C, és $K_{ps} = 1,39 \cdot 10^{-8}$.
Calculeu la solubilitat del PbI_2 .



$$K_{ps} = [Pb^{+2}] \cdot [I^{-}]^2$$

$$1,39 \cdot 10^{-8} = S \cdot (2S)^2 = 4S^3$$

$$S = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

⊗ EXERCICIS

Una dissolució saturada d'hidròxid de plom (II) conté 0,99 mg de $Pb(OH)_2$ en un dm^3 de dissolució.

Quin és el producte de solubilitat del $Pb(OH)_2$?

El producte de solubilitat del clorur de plata és $K_{ps} = 2 \cdot 10^{-10}$.

Calculeu la solubilitat del $AgCl$.

El producte de solubilitat del cromat de plata és $K_{ps} = 3,9 \cdot 10^{-12}$.

Trobeu la solubilitat del Ag_2CrO_4 .

El producte de solubilitat del fosfat de plata és $K_{ps} = 1,6 \cdot 10^{-21}$.

Esbrineu la solubilitat del Ag_3PO_4 .

3.2 CONDICIONS PER A LA PRECIPITACIÓ

Una de les aplicacions més importants de l'equilibri de solubilitat és la *previsió i interpretació de la formació de precipitats*.

Donada una sal o un hidròxid genèric/a AB, l'equilibri de solubilitat serà:



En una hipotètica condició de treball, existeixen tres situacions possibles:

- ⊛ $[A^+] \cdot [B^-] > K_{ps}$ PRECIPITACIÓ, \downarrow AB (s)
- ⊛ $[A^+] \cdot [B^-] = K_{ps}$ EQUILIBRI, condicions de saturació (concentració \equiv solubilitat)
- ⊛ $[A^+] \cdot [B^-] < K_{ps}$ DILUCIÓ, es dissoldrà més sal o hidròxid

→ Per exemple, el sulfat de bari, BaSO₄, que té un producte de solubilitat, a 25°C, $K_{ps} = 1,08 \cdot 10^{-10}$,



- ⊛ $[Ba^{+2}] \cdot [SO_4^{-2}] > 1,08 \cdot 10^{-10}$ PRECIPITACIÓ, \downarrow BaSO₄ (s)
- ⊛ $[Ba^{+2}] \cdot [SO_4^{-2}] = 1,08 \cdot 10^{-10}$ EQUILIBRI
 $S \cdot S = 1,08 \cdot 10^{-10}$; $S = 1,04 \cdot 10^{-5}$ M
- ⊛ $[Ba^{+2}] \cdot [SO_4^{-2}] < 1,08 \cdot 10^{-10}$ DILUCIÓ, la dissolució admet més solut

⌘ EXERCICIS

Es mesclen 200 cm³ d'una dissolució d'hidròxid de sodi $3 \cdot 10^{-2}$ M amb 100 cm³ d'una dissolució de nitrat de magnesi $6 \cdot 10^{-5}$ M.

Precipitarà l'hidròxid de magnesi?

Dada: $K_{ps} [Mg(OH)_2] = 1,2 \cdot 10^{-11}$

Una dissolució aquosa de nitrat de plom (II) que conté 66,2 g d'aquesta sal es completa fins a un litre, afegint 40 ml d'àcid clorhídric 10 M.

Calculeu la quantitat, en grams, de clorur de plom (II) que precipita, sabent que la solubilitat d'aquest clorur, en les condicions de l'experiència, és d'1 gram per 100 ml.

Trobeu el producte de solubilitat del clorur de plom (II).

3.3 EFECTE DE L'IÓ COMÚ

En una situació d'equilibri de solubilitat, si s'addiciona algun dels ions presents en l'equilibri, aquest es desplaça en el sentit en què té lloc una *disminució de la concentració d'ions* (cap a l'esquerra, possible precipitació).

Com a conseqüència de l'**efecte de l'ió comú**, una sal o hidròxid, en presència d'un dels seus ions, es torna *menys soluble*.

efecte de l'ió comú \Leftrightarrow *disminució de la solubilitat*

EXEMPLES DE PROBLEMES RESOLTS:

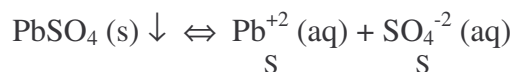
EFECTE DE L'IÓ COMÚ.

El producte de solubilitat del sulfat de plom (II), a 18°C, és $K_{ps} = 1,06 \cdot 10^{-8}$.

Calculeu la solubilitat del $PbSO_4$, en aigua pura.

Calculeu la solubilitat del $PbSO_4$, en una dissolució de sulfat de sodi 10^{-3} M.

✓ en aigua pura:

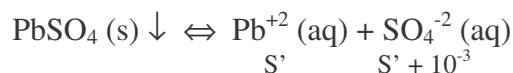


$$K_{ps} = [Pb^{+2}] \cdot [SO_4^{-2}] = S \cdot S$$

$$S = (1,06 \cdot 10^{-8})^{1/2}; \quad S = \mathbf{1,03 \cdot 10^{-4} M}$$

✓ en dissolució de Na_2SO_4 10^{-3} M:

apareix l'efecte de l'ió comú, en aquest cas: SO_4^{-2}



$$K_{ps} = [Pb^{+2}] \cdot [SO_4^{-2}] = S' \cdot (S' + 10^{-3})$$

$$S'^2 + 10^{-3} \cdot S' - 1,06 \cdot 10^{-8} = 0; \quad S' = \mathbf{1,05 \cdot 10^{-5} M}$$

Tal i com era de preveure, es confirma que amb la presència de l'ió comú la solubilitat de la sal disminueix:

$$S (1,03 \cdot 10^{-4} M) > S' (1,05 \cdot 10^{-5} M)$$

EXERCICIS

Quina serà la solubilitat del sulfat de plom (II) en una dissolució de nitrat de plom (II) de concentració $0,10 \text{ mol/dm}^3$?

Dada: $K_{ps} (PbSO_4) = 1,06 \cdot 10^{-8}$

3.4 SEPARACIÓ DE COMPOSTOS PER PRECIPITACIÓ SELECTIVA

D'una mateixa solució on poden precipitar dues sals (o hidròxids) poc solubles, el producte de solubilitat, K_{ps} , permet *predir* quina de les dues sals *precipitarà abans*, en unes condicions determinades.

EXEMPLES DE PROBLEMES RESOLTS:

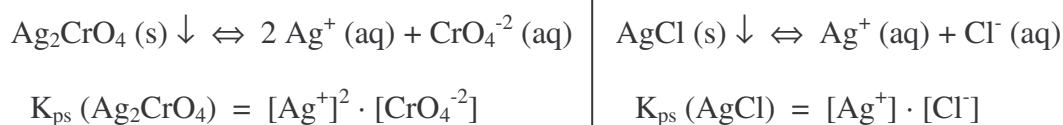
SEPARACIÓ DE COMPOSTOS PER PRECIPITACIÓ SELECTIVA.

Una dissolució, a 25°C, conté ions cromat i ions clorur, ambdós en una concentració 0,01 M. S'hi afegeix, gota a gota, una dissolució de nitrat de plata, que actua com agent precipitant.

Quina sal començarà a precipitar abans, el cromat de plata o el clorur de plata?

Dades: $K_{ps}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4) = 9 \cdot 10^{-12}$; $K_{ps}(\text{AgCl}) = 1,56 \cdot 10^{-10}$

Els dos equilibris de solubilitat a estudiar són:



Precipitarà abans la sal que necessiti una concentració menor d'ió precipitant, en aquest cas, Ag^+ . En substituir dades conegudes i aïllant incògnites, s'obté:



En comparar les concentracions d'ió plata, es pot deduir que **AgCl** necessita una quantitat menor d'agent precipitant, per tant, **precipitarà abans**.

3.5 DISSOLUCIÓ DE PRECIPITATS

En una situació d'equilibri de solubilitat, si es disminueix la concentració d'un dels ions que es troben en equilibri amb el sòlid, aquest es desplaçarà en el sentit en què es dissol més sal (cap a la dreta).

Evidentment, es tracta del cas contrari a l'efecte de l'ió comú.



$\uparrow [AB] \Leftrightarrow$ reacció desplaçada a la dreta

$\downarrow [\text{ions}] \Leftrightarrow$ reacció desplaçada a la dreta

→ per exemple:



La dissolució de qualsevol solució àcida (com ara, NH_4Cl) desplaçarà l'equilibri cap a la dreta, donat que permetrà reduir la concentració d'hidròxids, OH^- , en la corresponent reacció àcid-base:



⌚ EXERCICIS

L'hidròxid de magnesi és poc soluble. La seva constant del producte de solubilitat, a $18^\circ C$, és $K_{ps} [Mg(OH)_2] = 1,2 \cdot 10^{-11}$.

Precipitarà l'hidròxid de magnesi d'una dissolució de clorur de magnesi 0,001 M, si es manté el pH a 8?

I si el pH és de 12?