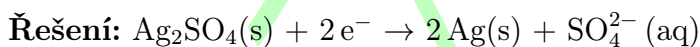


body obtížnost

1. (10 bodů) Vypočítejte iontovou sílu roztoku, který vznikne rozpuštěním 0.001 mol H_2SO_4 v kilogramu vody. Předpokládejte úplnou disociaci do druhého stupně. 1

Řešení: $I = \frac{1}{2} \sum z_i^2 m_i = \frac{1}{2} (1^2 \cdot m_{\text{H}^+} + 2^2 \cdot m_{\text{SO}_4^{2-}}) = \frac{1}{2} (1^2 \cdot 0.002 + 2^2 \cdot 0.001) = 0.003 \text{ mol kg}^{-1}$

2. (10 bodů) Napište reakci, která probíhá na elektrodě $\text{Ag}_2\text{SO}_4/\text{Ag}/\text{SO}_4^{2-}$, je-li v galvanickém článku zapojena jako katoda (5 b.). 3



Dále uveďte, na koncentraci jakých iontů je elektroda citlivá (5 b.):

- 0 a) Ag^+
 5 b) SO_4^{2-} a Ag^+
 c) SO_4^{2-}
 d) H^+

3. (10 bodů) Který z uvedených plynů má největší konstantu b Redlichovy-Kwongovy rovnice? Zdůvodněte! 3

- 10 a) methan
 b) ethan
 c) propan
 d) vodík

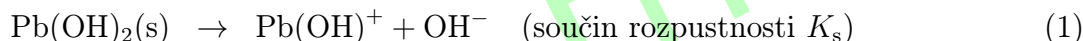
Řešení: b je úměrné velikosti molekuly, propan je největší. Podobně a je mírou přitažlivých sil – opět propan má největší a .

4. (10 bodů) Jaké vztahy platí v kritickém bodě látky, která se řídí stavovou rovnicí $p = p(V, T)$? 3

- 5 a) $\left(\frac{\partial^2 p}{\partial T^2}\right)_V = 0$
 b) $\left(\frac{\partial p}{\partial V}\right)_T = 0$
 c) $\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V = 0$
 5 d) $\left(\frac{\partial^2 p}{\partial V^2}\right)_T = 0$

Řešení: Na křivce $p(V)$ je inflexní bod.

5. (10 bodů) Hydroxid olovnatý je málo rozpustný ve vodě. Rozpouští ve dvou stupních, 4



Napište podmínky rovnováhy v libovolné formě vhodné k numerickému řešení [např. jako soustavu dvou rovnic o neznámých $\xi_1 = \text{rozsah reakce (1)}$ a $\xi_2 = \text{rozsah reakce (2)}$]. Zjednodušení: aktivitní koeficienty jsou jednotkové, koncentraci H^+ lze zanedbat. Rovnice neřešte.

Řešení: Bilance:

$\text{Pb}(\text{OH})^+$: přibude koncentrace ξ_1 z reakce (1), ubude ξ_2 z reakce (2), tedy $c_{\text{Pb}(\text{OH})^+} = \xi_1 - \xi_2$

OH^- : přibude oběma reakcemi, tedy $c_{\text{OH}^-} = \xi_1 + \xi_2$

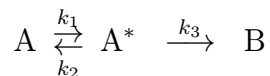
Pb^{2+} : přibude druhou reakcí, tedy $c_{\text{Pb}^{2+}} = \xi_2$

Podmínky rovnováhy ($c^{\text{st}} = 1$): $K_s = c_{\text{Pb}(\text{OH})^+} c_{\text{OH}^-}$, $c_{\text{OH}^-} c_{\text{Pb}^{2+}} / c_{\text{Pb}(\text{OH})^+} = K_2$

Po úpravě: $(\xi_1 - \xi_2)(\xi_1 + \xi_2) = K_s$, $(\xi_1 + \xi_2)\xi_2 = (\xi_1 - \xi_2)K_2$

6. (10 bodů) Látka A reaguje na látku B mechanismem

4



kde $k_3 \ll k_1$ a $k_3 \ll k_2$. Odvodte kinetickou rovnici pro koncentraci látky B. V rovnici se nesmí vyskytovat koncentrace nestálého meziprojektu c_{A^*} .

Řešení: Předrovnováha: $\frac{c_{A^*}}{c_A} = \frac{k_1}{k_2}$

Kin. rovnice pro c_B : $\frac{dc_B}{d\tau} = k_3 c_{A^*}$

Po dosazení za c_{A^*} : $\frac{dc_B}{d\tau} = \frac{k_3 k_1}{k_2} c_A$ ($= -\frac{dc_A}{d\tau}$, protože A^* je malé stacionární množství)

7. (10 bodů) Nejvyšší molární tepelnou kapacitu v plynném stavu (za běžných laboratorních teplot) má

4

- 10 a) methan
 b) oxid uhelnatý
 c) chlorovodík
 d) argon Zdůvodněte!

Řešení: Podle ekvipartičního principu je $C_{V,m} = \frac{f}{2}R$, kde f je počet mechanických stupňů volnosti molekuly. Pro argon je $f = 3$ (jen translace), malé lineární molekuly mají $f = 5$ (navíc 2 rotace) a methan (nelineární molekula) má $f = 6$.

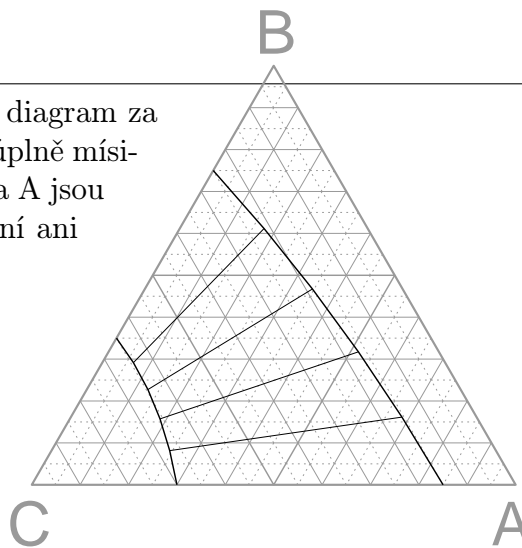
8. (10 bodů) Při škrcení plynu (snižování tlaku plynu průchodem přes kapiláru, fritu aj.) platí:

2

- 4 a) děj probíhá za konstantní entalpie
2 b) děj se jmenuje Jouleův-Thomsonův
4 c) děj je adiabatický
-1 d) děj probíhá za konstantní entropie

9. (10 bodů) Nakreslete schematicky možný fázový diagram za konstantní teploty a tlaku, jestliže látky A a B jsou úplně mísitelné, látky B a C jsou omezeně mísitelné a látky C a A jsou také omezeně mísitelné. Dále víte, že v systému není ani jeden kritický bod.

3



10. (10 bodů) Teplota je mírou

1

- 10 a) kinetické energie molekul
-1 b) vibrační a rotační energie molekul
-1 c) potenciální energie molekul
0 d) celkové (kinetické a potenciální) energie molekul

11. (10 bodů) Při jaké teplotě začne mrznout vodný roztok CaCl_2 o koncentraci 0.1 mol dm^{-3} ? Kryoskopická konstanta vody je $K_K = 1.86 \text{ K kg mol}^{-1}$.

3

Řešení: $\Delta t = -K_K m_{\text{ionty}} = -1.86 \cdot 0.3 = -0.56 \text{ }^\circ\text{C}$ (z CaCl_2 vzniknou 3 ionty)

12. (10 bodů) Teplota varu bromu je 332.62 K , výparná entalpie je $30.17 \text{ kJ mol}^{-1}$. Vypočtěte výparnou entropii.

1

Řešení: $\Delta_{\text{vyp}}S = \Delta_{\text{vyp}}H/T_{\text{var}} = 90.7 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

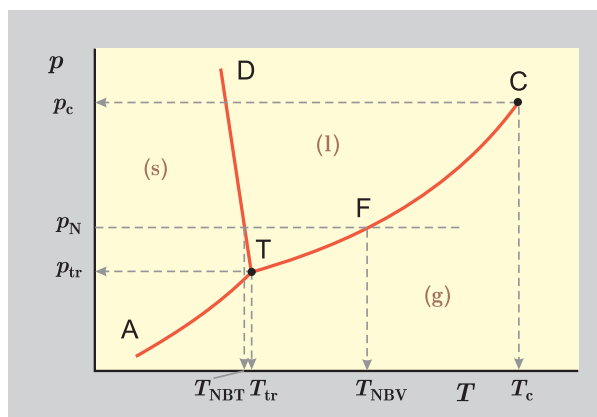
13. (10 bodů) Součín rozpustnosti $\text{Cu}(\text{OH})_2$ je $5.6 \cdot 10^{-20}$. Vypočítejte koncentraci nasyceného roztoku. Aktivitní koeficienty považujte za jednotkové. 3

Řešení: $K_s = c_{\text{OH}^-}^2 \cdot c_{\text{Cu}^{2+}} = (2c)^2 c \Rightarrow c = (K_s/4)^{1/3} = 0.52 \text{ mmol dm}^{-3}$

14. (10 bodů) Oxid uhličitý má kritickou teplotu 304.2 K, kritický tlak 7.4 MPa, teplotu trojného bodu 216.6 K a tlak trojného bodu 520 kPa. Označte správná tvrzení: 3

- 4 a) Za teploty 25 °C je možné oxid uhličitý tlakem zkapalnit
0 b) Za dostatečně nízké teploty může zůstat v použité sifonové bombičce několik kapek kapalného CO_2
3 c) Tuhý CO_2 za normálního tlaku nebude tát, ale bude sublimovat
3 d) Tuhý CO_2 má za normálního tlaku teplotu nižší než 216.6 K

Řešení: Řešení vychází z p - T čisté látky. Normální tlak je pod tlakem trojného bodu (T), tedy na křivce oděluující (s) a (g), $\Rightarrow \text{CO}_2$ sublimuje a nemůže být kapalný. Teplota 25 °C je pod kritickou (kritický bod = C), tedy při zvyšování tlaku se dostaneme do oblasti (l).



15. (10 bodů) Roztok kyseliny chlorovodíkové měl $\text{pH}=2$. Po rozpuštění 0.1 mol NaCl v litru takového roztoku bude pH 4

- 10 a) 2.08
-1 b) 1.00
0 c) 1.91
0 d) 2.00

Uveďte úvahu nebo výpočet!

Řešení: Vzroste iontová síla \Rightarrow klesne $\gamma_{\text{H}^+} \Rightarrow$ klesne $a_{\text{H}^+} = \gamma_{\text{H}^+} c_{\text{H}^+} \Rightarrow$ stoupne pH

16. (10 bodů) Nechť v systému probíhá jedna chemická reakce. Gibbsovu energii systému označme G , reakční Gibbsovu energii (za daného složení) označme $\Delta_r G$ a rozsah reakce ξ . V rovnováze platí 3

- 5 a) $\frac{\partial G}{\partial \xi} = 0$
5 b) $G = 0$
5 c) $\Delta_r G = 0$
5 d) $\frac{\partial \Delta_r G}{\partial \xi} = 0$

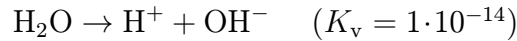
Řešení: $G(\xi)$ nabývá minima, tedy $\frac{\partial G}{\partial \xi} = 0$. Reakční Gibbsova energie je ovšem definována právě vztahem $\Delta_r G = \frac{\partial G}{\partial \xi}$.

17. (10 bodů) Jaká je povrchová energie hladiny rybníka Rožmberk? Povrchové napětí vody znečištěné organickými látkami je 60 mN m^{-1} . Plocha rybníka je 490 ha. 3

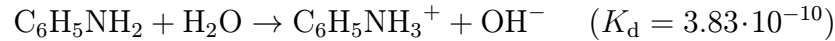
Řešení: $E = \gamma A = 60 \cdot 10^{-3} \text{ N m}^{-1} \cdot 490 \cdot 10^4 \text{ m}^2 = 294 \text{ kJ}$

18. (10 bodů) Rovnovážná konstanta reakce $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3^+ + \text{OH}^-$ (disociační konstanta) ve vodném roztoku je $K_d = 3.83 \cdot 10^{-10}$. Vypočítejte konstantu kyselosti iontu anilinia $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3^+$.

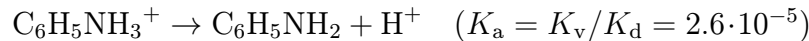
Řešení: Od rovnice disociace vody



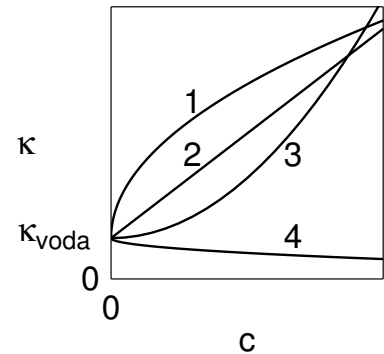
odečteme rovnici disociace anilinu



a dostaneme rovnici pro odštěpení protonu definující konstantu kyselosti



19. (10 bodů) Která křivka vyjadřuje závislost měrné vodivosti κ roztoku slabé kyseliny na koncentraci c ? (Zakroužkujte číslo křivky.)



4

• Křivka 1: $\kappa = \kappa_{\text{voda}} + \lambda^\infty c_{\text{kationty}} + \lambda^\infty c_{\text{anionty}} = \kappa_{\text{voda}} + \lambda^\infty c\alpha$. λ^∞ je (téměř) konstanta, avšak stupeň disociace α klesá s rostoucí koncentrací (přibližně jako $\alpha = \sqrt{K/c}$), a proto klesá počet iontů a počáteční strmý nárůst se zpomalí. (Obrázek je skutečný průběh pro $\gamma = 1$ – jistě byste uměli spočítat a nakreslit graf.)

20. (10 bodů) Pro teplotní závislost dodatkové Gibbsovy energie ekvimolární směsi kapalného xenonu a methylfluoridu za normálního tlaku v okolí teploty varu platí

$$G^E = aT + b$$

kde $a = -1.07 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ a $b = 867 \text{ J mol}^{-1}$. Určete dodatkovou entalpii za stejných podmínek.

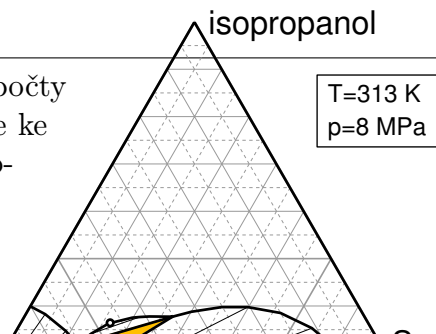
Řešení: $dG = -S dT [p] \Rightarrow S = -\left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_p = -a$

Dále $H = G + TS = aT + b - aT = b = 867 \text{ J mol}^{-1}$

21. (10 bodů) Parciální tlak dusíku ve směsi plynů je 200 kPa, jeho fugacitní koeficient je 1.2. Vypočtete aktivitu dusíku v této směsi vzhledem ke standardnímu tlaku $p^{\text{st}} = 100 \text{ kPa}$.

Řešení: $a_i = \frac{p_i}{p^{\text{st}}} \varphi_i = \frac{200}{100} \cdot 1.2 = 2.4$

22. (10 bodů) Vyznačte v diagramu a popište změny (počty fází a kvalitativně jejich složení), ke kterým dojde, jestliže ke směsi o složení 0.3 mol isopropanolu a 0.7 mol H_2O budou postupně přidávat čistý CO_2 . Složení je vyjádřeno molárními zlomky, konody jsou tenkou čarou, kolečka jsou kritické body. Oxid uhličitý je nad kritickou teplotou.



4

Řešení: Pohybujeme se z bodu S do bodu CO₂.

- Žádný nebo málo CO₂: jedna fáze (hnědá čára)
- při cca 0.07 přidaného CO₂ se objeví další fáze bohatší na vodu (krátká červená)
- při cca 0.08 přidaného CO₂ se objeví třetí fáze bohatá na CO₂ (modrá čára protínající oranžovou oblast)
- fáze bohatší na isopropanol při dalším přidávání CO₂ zmizí a máme opět dvě fáze (zelená)
- nakonec zmizí i fáze bohatá na H₂O a máme jen CO₂ s trochou par (či rozpuštěných) kapalin (fialová)

(Celkem 220 bodů, obtížnost = 63/22) (Ve skutečném testu je 10 otázek po 10 bodech)