

## ELEKTROCHEMIE

1. Pro vodné roztoky  $\text{AlCl}_3$  a  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  o celkové látkové koncentraci  $0,20 \text{ mol dm}^{-3}$  vypočítejte iontovou sílu, střední molární koncentraci a střední aktivitu. Střední aktivitní koeficienty elektrolytů v uvedených roztocích jsou  $\gamma_{\pm, \text{AlCl}_3} = 0,305$  a  $\gamma_{\pm, \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} = 0,0225$ .

$$[\text{AlCl}_3: I = 1,20 \text{ mol dm}^{-3}, c_{\pm} = 0,456 \text{ mol dm}^{-3}, a_{\pm} = 0,139, \\ \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3: I = 3,00 \text{ mol dm}^{-3}, c_{\pm} = 0,510 \text{ mol dm}^{-3}, a_{\pm} = 0,0115]$$

2. Jaké budou navážky  $\text{K}_2\text{SO}_4$  a  $\text{KCl}$  pro přípravu 500 ml roztoku obsahujícího  $\text{KCl}$  ( $M_r = 74,551$ ) o koncentraci  $0,020 \text{ mol dm}^{-3}$  a  $\text{K}_2\text{SO}_4$  ( $M_r = 174,254$ ) v takovém množství, aby iontová síla roztoku byla  $0,10 \text{ mol dm}^{-3}$ .

$$[m_{\text{K}_2\text{SO}_4} = 2,32 \text{ g}, m_{\text{KCl}} = 0,746 \text{ g}]$$

3. Porovnejte hodnoty středních aktivitních koeficientů  $\text{KCl}$  a  $\text{LaCl}_3$  ve vodných roztocích při teplotě  $25^\circ\text{C}$  vypočtené podle Debyeova-Hückelova limitního zákona (D.-H.z.) a podle McInnesovy aproximace (McInn.) s hodnotami tabelovanými pro tyto koncentrace:

$c/\text{mol dm}^{-3}$	$\gamma_{\pm}(\text{KCl})$			$\gamma_{\pm}(\text{LaCl}_3)$		
	tab.	[D.-H.z.]	McInn.]	tab.	[D.-H.z.]	McInn.]
$1,0 \cdot 10^{-3}$	0,965	[ 0,964	0,965 ]	0,790	[ 0,762	0,783 ]
$1,0 \cdot 10^{-2}$	0,901	[ 0,889	0,903 ]	0,560	[ 0,423	0,533 ]
$1,0 \cdot 10^{-1}$	0,770	[ 0,690	0,778 ]	0,356	[ 0,066	0,284 ]

$$A = 0,509 (\text{mol dm}^{-3})^{-1/2}$$

4. Při určité teplotě má bromid stříbrný a uhličitán stříbrný stejnou hodnotu součinu rozpustnosti  $P = 10^{-12}$ . Která z uvedených látek má při této teplotě větší rozpustnost?



5. Součin rozpustnosti siřičitanu barnatého při  $25^\circ\text{C}$  činí  $4,0 \cdot 10^{-10}$ . Určete rozpustnost  $\text{BaSO}_3$

a) ve vodě,

b) v roztoku siřičitanu sodného o koncentraci  $2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$ .

$$[\text{a) } s = 2,00 \cdot 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3} \quad \text{b) } s = 3,83 \cdot 10^{-7} \text{ mol dm}^{-3}]$$

6. Sraženina fosforečnanu barnatého byla při  $20^\circ\text{C}$  promyta třikrát za sebou  $50 \text{ cm}^3$  destilované vody. Vypočítejte celkový úbytek hmotnosti sraženiny. Pro výpočet  $\gamma_{\pm}$  použijte Debyeův-Hückelův limitní zákon.  $P(\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2) = 3,4 \cdot 10^{-23}$ ,  $M_r(\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2) = 601,9$ .

$$[-\Delta m = 1,26 \text{ mg}]$$

7. Vypočítejte pH vodného roztoku kyseliny chlorovodíkové o koncentraci  $c = 0,10 \text{ mol dm}^{-3}$ .

$$[\text{pH} = 1,11]$$

8. Vypočítejte pH vodného roztoku kyseliny octové ( $pK_A = 4,76$ ) o koncentraci  $0,10 \text{ mol dm}^{-3}$ .  
[pH = 2,88]
9. Vypočítejte pH vodného roztoku kyseliny chloroctové ( $pK_A = 2,87$ ) o koncentraci  $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$  a stupeň disociace kyseliny chloroctové v tomto roztoku.  
[pH = 3,17,  $\alpha = 0,669$ ]
10. Vypočítejte koncentraci roztoku kyseliny akrylové ( $K_A = 5,5 \cdot 10^{-5}$ ), který má pH = 4,20.  
[ $c = 1,35 \cdot 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$ ]
11. Hydrazin  $N_2H_4$  je slabá zásada. Ve vodném roztoku se tedy ustavuje rovnováha podle rovnice  $N_2H_4 + H_2O = N_2H_5^+ + OH^-$ . Vypočítejte disociační konstantu hydrazinu, víte-li, že jeho roztok o koncentraci  $3,0 \text{ mol dm}^{-3}$  má pH = 11,23.  
[ $K_B = 9,61 \cdot 10^{-7}$ ]
12. Vypočítejte hodnotu pH vodného roztoku methylaminu ( $pK_A = 10,62$ ), je-li v tomto roztoku disociován z 37%. Předpokládejte ideální chování.  
[pH = 10,85]
13. Disociační konstanta kyseliny benzoové má hodnotu řádově  $10^{-4}$ . Z kolika procent bude přibližně hydrolyzován benzoan draselný ve svém setinmolárním roztoku? Aktivitní koeficienty pokládejte za jednotkové.  
[  $\gamma \doteq 0,01\%$  ]
14. Vodný roztok octanu sodného o určité koncentraci má pH = 8,9. Určete koncentraci a stupeň hydrolyzy octanu sodného v tomto roztoku.  $pK_A(CH_3COOH) = 4,76$ . Aktivitní koeficienty pokládejte za jednotkové.  
[ $c = 0,11 \text{ mol dm}^{-3}$ ,  $\gamma = 7,2 \cdot 10^{-5}$ ]
15. Vypočítejte pH roztoku  $NH_4Cl$  o koncentraci  $0,15 \text{ mol dm}^{-3}$ . Aktivitní koeficient univalentního iontu v roztoku uni-univalentního elektrolytu o této koncentraci je přibližně 0,6.  $pK_A(NH_4^+) = 9,25$ .  
[pH = 5,3]
16. Roztok, který obsahuje kyselinu octovou ( $K_A = 1,75 \cdot 10^{-5}$ ) o koncentraci  $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$  a další jednosytnou kyselinu o téže koncentraci, má pH = 3,77. Určete disociační konstantu druhé kyseliny.  
[ $K_A = 1,40 \cdot 10^{-5}$ ]

17. Do jednoho litru roztoku dvojsytné kyseliny  $H_2A$  ( $K_{A,1} = 1 \cdot 10^{-9}$ ,  $K_{A,2} = 1 \cdot 10^{-14}$ ) o koncentraci  $0,050 \text{ mol dm}^{-3}$  byl přidáván tuhý KOH až do hodnoty  $pH = 12$  (změna celkového objemu roztoku je zanedbatelná). Vypočítejte:

- hodnotu  $pH$  roztoku před přidávkem KOH,
- koncentrace všech druhů částic dané kyseliny přítomných ve výsledném roztoku,
- látkové množství přidaného hydroxidu draselného.

Aktivitní koeficienty pokládejte za jednotkové.

$$[a] \text{ } pH = 5,15, \text{ b) } c_{HA^-} = 4,95 \cdot 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}, \text{ c}_{H_2A} = 4,95 \cdot 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}, \\ c_{A^{2-}} = 4,95 \cdot 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}, \text{ c) } n_{KOH} = 6,05 \cdot 10^{-2} \text{ mol}]$$

18. Vypočítejte  $pH$  roztoku, který obsahuje kyselinu boritou o koncentraci  $0,020 \text{ mol dm}^{-3}$  a hydroxid draselný o koncentraci  $0,010 \text{ mol dm}^{-3}$ . Disociační konstanta kyseliny borité do prvního stupně má hodnotu  $7,3 \cdot 10^{-10}$ , disociační konstanty do druhého a třetího stupně jsou řádově  $10^{-12}$  a  $10^{-14}$ . Předpokládejte ideální chování.

$$[pH = 9,14]$$

19. Je třeba připravit 250 ml acetátového pufru o  $pH = 4,90$  a koncentraci sodných iontů v pufru  $0,0100 \text{ mol dm}^{-3}$ . Jaká bude navážka trihydrátu octanu sodného ( $M_r = 136,08$ ) a spotřeba zásobního roztoku kyseliny octové ( $pK_A = 4,76$ ) o koncentraci  $0,100 \text{ mol dm}^{-3}$ ? Jaká bude iontová síla pufru? Předpokládejte ideální chování.

$$[m = 0,340 \text{ g}, V = 18,1 \text{ ml}, I = 0,0100 \text{ mol dm}^{-3}]$$

20. Je třeba připravit 100 ml pufru o  $pH = 4,90$  a koncentraci chloridových iontů v pufru  $0,100 \text{ mol dm}^{-3}$ . Jaké budou spotřeby zásobních roztoků pyridinu ( $pK_A = 5,18$ ) o koncentraci  $1,00 \text{ mol dm}^{-3}$  a kyseliny chlorovodíkové o koncentraci  $1,00 \text{ mol dm}^{-3}$ . Jaká bude iontová síla pufru? Předpokládejte ideální chování.

$$[V_{C_5H_5N} = 15,2 \text{ ml}, V_{HCl} = 10,0 \text{ ml}, I = 0,100 \text{ mol dm}^{-3}]$$

21. Vypočítejte  $pH$  a iontovou sílu pufru, který byl připraven smícháním 150 ml vodného roztoku amoniaku ( $pK_B = 4,74$ ) o koncentraci  $0,020 \text{ mol dm}^{-3}$  se 100 ml roztoku chloridu amonného o koncentraci  $0,015 \text{ mol dm}^{-3}$ . Předpokládejte ideální chování.

$$[pH = 9,56, I = 6,04 \cdot 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}]$$

22. Vypočítejte  $pH$  a puфраční kapacitu pufru, který byl připraven z  $0,020 \text{ mol}$  kyseliny benzoové ( $pK_A = 4,20$ ),  $0,010 \text{ mol}$  KOH a takového množství vody, aby celkový objem roztoku byl  $1,0 \text{ dm}^3$ . Jakým způsobem lze dosáhnout pětinasobného zvýšení puфраční kapacity daného pufru při stejné hodnotě  $pH$ ? Předpokládejte ideální chování.

$$\beta = \ln 10 c_B \left( 1 - \frac{c_B}{c_A} \right)$$

$$[pH = 4,20, \beta = 1,15 \cdot 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}]$$

23. Je třeba připravit 500 ml acetátového pufru o  $\text{pH} = 4,90$  tak, aby jeho pufrací kapacita byla  $0,010 \text{ mol dm}^{-3}$ . K dispozici jsou zásobní roztoky kyseliny octové ( $\text{p}K_A = 4,76$ ) o koncentraci  $0,10 \text{ mol dm}^{-3}$  a hydroxidu sodného o téže koncentraci. Jaké budou spotřeby těchto zásobních roztoků pro přípravu požadovaného pufru? Předpokládejte ideální chování.

$$[V_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 89,3 \text{ ml}, V_{\text{NaOH}} = 52,0 \text{ ml}]$$

24. 25,0 ml vodného roztoku slabé kyseliny HA ( $\text{p}K_A = 4,00$ ,  $c_A = 0,10 \text{ mol dm}^{-3}$ ) je titrováno silnou zásadou B ( $c_B = 0,10 \text{ mol dm}^{-3}$ ). Vypočítejte  $\text{pH}$  roztoku v jednotlivých fázích titrace, a to pro spotřeby titračního činidla 0, 5, 10, 15, 20, 24, 25, 26 a 35 ml. Předpokládejte ideální chování. Vypočítané hodnoty vynesete do grafu.

$$[\text{pH}_0 = 2,5, \text{pH}_5 = 3,4, \text{pH}_{10} = 3,8, \text{pH}_{15} = 4,2, \text{pH}_{20} = 4,6, \\ \text{pH}_{24} = 5,4, \text{pH}_{25} = 8,3, \text{pH}_{26} = 11,3, \text{pH}_{35} = 12,2]$$

25. U vodivostní nádoby naplněné roztokem KCl o koncentraci  $0,10 \text{ mol dm}^{-3}$  byl při  $25^\circ\text{C}$  naměřen odpor  $24,36 \Omega$ . Molární vodivost  $0,10\text{M}$  KCl činí  $1,1639 \cdot 10^{-2} \text{ S m}^2 \text{ mol}^{-1}$ . Stejná vodivostní nádoba naplněná roztokem kyseliny octové o koncentraci  $0,010 \text{ mol dm}^{-3}$  měla při teplotě  $25^\circ\text{C}$  odpor  $1982 \Omega$ . Pro přípravu roztoků bylo použito vody o měrné vodivosti  $7,5 \cdot 10^{-4} \text{ S m}^{-1}$ . Vypočítejte molární vodivost kyseliny octové o dané koncentraci.

$$[A = 1,36 \cdot 10^{-3} \text{ S m}^2 \text{ mol}^{-1}]$$

26. Specifická (měrná) vodivost nasyceného roztoku chromanu stříbrného při  $25^\circ\text{C}$  byla  $3,098 \text{ mS m}^{-1}$ , specifická vodivost použité vody byla  $0,160 \text{ mS m}^{-1}$ . Vypočítejte molární rozpustnost a součin rozpustnosti  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ , znáte-li pro danou teplotu limitní molární vodivosti iontů:  $\lambda_{\text{Ag}^+}^0 = 61,9 \text{ S cm}^2 \text{ mol}^{-1}$ ,  $\lambda_{\frac{1}{2}\text{CrO}_4^{2-}}^0 = 85,0 \text{ S cm}^2 \text{ mol}^{-1}$ . Předpokládejte ideální chování nasyceného roztoku.

$$[s = 1,00 \cdot 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}, P = 4,00 \cdot 10^{-12}]$$

27. Jaký odpor bude mít při  $25^\circ\text{C}$  roztok kyseliny octové, jehož  $\text{pH}$  je 4,20, ve vodivostní nádobce, jejíž odporová kapacita je  $0,20 \text{ cm}^{-1}$ ? Pro danou teplotu jsou limitní molární vodivosti iontů:  $\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+}^0 = 349,7 \text{ S cm}^2 \text{ mol}^{-1}$ ,  $\lambda_{\text{CH}_3\text{COO}^-}^0 = 40,9 \text{ S cm}^2 \text{ mol}^{-1}$ . Vodivost vody zanedbejte.

$$[R = 8,12 \text{ k}\Omega]$$

28. Vypočítejte molární vodivost kyseliny mravenčí v roztoku o koncentraci  $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$ , znáte-li pro danou teplotu tyto údaje:  $\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+}^0 = 0,0315 \text{ S m}^2 \text{ mol}^{-1}$ ,  $\lambda_{\text{HCOO}^-}^0 = 0,0047 \text{ S m}^2 \text{ mol}^{-1}$ ,  $K_A(\text{HCOOH}) = 1,76 \cdot 10^{-4}$ .

$$[A = 1,23 \cdot 10^{-2} \text{ S m}^2 \text{ mol}^{-1}]$$

29. Vodný roztok amoniaku měl konduktivitu  $1,08 \cdot 10^{-2} \text{ S m}^{-1}$ . Roztok byl připraven rozpuštěním  $200 \text{ cm}^3$  (měřeno při teplotě  $25^\circ\text{C}$  a standardním tlaku) plynného amoniaku ve vodě. Celkový objem vzniklého roztoku byl  $1,0 \text{ dm}^3$ . Voda použitá k přípravě roztoku měla konduktivitu  $5,30 \cdot 10^{-4} \text{ S m}^{-1}$ . Vypočítejte disociační konstantu vodného roztoku amoniaku. Předpokládejte ideální chování roztoku i plynného amoniaku.

$$\lambda_{\text{NH}_4^+}^0 = 73,7 \text{ S cm}^2 \text{ mol}^{-1}, \lambda_{\text{OH}^-}^0 = 197,6 \text{ S cm}^2 \text{ mol}^{-1}$$

$$[K_B = 1,84 \cdot 10^{-5}]$$

30. Vypočítejte převodové číslo iontů  $\text{H}_3\text{O}^+$

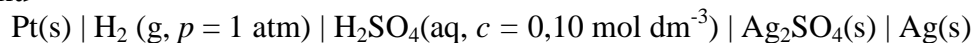
a) v roztoku HCl o koncentraci  $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$ ,

b) v roztoku obsahujícím HCl o koncentraci  $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$  a NaCl o koncentraci  $1,0 \text{ mol dm}^{-3}$ .

Předpokládejte, že v obou roztocích jsou pohyblivosti iontů stejné, a to  $U_{\text{H}_3\text{O}^+} = 3,623 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1} \text{ V}^{-1}$ ,  $U_{\text{Na}^+} = 5,19 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1} \text{ V}^{-1}$ ,  $U_{\text{Cl}^-} = 7,91 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1} \text{ V}^{-1}$ .

$$[\text{a) } t_{\text{H}_3\text{O}^+} = 0,821, \text{ b) } t_{\text{H}_3\text{O}^+} = 2,76 \cdot 10^{-3}]$$

31. U článku



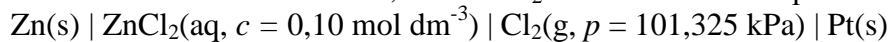
bylo při teplotě  $25^\circ\text{C}$  naměřeno rovnovážné (elektromotorické) napětí  $0,712 \text{ V}$ . Vypočítejte součin rozpustnosti  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ , víte-li, že  $\gamma_{\pm; 0,10\text{M-H}_2\text{SO}_4} = 0,7$  a  $E_{\text{Ag}^+|\text{Ag}}^0 = 0,799 \text{ V}$ . Předpokládejte, že kyselina sírová je v daném roztoku disociována úplně i do 2. stupně.  $F = 96485 \text{ C mol}^{-1}$

$$[P = 1,57 \cdot 10^{-6}]$$

32. Rozpustnost bromidu thalného ve vodě při teplotě  $25^\circ\text{C}$  je  $1,97 \cdot 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$ . Za předpokladu ideálního chování nasyceného roztoku TlBr vypočítejte standardní potenciál elektrody II. druhu  $E_{\text{TlBr/Tl, Br}^-}^0$ . Standardní potenciál thalné elektrody je  $E_{\text{Tl}^+/\text{Tl}}^0 = -0,336 \text{ V}$ .

$$[E_{\text{TlBr/Tl, Br}^-}^0 = -0,656 \text{ V}]$$

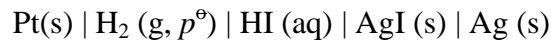
33. Vypočítejte střední aktivitní koeficient  $0,10\text{M ZnCl}_2$  z rovnovážného napětí článku



při  $25^\circ\text{C}$ . Experimentální hodnota rovnovážného napětí je  $2,2176 \text{ V}$ . Standardní elektrodové potenciály jsou:  $E_{\text{Cl}_2/\text{Cl}^-}^0 = 1,3595 \text{ V}$ ,  $E_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}}^0 = -0,762 \text{ V}$ . Předpokládejte ideální chování chlóru.

$$[\gamma_{\pm, \text{ZnCl}_2} = 0,520]$$

34. Rovnovážné napětí článku

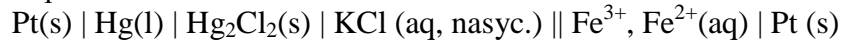


je při teplotě 25°C 0,163 V. Vypočítejte pH roztoku kyseliny jodovodíkové.

$$E_{\text{AgI}/\text{Ag}, \text{I}^-}^\ominus = -0,15 \text{ V.}$$

$$[\text{pH} = 2,65]$$

35. Rovnovážné napětí článku



je při teplotě 25°C 0,5354 V. Vypočítejte procentuální zastoupení  $\text{Fe}^{3+}$  a  $\text{Fe}^{2+}$  v roztoku, který je natolik zředěný, že se chová prakticky ideálně. Elektrodotový potenciál nasycené kalomelové elektrody  $E_{\text{Hg}_2\text{Cl}_2/\text{Hg}, \text{Cl}^-} = 0,2438 \text{ V}$ , standardní elektrodotový potenciál redox elektrody  $E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}}^\ominus = 0,771 \text{ V}$ .

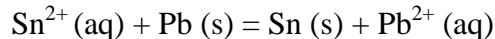
$$[57,9\% \text{ Fe}^{3+}]$$

36. Jestliže do roztoku modré skalice ponoříme železné hřebíky, vylučuje se na nich kovová měď. Vypočítejte rovnovážnou konstantu této reakce při 25°C, znáte-li:  $E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^\ominus = 0,337 \text{ V}$ ,

$$E_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}}^\ominus = -0,441 \text{ V.}$$

$$[K = 2,01 \cdot 10^{26}]$$

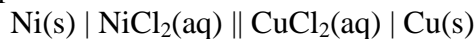
37. Vypočítejte rovnovážnou konstantu reakce



při teplotě 25°C, znáte-li:  $E_{\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}}^\ominus = -0,136 \text{ V}$ ,  $E_{\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}}^\ominus = -0,126 \text{ V}$ .

$$[K = 0,459]$$

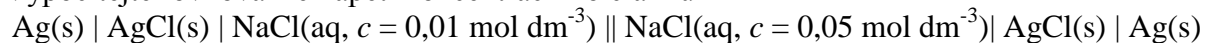
38. Standardní rovnovážné napětí článku



závisí na teplotě podle vztahu:  $E^\ominus(T) = 0,5999 - 4,034 \cdot 10^{-8} T - \frac{85,25}{T^2}$  (K, V). Uveďte reakci, která v článku probíhá, a vypočítejte její standardní reakční entalpii při teplotě 298 K.

$$[\Delta_r H^\ominus = -115,2 \text{ kJ mol}^{-1}]$$

39. Vypočítejte rovnovážné napětí koncentračního článku



při teplotě 25°C. Aktivitní koeficienty vypočítejte podle vztahu  $-\log \gamma_{\text{Cl}^-} = \frac{0,51\sqrt{I}}{1 + \sqrt{I}}$ .

$$[E = -0,0386 \text{ V}]$$