

Дәріс 1.

Гетерогенді тепе теңдік: *тұнба түзілу тепе теңдігі.*

1. Ерігіштік көбейтіндісі ($K_S = EK$). Тұнба түзілу жағдайы және шарты.
2. Тұнбалардың ерігіштігі ($S = \varepsilon$). Молярлы ерігіштік.
3. Тұнба ерігіштігіне әртүрлі факторлардың әсері.
4. Тұнбаларды еріту жағдайлары.

Тұнба - ерітінді жүйесіндегі
тепе-теңдік

MA \leftrightarrow $M^{n+} + A^{n-}$
 тұнба тұну қаныққан ерітінді

$$K = \frac{a_{M^{n+}} \cdot a_{A^{n-}}}{a_{MA}}$$

$$K \cdot a_{MA} = EK^T = a_{M^{n+}} \cdot a_{A^{n-}}$$

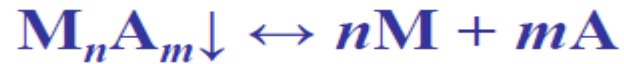
$$EK^T = a_{M^{n+}} \cdot a_{A^{n-}}$$

$$EK^T = [M^{n+}] \cdot [A^{n-}] \cdot f_{M^{n+}} \cdot f_{A^{n-}} = EK^K \cdot f_{M^{n+}} \cdot f_{A^{n-}}$$

$$EK^K = \frac{EK^T}{f_{M^{n+}} \cdot f_{A^{n-}}}$$

$$EK^K = [M^{n+}] \cdot [A^{n-}]$$

$$EK^m = C_{M^{n+}} \cdot C_{A^{n-}} = [M^{n+}] \cdot [A^{n-}] / \alpha_{M^{n+}} \cdot \alpha_{A^{n-}} = EK^K / \alpha_{M^{n+}} \cdot \alpha_{A^{n-}} = EK^T / \alpha_{M^{n+}} \cdot \alpha_{A^{n-}} \cdot f_{M^{n+}} \cdot f_{A^{n-}}$$



$$a_M^n \cdot a_A^m = K_S^0$$

$$[M]^{n*} [A]^m = K_S^c (M_n A_m) \quad (I \neq 0, \alpha = 1)$$

$$C_M^{n*} C_A^m = K_S' (M_n A_m) \quad (I \neq 0, \alpha \neq 1)$$

\geq

Тұнба түзілу шарты:

$$C_M^{n*} C_A^m \geq K_{s(M_n A_m)}$$

ИК \geq ЕК (K_S) - қаныққан ерітінді, тұнба түзіледі;

ИК $<$ ЕК (K_S) – қанықпаған ерітінді, тұнба түзілмейді;

ИК $\gg \gg$ ЕК (K_S) - аса қаныққан ерітінді.

Ерігіштік

Егер 1 л ерітіндіге S моль M_nA_m өтсе, онда

C_M және C_A тең nS және mS моль/л

$$(nS)^n \cdot (mS)^m = K'_s (M_nA_m)$$

$$S = \sqrt[n+m]{K'_s / n^n m^m}$$

Атмас ионның (А) артық мөлшері қатысында:

$$nS = C_M \quad S = \frac{1}{n} \sqrt[n+m]{K'_s / C_A^m}$$

Тұнба ерігіштігі (S , моль/л; г/л т.б.)



$$S = \sqrt{EK^K}$$

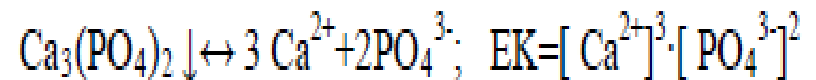
Тұнбаның құрамы $M_m A_n$ болғанда:



$$EK^K = (m\varepsilon)^m \cdot (n\varepsilon)^n = m^m \cdot n^n \cdot \varepsilon^{(m+n)}$$

$$S = \sqrt[m+n]{\frac{EK^K}{m^m \cdot n^n}}$$

Мыс: $K_S(Ca_3(PO_4)_2) = 2,0 \cdot 10^{-29}$



Тұздың еріген S моль мөлшерінен $3 S$ моль Ca^{2+} және $2 S$ моль PO_4^{3-} пайда болады:

$$[Ca^{2+}] = 3S; [PO_4^{3-}] = 2S; EK = (3S)^3 \cdot (2S)^2 = 3^3 \cdot S^3 \cdot 2^2 \cdot S^2 = 3^3 \cdot 2^2 \cdot S^5$$

$$S = \sqrt[5]{\frac{2,0 \cdot 10^{-29}}{108}} = 10^{-6} \text{ моль/л}$$

$$S_{\text{г/500мл}} = 3,10 \cdot 10^{-4} \text{ г} \cdot \frac{1}{2} = 1,55 \cdot 10^{-4} \text{ г}$$

Тұнба ерігіштігіне әсер ететін факторлар

1. Ерітіндінің иондық күші – «тұзды эффект»:

$$S = \sqrt{\frac{EK^T}{f_{\pm}^2}}, \quad S = (m+n) \sqrt{\frac{EK^T}{m^m \cdot n^n \cdot f_{M^{n+}}^m \cdot f_{A^{m-}}^n}}$$

Мысалы, 25°C –да 500 мл 0,1М NaNO₃ ерітіндісінде неше грамм кальций фосфаты ериді?

Алдымен NaNO₃ ерітіндісінің иондық күшін тауып аламыз:

$$I = \frac{1}{2} ([Na^+] \cdot 1^2 + [NO_3^-] \cdot 1^2) = \frac{1}{2} \cdot (0,1 \cdot 1^2 + 0,1 \cdot 1^2) = 0,1$$

Кестеден осы иондық күшке сәйкес Ca²⁺ және PO₄³⁻ иондарының активтік коэффициенттері $f(Ca^{2+})=0,33, f(PO_4^{3-})=0,08$.

$$S = \sqrt[5]{\frac{2,0 \cdot 10^{-29}}{108 \cdot 0,33^3 \cdot 0,08^2}} = 10^{-5} \text{ моль / л}$$

$$S_{\text{з/500мл}} = 310,2 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{1}{2} = 1,55 \cdot 10^{-3} \text{ г}$$

2. Аттас ионның әсері:

Мысалы, барий сульфатының 0,01M Na_2SO_4 ерітіндісіндегі молярлы ерігіштігін табайық. $K(\text{BaSO}_4)=[\text{Ba}^{2+}]\cdot[\text{SO}_4^{2-}]=1,1\cdot 10^{-10}$.



$[\text{SO}_4^{2-}]=0,01+[\text{Ba}^{2+}]$; $[\text{SO}_4^{2-}]$ мәнін ЕК-нің теңдігіне қойсақ: $[\text{Ba}^{2+}]\cdot(0,01+[\text{Ba}^{2+}])=1,1\cdot 10^{-10}$. Барий иондарының дәл концентрациясын табу үшін квадратты теңдікті шешу керек. Тұнбаның нашар ерітіндігін еске алып ($[\text{Ba}^{2+}] \leq 0,01$) теңдіктің жуық шешімін табуға болады:

$$[\text{SO}_4^{2-}]=0,01; [\text{Ba}^{2+}]\cdot 0,01=1,1\cdot 10^{-10}$$

$$S(\text{BaSO}_4)=[\text{Ba}^{2+}]=1,1\cdot 10^{-10}/10^{-2}=1,1\cdot 10^{-8} \text{ моль/л.}$$

BaSO_4 -тің таза судағы ерігіштігін тапсақ:

$$S_{\text{BaSO}_4} = \sqrt{1,1\cdot 10^{-10}} = 3,3\cdot 10^{-5} \text{ моль / л}$$

Аттас (SO_4^{2-}) ионның қатысында BaSO_4 -тің ерігіштігі жуық мәнмен 3000 есе азаяды.

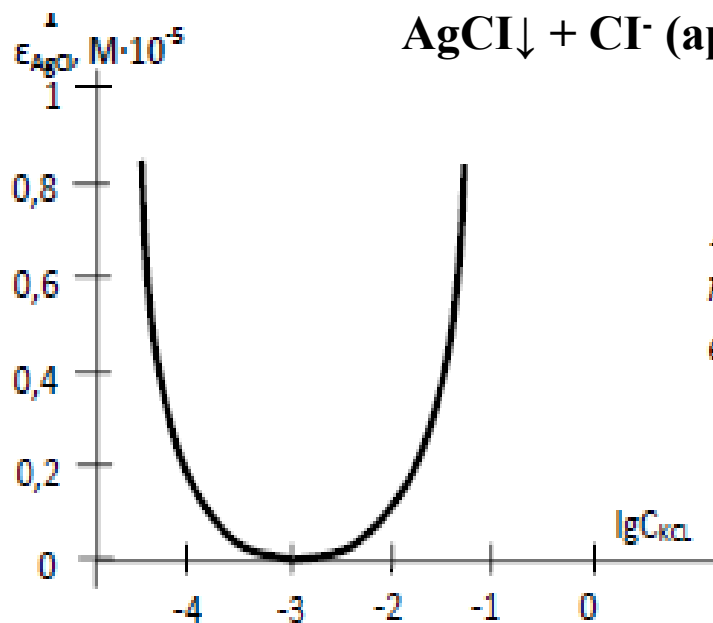
$BaSO_4$ -тің ерігіштігін ерітіндінің иондық күшін еске алып есептесек:

$$J = \frac{1}{2} (2[Na^+] \cdot 1^2 + [SO_4^{2-}] \cdot 2^2) = \frac{1}{2} \cdot (2 \cdot 10^{-2} + 4 \cdot 10^{-2}) = 0,03$$

$$f_{Ba^{2+}} = f_{SO_4^{2-}} = 0,54; \quad [Ba^{2+}] \cdot 0,01 = \frac{1,1 \cdot 10^{-10}}{(0,54)^2}$$

$$S(BaSO_4) = [Ba^{2+}] = 3,8 \cdot 10^{-8} \text{ моль/л.}$$

$BaSO_4$ -тің ерігіштігі 3 еседей артады.

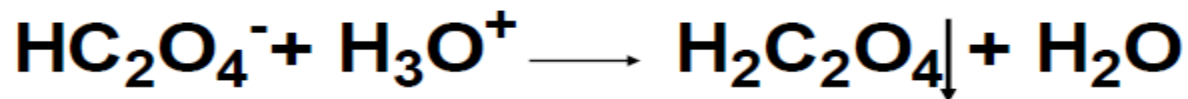
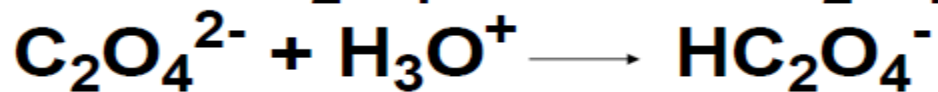
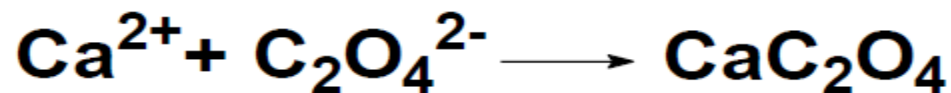
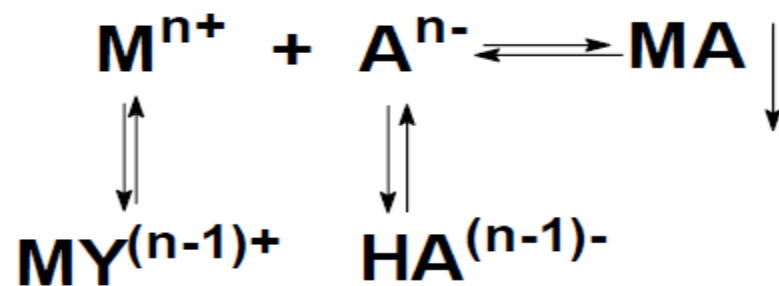


11.1 – сурет. Күміс хлоридінің калий хлориді ерітіндісіндегі ерігіштігі

3. Бәсекелес бөгде реакциялардың әсері:

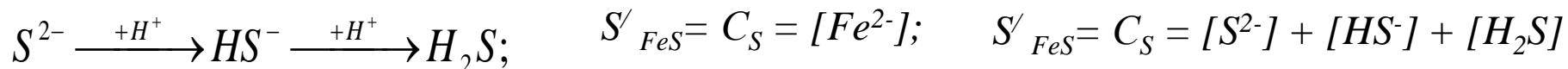
а) протондану (рН);

б) комплекстүзілу т.б.



Мысалы: $FeS \rightleftharpoons Fe^{2+} + S^{2-}$, $K_S = 5 \cdot 10^{-18}$, $S^0 = \sqrt{5 \cdot 10^{-18}} = 2.2 \cdot 10^{-9}$ моль/л.

$FeS + 0.1 \text{ M HCl}$, $S'=?$



$$\frac{1}{\alpha_{S^{2-}}} = \frac{C_S}{[S^{2-}]} = \frac{S'}{[S^{2-}]} = 1 + \frac{[H^+]}{K_{a(2)}} + \frac{[H^+]^2}{K_{a(1)} \cdot K_{a(2)}}. \quad \alpha_{S^{2-}} = \frac{K_{a(1)} \cdot K_{a(2)}}{K_{a(1)} \cdot K_{a(2)} + K_{a(1)} \cdot [H^+] + [H^+]^2}$$

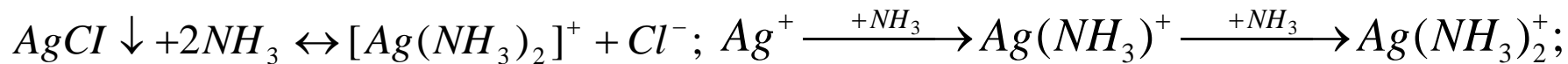
$$[S^{2-}] = S' \cdot \alpha_{S^{2-}}; \quad K_S = [Fe^{2+}] \cdot [S^{2-}] = S' \cdot S' \cdot \alpha_{S^{2-}} = (S')^2 \cdot \alpha_{S^{2-}}; \quad S' = \sqrt{K_S / \alpha_{S^{2-}}}.$$

$$\alpha_{S^{2-}} = \frac{K_{a(1)} \cdot K_{a(2)}}{K_{a(1)} \cdot K_{a(2)} + K_{a(1)} \cdot [H^+] + [H^+]^2} = \frac{10^{-7} \cdot 10^{-13}}{10^{-7} \cdot 10^{-13} + 10^{-7} \cdot 10^{-1} + (10^{-1})^2} = 10^{-18}.$$

$$S' = \sqrt{K_S / \alpha_{S^{2-}}} = \sqrt{5 \cdot 10^{-18} / 10^{-18}} \cong 2.2 \text{ моль/л.} \quad n = \frac{2.2}{2.2 \cdot 10^{-9}} \cong 10^9 \text{ есе } S \text{ артты.}$$

СӨЖ: 1) $Ag_2S + 1 \text{ M HCl}$ - $S'=?$ 2) $SnS_2 + 0.1 \text{ M HCl}$ - $S'=?$.

Мысал: $AgCl \downarrow + 1M NH_3$, ($pH=10$). $S'=?$



$$AgCl \downarrow \leftrightarrow Ag^+ + Cl^-; \quad K_s = 1.8 \cdot 10^{-10}, \quad S^0 = \sqrt{1.8 \cdot 10^{-10}} = 1.4 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л.}$$

$$S'_{AgCl} = C_{Ag^+} = [Cl^-]; \quad S' = C_{Ag} = [Ag^+] + [Ag(NH_3)^+] + [Ag(NH_3)_2^+] = [Ag^+] \cdot (1 + \beta_1 \cdot [NH_3] + \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot [NH_3]^2).$$

$$F(L) = \frac{C_{Ag}}{[Ag^+]} = \frac{1}{\alpha_{Ag^+}} = \frac{S'}{[Ag^+]} = 1 + \beta_1 \cdot [NH_3] + \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot [NH_3]^2. \quad [Ag^+] = S' \cdot \alpha_{Ag^+} = S' / F(L).$$

$$K_s = [Ag^+] \cdot [Cl^-] = S' \cdot \alpha_{Ag^+} \cdot S^l = (S^l)^2 \cdot \alpha_{Ag^+} = (S^l)^2 / F(L); \quad S'(AgCl) = \sqrt{K_s / \alpha_{Ag^+}} = \sqrt{K_s \cdot F(L)}.$$

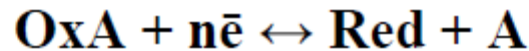
$$F(L) = 1.4 \cdot 10^7; \quad \alpha_{Ag^+} = \frac{1}{F(L)} = \frac{1}{1.4 \cdot 10^7} = 7 \cdot 10^{-8};$$

$$S'(AgCl) = \sqrt{2 \cdot 10^{-10} / 7 \cdot 10^{-8}} = \sqrt{2 \cdot 10^{-10} \cdot 1.4 \cdot 10^7} = 5 \cdot 10^{-2} M.$$

СӨЖ: 1) $AgBr$; AgJ ; Ag_2CrO_4 ; $Ag_3PO_4 + 1M NH_3$, $pH=10$ - $S'=?$

2) Тұнбатүзілу реакцияларын сапалық талдауда қолдану (мысалдар).

❖ Бәсекелес нашар еритін қосылыстар түзілу



$$K^s_{\text{OxA}} = [\text{Ox}][\text{A}] \longrightarrow [\text{Ox}] = K^s_{\text{OxA}}/[\text{A}]$$

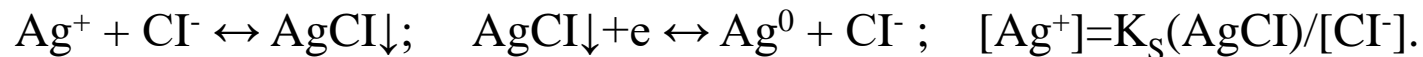
$$E_{\text{OxA/Red}} = E^0_{\text{Ox/Red}} + \underbrace{\frac{0,059}{n} \lg K_s}_{E^0_{\text{OxA/Red}}} + \frac{0,059}{n} \lg \frac{1}{[\text{Red}][\text{A}]}$$

$$E^0'_{\text{OxA/Red}} = E^0_{\text{OxA/Red}} + 0,059/n \cdot \lg 1/[\text{A}]$$

$$E^0_{\text{Ox/RedA}} = E^0_{\text{Ox/Red}} + RT/nF \ln 1/K^s_{\text{RedA}}$$

Тотығу-тотықсыздану потенциалына тұнба түзілу реакциясының әсері.

Мысал: Ag^+/Ag^0 – жұбы: $\text{Ag}^+ + e \leftrightarrow \text{Ag}^0$; $E_{\text{Ag}^+ / \text{Ag}^0} = E_{\text{Ag}}^0 + 0.059 \lg[\text{Ag}^+]$. (1)



$$E_{\text{Ag}^+ / \text{Ag}^0} = E_{\text{Ag}}^0 + 0.059 \lg(K_s / [\text{Cl}^-]) = E^0 - 0.059 \lg[\text{Cl}^-]; \quad (2)$$

$$E_{\text{Ag}}^{0|} = E_{\text{Ag}}^0 + 0.059 \lg K_s = 0.8 + 0.059 \lg 1.8 \cdot 10^{-10} = 0.8 - 0.57 = 0.23 \text{В};$$

3) Тұнба түзілудің әсері $\text{Ag}^0 - e \rightarrow \text{Ag}^+$ жарты реакциясын алайық:

$$E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} = 0,8 + 0,059 \lg[\text{Ag}^+]$$

a) тотыққан форма - тұнба $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl} \downarrow$

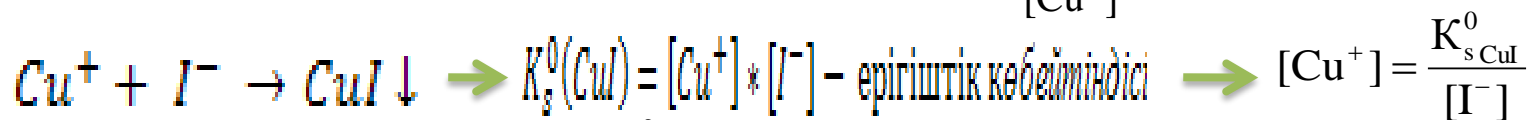
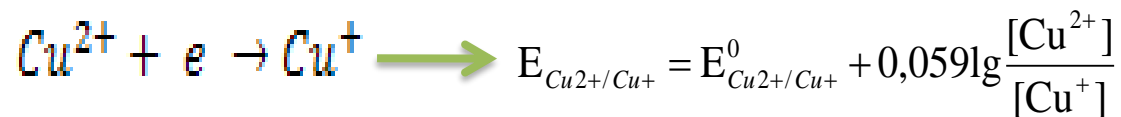
$K_s^0 = [\text{Ag}^+] * [\text{Cl}^-]$ – ерігіштік көбейтіндісі $\longrightarrow [\text{Ag}^+] = \frac{K_{s\text{AgCl}}^0}{[\text{Cl}^-]}$ $\longrightarrow E_{\text{AgCl}/\text{Ag}} = E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^0 + 0,059 \lg \frac{K_{s\text{AgCl}}^0}{[\text{Cl}^-]}$

$$E_{\text{AgCl}/\text{Ag}} = E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^0 + 0,059 \lg K_{s\text{AgCl}}^0 - 0,059 \lg[\text{Cl}^-]$$

$$E_{\text{AgCl}/\text{Ag}}^{01} = E^0 + 0,059 \lg K_{s\text{AgCl}}^0 = 0,8 + 0,059 \lg 10^{-10} \longrightarrow E_{\text{AgCl}/\text{Ag}}^{01} = 0,22\text{В}$$

Қорытынды: Жұптың тотыққан формасы бәсекелес тұнба түзілу реакциясына қатысса, берілген редоксжұптың формальды потенциалы төмендеп, оның тотықсыздандырғыш қасиеті артады.

б) тотықсызданған форма - тұнба $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^+$ жұпты қарастырамыз.



$$E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^+} = E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^+}^0 + 0,0591 \lg \frac{[\text{Cu}^{2+}][\text{I}^-]}{K_s^0} \longrightarrow$$

$$E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^+} = E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^+}^0 - 0,0591 \lg K_s^0 + 0,0591 \lg [\text{Cu}^{2+}] * [\text{I}^-]$$

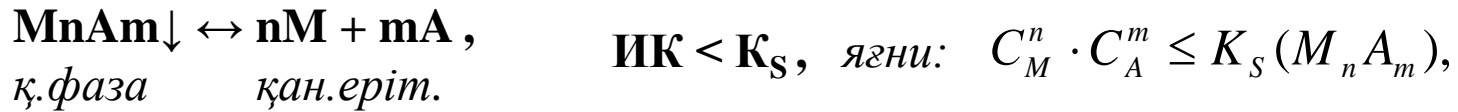
$$E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^+}^{01} = E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^+}^0 - 0,0591 \lg K_s^0(\text{CuI}) \longrightarrow E^0(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^+) = +0,15\text{В} \quad K_s^0(\text{CuI}) = 10^{-11}$$

$$E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^+}^{01} = 0,15 - 0,0591 \lg 10^{-11} = 0,788\text{В}$$

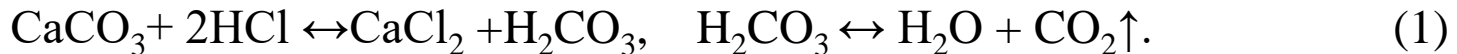
$$E^0(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^+) = +0,15\text{В} \longrightarrow E^{01}(\text{Cu}^{2+}/\text{CuI}) = +0,788\text{В}$$

Қорытынды: Жұптың тотықсызданған формасы бәсекелес тұнба түзілу реакциясына қатысса, берілген редоксжұптың формальды потенциалы жоғарылап, оның тотықтырғыш қасиеті артады.

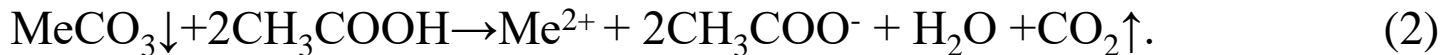
Тұнбаларды еріту жағдайлары



1. Тұнба иондарын газ бөліп ыдырайтын қосылысқа айналдыру; Мысалы:

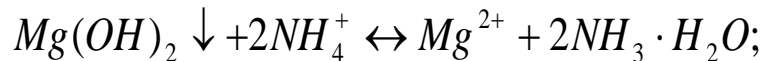
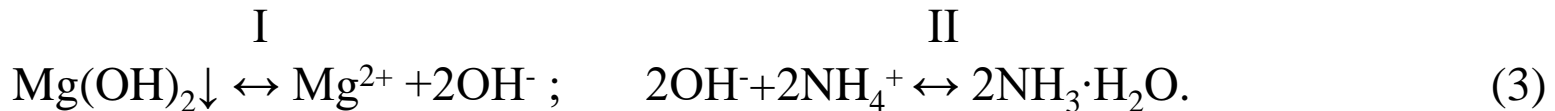


Карбонаттар күшті қышқылдармен қатар әлсіз сірке қышқылында да ериді:



2. Тұнба иондарын суда жақсы еритін, бірақ нашар ионданатын қосылысқа көшіру (қышқыл-негіздік реакциялар); Мысалы:

$\text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Тұнбаның еру қабілеттігі оның *EK* мен пайда болған әлсіз электролиттің иондану константасына байланысты:



$$K_{\text{ж}} = K_{S(\text{Mg}(\text{OH})_2)} \cdot \frac{1}{K_{\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}}^2} = \frac{1,3 \cdot 10^{-11}}{(1,8 \cdot 10^{-5})^2} = 4 \cdot 10^{-2}. \quad (4)$$

$$K_T = \frac{[\text{Mg}^{2+}] \cdot [\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}]^2}{[\text{NH}_4^+]^2} \times \frac{[\text{OH}^-]^2}{[\text{OH}^-]^2} = K_{S(\text{Mg}(\text{OH})_2)} \cdot \frac{1}{K_{\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}}^2} = \frac{1,3 \cdot 10^{-11}}{(1,8 \cdot 10^{-5})^2} = 4 \cdot 10^{-2}. \quad (5)$$



$$K_{\text{ж}} = \frac{EK_{\text{Fe(OH)}_3}}{K_{\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}}^3} = \frac{3,7 \cdot 10^{-40}}{(1,8 \cdot 10^{-5})^3} = 6,3 \cdot 10^{-24} \ll 10^{-4} \quad (6)$$



$$K_{\text{ж}} = \frac{EK_{\text{Fe(OH)}_3}}{K_{\text{H}^+}^3} = \frac{3,7 \cdot 10^{-40}}{(10^{-14})^3} = 3,7 \cdot 10^2 > 1 \quad (7)$$

Егер тұнба әлсіз қышқылдың тұзы болса, мұндай тұздың ерігіштігі ерітіндінің қышқылдығына байланысты өзгереді. Мысалы:



$$\text{FeS} \downarrow + 2\text{H}^+ \leftrightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{S}; \quad K_m = \frac{[\text{Fe}^{2+}] \cdot [\text{H}_2\text{S}] \cdot [\text{S}^{2-}]}{[\text{H}^+]^2 \cdot [\text{S}^{2-}]} = \frac{EK_{\text{FeS}}}{K_{\text{H}_2\text{S}}^{\text{ж}}} = \frac{5,1 \cdot 10^{-18}}{1,1 \cdot 10^{-20}} = 4,6 \cdot 10^2.$$

$$[\text{Fe}^{2+}] = [\text{H}_2\text{S}] = S_{\text{FeS}}; \quad K_m = \frac{EK_{\text{FeS}}}{K_{\text{H}_2\text{S}}^{\text{ж}}} = \frac{S \cdot S}{[\text{H}^+]^2} = \frac{S_{\text{FeS}}^2}{[\text{H}^+]^2}; \quad S_{\text{FeS}} = \sqrt{\frac{K_s(\text{FeS})}{K_{1,2}} \cdot [\text{H}^+]^2}. \quad (8)$$

СӨЖ: 1) $\text{FeS} \downarrow - S' = ?$ (pH=3; pH=5); 2) $\text{Fe}_2\text{S}_3 \downarrow + \text{HCl}$ (pH = 1), - $S' = ?$

3. Тұнба иондарын комплекстік қосылысқа байланыстыру.

Мысал: $AgCl \downarrow + 1M NH_3$, ($pH=10-11$). $K_s = 2 \cdot 10^{-10}$, $S^0 = \sqrt{2 \cdot 10^{-10}} = 1.4 \cdot 10^{-5}$ моль/л.

$AgCl \downarrow + 2NH_3 \leftrightarrow [Ag(NH_3)_2]^+ + Cl^-$; $S'(AgCl) = \sqrt{K_s / \alpha_{Ag^+}} = \sqrt{K_s \cdot F(L)}$; $F(L) = 1.4 \cdot 10^7$.

$$K_m = \frac{[Ag(NH_3)_2^+] \cdot [Cl^-]}{[NH_3]^2} \times \frac{[Ag^+]}{[Ag^+]} = K_s(AgCl) \cdot \beta_{1,2} = 1.8 \cdot 10^{-10} \cdot 1.4 \cdot 10^7 = 2.5 \cdot 10^{-3}.$$

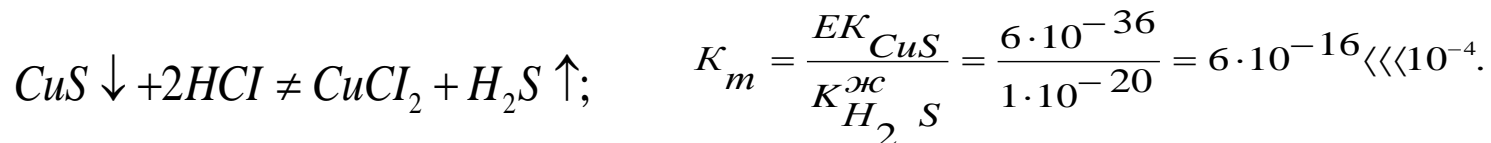
	$EK=K_s$	$S_{cy}, \text{ м/л}$	K_m	$S', \text{ м/л}$
AgCl :	$1 \cdot 10^{-10}$	10^{-5}	$2.5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-2}$
AgBr:	$1 \cdot 10^{-12}$	10^{-6}	$1.4 \cdot 10^{-5}$	$3,5 \cdot 10^{-3}$
AgJ :	$1 \cdot 10^{-16}$	10^{-8}	$1,4 \cdot 10^{-9}$	$3,5 \cdot 10^{-5}$

$K_m > 1$ - тұнба реагентте толық ериді;

$K_m < 10^{-4}$ - тұнба реагентте мүлдем ерімейді;

$10^{-4} \leq K_m \leq 1$ - тұнба реагенттің артық мөлшерінде ғана ериді.

4. Тұнба иондарын тотықтырып, не тотықсыздандырып басқа қосылысқа айналдыру.



$$K_s(\text{HgS}) = 1 \cdot 10^{-52} \quad \beta_{1,4}(\text{HgCl}_4^{2-}) = 1 \cdot 10^{15}$$



$$\beta_{1,4}(\text{HgJ}_4^{2-}) = 1 \cdot 10^{30}$$

$$K_m = \frac{EK_{\text{HgS}}}{(K_{\text{H}_2\text{S}}^{\text{жс}})^2} \times \beta_{1,4}(\text{HgJ}_4^{2-}) = \frac{1 \cdot 10^{-52}}{1 \cdot 10^{-20}} \times 1 \cdot 10^{30} = 1 \cdot 10^{-2} \gg 10^{-4}. \quad (12)$$

5. Бір нашар еритін қосылысты екінші нашар еритін қосылысқа көшіру.

$$\begin{aligned} EK(\text{CaSO}_4) &= 2,5 \cdot 10^{-5}; & EK(\text{SrSO}_4) &= 3,2 \cdot 10^{-7}; & EK(\text{BaSO}_4) &= 1,1 \cdot 10^{-10} \\ EK(\text{CaCO}_3) &= 4,8 \cdot 10^{-9}; & EK(\text{SrCO}_3) &= 1,1 \cdot 10^{-9}; & EK(\text{BaCO}_3) &= 5,1 \cdot 10^{-9} \end{aligned}$$

$$\text{MSO}_4 \downarrow + \text{CO}_3^{2-} \leftrightarrow \text{MCO}_3 \downarrow + \text{SO}_4^{2-}; \quad K_{\text{жс}} = \frac{EK_{\text{MSO}_4}}{EK_{\text{MCO}_3}}$$
$$K_{\text{жс}}^{\text{Ca}} = \frac{EK_{\text{CaSO}_4}}{EK_{\text{CaCO}_3}} = \frac{2,5 \cdot 10^{-5}}{4,8 \cdot 10^{-9}} = 5 \cdot 10^3; \quad K_{\text{жс}}^{\text{Sr}} = \frac{EK_{\text{SrSO}_4}}{EK_{\text{SrCO}_3}} = \frac{3 \cdot 10^{-7}}{1,1 \cdot 10^{-9}} = 3 \cdot 10^2;$$

$$K_{\text{жс}}^{\text{Ba}} = \frac{EK'_{\text{BaSO}_4}}{EK_{\text{BaCO}_3}} = \frac{1,1 \cdot 10^{-10}}{5,1 \cdot 10^{-9}} = 2 \cdot 10^{-2}.$$

$$([\text{CO}_3^{2-}]/[\text{SO}_4^{2-}]) > (EK(\text{BaCO}_3) / EK(\text{BaSO}_4)) = \frac{5,1 \cdot 10^{-9}}{1,1 \cdot 10^{-10}} = 50.$$

Иондарды тұндыру әдісімен бөлу: фракциялық (бөлшектеп) тұндыру.

$$[Ag^+] \cdot [J^-] = EK (AgJ) = 8,3 \cdot 10^{-17} \quad (1)$$

$$[Ag^+] \cdot [Cl^-] = EK (AgCl) = 1,78 \cdot 10^{-10} \quad (2)$$

$$[Ag^+] = \frac{EK_{AgJ}}{[J^-]} = \frac{EK_{AgCl}}{[Cl^-]} \quad (3)$$

Тұнбада AgCl және AgJ бірге жүргенде:

$$\frac{[Cl^-]}{[J^-]} = \frac{EK_{AgCl}}{EK_{AgJ}} = \frac{1,78 \cdot 10^{-10}}{8,3 \cdot 10^{-17}} = 2,1 \cdot 10^6 \quad \text{не } [J^-] = [Cl^-] \cdot 0,5 \cdot 10^{-6}$$

$$[J^-] = [Cl^-] \cdot 0,5 \cdot 10^{-6} = 10^{-1} \cdot 5 \cdot 10^{-7} = 5 \cdot 10^{-8} M, \quad [J^-] = 5 \cdot 10^{-8} M \ll 10^{-6} M. \quad (4)$$

СӨЖ: Берілген қоспалардағы иондарды фракциялық (бөлшектеп) тұндыру әдісімен бөлу мүмкіндігін анықтау.



Қорытынды:

Тұнбаның еру шарты: $A_m B_n \leftrightarrow m A + n B$; $E_{K_{AmBn}} > ИК = [A]^m [B]^n$.

1. Тұнбаны еріткенде еріткіш ретінде алынған қышқыл оның еруі нәтижесінде түзілетін қышқылдан күштірек болу керек.
2. Реакция нәтижесінде газ бөліп ыдырайтын әлсіз электролит түзілсе, тұнбаның еруі іс жүзінде (сандық) толық жүреді.
3. Комплекс түзілу нәтижесінде де тұнба еруі мүмкін. Неғұрлым түзілетін комплекс тұрақты болса, соғұрлым тұнбаның еруі толық жүреді.
4. Тұнбаның еруі тотығу-тотықсыздану реакциясының нәтижесінде де жүруі мүмкін.
5. Егер тұнбаны жоғарыда көрсетілген тәсілдердің біреусімен де ерітіндіге көшіру мүмкін болмаса, онда оны ерігіштігі біраз жоғарырақ басқа тұнбаға көшіру керек. Бұны жүзеге асырудың жағдайлары: жоғары температура, реагенттің қаныққан (концентрлі) ерітіндісі, тұнбаны реагентпен бірнеше қайталап өңдеу.
6. Тұнбаның еруі еріткіштің күшіне байланысты: еріткіштің диссоциациялануы неғұрлым төмен болса, соғұрлым тұнбаның еруі толық жүреді.