19th – 29th July 2018
Bratislava, SLOVAKIA
Prague, CZECH REPUBLIC

www.50icho.eu

TEORETICKÉ ÚLOHY

Země:	Česká republika
Jméno a příjmení:	
Kód studenta:	CZE-1
Jazyk:	čeština



50th IChO 2018

International Chemistry Olympiad
SLOVAKIA & CZECH REPUBLIC

BACK TO WHERE IT ALL BEGAN



OBSAH

Pokyny 2
Fyzikální konstanty a vztahy 3
Úloha 1. DNA 5
Úloha 2. Návrat ostatků do vlasti v dobách středověkých 11
Úloha 3. Nástup elektromobilů 19
Úloha 4. Kolonová chromatografie radioaktivní mědi 25
Úloha 5. Český granát 29
Úloha 6. Hurá na houby! 35
Úloha 7. Cidofovir 40
Úloha 8. Karyofylen 47

Fyzikální konstanty a vztahy

Avogadrova konstanta:	$N_A = 6{,}022 \times 10^{23}\ \text{mol}^{-1}$
Univerzální plynová konstanta:	$R = 8{,}314\ \text{J K}^{-1}\ \text{mol}^{-1}$
Rychlost světla:	$c = 2{,}998 \times 10^{8}\ \text{m s}^{-1}$
Planckova konstanta:	$h = 6{,}626 \times 10^{-34}\ \text{J s}$
Faradayova konstanta:	$F = 9{,}6485 \times 10^{4}\ \text{C mol}^{-1}$
Standardní tlak:	$p = 1\ \text{bar} = 10^{5}\ \text{Pa}$
Normální tlak:	$p_{atm} = 1{,}01325 \times 10^{5}\ \text{Pa}$
Nula na Celsiově škále:	273,15 K
Hmotnost elektronu:	$m_e = 9{,}109 \times 10^{-31}\ \text{kg}$
Atomová hmotnostní konstanta:	$u = 1{,}6605 \times 10^{-27}\ \text{kg}$
Ångström:	$1\ \text{Å} = 10^{-10}\ \text{m}$
Elektronvolt:	$1\ \text{eV} = 1{,}602 \times 10^{-19}\ \text{J}$
Watt:	$1\ \text{W} = 1\ \text{J s}^{-1}$

Stavová rovnice ideálního plynu:	$pV = nRT$
První termodynamický zákon:	$\Delta U = q + W$
Příkon elektrického zařízení:	$P = U I$ kde U je napětí, I elektrický proud
Entalpie:	$H = U + pV$
Gibbsova energie:	$G = H - TS$ $\Delta G^{\circ} = -RT \ln K = -zFE^{\circ}_{cell}$ $\Delta G = \Delta G^{\circ} + RT \ln Q$
Reakční kvocient Q pro reakci a A + b B ⇌ c C + d D:	$Q = \dfrac{[\text{C}]^c[\text{D}]^d}{[\text{A}]^a[\text{B}]^b}$
Změna entropie:	$\Delta S = \dfrac{q_{rev}}{T}$ kde q_{rev} je teplo pro vratný děj
Teplo vyměněné s okolím při změně teploty a konstantní c_m:	$\Delta q = nc_m\Delta T$ kde c_m je molární tepelná kapacita
Van 't Hoffova rovnice:	$\dfrac{\text{d} \ln K}{\text{d}T} = \dfrac{\Delta_r H_m}{RT^2} \quad \Rightarrow \quad \ln\left(\dfrac{K_2}{K_1}\right) = -\dfrac{\Delta_r H_m}{R}\left(\dfrac{1}{T_2} - \dfrac{1}{T_1}\right)$

Hendersonova–Hasselbalchova rovnice: $\mathrm{pH} = \mathrm{p}K_\mathrm{a} + \log\frac{[\mathrm{A}^-]}{[\mathrm{HA}]}$

Nernstova–Petersova rovnice: $E = E^\mathrm{o} - \frac{RT}{zF}\ln Q$

Energie fotonu: $E = \frac{hc}{\lambda}$

Vztah mezi E v jednotkách eV a J: $E/\mathrm{eV} = \frac{E/\mathrm{J}}{q_\mathrm{e}/\mathrm{C}}$

Lambertův–Beerův zákon: $A = \log\frac{I_0}{I} = \varepsilon l c$

Vlnočet: $\tilde{\nu} = \frac{\nu}{c} = \frac{1}{2\pi c}\sqrt{\frac{k}{\mu}}$

Redukovaná hmotnost μ pro molekulu AX: $\mu = \frac{m_\mathrm{A}\, m_\mathrm{X}}{m_\mathrm{A} + m_\mathrm{X}}$

Energie harmonického oscilátoru: $E_\mathrm{n} = h\nu\,(n + \frac{1}{2})$

Arrheniova rovnice: $k = A\,\mathrm{e}^{-\frac{E_\mathrm{a}}{RT}}$

Rychlostní rovnice v integrovaném tvaru:

Nultý řád: $[\mathrm{A}] = [\mathrm{A}]_0 - kt$

První řád: $\ln[\mathrm{A}] = \ln[\mathrm{A}]_0 - kt$

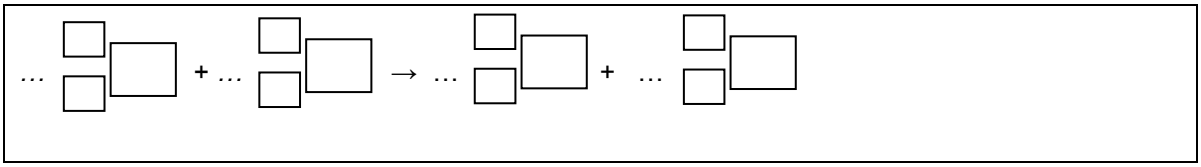
Druhý řád: $\frac{1}{[\mathrm{A}]} = \frac{1}{[\mathrm{A}]_0} + kt$

Teoretická úloha 4 6% z celkového počtu bodů	Otázka	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	**Celkem**
	Body	2	5	1	2	7	2	3	2	**24**
	Skóre									

Úloha 4. Kolonová chromatografie radioaktivní mědi

^{64}Cu pro pozitronovou emisní tomografii je připravována bombardováním zinkového terčíku jádry deuteria (dále označovaný jako aktivovaný terčík).

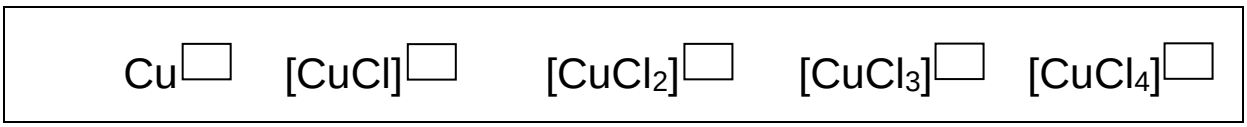
4.1 Zapište vyčíslenou rovnici bombardování jádra ^{64}Zn jádry deuteria, za vzniku ^{64}Cu. Specifikujte odpovídající atomová a hmotnostní čísla všech částic. Ignorujte náboje částic.



Aktivovaný terčík je rozpuštěn v kyselině chlorovodíkové (HCl (aq)) za vzniku směsi obsahující Cu^{2+} a Zn^{2+} ionty a jejich příslušné chlorido komplexy.

4.2 Vypočítejte molární zlomek negativně nabitých částic mědi vzniklých při aktivaci zinkového terčíku. Předpokládejte $[Cl^-]$ = 4 mol dm^{-3}. Pro celkové konstanty stability komplexů, β, viz tabulku 1.

Než začnete počítat, zapište náboje do rámečků vpravo nahoře:



Tabulka 1. Celkové konstanty stability β pro Cu částice (v zápisu byly vynechány náboje).

$\beta_i = \frac{[\mathrm{CuCl}_i]}{[\mathrm{Cu}]\cdot[\mathrm{Cl}]^i}$

	i v [CuCl$_i$]			
	1	2	3	4
β_i	2,36	1,49	0,690	0,055

Výpočet:

Molární zlomek =

(výsledek uveďte na 2 desetinná místa)

Směs obsahující Cu^{2+} a Zn^{2+} ionty a jejich příslušné chlorido komplexy byla separována na aniontovém iontoměniči. Suchý iontoměnič v OH^- formě byl dispergován ve vodě a vzniklá suspenze byla převedena do kolony. Pro navázání Cl^- iontů na všechna výměnná místa (t.j. převedení iontoměniče do Cl^- formy), byl iontoměnič propláchnut kyselinou chlorovodíkovou a pak deionizovanou vodou k odstranění všech nenavázaných Cl^- iontů.

4.3 Před propláchnutím kyselinou chlorovodíkovou se vše nacházelo při laboratorní teplotě. Změnila se teplota kolony během promývání kyselinou chlorovodíkovou?

☐ Ne.

☐ Ano, teplota se snížila.

☐ Ano, teplota se zvýšila.

Směs obsahující Cu^{2+} a Zn^{2+} ionty a jejich příslušné chlorido komplexy byla převedena do kolony naplněné iontoměničem. Kyselina chlorovodíková byla následně použita jako eluční činidlo.

Pomocí jednoduchého experimentálního vztahu můžete vypočítat průměrné eluční vlastnosti částic mědi a zinku na koloně.

Retenční objem V_R (objem mobilní fáze, při kterém je 50 % sloučeniny vyeluováno z kolony) může být vypočten následovně:

$$V_R = D_g \times m_{\text{iontoměnič,suchý,OH forma}} + V_0$$

4.4 S použitím středního koeficientu hmotnostní distribuce D_g (D_g(Cu částice) = 17,4 cm^3 g^{-1}, D_g(Zn částice) = 78,5 cm^3 g^{-1}) vypočtěte retenční objem V_R v cm^3 pro částice mědi a zinku, jestliže hmotnost suchého iontoměniče v OH^- formě $m_{\text{iontoměnič,suchý,OH forma}}$ = 3,72 g a mrtvý objem kolony V_0 = 4,93 cm^3.

Výpočet:

V_R(Cu částice) = cm^3 (výsledek uveďte na 1 desetinné místo)

V_R(Zn částice) = cm^3 (výsledek uveďte na 0 desetinných míst)

Pokud se vám nepodaří odpovědět na otázku, použijte pro další výpočty hodnoty V_R(Cu částice) = 49,9 cm^3 a V_R(Zn částice) = 324 cm^3.

S použitím jednoduchého experimentálního vztahu lze separaci dvou složek A a B považovat za kompletní, pokud

$$\boldsymbol{V_{0,001}(A) - V_{0,999}(B) > 10V_c}$$

kde $V_{0,001}$ je objem mobilní fáze, pro níž 0,1% složky **A** bylo eluováno z kolony, a $V_{0,999}$ je objem mobilní fáze, pro niž 99,9% složky **B** bylo eluováno z kolony.

$$\boldsymbol{V_{0,001}(A) = V_R(A) \times \left(1 - 6{,}91\sqrt{d_p/L_c}\right)}$$

$$\boldsymbol{V_{0,001}(B) = V_R(B) \times \left(1 - 6{,}91\sqrt{d_p/L_c}\right)}$$

$$\boldsymbol{V_{0,999}(B) = 2V_R(B) - V_{0,001}(B)}$$

4.5 Na základě výpočtu rozhodněte, zda byly částice mědi kompletně separovány od částic zinku. Objem kolony naplněné nabobtnalým iontoměničem je V_c = 10,21 cm^3, průměr částice iontoměniče je d_p = 0,125 mm, a výška sloupce mokrého iontoměniče v nabobtnalém stavu je L_c = 13,0 cm.

$V_{0,001}$(A) = cm^3

$V_{0,999}$(B) = cm^3

Částice mědi je možné separovat od částic zinku.

☐ Ano ☐ Ne

4.6 Vypočítejte hodnotu celkové teoretické iontově výměnné kapacity suchého iontoměniče použitého v této úloze, $Q_{m,teor}$, v mmol g^{-1}. Předpokládejte, že pouze tetraalkylammoniové skupiny byly zodpovědné za iontovou výměnu iontoměniče. Žádné jiné skupiny obsahující dusík nebyly přítomny. Hmotnostní zlomek dusíku v suchém iontoměniči byl 4,83 %.

$Q_{m,teor}$ = mmol g^{-1} (výsledek uveďte na 2 desetinná místa)

Pokud se vám nepodaří odpovědět na otázku, použijte pro další výpočty $Q_{m,teor}$ = 4,83 mmol g^{-1}.

Ve skutečnosti se ne všechny tetraalkylammoniové skupiny účastní iontové výměny. Pro stanovení celkové iontově výměnné kapacity Q_v byla kolona naplněna 3,72 g suchého iontoměniče převedeného do Cl^- formy a promyta roztokem obsahujícím nadbytek síranu sodného. Vyeluovaný roztok (effluent) byl jímán do 500cm^3 odměrné baňky, která byla následně doplněna po rysku deionizovanou vodou. Podíl 100 cm^3 byl potenciometricky titrován roztokem dusičnanu stříbrného o koncentraci 0,1027 mol dm^{-3}. Spotřeba dusičnanu stříbrného v bodě ekvivalence činila 22,20 cm^3. Objem kolony naplněné nabobtnalým iontoměničem V_c byl 10,21 cm^3.

4.7 Vypočítejte Q_v nabobtnalého iontoměniče v mmol aktivních tetraalkylammoniových skupin na cm^3 nabobtnalého iontoměniče.

Q_v = mmol cm^{-3} (výsledek uveďte na 2 desetinná místa)

Pokud se vám nepodaří odpovědět na otázku, použijte pro další výpočty Q_v = 1,00 mmol cm^{-3}.

4.8 Vypočítejte molární zlomek (x) tetraalkylammoniových skupin aktivně se účastnících při iontové výměně.

x = (výsledek uveďte na 3 desetinná místa)