

jméno	zápočet	úkoly	test	průměr	známka

Čas 105* minut. Povoleny jsou kalkulačky. Nejsou povoleny žádné písemné pomůcky.

U otázek s výběrem a, b, c... odpovědi (b) kroužkujte. Platí:

- Vždy je alespoň jedna odpověď správná.
- Správných odpovědí může být více.** Pro dosažení plného počtu bodů nutno **označit všechny**, není-li uvedeno jinak.
- Nesprávná odpověď v téže otázce zpravidla ruší správnou.
- Za zvlášť nesprávnou odpověď je -1 bod.

U otázek označených **?** uvádějte vždy úvahu či výpočet, které vás dovedly k odpovědi. Jinak nebude Vaše odpověď uznána!

Nezapomínejte na jednotky u veličin.

Můžete potřebovat

Avogadrova konstanta: $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Planckova konst.: $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$

Boltzmannova konstanta: $k_B = 1,381 \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$

Rychlost světla: $c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$

Ebulioskopická a kryoskopická konst. vody (25°C):

$1 \text{ mm Hg} = 1 \text{ torr} = 133,32 \text{ Pa}$

$K_E = 0,51 \text{ K kg mol}^{-1}$, $K_K = 1,86 \text{ K kg mol}^{-1}$ Faradayova konst.: $F = 96485 \text{ C mol}^{-1}$

Molární hmotnosti (g/mol): H = 1,008, C = 12,01, N = 14,01, O = 16,00, Na = 23,0, Cl = 35,4, Fe = 55,8, Cu = 63,5, Ag = 107,9

Povrchové napětí vody = 72 mN/m (při 25°C), 75 mN/m (při 0°C)

Mechanismus Michaelise a Mentenové: $\frac{d[\text{P}]}{dt} = \frac{v_{\text{max}}[\text{S}]}{K_M + [\text{S}]}$

Chemický potenciál a aktivita: $\mu_i = \mu_i^\ominus + RT \ln a_i$

van 't Hoffova rovnice pro závislost rovnovážné konstanty na teplotě: $\frac{d \ln K}{dT} = \frac{\Delta_r H_m^\ominus}{RT^2}$

Boltzmannova pravděpodobnost: $p \propto e^{-\mathcal{E}/k_B T}$

Hendersonova–Hasselbalchova rovnice: $\text{pH} = \text{p}K_a + \log_{10} \frac{c_{\text{base}}}{c_{\text{acid}}}$

van 't Hoffova rovnice pro osmotický tlak: $\Pi = cRT$

Goldmanova rovnice: $\Delta\phi = -\frac{RT}{F} \ln \frac{\sum_{\text{kationty}} P_i c_i^{\text{vpravo}} + \sum_{\text{anionty}} P_i c_i^{\text{vlevo}}}{\sum_{\text{kationty}} P_i c_i^{\text{vlevo}} + \sum_{\text{anionty}} P_i c_i^{\text{vpravo}}}$

Debyeův–Hückelův limitní zákon (I_c je iontová síla): $\ln \gamma_i = -Az_i^2 \sqrt{I_c}$

Smoluchowského rovnice: $v = \frac{\epsilon \zeta \mathcal{E}}{\eta}$

Laplaceova–Youngova rovnice: $\Delta p = \frac{2\gamma}{r}$

Nernstova rovnice: $E = E^\ominus - \frac{RT}{zF} \ln \prod_i a_i^{\nu_i}$

Kelvinova rovnice: $\ln \frac{p_r^s}{p_\infty^s} = \pm \frac{2\gamma V_m^{(l)}}{RT r}$

Následné reakce 1. řádu

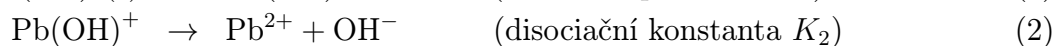
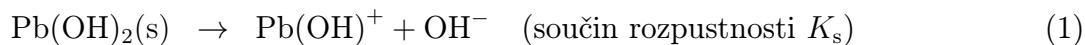
$(A \xrightarrow{k_1} B \xrightarrow{k_2} C)$: $c_A = c_{A0} e^{-k_1 t}$, $c_B = \frac{k_1 c_{A0}}{k_2 - k_1} [e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t}]$, $c_C = c_{A0} - c_A - c_B$

*Toto je Covidová verze. Od LS 2022 je méně výpočtů a čas je 90 minut

Výpočty

1. (10 bodů) Projektil do kulometu obsahuje 10 g ochuzeného uranu ^{238}U . Jeho poločas rozpadu je 4,468 Ga (1 Ga = miliarda let). Kolik atomů ^{238}U v projektilu se v průměru rozpadne za sekundu?

2. (10 bodů) Hydroxid olovnatý je málo rozpustný ve vodě. Rozpouští se ve dvou stupních,



Napište podmínky rovnováhy v libovolné formě vhodné k numerickému řešení. Zjednodušení: aktivní koeficienty jsou jednotkové, koncentraci H^+ lze zanedbat. Rovnice neřešte.

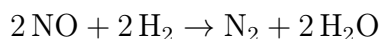
3. (10 bodů) Povrchová energie halitu (NaCl , kuchyňská sůl, kamenná sůl) je přibližně $0,7 \text{ J m}^{-2}$. Jaký výkon musí mít minimálně mlýn, který mele velké kusy halitu na prášek, jestliže rozemele 1 kg halitu za minutu? Hustota halitu je $2,16 \text{ g cm}^{-3}$. Předpokládejte, že prášek se skládá ze stejně velkých krychlíček o hraně rovné 0,05 mm. Výkon udejte ve wattech. Proč vychází mnohem méně, než byste čekali?

4. (5 bodů) Povrchové napětí vody je 72 mN/m , povrchové napětí minerálního oleje je 38 mN/m , mezifázové napětí voda–olej je 32 mN/m . Bude se kapka oleje rozestírat po vodní hladině?

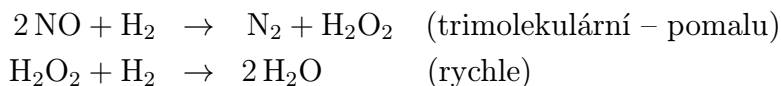
5. (5 bodů) Konstanty acidity kyseliny fosforečné H_3PO_4 pro disociaci do 1., 2. a 3. stupně jsou $\text{p}K_{\text{a},1} = 2,14$, $\text{p}K_{\text{a},2} = 7,20$ a $\text{p}K_{\text{a},3} = 12,37$. V jakém poměru musíme smíchat roztok NaOH o koncentraci $0,1 \text{ mol dm}^{-3}$ s roztokem H_3PO_4 o koncentraci $0,1 \text{ mol dm}^{-3}$, aby výsledný roztok měl $\text{pH} = 7,20$? Použijte vhodné aproximace.

Otázky

6. (5 bodů) Pro reakci probíhající v plynné fázi

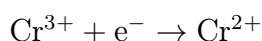


bylo navržen mechanismus



Napište kinetickou rovnici, která nebude obsahovat koncentraci nestálého peroxidu vodíku.

7. (5 bodů) Na katodě probíhá ve vodním roztoku reakce



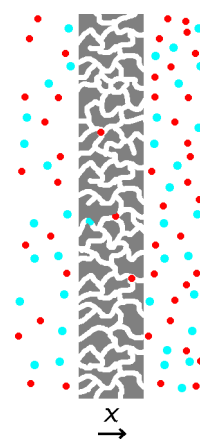
Napište obecný výraz pro rovnovážný potenciál této reakce za teploty T pomocí aktivit iontů pro běžný standardní stav.

8. (5 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 za konstantní teploty a tlaku platí

- G jako funkce ξ nabývá maxima
 - $\frac{\partial \Delta_r G}{\partial \xi} = 0$
 - $\frac{\partial G}{\partial \xi} = 0$
 - $G = 0$
 - $\Delta_r G$ jako funkce ξ nabývá minima
 - $\Delta_r G = 0$
-

9. (5 bodů) Goldmanova rovnice pro membránový potenciál byla odvozena za následujících předpokladů:

- Membránou procházejí pouze jednomocné ionty.
- Elektrický potenciál je v membráně lineární funkcí vzdálenosti x .
- Koncentrace iontů v membráně jsou lineární funkcí vzdálenosti x .
- Membránou procházejí pouze neutrální molekuly, které mohou na obou stranách membrány disociovat.
- Membrána je tenká, takže nehomogenity elektrického pole lze zanedbat.
- Membránou procházejí pouze kationty.



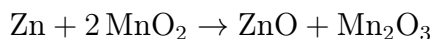
10. (5 bodů) Vzácné plyny se za snížené teploty snadno adsorbují na grafitu. Označte správná tvrzení:

- a Entropie adsorbovaného plynu je vyšší než plynu v plynné fázi.
- b Jedná se o chemisorpci.
- c Při desorpci za sníženého tlaku se systém ohřeje.
- d Argon se adsorbuje snáze než xenon.
- e Příčinou adsorpce jsou van der Waalsovy síly.
- f Při zvýšení teploty se část adsorbovaného plynu uvolní.

11. (5 bodů) Alkalický článek lze vyjádřit schématem

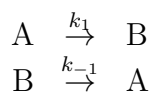


Probíhá v něm celková reakce

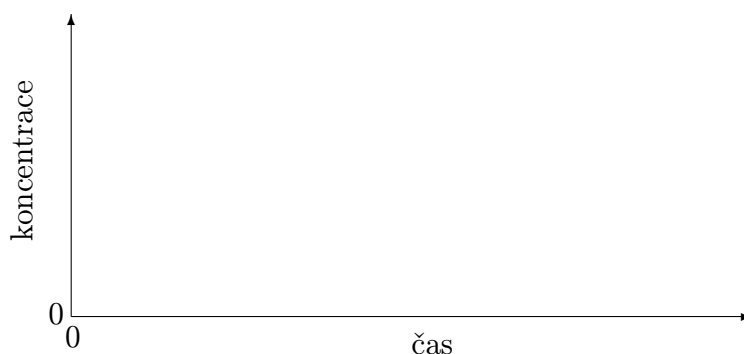


Napište zvlášť reakci na anodě a reakci na katodě:[†]

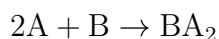
12. (5 bodů) Nakreslete schematicky závislost koncentrací látek A a B na čase u vratných reakcí typu



je-li na začátku v reakční směsi pouze látka A.



13. (5 bodů) Určete **celkový** řád reakce



která se řídí kinetickou rovnicí

$$\frac{dc_{\text{BA}_2}}{d\tau} = k_1 \frac{c_{\text{B}}}{k_2 c_{\text{A}} + k_3}$$

- a pro tento typ kinetické rovnice není řád definován
- b 2
- c 3
- d 1

[†]Část oxidů bude ve skutečnosti hydratovaná, $\text{Zn}(\text{OH})_2$ a MnOOH , což nemusíte uvažovat. V systému se však prakticky nevyskytují volné ionty kovů.

14. (5 bodů) ? Srážením křemičitanu sodného za vhodných podmínek vznikají koloidní částice o velikosti řádově stovky nm. Nalijeme koloidní roztok těchto částic do kyvety a podíváme se proti světlu (např. na vlákno žárovky). Tloušťka kapaliny je taková, abychom vlákno ještě viděli. Jakou barvu bude mít takové vlákno?

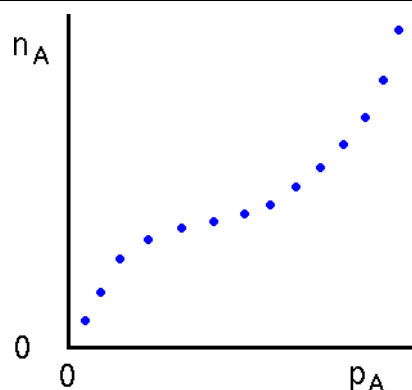
- a světlo se zeslabí, ale jeho barva se nezmění
- b vlákno bude zbarveno do zelena, v koncentrovanějších roztocích do modrozelená
- c vlákno bude zbarveno do modra, v koncentrovanějších roztocích do fialova
- d vlákno bude zbarveno do žluta, v koncentrovanějších koloidních roztocích do oranžova až červena

15. (5 bodů) Koncentrační polarizace elektrody je způsobena

- a pomalou difuzí reaktantů k elektrodě a/nebo produktů od elektrody v elektrolytu
- b pomalou difuzí iontů v materiálu elektrody
- c příliš malou koncentrací iontů v elektrolytu
- d pomalou difuzí elektronů v materiálu elektrody
- e parazitní reakcí na elektrodě
- f adsorpcí produktů reakce na elektrodě

16. (5 bodů) Pro popis vpravo uvedené závislosti adsorbovaného množství na tlaku se hodí

- a izoterma BET
- b Langmuirova izoterma
- c Gibbsova izoterma
- d van 't Hoffova izoterma
- e Freundlichova izoterma



17. (5 bodů) ? Často používaný vzoreček pro pH roztoku slabé kyseliny HA (konstanta acidity = K_a) o koncentraci c je

$$\text{pH} = \frac{1}{2}(\text{pc} + \text{p}K_a) \quad (3)$$

kde $\text{p}X = -\log_{10} X$. Předpokládejte, že aktivitní koeficienty jsou jednotkové. Za jakých dalších předpokladů vzoreček platí?

- a Koncentraci OH^- lze proti H^+ zanedbat.
- b Koncentrace aniotů kyseliny A^- je mnohem větší než koncentrace H^+ .
- c Většina kyseliny je v disociované formě.
- d Rovnováha $\text{HA} \rightarrow \text{H}^+ + \text{A}^-$ je posunuta doleva.
- e Platí $K_a \ll K_w$ (K_w je iontový součin vody).

bonus 18. (+5 bodů) ? Platí vzoreček z výše uvedeného příkladu pro následující hodnoty aktivitních koeficientů (za stejných ostatních podmínek)?

- a $\gamma_{\text{HA}} = 1, \gamma_{\text{H}^+} = 1, \gamma_{\text{A}^-} = 1$
- b $\gamma_{\text{HA}} = 1$ a $\gamma_{\text{H}^+}, \gamma_{\text{A}^-}$ dané Debyeovým–Hückelovým limitním zákonem
- c $\gamma_{\text{HA}} = 1, \gamma_{\text{H}^+} \neq 1, \gamma_{\text{A}^-} \neq 1, \gamma_{\text{A}^-} \neq \gamma_{\text{H}^+}$ (obecné hodnoty pro ionty)
- d $\gamma_{\text{HA}} \neq 1, \gamma_{\text{H}^+} \neq 1, \gamma_{\text{A}^-} \neq 1$ (obecné hodnoty)

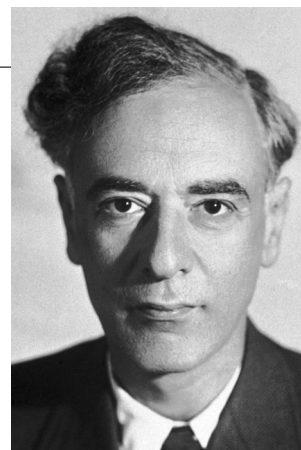
(Celkem 100 bodů. Můžete zkusit i bonusové otázky.)

Další bonusové otázky

bonus 19. (+5 bodů) DLVO teorie je nazvaná podle čtyř autorů:

- a Boris Vladimirovič Děřjagin
- b Lev Davidovič Landau
- c Evert Verwey
- d Theodoor Overbeek

Jeden z nich dostal Nobelovu cenu “for his pioneering theories for condensed matter, especially liquid helium.” Který?



bonus 20. (+5 bodů) **?** Jste starost(k)ou jistého jihofrancouzského města, které leží v kotlině a v létě má problémy s exhalacemi z aut a se smogem. Jaké stromy zasadíte do parku?

- a bříza
- b lípa
- c blahovičník (eukalyptus)
- d borovice

(Bonusy 15 bodů.)