

5.5 SRAŽECÍ ROVNOVÁHY

Pokus

Učitel smísí v Petriho miskách na Meotaru roztoky o koncentraci $c = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$:
 a) 5 cm^3 roztoku MgSO_4 s 10 cm^3 roztoku NaOH
 b) 5 cm^3 roztoku NaOH s 5 cm^3 roztoku HCl
 V případě a) pozorujeme na rozdíl od případu b) vznik sraženiny. To znamená, že v případě a) vznikla v soustavě nerozpustná látka ($\text{Mg}(\text{OH})_2$), v případě b) látka rozpustná (NaCl).

Rozdělení látek na rozpustné a nerozpustné je značně problematické. Mezi jednou z extrémně rozpustných látek LiClO_4 a extrémně nerozpustnou látkou HgS se nachází celá řada látek se střední rozpustností. Pro praktické účely obvykle látky rozdělujeme na rozpustné nebo nerozpustné podle toho, zda při smíchání roztoků obsahujících jejich ionty o koncentraci $c = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ vzniknou či nevzniknou sraženiny. V tabulce 5.6 je uvedena rozpustnost některých látek.

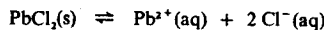
Tabulka 5.6
Rozpustnost některých látek

Anion	Rozpustnost látek
NO_3^-	všechny dusičnany jsou rozpustné
Cl^-	všechny chloridy s výjimkou AgCl , Hg_2Cl_2 , PbCl_2 jsou rozpustné
SO_4^{2-}	všechny sírany s výjimkou CaSO_4 , SrSO_4 , BaSO_4 , Hg_2SO_4 , PbSO_4 , Ag_2SO_4 jsou rozpustné
OH^-	všechny hydroxidy s výjimkou hydroxidů alkalických kovů, $\text{Sr}(\text{OH})_2$ a $\text{Ba}(\text{OH})_2$ jsou nerozpustné
CO_3^{2-}	všechny uhličitany s výjimkou uhličitánů alkalických kovů jsou nerozpustné
S^{2-}	všechny sulfidy s výjimkou sulfidů alkalických kovů, kovů alkalických zemin a NH_4^+ jsou nerozpustné

Obecně termínem rozpustnost látky ve vodě rozumíme největší možnou hmotnost látky rozpuštěnou za daných podmínek ve 100 g vody. Např. při teplotě 20°C se ve 100 g vody maximálně rozpustí 73,0 g NaNO_3 , 13 g KNO_3 , příp. 27,6 g KCl .

5.5.1 Součin rozpustnosti

Vycházíme z heterogenní rovnováhy soustavy:

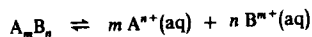


161

Uvědomme si, že v soustavě je přítomna pevná látka, jejíž aktivita je rovna jedné, viz kap. 5.2, a že ionty v roztoku se chovají ideálně. Proto můžeme namísto aktivity iontů uvažovat jejich koncentrace. Rovnovážná konstanta daného děje, součin rozpustnosti K_S , je potom vyjádřena vztahem:

$$K_S = [\text{Pb}^{2+}] [\text{Cl}^{-}]^2$$

Pro obecnou soustavu



je součin rozpustnosti K_S dán vztahem:

$$K_S = [\text{A}^{n+}]^m [\text{B}^{m-}]^n \quad (5.16)$$

Součin rozpustnosti K_S určité látky je dán příslušným součinem koncentrací hydratovaných iontů v nasyceném roztoku umocněných na jejich stechiometrické koeficienty. Jeho hodnota pro určitou látku v daném rozpouštědle závisí na teplotě.

Příklad 5.17

- Rozpustnost látky je tím větší, čím je hodnota K_S menší (větší).
- Při smíchání dvou roztoků se sraženina vytvoří, je-li příslušný součin koncentrací hydratovaných iontů (větší) menší než hodnota K_S .
- Určete, který z následujících roztoků připravených při teplotě 20°C je nasycený a který nenasycený. Jde o roztoky připravené rozpouštěním:
 - 14,6 g NaNO_3 ve 20 g vody
 - 20 g KCl ve 100 g vody *MEN*
 - 5 g KNO_3 v 50 g vody *MEN*

5.5.2 Ovlivňování rozpustnosti látek

Rozpustnost látek v daném rozpouštědle za určité teploty je možné určit z hodnoty jejich součinu rozpustnosti.

Příklad

Určete rozpustnost CH_3COOAg ve vodě při teplotě 20°C . Hodnota $K_S(\text{CH}_3\text{COOAg})$ při této teplotě je $2 \cdot 10^{-3}$.

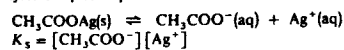
162 * Kolik H_3CCOOAg k rozpouštění v 100 g

$$K_S = 2 \cdot 10^{-3}$$

$$0,045 \cdot 10 = 0,45 \text{ mol} ; m(\text{H}_3\text{CCOOAg}) = 0,45 \cdot M$$

Řešení

Nejdříve zapíšeme příslušnou rovnovážnou soustavu a vyjádříme vztah pro K_S :



V roztoku octanu stříbrného je stejná koncentrace obou iontů, Ag^{+} i $\text{CH}_3\text{COO}^{-}$. Tuto koncentraci označíme jako s , tedy

$$[\text{Ag}^{+}] = [\text{CH}_3\text{COO}^{-}] = s$$

$$K_S = [\text{Ag}^{+}] [\text{CH}_3\text{COO}^{-}] = s^2$$

$$s^2 = 2 \cdot 10^{-3}$$

$$s = 0,045$$

Při teplotě 20°C se v 1 dm³ vody rozpustí 0,045 molu octanu stříbrného.

Průběh 5.18

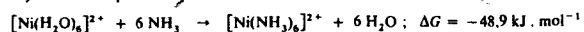
Jak je možné změnit (např. zvýšit) rozpustnost CH_3COOAg ve vodě při stejné teplotě? Uvažujte, že v prvním případě došlo k porušení ustavené rovnováhy přidáním AgNO_3 , ve druhém NaCl do rovnovážné soustavy.

- Přidáním AgNO_3 (rozpustné látky) do rovnovážné soustavy dojde k porušení ustavené rovnováhy, protože se v soustavě zvýší koncentrace iontů Ag^{+} . V okamžiku přidání AgNO_3 je součin $[\text{Ag}^{+}] [\text{CH}_3\text{COO}^{-}]$ větší/menší než K_S . Po určitém čase v nové ustavené rovnováze bude větší/menší koncentrace Ag^{+} než $\text{CH}_3\text{COO}^{-}$. Došlo tedy ke zvětšení/zmenšení rozpustnosti CH_3COOAg ve vodě.
- Po přidání chloridu sodného se v soustavě vytvoří sraženina AgCl . Tím se sníží koncentrace Ag^{+} iontů a dojde k porušení rovnováhy. Proto se rozpustí další pevný CH_3COOAg . V nově ustaveném rovnovážném stavu je větší koncentrace iontů $\text{CH}_3\text{COO}^{-}$ než Ag^{+} , tedy došlo ke zvětšení/zmenšení rozpustnosti CH_3COOAg ve vodě.

5.6 KOMPLEXOTVORNĚ ROVNOVÁHY

Komplexy (koordinační sloučeniny) jsou molekuly nebo ionty, kdy na atom nebo ion (centrální částice) jsou koordinačně kovalentní vazby vázány jiné molekuly nebo ionty (ligandy) tak, že jejich počet převyšuje oxidační číslo centrální částice. Centrální částice vytvářejí zejména atomy nebo ionty přechodných prvků, které ochotně přijímají volné elektronové páry od donorových atomů ligandů. Mezi ligandy se často vyskytuje např. H_2O , NH_3 , CO , CN^{-} , OH^{-} . Vzniklou komplexní částici zapisujeme do hranaté závorky.

Učitel provede pokus. Do Petriho mísky, kde je roztok nikelnaté soli ($c = 1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$), přidá šestinasobné množství roztoku amoniaku ($c = 1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$). Pozorujeme změnu barvy. V soustavě proběhla chemická reakce:



163

SOUČIN ROZPUSTNOSTI

1. Vypočítejte součin rozpustnosti PbS, je-li rozpustnost této látky $1,84 \cdot 10^{-14} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$.

Řešení:

a) sulfid olovnatý má vzorec PbS, proto platí: $[\text{PbS}] = [\text{Pb}^{2+}] = [\text{S}^{2-}] = 1,84 \cdot 10^{-14}$

b) vyjdeme-li z definice součinu rozpustnosti, můžeme psát:

$$K_S = [1,84 \cdot 10^{-14}] \cdot [1,84 \cdot 10^{-14}] = 3,39 \cdot 10^{-28}$$

Odpověď: Součin rozpustnosti sulfidu olovnatého je $3,39 \cdot 10^{-28}$.

2. Vypočítejte součin rozpustnosti Ag_2S , je-li rozpustnost této látky $2,51 \cdot 10^{-17} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$.

Řešení:

a) Sulfid stříbrný má vzorec Ag_2S , proto platí: $[\text{Ag}_2\text{S}] = [\text{S}^{2-}]$

b) Z uvedeného vzorce je zřejmé, že koncentrace iontů stříbrných bude v porovnání s koncentrací iontů sulfidických a tedy i s koncentrací sulfidu stříbrného dvojnásobná.

c) Nyní již víme vše potřebné, abychom mohli napsat vztah pro výpočet součinu rozpustnosti sulfidu stříbrného: $K_S = [\text{Ag}^+]^2 \cdot [\text{S}^{2-}]$

Po dosazení: $K_S = [5,02 \cdot 10^{-17}]^2 \cdot [2,51 \cdot 10^{-17}] = 6,33 \cdot 10^{-50}$

Odpověď: Součin rozpustnosti sulfidu stříbrného je $6,33 \cdot 10^{-50}$.

3. Bylo zjištěno, že v 1 dm^3 nasyceného roztoku uhličitanu nikelnatého je rozpuštěno $4,36 \cdot 10^{-2} \text{ g}$ této látky. Vypočítejte součin rozpustnosti, víte-li, že $M_r(\text{NiCO}_3) = 118,72$.

Řešení:

a) Ze vztahu $n = m / M$ vypočteme látkové množství uhličitanu nikelnatého, který je rozpuštěn v 1 dm^3 roztoku. Vzhledem k tomu, že získaný údaj je vztažen na 1 dm^3 , vypočtené látkové množství je přímo molární koncentrací roztoku

$$n = 4,36 \cdot 10^{-2} / 118,72 = 3,673 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

b) Uhličitan nikelnatý má vzorec NiCO_3 , proto platí:

$$[\text{NiCO}_3] = [\text{Ni}^{2+}] = [\text{CO}_3^{2-}] = 3,673 \cdot 10^{-4}$$

c) Vyjdeme-li z definice součinu rozpustnosti, můžeme psát:

$$K_S = [3,673 \cdot 10^{-4}] \cdot [3,673 \cdot 10^{-4}] = 1,35 \cdot 10^{-7}$$

Odpověď: Součin rozpustnosti uhličitanu nikelnatého je $1,35 \cdot 10^{-7}$.

4. Ve 100 cm^3 roztoku chromanu olovnatého je obsaženo $1,1 \cdot 10^{-5} \text{ g}$ olovnatých iontů. Vypočítejte součin rozpustnosti této látky, víte-li, že $A_r(\text{Pb}) = 207,2$.

Řešení:

a) Pro výpočet součinu rozpustnosti potřebujeme znát látkové množství olovnatých iontů, proto nejprve vypočítáme jejich obsah v 1000 cm^3 roztoku:

$$\begin{array}{l} 100 \text{ cm}^3 \dots\dots\dots 1,1 \cdot 10^{-5} \\ 1000 \text{ cm}^3 \dots\dots\dots x \end{array}$$

$$1000 : 100 = x : 1,1 \cdot 10^{-5}$$

$$x = 1,1 \cdot 10^{-4} \text{ g}$$

Pro výpočet látkového množství využijeme vztah: $n = m / M$.

Po dosazení: $n = 1,1 \cdot 10^{-4} / 207,2 = 5,31 \cdot 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$

b) Chroman olovnatý má vzorec PbCrO_4 , proto platí:

$$[\text{PbCrO}_4] = [\text{Pb}^{2+}] = [\text{CrO}_4^{2-}] = 5,31 \cdot 10^{-7}$$

c) Vyjdeme-li z definice součinu rozpustnosti, můžeme psát:

$$K_S = [\text{Pb}^{2+}] \cdot [\text{CrO}_4^{2-}] = [5,31 \cdot 10^{-7}] \cdot [5,31 \cdot 10^{-7}] = 2,82 \cdot 10^{-13}$$

Odpověď: Součin rozpustnosti chromanu olovnatého je $2,82 \cdot 10^{-13}$.

5. Roztok jodidu olovnatého obsahuje v 1 dm³ 0,307 g jodidových iontů. Vypočítejte součin rozpustnosti této látky.

Řešení:

a) V tabulkách vyhledáme relativní atomovou hmotnost jodu a ze vztahu $n = m / A_r$ vypočteme látkové množství jodidových iontů v roztoku

$$n_{\text{I}^-} = 126,9 \quad n = 0,307 / 126,9 = 2,42 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

b) Jodid olovnatý má vzorec PbI₂, proto platí: $[\text{Pb}^{2+}] = 1/2 [\text{I}^-]$

$$\text{Po dosazení: } [\text{Pb}^{2+}] = 2,42 \cdot 10^{-3} / 2 = 1,21 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

c) Vyjdeme-li z definice součinu rozpustnosti, můžeme psát: $K_S = [\text{Pb}^{2+}] \cdot [\text{I}^-]^2$

$$\text{Po dosazení: } K_S = [1,21 \cdot 10^{-3}] \cdot [2,42 \cdot 10^{-3}]^2 = 7,09 \cdot 10^{-9}$$

Odpověď: Součin rozpustnosti jodidu olovnatého je $7,09 \cdot 10^{-9}$.

6. Součin rozpustnosti AgBr je $4,90 \cdot 10^{-13}$. Vypočítejte jeho rozpustnost v mol · dm⁻³.

Řešení:

a) Bromid stříbrný má vzorec AgBr, a proto platí: $[\text{AgBr}] = [\text{Ag}^+] = [\text{Br}^-]$

b) Jestliže vyjdeme z definice součinu rozpustnosti a koncentrací stříbrných iontů si označíme x , můžeme psát: $[\text{Ag}^+] = x$; $K_S = x^2$. Po dosazení:

$$4,90 \cdot 10^{-13} = x^2 \\ x = 7 \cdot 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

Odpověď: Rozpustnost bromidu stříbrného je $7 \cdot 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$.

7. Součin rozpustnosti Ag₂S je $6,31 \cdot 10^{-50}$. Vypočítejte jeho rozpustnost v mol · dm⁻³.

Řešení:

a) Sulfid stříbrný má vzorec Ag₂S, a proto platí: $[\text{Ag}_2\text{S}] = 1/2 [\text{Ag}^+] = [\text{S}^{2-}]$

b) Nyní využijeme vztah pro výpočet součinu rozpustnosti sulfidu stříbrného: $K_S = [\text{Ag}^+]^2 \cdot [\text{S}^{2-}]$

Pokud koncentraci sulfidových iontů označíme x , můžeme psát: $[\text{Ag}^+] = 2x$. Dosazením do výše uvedeného vztahu získáme:

$$6,31 \cdot 10^{-50} = (2x)^2 \cdot x \\ 6,31 \cdot 10^{-50} = 4x^3 \\ x = 2,51 \cdot 10^{-17}$$

Odpověď: Rozpustnost sulfidu stříbrného je $2,51 \cdot 10^{-17} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$.

8. Vypočítejte, kolik gramů síranu barnatého je rozpouštěno v 0,5 dm³ jeho nasyceného roztoku, víte-li, že součin rozpustnosti této látky je $1,08 \cdot 10^{-10}$. $M_r(\text{BaSO}_4) = 233,4$

Řešení:

a) Síran barnatý má vzorec BaSO₄, a proto platí: $[\text{BaSO}_4] = [\text{Ba}^{2+}] = [\text{SO}_4^{2-}]$

b) V další části výpočtu budeme vycházet ze vztahu pro výpočet součinu rozpustnosti síranu barnatého: $K_S = [\text{Ba}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}]$

c) Jestliže si koncentraci barnatých iontů označíme x , můžeme psát: $K_S = x^2$. Po dosazení:

$$1,08 \cdot 10^{-10} = x^2 \\ x = 1,04 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

d) Ze vztahu $n = V \cdot c$ vypočteme látkové množství síranu barnatého obsaženého v 0,5 dm³ roztoku: $n = 0,5 \cdot 1,04 \cdot 10^{-5} = 0,52 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$

e) Hmotnost síranu barnatého rozpouštěného v roztoku vypočteme ze vztahu $m = n \cdot M_r$: $m = 0,52 \cdot 10^{-5} \cdot 233,4 = 1,21 \cdot 10^{-3} \text{ g BaSO}_4$

Odpověď: V 0,5 dm³ roztoku síranu barnatého je obsaženo $1,21 \cdot 10^{-3} \text{ g}$ této látky.

9. Rozhodněte, která z uvedených látek je nejméně rozpustná:

A) $K_S(\text{AgBr}) = 4,90 \cdot 10^{-13}$	$K_S(\text{AgCl}) = 1,78 \cdot 10^{-10}$	$K_S(\text{AgI}) = 8,31 \cdot 10^{-17}$
B) $K_S(\text{AgI}) = 8,31 \cdot 10^{-17}$	$K_S(\text{BaSO}_4) = 1,08 \cdot 10^{-10}$	$K_S(\text{PbS}) = 3,40 \cdot 10^{-28}$
C) $K_S(\text{PbS}) = 3,40 \cdot 10^{-28}$	$K_S(\text{AgBr}) = 4,90 \cdot 10^{-13}$	$K_S(\text{Hg}_2\text{I}_2) = 3,16 \cdot 10^{-29}$

Řešení A:

Součin rozpustnosti všech uvedených sloučenin lze vyjádřit vztahem $K_S = x^2$, kde x je koncentrace rozpustné soli, ale i příslušného aniontu nebo kationtu. Je jasné, že nejméně rozpustná bude ta látka, jejíž součin rozpustnosti má nejmenší hodnotu.

Odpověď: Z uvedených sloučenin je nejméně rozpustný jodid stříbrný.

Řešení B:

Součin rozpustnosti všech uvedených sloučenin lze podobně jako v bodě a) vyjádřit vztahem $K_S = x^2$, to znamená, že z těchto dvou sloučenin bude méně rozpustný sulfid olovnatý, jehož součin rozpustnosti má menší hodnotu.

Odpověď: Z uvedených sloučenin je nejméně rozpustný sulfid olovnatý.

Řešení C:

a) Součin rozpustnosti sulfidu olovnatého i bromidu stříbrného lze vyjádřit vztahem $K_S = x^2$, to znamená, že z těchto dvou sloučenin bude méně rozpustný sulfid olovnatý, jehož součin rozpustnosti má menší hodnotu.

b) Nyní je třeba ještě rozhodnout, zda bude rozpustnější sulfid olovnatý nebo jodid rtuťnatý. V tomto případě však pouhé porovnání hodnot součinu rozpustnosti nestačí. Součin rozpustnosti sulfidu olovnatého lze vyjádřit obecným vztahem $K_S = x^2$, zatím co pro součin rozpustnosti jodidu stříbrného platí vztah $K_S = 4x^3$, kde x je koncentrace rtuťnatých iontů nebo také přímo jodidu rtuťnatého. Z tohoto důvodu musíme vycházet z koncentrace obou solí, kterou vypočteme ze součinu rozpustnosti.

- sulfid olovnatý:

$$K_S = x^2 \quad \text{Po dosazení: } x^2 = 3,40 \cdot 10^{-28} \\ x = 1,84 \cdot 10^{-14} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

ze vztahu pro výpočet součinu rozpustnosti sulfidu olovnatého plyne:

$$x = [\text{Pb}^{2+}] = [\text{S}^{2-}] = c_{\text{PbS}} = 1,84 \cdot 10^{-14} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

- jodid rtuťnatý:

$$K_S = 4x^3 \quad \text{Po dosazení: } 4x^3 = 3,16 \cdot 10^{-29} \\ x = 1,99 \cdot 10^{-10} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

ze vztahu pro výpočet součinu rozpustnosti jodidu rtuťnatého plyne:

$$x = [\text{Hg}_2^{2+}] = c_{\text{HgI}_2} = 1,99 \cdot 10^{-10} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

Odpověď: Z vypočtených koncentrací je zřejmé, že méně rozpustný je sulfid olovnatý, i když jeho součin rozpustnosti má v porovnání s jodidem rtuťnatým větší hodnotu.

10. Součin rozpustnosti hydroxidu vápenatého je $6,4 \cdot 10^{-6}$. Vypočítejte: A) rozpustnost hydroxidu vápenatého v mol · dm⁻³; B) pH jeho nasyceného roztoku.

Řešení A:

a) Ze vzorce hydroxidu vápenatého vyplývá: $[\text{Ca(OH)}_2] = [\text{Ca}^{2+}] = 1/2 [\text{OH}^-]$

b) Pro součin rozpustnosti hydroxidu vápenatého platí vztah: $K_S = [\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{OH}^-]^2$

c) Jestliže položíme-li $[\text{Ca}^{2+}] = x$, potom $[\text{OH}^-] = 2x$

Dosazením do vztahu pro výpočet součinu rozpustnosti získáme:

$$K_S = x \cdot (2x)^2 \quad \text{Po úpravě: } K_S = 4x^3 \\ \text{Tedy: } 6,4 \cdot 10^{-6} = 4x^3 \\ x = 1,17 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

Odpověď: Rozpustnost hydroxidu vápenatého je $1,17 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$.

Řešení B:

a) Ze vzorce hydroxidu vápenatého vyplývá: $[\text{Ca(OH)}_2] = [\text{Ca}^{2+}] = 1/2 [\text{OH}^-]$

z uvedeného vyplývá: $[\text{OH}^-] = 2[\text{Ca(OH)}_2]$ tedy: $c_{\text{OH}^-} = 2 \cdot c_{\text{Ca(OH)}_2}$

Po dosazení: $c_{\text{OH}^-} = 2 \cdot 1,17 \cdot 10^{-2} = 2,34 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$

b) pH roztoku vypočítáme ze vztahu:

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH}$$

$$\text{pH} = 14 - (-\log 2,34 \cdot 10^{-2})$$

$$\text{pH} = 12,37$$

Odpověď: Nasycený roztok hydroxidu vápenatého má pH 12,37.

11. Vypočítejte, jaká je koncentrace (v mol . dm⁻³) stříbrných iontů v nasyceném roztoku:

A) chloridu stříbrného, jestliže $K_S(\text{AgCl}) = 1,78 \cdot 10^{-10}$

B) sulfidu stříbrného, jestliže $K_S(\text{Ag}_2\text{S}) = 6,31 \cdot 10^{-50}$

Řešení A:

a) Ze vzorce chloridu stříbrného vyplývá: $[\text{AgCl}] = [\text{Ag}^+] = [\text{Cl}^-]$

b) Pro jeho součin rozpustnosti platí vztah: $K_S = [\text{Ag}^+] \cdot [\text{Cl}^-]$

c) Jestliže si $[\text{Ag}^+]$ označíme x, potom $[\text{Cl}^-]$ bude také x. Po dosazení do vztahu pro výpočet součinu rozpustnosti získáme:

$$K_S = x^2 \quad \text{Tedy: } 1,78 \cdot 10^{-10} = x^2$$

$$x = 1,33 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

Odpověď: Rozpustnost chloridu stříbrného je $1,33 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$.

Řešení B:

a) Ze vzorce sulfidu stříbrného vyplývá: $[\text{Ag}_2\text{S}] = 1/2[\text{Ag}^+] = [\text{S}^{2-}]$

b) Pro jeho součin rozpustnosti platí vztah: $K_S = [\text{Ag}^+]^2 \cdot [\text{S}^{2-}]$

c) Jestliže si $[\text{S}^{2-}]$ označíme x, potom $[\text{Ag}^+] = 2x$. Po dosazení do vztahu pro výpočet součinu rozpustnosti získáme:

$$K_S = (2x)^2 \cdot x \quad \text{Po úpravě: } K_S = 4x^3$$

$$\text{Tedy: } 4x^3 = 6,31 \cdot 10^{-50}$$

$$x = 2,51 \cdot 10^{-17}$$

Odpověď: Rozpustnost sulfidu stříbrného je $2,51 \cdot 10^{-17} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$.

Součin rozpustnosti

1. Vypočítejte součin rozpustnosti sulfidu stříbrného, je-li rozpustnost této látky $2,51 \cdot 10^{-17} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$.

Řešení:

- a) Sulfid stříbrný má vzorec Ag_2S , proto platí:

$$[\text{Ag}_2\text{S}] = [\text{S}^{2-}]$$

- b) Ze vzorce sulfidu stříbrného je zřejmé, že koncentrace iontů stříbrných bude v porovnání s koncentrací iontů sulfidických a tedy i s koncentrací sulfidu stříbrného, dvojnásobná.

- c) Nyní již zřídíme vše potřebné, abychom mohli napsat vztah pro výpočet součinu rozpustnosti sulfidu stříbrného:

$$K_S = [\text{Ag}^+]^2 \cdot [\text{S}^{2-}]$$

$$\text{Po dosazení: } K_S = [5,02 \cdot 10^{-17}]^2 \cdot [2,51 \cdot 10^{-17}]$$

$$K_S = 6,33 \cdot 10^{-50}$$

Odpověď: Součin rozpustnosti sulfidu stříbrného je $6,33 \cdot 10^{-50}$.

2. Součin rozpustnosti bromidu stříbrného je $4,90 \cdot 10^{-13}$. Vypočítejte jeho rozpustnost v mol $\cdot \text{dm}^{-3}$.

Řešení:

- a) Bromid stříbrný má vzorec AgBr , proto platí: $[\text{AgBr}] = [\text{Ag}^+] = [\text{Br}^-]$

- b) Vyjdeme-li z definice součinu rozpustnosti a koncentrací stříbrných iontů si označíme x , tedy $[\text{Ag}^+] = x$, můžeme psát: $K_S = x^2$

$$\text{Po dosazení: } 4,90 \cdot 10^{-13} = x^2$$

$$x = 7 \cdot 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

Odpověď: Rozpustnost bromidu stříbrného je $7 \cdot 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$.

3. Součin rozpustnosti sulfidu stříbrného je $6,31 \cdot 10^{-50}$. Vypočítejte rozpustnost této látky v mol $\cdot \text{dm}^{-3}$.

Řešení:

- a) Sulfid stříbrný má vzorec Ag_2S , proto platí:

$$[\text{Ag}_2\text{S}] = 1/2 [\text{Ag}^+] = [\text{S}^{2-}]$$

9

Ag^+
 I
 S
 Pb^2+
 S
 PbS
 (viz příloha)

- b) Nyní využijeme vztah pro výpočet součinu rozpustnosti sulfidu stříbrného:

$$K_S = [\text{Ag}^+]^2 \cdot [\text{S}^{2-}]$$

Pokud koncentraci sulfidických iontů označíme x , tedy $[\text{S}^{2-}] = x$, můžeme psát $[\text{Ag}^+] = 2x$. Dosazením do výše uvedeného vztahu získáme rovnici:

$$6,31 \cdot 10^{-50} = (2x)^2 \cdot x$$

$$6,31 \cdot 10^{-50} = 4x^3$$

$$x = 2,51 \cdot 10^{-17}$$

Odpověď: Rozpustnost sulfidu stříbrného je $2,51 \cdot 10^{-17} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$.

4. Vypočítejte součin rozpustnosti sulfidu olovnatého, je-li rozpustnost této látky $1,84 \cdot 10^{-14} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ $[3,39 \cdot 10^{-28}]$

5. Bylo zjištěno, že v 1 dm³ nasyceného roztoku uhličitanu nikelnatého je rozpuštěno $4,36 \cdot 10^{-2} \text{ g}$ této látky. Vypočítejte součin rozpustnosti, vite-li, že $M_r(\text{NiCO}_3) = 118,72$ $[1,35 \cdot 10^{-7}]$

6. Ve 100 cm³ roztoku chromanu olovnatého je obsaženo $1,1 \cdot 10^{-5} \text{ g}$ olovnatých iontů. Vypočítejte součin rozpustnosti této látky, vite-li, že $A_r(\text{Pb}) = 207,2$ $[2,82 \cdot 10^{-13}]$
7. Roztok jodidu olovnatého obsahuje v 1 dm³ $0,307 \text{ g}$ jodidových iontů. Vypočítejte součin rozpustnosti této látky: $[7,09 \cdot 10^{-9}]$

8. Vypočítejte, kolik gramů stranu barnatého je rozpuštěno v $0,5 \text{ dm}^3$ jeho nasyceného roztoku, vite-li, že součin rozpustnosti této látky je $1,08 \cdot 10^{-10}$ $[1,21 \cdot 10^{-4} \text{ g}]$

9. Rozhodněte, která ze tří uvedených látek je nejméně rozpustná:

$$\text{a) } K_S(\text{AgBr}) = 4,90 \cdot 10^{-13} \quad K_S(\text{AgCl}) = 1,78 \cdot 10^{-10} \quad K_S(\text{AgI}) = 8,31 \cdot 10^{-17}$$

$$\text{b) } K_S(\text{AgI}) = 8,31 \cdot 10^{-17} \quad K_S(\text{BaSO}_4) = 1,08 \cdot 10^{-10} \quad K_S(\text{PbS}) = 3,40 \cdot 10^{-28}$$

$$\text{c) } K_S(\text{PbS}) = 3,40 \cdot 10^{-28} \quad K_S(\text{AgBr}) = 4,90 \cdot 10^{-13} \quad K_S(\text{Hg}_2) = 3,16 \cdot 10^{-29}$$

10. Součin rozpustnosti hydroxidu vápenatého je $6,4 \cdot 10^{-6}$. Vypočítejte a) rozpustnost hydroxidu vápenatého v mol $\cdot \text{dm}^{-3}$, b) pH jeho nasyceného roztoku.

$$[\text{a}] 1,17 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}; \text{ b) } [2,37]$$

11. Vypočítejte, jaká je koncentrace (v mol $\cdot \text{dm}^{-3}$) stříbrných iontů v nasyceném roztoku a) chloridu stříbrného, jestliže $K_S(\text{AgCl}) = 1,78 \cdot 10^{-10}$ b) sulfidu stříbrného, jestliže $K_S(\text{Ag}_2\text{S}) = 6,31 \cdot 10^{-50}$. [a] $1,33 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$; b) $2,51 \cdot 10^{-17} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$]

Ag⁺ iontů, tudíž se vyloučí další díl AgCl do tuhé fáze. (Praktický význam v analytické chemii při gravimetrických stanoveních.)

Hodnot součinu rozpustnosti se užívá k vyjádření rozpustnosti málo rozpustných solí. Z nich lze vypočítat molární koncentraci i hmotnostní procenta takových elektrolytů i jednotlivých druhů iontů v nasyceném roztoku.

Podle toho, na kolik iontů se formální jednotka elektrolytu rozdělí, rozeznáváme elektrolyty binární - např.: AgCl, BaSO₄, ternární - např.: Mg(OH)₂, Ag₂S, kvaternární - např.: Fe(OH)₃, atd.

Platí tyto vztahy:

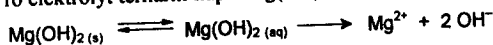
Pro elektrolyt binární např. AgCl



$$c_{\text{AgCl}_{(aq)}} = c_{\text{Ag}^+} = c_{\text{Cl}^-} = x$$

$$S_{\text{AgCl}} = c_{\text{Ag}^+} \cdot c_{\text{Cl}^-} = x^2$$

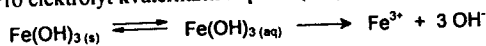
Pro elektrolyt ternární např. Mg(OH)₂



$$c_{\text{Mg(OH)}_2 (aq)} = c_{\text{Mg}^{2+}} = \frac{c_{\text{OH}^-}}{2} = x$$

$$S_{\text{Mg(OH)}_2} = (c_{\text{Mg}^{2+}}) \cdot (c_{\text{OH}^-})^2 = x \cdot (2x)^2 = 4x^3$$

Pro elektrolyt kvaternární např. Fe(OH)₃



$$c_{\text{Fe(OH)}_3 (aq)} = c_{\text{Fe}^{3+}} = \frac{c_{\text{OH}^-}}{3} = x$$

$$S_{\text{Fe(OH)}_3} = (c_{\text{Fe}^{3+}}) \cdot (c_{\text{OH}^-})^3 = x \cdot (3x)^3 = 27x^4$$

Příklady výpočtů:

Příklad 8-1

K rozpustění 1 g síranu olovnatého je při 30 °C zapotřebí 22 dm³ vody. Vypočítejte součin rozpustnosti této soli.

Řešení:

Z rozpustnosti vyjádřené v g se vypočítá molární koncentrace nasyceného roztoku PbSO₄.

M_r (PbSO₄) vyladěna v tabulkách je 303,25

$$n = \frac{m}{M} = \frac{1}{303,25} = 3,30 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$c = \frac{n}{V} = \frac{3,30 \cdot 10^{-3}}{22} = 1,50 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

PbSO₄ je binární elektrolyt, platí tedy

$$S_{\text{PbSO}_4} = x^2 = (1,50 \cdot 10^{-4})^2 = 2,25 \cdot 10^{-8}$$

Součin rozpustnosti síranu olovnatého se rovná 2,25 · 10⁻⁸.

Příklad 8-2

Součin rozpustnosti chloridu stříbrného je 1,72 · 10⁻¹⁰. Jaká je jeho molární koncentrace v nasyceném roztoku?

Řešení:

$$S_{\text{AgCl}} = x^2 \quad (\text{jde o elektrolyt binární})$$

$$c_{\text{AgCl}_{(aq)}} = x = \sqrt{1,72 \cdot 10^{-10}} = 1,31 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

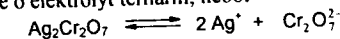
Koncentrace AgCl v jeho nasyceném roztoku je 1,31 · 10⁻⁵ mol · dm⁻³.

Příklad 8-3

Produkt rozpustnosti dichromanu stříbrného se rovná 2 · 10⁻⁷. Vypočítejte koncentraci Ag⁺ v nasyceném roztoku této soli.

Řešení:

Jde o elektrolyt ternární, neboť



$$S_{\text{Ag}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} = 4x^3 = 2 \cdot 10^{-7}$$

8. Součin rozpustnosti

$$x = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 10^{-7}}{4}} = 3,68 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$c_{\text{Ag}^+} = 2x = 7,36 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

Koncentrace Ag⁺ v nasyceném roztoku Ag₂Cr₂O₇ je 7,36 · 10⁻³ mol · dm⁻³

Příklad 8-4

Součin rozpustnosti hydroxidu železitého je 1,1 · 10⁻³⁶. Kolik g hydroxidu železitého je v 1 dm³ jeho nasyceného roztoku?

Řešení:

Nejdříve zjistíme látkovou koncentraci tohoto hydroxidu a pak ji přepočteme na hmotnostní množství.

Hydroxid železitý je kvaternární elektrolyt, proto

$$S_{\text{Fe(OH)}_3} = 27x^4 = 1,1 \cdot 10^{-36}$$

$$x = \sqrt[4]{\frac{1,1 \cdot 10^{-36}}{27}} = 4,49 \cdot 10^{-10} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$M_r (\text{Fe(OH)}_3) = 106,94$$

$$m = M_r \cdot n = 106,94 \cdot 4,49 \cdot 10^{-10} = 4,80 \cdot 10^{-8} \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$$

V 1 dm³ nasyceného roztoku hydroxidu železitého je 4,80 · 10⁻⁸ g této látky.

Příklad 8-5

Ve 100 cm³ nasyceného vodného roztoku hydroxidu vápenatého je obsaženo 0,165 g této substance. Jaký je součin rozpustnosti tohoto hydroxidu?

Řešení:

Zjistíme molární koncentraci Ca(OH)₂ a pak vypočteme součin rozpustnosti podle vztahů pro ternární elektrolyt.

$$M_r (\text{Ca(OH)}_2) \text{ z tabulek} = 74,09$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{0,165}{74,09} = 2,23 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

↓ ELEKTY

8.6 S_{BaSO₄} = 1,5 · 10⁻⁹

8.7 c_{Ca²⁺} = 2,04 · 10⁻⁴

c_{F⁻} = 4,08 · 10⁻⁴ , 1,57 · 10³ g / 100 cm³ tj 0,00157%

8.8 S_{CaSO₄} = 6,4 · 10⁻⁵

8.9 S_{CaI₂} = 3,49 · 10⁻¹²

8.10 c_{Ag⁺} = 1,22 · 10⁻⁸

8.11 0,435 g PbCl₂

8.12 1,84 · 10⁻³ g BaCl₂

8.13 pH = 4,35

8. Součin rozpustnosti

UPE 8.7-8.8
100% = 1000g / 1000g O

PROČITAT 7304

TO O
MAMO ROZ
SOU
BERE
1,79 = 1,2

Příklady k procvičení.

Příklad 8-6

Při 25 °C se rozpouští v 1 dm³ vody 0,0091 g síranu barnatého. Vypočítejte součin rozpustnosti této soli.

Příklad 8-7

Součin rozpustnosti fluoridu vápenatého je 3,4 · 10⁻¹¹. Je třeba vypočítat molární koncentraci Ca²⁺ a F⁻ iontů i hmotnostní obsah CaF₂ v % v nasyceném roztoku této soli.

Příklad 8-8

V nasyceném roztoku síranu vápenatého je při 18 °C 0,109 % této soli. Vypočítejte součin rozpustnosti.

Příklad 8-9

Ve 100 cm³ nasyceného roztoku je 3,4 · 10⁻³ g jodidu měďného. Vypočítejte součin rozpustnosti této soli.

Příklad 8-10

Jaká je koncentrace Ag⁺ iontů v nasyceném roztoku jodidu stříbrného? Součin rozpustnosti jodidu stříbrného se rovná 1,5 · 10⁻¹⁶.

Příklad 8-11

Kolik g chloridu olovnatého je ve 100 cm³ jeho nasyceného roztoku? Součin rozpustnosti je 1,54 · 10⁻⁵.

Příklad 8-12

Součin rozpustnosti chromanu barnatého je 2,2 · 10⁻¹⁰. Kolik g této sloučeniny se může rozpustit v 500 cm³ vody?

Příklad 8-13

Součin rozpustnosti hydroxidu vápenatého se rovná 5,47 · 10⁻⁶. Vypočítejte pH jeho nasyceného roztoku.

321. e) je tím stálější, čím je součin rozpustnosti nižší a čím je nižší koncentrace jednoduchých iontů v roztoku
322. c) sraženina síranu barnatého je velmi stálá
323. nejdříve se vysráží síran barnatý, protože má nižší součin rozpustnosti a následně síran vápenatý
324. b) používá se k důkazu redukčních vlastností látek
325. a) modré zbarvení způsobí měďnaté ionty, po reakci se mění na červenou oranžovou až do zelená způsobené měďnými ionty
326. c) patří mezi základní separační metody
327. d) boť není schopen sublimovat

BROH

321. Sraženina v roztoku je tím stálější, čím:
- vyšší součin rozpustnosti
 - vyšší koncentrace jednoduchých iontů v roztoku
 - čím je vyšší rovnovážná konstanta
 - je látka ve vodě rozpustnější
 - žádné tvrzení není pravdivé
322. Suspenzi síranu barnatého využíváme při rentgenovém vyšetření, i když ionty Ba^{2+} jsou jedovaté:
- protože barnaté ionty nelze odštěpit
 - díky převaze síranových aniontů v roztoku
 - díky malé hodnotě součinu rozpustnosti síranu barnatého (TÍM JE PRAKTICKY NEROZPUSTNÝ)
 - díky abnormálně vysoké hodnotě součinu rozpustnosti síranového aniontu
 - protože se vážou na vodíkové kationty v organismu
323. Odpovězte:
Co se stane s roztokem o stejné koncentraci barnatých a vápenatých iontů, jestliže přidáme po kapkách roztok kyseliny sírové?
324. Vodný roztok dusičnanu stříbrného a hydroxidu sodného používáme jako:
- Schiffovo činidlo
 - Tollensovo činidlo
 - Fehlingovo činidlo
 - Bayerovo činidlo
 - redukční činidlo
325. Podstatou důkazu Fehlingovým činidlem je:
- přeměna měďnatých iontů na měďné
 - přeměna síranu na siřičitan
 - přeměna oxidu stříbrného na stříbro
 - odbarvení původně modrého roztoku
 - všechna tvrzení jsou pravdivá
326. Proces oddělování složek ze směsi na základě jejich různé rozpustnosti v určitém rozpouštědle se nazývá:
- krystalizace
 - destilace
 - extrakce
 - destilace
 - frakční destilace
327. Mezi pevné látky, které při zahřívání mění své skupenství přímo na plynné, nepatří:
- chlorid ruťnatý
 - jod
 - chlorid amonný
 - brom
 - všechny uvedené látky mají schopnost sublimovat

22. Kolik oxidu uhličitého je obsaženo ve vzduchu? Obvykle je objemový zlomek CO_2 ve vzduchu přibližně
- 0,5 %
 - 3 %
 - 0,03 %
 - 1 %
23. Vyhledejte mezi nabídnutými odpověďmi nesprávný výrok o oxidu uhličitém:
- lze jej připravit působením kyseliny na vápenc
 - za laboratorní teploty se dobře rozpouští ve vodě
 - jeho hustota je větší než hustota kyslíku-za stejné teploty
 - lze jej použít jako hasicího prostředku
 - žádná odpověď nevyhovuje, všechny uvedené jsou správné
24. Která z nabídnutých látek je produktem reakce kyseliny chlorovodíkové a sulfidu sodného?
- síra
 - sulfan
 - oxid siřičitý
 - chlor
25. Ke zhotovení odlitků nebo fixačních obvazů je potřebná sádra. Vyhledejte její chemický vzorec:
- $Ca(OH)_2$
 - $CaCO_3$
 - $CaSO_4 \cdot 2H_2O$
 - $CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$
26. Jaká je přibližně koncentrace $CaSO_4$ v jeho nasyceném vodném roztoku, je-li rozpustnost této látky vyjádřena rovnovážnou konstantou rozpustnosti $K_S(CaSO_4) = 3,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol}^2 \cdot \text{dm}^{-4}$?
- $5,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$
 - $3,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$
 - $7,5 \cdot 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$
 - $6,0 \cdot 10^{-10} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$
27. Rozpustnost síranu olovnatého ve vodě se vyjadřuje hodnotou rovnovážné konstanty rozpustnosti $K_S(PbSO_4) = 2,0 \cdot 10^{-8} \text{ mol}^2 \cdot \text{dm}^{-4}$. Jaké je přibližně látkové množství $PbSO_4$, které postačí k přípravě 1 dm^3 nasyceného roztoku této látky ve vodě?
- $4,0 \cdot 10^{-16} \text{ mol}$
 - $1,4 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$
 - $2,0 \cdot 10^{-8} \text{ mol}$
 - $1,0 \cdot 10^{-8} \text{ mol}$
28. Máte analyzovat roztok amonné soli. Kterou z nabídnutých látek přidáte do roztoku, aby z něj (po promíchání a zahřátí) unikl amoniak?
- $CaCl_2$
 - KOH
 - H_2SO_4
 - HCl

28 B (ZAJ. PROUTREJ
NH₄ + HCHOH
JAKO KYSEL - H)

25 d
26 a
27 b

22 c
23 e (uvl)
24 b

140. Jako alotropii označujeme jev, kdy se prvek vyskytuje:

- a) v několika skupenstvích
- b) v několika krystalových strukturách
- c) jako binární sloučenina
- d) v polymerní formě

b

130. V atmosféře Země ze vzácných plynů je nejvíc zastoupen:

- a) helium
- b) neon
- c) argon
- d) krypton

C

137. Vybte správná tvrzení o heliu:

- A) helium má nejnižší teplotu tání a varu ze všech známých plynů
- b) helium má nejvyšší teplotu tání a varu ze všech známých plynů
- c) helium nelze zkapalnit
- D) helium lze zkapalnit a jako kapalné má velmi malou viskozitu

139. Frakční destilací zkapalněného vzduchu se získává:

- a) vodík
- b) neon, argon
- c) fluor, chlor
- d) oxid uhličitý

b

32. Z tabelovaných hodnot součinné rozpustnosti (K_s) síranu barnatého (1,5 · 10⁻⁹) a síranu vápenatého (2,4 · 10⁻⁵) můžeme vyvodit, že

- a) síran vápenatý je ve vodě méně rozpustný než síran barnatý
- b) ačkoli jsou barnaté soli většínou jedovaté, je možné používat BaSO₄ vzhledem k jeho nepatrné rozpustnosti jako kontrastní látku při rentgenoskopii žaludku
- c) síranové ionty lze snadno dokázat srážecí reakcí s BaCl₂
- d) elektrická vodivost nasyceného roztoku CaSO₄ je nižší než BaSO₄

b/c

286. Xenon patří mezi:

- a) chalkogeny
- b) halogeny
- c) triádu železa
- d) vzácné plyny
- e) kovy alkalických zemin

287. Napište chemické názvy následujících prvků.

- a) Ar
- b) Rn
- c) Ne
- d) He

288. Vzácné plyny mají zcela obsazené orbitály s a p, kromě jednoho zástupce. Vybte jej:

- a) radon
- b) vanad
- c) neon
- d) tellur
- e) helium

289. V důsledku zcela zaplněných s a p orbitalů jsou vzácné plyny:

- a) zcela rozpustné ve vodě
- b) polární ve sloučeninách
- c) izolátory tepla
- d) nereaktivní
- e) vysoce reaktivní již za laboratorních podmínek

290. Radon se používá k:

- a) výrobě žárovek
- b) výrobě výbojek
- c) léčbě rakoviny
- d) výrobě výbušnin
- e) výrobě smaltů

291. Helium se nepoužívá:

- a) k plnění žárovek
- b) k přípravě vzduchu pro potápěče
- c) k plnění balonů
- d) k dosažení nízkých teplot
- e) všechna tvrzení jsou pravdivá

292. Kolik % zaujímá argon ve vzduchu?

- a) 10
- b) 0.93
- c) 0.005
- d) 1
- e) 50

286. d) 8. A skupina periodické soustavy prvků

287. a) argon, b) radon, c) neon, d) helium

288. e) má pouze s-orbitály zaplněné neboť má pouze dva elektrony

289. d) je vytvořen elektronový oktet, který je energeticky vysoce stabilní

290. c)

291. a) všechny ostatní možnosti představují použití helia

292. b)

293. a) fluorid xenoničitý
b) oxid xenoničitý
c) oxid xenonový

294. d)

295. a) ne – helium je lehčí než vzduch
b) ano
c) ano

293. Napište chemické názvy následujících sloučenin.

- a) XeF₄
- b) XeO₄
- c) XeO₃

294. Vzácné plyny se získávají:

- a) jako hlavní produkt při rektifikaci ropy
- b) jako vedlejší produkt při zpracování vody
- c) jako vedlejší produkt při zpracování hnědého uhlí
- d) jako vedlejší produkt při frakční destilaci kapalného vzduchu
- e) rozkladem smolince

295. Odpovězte ano – ne podle správnosti tvrzení:

- a) Helium je těžší než vzduch.
- b) Neon se užívá jako náplň do výbojových trubici.
- c) Krypton je těžší než vzduch.