



**58. ročník**

**2021/2022**

**ŠKOLNÍ KOLO**

**Kategorie E**

---

**Test školního kola – Řešení**

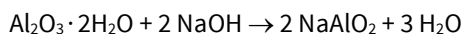
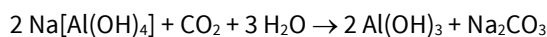
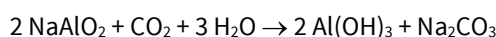
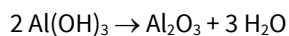
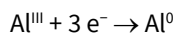
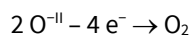
## ANORGANICKÁ CHEMIE

12 BODŮ

## Úloha 1 Šifrovačka

7 bodů

1)

**A** = hliník, Al**B** = oxid hlinitý dihydrát,  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , bauxit**C** = hlinitan sodný,  $\text{NaAlO}_2$ , popř. tetrahydroxhlinitan sodný  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ **D** = hydroxid hlinitý,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ **E** = oxid hlinitý,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ **F** = hexafluorohlinitan sodný,  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ , kryolit**G** = kyslík,  $\text{O}_2$ *Za každý správně uvedený vzorec à 0,20 bodu.**Za každý správně uvedený triviální název à 0,10 bodu.**Za každý správně uvedený systematický název à 0,20 bodu.***Celkem 3,00 bodu.**2) **Odpověď:**Kov **A** se vylučuje na *katodě*. Plyn **G** se vylučuje na *anodě*.*Za správně doplněné termíny 0,25 bodu.**Při jakékoliv jiné kombinaci 0 bodů.*3) **Reakce I:****Reakce II:****Reakce III:****Poloreakce I:****Poloreakce II:***Za každou správně vyčíslenou reakci/poloreakci à 0,50 bodu.**Dílčí body se neudělují.***Celkem 2,50 bodu.**

- 4) **Drahé kameny a jejich zbarvení:** Jedná se o rubín (červená), safír (modrá) a případně leukosafír (bezbarvý).

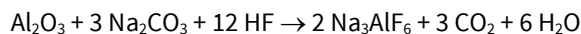
*Za 2 správné drahokamy včetně barev 0,25 bodu.*

- 5) **Sloučeniny:**

H = HF, kyselina fluorovodíková

I = CO<sub>2</sub>, oxid uhličitý

**Rovnice:**



*Za každý správně uvedený vzorec/název à 0,25 bodu.*

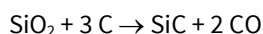
*Za správně vyčíslenou rovnicí 0,50 bodu (dílčí body se neudělují).*

**Celkem 1,00 bodu.**

## Úloha 2 Karborundum

**2,5 bodu**

- 1) **Rovnice:**



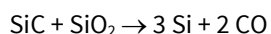
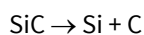
*Za správně vyčíslenou rovnicí 0,50 bodu.*

- 2) **Využití:**

V současné době se používá zejména jako brusný a leštící materiál, taktéž v metalurgii (cihly pro žáruvzdorné vyzdívky pecí), uplatnění nachází i v keramice.

*Za správné využití 0,25 bodu.*

- 3) **Rovnice:**



*Za alespoň jednu správně vyčíslenou rovnicí 0,50 bodu.*

*Dílčí body se neudělují.*

- 4) **Doplnění termínů:**

1 – topné jádro

4 – přívod proudu

2 – uhlové elektrody

5 – nístěj

3 – pevná čela

*Za každý správně přiřazený termín à 0,25 bodu.*

**Celkem 1,25 bodu.**

**Úloha 3 Sklo****2,5 bodu****1) Dvojice:**

MgO – snižuje tendenci skla krystalizovat

PbO, Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub> – zlepšuje tavitelnost, zvyšuje index lomu sklaB<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – zlepšuje tavitelnost a chemickou odolnost sklaAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – zlepšuje tepelnou odolnost skla*Za správně utvořenou dvojici à 0,25 bodu.***Celkem 1,00 bodu.****2) Složení:** Křemenné sklo je tvořeno výhradně SiO<sub>2</sub>.**Výhoda:** Má velmi vysokou teplotu tání oproti klasickému sklu + propouští UV záření (použití na křemenné kyvety).*Za správné složení 0,25 bodu.**Za uvedenou výhodu 0,25 bodu.***Celkem 0,50 bodu.****3) Výpočet:**

Je třeba se vypočíst stechiometrii jednotlivých prvků z jejich procentuálního zastoupení a molární hmotnosti.

$$v_C = \frac{w_C}{(A_r)_C} = \frac{5,18}{12,01} = 0,431$$

$$v_O = \frac{w_O}{(A_r)_O} = \frac{41,37}{15,99} = 2,587$$

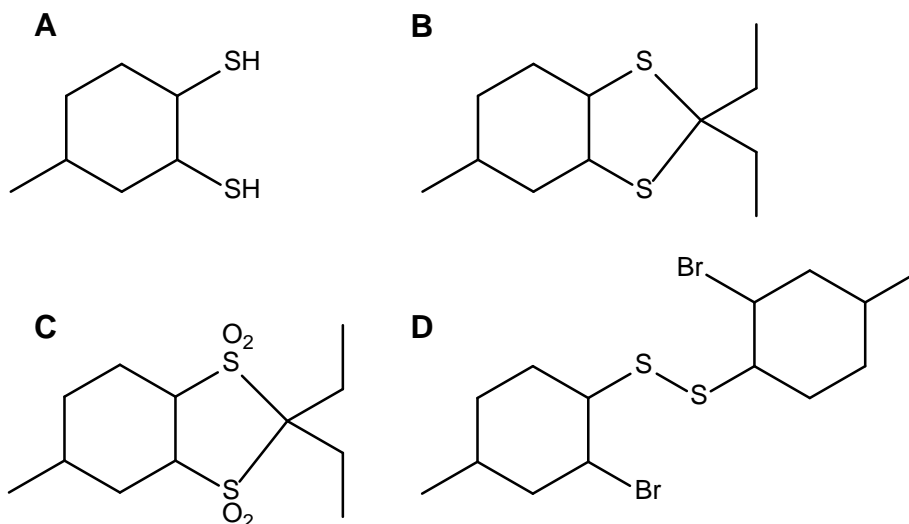
$$v_S = \frac{w_S}{(A_r)_S} = \frac{13,83}{32,06} = 0,431$$

$$v_{Na} = \frac{w_{Na}}{(A_r)_{Na}} = \frac{39,62}{22,99} = 1,723$$

Každé výsledné číslo pak vydělíme nejmenším ze čtveřice čísel, abychom dostali stechiometrické množství v přirozených číslech.

$$v_C = \frac{0,431}{0,431} = \mathbf{1} \quad v_O = \frac{2,587}{0,431} = \mathbf{6} \quad v_S = \frac{0,431}{0,431} = \mathbf{1} \quad v_{Na} = \frac{1,723}{0,431} = \mathbf{4}$$

Bude se tedy jednat o dvě sloučeniny, přičemž dohromady mají stechiometrický vzorec Na<sub>4</sub>CSO<sub>6</sub>. Ze známých sloučenin, které by se mohly nacházet ve sklářském písku, jsou brány v úvahu pouze dvě sloučeniny – **Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>** a **Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>**.*Za jakýkoliv správný postup výpočtu stechiometrických koeficientů 0,80 bodu.**Za správně uvedené vzorce látek X a Y 0,20 bodu. (Dílčí body se neudělují).***Celkem 1,00 bodu.**

**ORGANICKÁ CHEMIE****12 BODŮ****Úloha 1 Redoxní reakce organických sloučenin síry****5 bodů****1) Struktury látek A až D:**

Za každou správnou strukturu 0,60 bodu.

**Celkem 2,40 bodu.****2) Oxidační čísla a názvy funkčních skupin:**Oxidační čísla: **A)** -II, **B)** -II, **C)** +II, **D)** -INázvy funkčních skupin: **A)** thiol, **B)** sulfid, **C)** sulfon, **D)** disulfid

Za uvedení každého správného oxidačního čísla 0,25 bodu.

Za každý správný název funkční skupiny 0,25 bodu.

**Celkem 2,00 bodu.****3) Další činidlo pro přípravu látky D:**

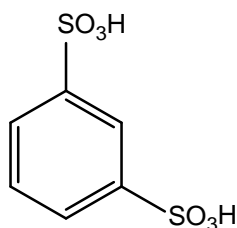
Roztok jakéhokoliv slabého oxidačního činidla: brom, peroxid vodíku, měďnaté soli, železité soli a další. Lze uznat i oxidaci vzdušným kyslíkem.

Za uvedení správného činidla **0,60 bodu.**

## Úloha 2 Sulfonace benzenu

5 bodů

1) Vzorec a název produktu sulfonace do druhého stupně:

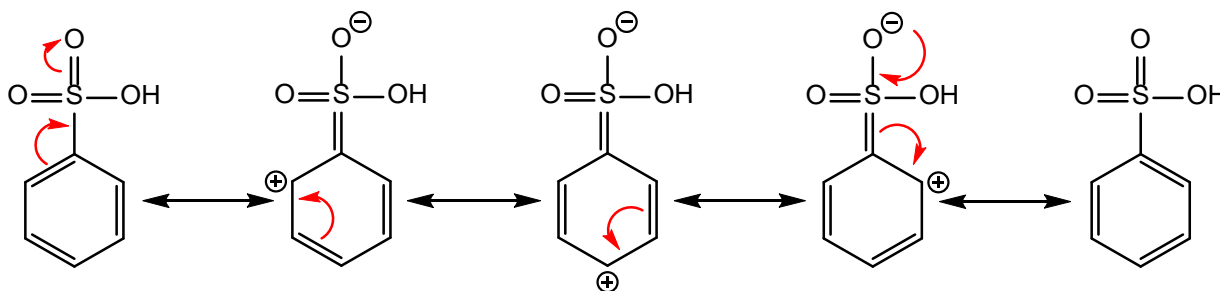


benzen-1,3-disulfonová kyselina

Za správný strukturální vzorec 0,40 bodu.  
Za správný systematický název 0,40 bodu.

**Celkem 0,80 bodu.**

2) Rezonanční struktury:



**Vysvětlení:** Pozice *ortho*- a *para*- (C2 a C4) jsou částečně kladně nabitě kvůli  $-M$  efektu sulfoskupiny, což způsobuje repulzi s kladně nabitým reaktivním intermediátem sulfonace  $\text{HSO}_3^+$ . Z tohoto důvodu dochází k substituci v poloze *meta*- (C3).

Za každou správnou rezonanční strukturu 0,25 bodu.  
Za slovní vysvětlení 0,50 bodu.

**Celkem 1,50 bodu.**

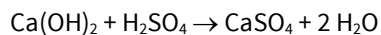
3) Zdůvodnění:

Sulfoskupina snižuje elektronovou hustotu na benzenovém jádře, což snižuje stabilitu kladně nabitého meziprojektu reakce. Aktivační energie pro další substituční reakce tak je vyšší než pro reakce probíhající na nesubstituovaném benzenovém jádře. K překročení této vyšší energetické bariéry je tedy potřeba dodat více energie, např. ve formě tepla, než pro reakce na nesubstituovaném benzenu.

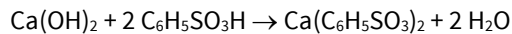
Za správné odůvodnění **1,00 bodu.**4) Identifikace látky: hydroxid vápenatý,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .Za správné určení **0,20 bodu.**

**5) Reakce vápenného mléka s reakční směsí po sulfonaci benzenu:**

Reakce 1:



Reakce 2:

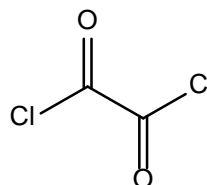
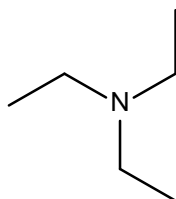
*Za každou správně vyčíslenou reakci 0,50 bodu.**Pokud není rovnice vyčíslena pouze 0,25 bodu***Celkem 1,00 bodu.****6) Separační metoda:**

Jak je zmíněno v nápovědě k otázce, benzensulfonát vápenatý je ve vodě dobře rozpustná. Druhý produkt reakce, síran vápenatý, je však ve vodě téměř nerozpustný. Z tohoto důvodu je nejpraktičtější separační metodou filtrace.

*Za určení separační metody 0,50 bodu.***Úloha 3 Swernova oxidace****2 body****1) Vzorce a názvy látek**

Názvy: slabá organická báze, jako je například triethylamin, oxalylchlorid.

Struktury:

*Za každý správný strukturní vzorec 0,15 bodu.**Za každý správný systematický název 0,15 bodu.***Celkem 0,60 bodu.****2) Vedlejší produkty:**

Dimethylsulfid ((CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>S), oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>), oxid uhelnatý (CO) a triethylammonium chlorid (lze uznat i triethylamoniový ion, (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>NH<sup>+</sup>).

*Za každý správný vzorec či název 0,10 bodu.***Celkem 0,40 bodu.**

**3) Identifikace:** Chemička Natka změřila IR spektrum produktu **Y**.

**Zdůvodnění 1:** ve spektru produktu **Y**, pinakolonu, je pozorovatelný pík okolo  $1700\text{ cm}^{-1}$ . Tento pík patří karbonylové skupině, v tomto případě ketonu, který by nebylo možné pozorovat v IR spektru výchozí látky.

**Zdůvodnění 2:** ve spektru není široký pík v rozmezí  $3600\text{--}3200\text{ cm}^{-1}$ , který by indikoval přítomnost hydroxyskupiny. V tom případě se nemůže jednat o výchozí alkohol a vylučovací metodou se tedy jedná o produkt **Y**.

*Za určení správné látky 0,20 bodu.*

*Za aspoň jedno z možných zdůvodnění 0,80 bodu.*

**Celkem 1,00 bodu.**



## FYZIKÁLNÍ CHEMIE

16 BODŮ

## Úloha 1 Rozpustnost solí

7 bodů

## 1) Silné elektrolyty (S), Slabé elektrolyty (W):

- |                          |   |
|--------------------------|---|
| a) Chlorid draselný (S)  | a) Hydroxid cesný (S)                           |
| b) Kyselina chlorná (W)  | b) Chlornan sodný (S)                           |
| c) Síran barnatý (S)     | c) Hydroxid hlinitý (W)                         |
| d) Chlorid kademnatý (W) | d) Kyselina sírová (disociace do I. stupně) (S) |

Za každou správnou odpověď 0,25 bodu.

**Celkem 2,00 bodu.**

## 2) Rovnice:



$$K_s = a(\text{CrO}_4^{2-}) \cdot a(\text{Cu}^{2+})$$

$$(\text{uznáno i } K_s = \gamma(\text{CrO}_4^{2-})[\text{CrO}_4^{2-}] \cdot \gamma(\text{Cu}^{2+})[\text{Cu}^{2+}], \text{ ale ne } K_s = [\text{CrO}_4^{2-}] \cdot [\text{Cu}^{2+}])$$

Za správnou rovnici disociace 0,25 bodu.

Za správný výraz pro součin rozpustnosti 0,25 bodu.

**Celkem 0,50 bodu.**

## 3) Bilanční rovnice:

$$[\text{CrO}_4^{2-}] = c(\text{CuCrO}_4) + c(\text{K}_2\text{CrO}_4)$$

$$[\text{K}^+] = 2 \cdot c(\text{K}_2\text{CrO}_4)$$

$$[\text{K}^+] + 2 \cdot [\text{Cu}^{2+}] = 2 \cdot [\text{CrO}_4^{2-}]$$

$$10^{-\text{p}K_s} = \gamma(\text{CrO}_4^{2-})[\text{CrO}_4^{2-}] \cdot \gamma(\text{Cu}^{2+})[\text{Cu}^{2+}]$$

## a) Výpočet:

$$[\text{Cu}^{2+}] = c(\text{CuCrO}_4)$$

$$10^{-\text{p}K_s} = (c(\text{CuCrO}_4) + c(\text{K}_2\text{CrO}_4)) \cdot c(\text{CuCrO}_4)$$

$$c(\text{CuCrO}_4)^2 + c(\text{K}_2\text{CrO}_4) \cdot c(\text{CuCrO}_4) - 10^{-\text{p}K_s} = 0$$

$$c(\text{CuCrO}_4)^2 + 0,125 \cdot c(\text{CuCrO}_4) - 10^{-5,44} = 0$$

## Rozpustnost:

$$c(\text{CuCrO}_4) \doteq 2,90 \cdot 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$$

Za postup výpočtu 1,25 bodu.

Za numericky správný výsledek 0,25 bodu.

**b) Výpočet:**

$$I = 0,5 \sum_i c_i \cdot z_i^2 = 0,5 \cdot \left( c(\text{K}^+) \cdot (z(\text{K}^+))^2 + c(\text{CrO}_4^{2-}) \cdot (z(\text{CrO}_4^{2-}))^2 \right)$$

$$c(\text{K}^+) = 2c(\text{CrO}_4^{2-}) = 2c(\text{K}_2\text{CrO}_4) \rightarrow c(\text{CrO}_4^{2-}) = 0,125 \text{ mol dm}^{-3}; c(\text{K}^+) = 0,250 \text{ mol dm}^{-3}$$

$$I = 0,5 \cdot (0,250 \text{ mol dm}^{-3} \cdot 1^2 + 0,125 \text{ mol dm}^{-3} \cdot 2^2) = 0,375 \text{ mol dm}^{-3}$$

Vypočteme aktivitní koeficienty:

$$-\log_{10} \gamma(\text{Cu}^{2+}) = A \cdot (z(\text{Cu}^{2+}))^2 \cdot \sqrt{I} = 0,509 \text{ dm}^{\frac{3}{2}} \text{ mol}^{-\frac{1}{2}} \cdot 2^2 \cdot \sqrt{0,375 \text{ mol dm}^{-3}}$$

$$-\log_{10} \gamma(\text{CrO}_4^{2-}) = A \cdot (z(\text{CrO}_4^{2-}))^2 \cdot \sqrt{I} = 0,509 \text{ dm}^{\frac{3}{2}} \text{ mol}^{-\frac{1}{2}} \cdot 2^2 \cdot \sqrt{0,375 \text{ mol dm}^{-3}}$$

$$\gamma(\text{Cu}^{2+}) \doteq 0,0567$$

$$\gamma(\text{CrO}_4^{2-}) \doteq 0,0567$$

Postupně ze známých závislostí odvodíme:

$$[\text{Cu}^{2+}] = c(\text{CuCrO}_4)$$

$$10^{-pK_s} = \gamma(\text{CrO}_4^{2-}) (c(\text{CuCrO}_4) + c(\text{K}_2\text{CrO}_4)) \cdot \gamma(\text{Cu}^{2+}) c(\text{CuCrO}_4)$$

$$c(\text{CuCrO}_4)^2 + c(\text{K}_2\text{CrO}_4) \cdot c(\text{CuCrO}_4) - \frac{10^{-pK_s}}{\gamma(\text{CrO}_4^{2-}) \cdot \gamma(\text{Cu}^{2+})} = 0$$

$$c(\text{CuCrO}_4)^2 + 0,125 \cdot c(\text{CuCrO}_4) - \frac{10^{-5,44}}{0,0567 \cdot 0,0567} = 0$$

$$c(\text{CuCrO}_4) \doteq 8,46 \cdot 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

*Za správný postup výpočtu iontové síly 0,50 bodu.*

*Za numericky správnou iontovou sílu 0,25 bodu.*

*Za správný postup výpočtu aktivitních koeficientů 0,25 bodu.*

*Za oba numericky správné aktivitní koeficienty 0,25 bodu.*

*Za správný postup výpočtu rozpustnosti 0,75 bodu.*

*Za numericky správný výsledek rozpustnosti včetně jednotek 0,50 bodu.*

**Celkem 4,00 bodu.**

- 4) Zdůvodnění:** Máme-li dvě proměnné  $X$  a  $Y$  z oboru kladných reálných čísel pro která platí, že  $X \gg Y$ , tak platí, že při sčítání či odčítání lze  $Y$  zanedbat, tj.

$$\lim_{Y \rightarrow 0} X \pm Y = X.$$

Při skalárním součinu již  $Y$  zanedbatelné není, jelikož

$$\lim_{Y \rightarrow 0} X \cdot Y = 0 \neq X.$$

Obdobně jako při skalárním součinu je tomu i při dělení.

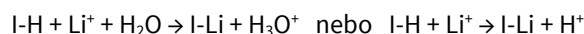
Pozn. Uznáno i slovní zdůvodnění vystihující podstatu problému.

*Za zdůvodnění 0,50 bodu.*

## Úloha 2 Chromatografie

9 bodů

## 1) Reakce:



$$K(\text{Li}^+/\text{H}^+) = \frac{[\text{I-Li}] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{I-H}] \cdot [\text{Li}^+]} \quad \text{nebo} \quad K(\text{Li}^+/\text{H}^+) = \frac{[\text{I-Li}] \cdot [\text{H}^+]}{[\text{I-H}] \cdot [\text{Li}^+]}$$

Za jakoukoliv správně zapsanou rovnici reakce 0,25 bodu.

Za správný výraz pro rovnovážnou konstantu 0,25 bodu.

**Celkem 0,50 bodu.**

## 2) Odvození:

$$c_s(\text{Li}^+) = [\text{I-Li}]$$

$$c_m(\text{Li}^+) = [\text{Li}^+]$$

$$k_{\text{Li}^+} = \frac{c_s(\text{Li}^+) \cdot V_s}{c_m(\text{Li}^+) \cdot V_m} = \frac{[\text{I-Li}] \cdot V_s}{[\text{Li}^+] \cdot V_m} = K(\text{Li}^+/\text{H}^+) \frac{[\text{I-H}] \cdot V_s}{[\text{H}^+] \cdot V_m}$$

Za odvození **0,50 bodu.**

Pokud soutěžící neodvodí tento vztah, je možné jim je na žádost za bodovou ztrátu 0,50 bodu sdělit.

3) Přiřazení: Pík 1 = Li<sup>+</sup> a Pík 2 = Na<sup>+</sup>

Za správné přiřazení **0,50 bodu.**

## 4) Výpočet:

Průřez kolony:

$$S_k = \pi \cdot \left(\frac{d_k}{2}\right)^2 = \pi \cdot \left(\frac{4 \text{ mm}}{2}\right)^2 \doteq 12,57 \text{ mm}^2$$

Mrtvý čas kolony:

$$\frac{L}{t_m} = \frac{\dot{V}}{S \varepsilon} \rightarrow t_m = \frac{L \cdot S_k \cdot \varepsilon}{\dot{V}} = \frac{250 \text{ mm} \cdot 12,57 \text{ mm}^2 \cdot 0,3}{1000 \text{ mm}^3 \text{ min}^{-1}} \doteq 0,94 \text{ min}$$

Za postup výpočtu 0,75 bodu.

Za numericky správný výsledek 0,25 bodu.

**Celkem 1,00 bodu.**

## 5) Výpočet:

$$k_{2A} = \frac{t_{r,2A} - t_m}{t_m} = \frac{6,93 - 0,94}{0,94} \doteq 6,37$$

$$k_{2B} = \frac{t_{r,2B} - t_m}{t_m} = \frac{3,98 - 0,94}{0,94} \doteq 3,24$$

Za správný postup výpočtu každého retenčního faktoru 0,50 bodu.

Za každý numericky správný výsledek 0,25 bodu.

**Celkem 1,50 bodu.**

## 6) Výpočet:

Zapišeme soustavu 2 rovnic o 2 neznámých (uvažujeme, že  $[H^+] = c(\text{MsOH})$ ):

$$\log_{10} k_{2A} = b_2 - a \cdot \log_{10} c_A(\text{MsOH})$$

$$\log_{10} k_{2B} = b_2 - a \cdot \log_{10} c_B(\text{MsOH})$$

Dosadíme a vyřešíme vzhledem k  $a$  a  $b_2$ :

$$\log_{10} 6,37 = b_2 - a \cdot \log_{10} 0,010$$

$$\log_{10} 3,24 = b_2 - a \cdot \log_{10} 0,025$$

$$\log_{10} \left( \frac{6,37}{3,24} \right) = a \cdot \log_{10} \left( \frac{0,025}{0,010} \right)$$

$$a = \frac{\log_{10} \left( \frac{6,37}{3,24} \right)}{\log_{10} \left( \frac{0,025}{0,010} \right)} \doteq 0,74$$

$$b_2 = \log_{10} 6,37 + 0,74 \cdot \log_{10} 0,010 \doteq -0,68$$

Dále zjistíme  $k_2(20\text{mM MsOH})$  pro  $c(\text{MsOH}) = 20 \text{ mmol dm}^{-3}$ :

$$\log_{10} k_2(20\text{mM MsOH}) = -0,68 - 0,74 \cdot \log_{10} 0,020 \doteq 0,58$$

$$k_2(20\text{mM MsOH}) = 10^{0,58} \doteq 3,80$$

A nakonec vypočteme retenční čas:

$$k_2(20\text{mM MsOH}) = \frac{t_{r,2}(20\text{mM MsOH}) - t_m}{t_m}$$

$$t_{r,2}(20\text{mM MsOH}) = t_m \cdot k_2(20\text{mM MsOH}) + t_m = 0,94 \cdot 3,80 + 0,94 \doteq 4,51 \text{ min}$$

Za správný postup výpočtu koeficientů  $a$  a  $b_2$  1,50 bodu.

Za numericky správné hodnoty  $a$  a  $b_2$  2×0,25 bodu.

Za správný postup výpočtu retenčního faktoru 0,25 bodu.

Za správný postup výpočtu retenčního času 0,25 bodu.

Za numericky správnou hodnotu retenčního času včetně jednotek 0,50 bodu.

**Celkem 3,00 bodu.**

## 7) Výpočet:

$$K(\text{Na}^+/\text{Li}^+) = \frac{[\text{I} - \text{Na}] \cdot [\text{Li}^+]}{[\text{I} - \text{Li}] \cdot [\text{Na}^+]} = \frac{k_{\text{Na}^+}}{k_{\text{Li}^+}}$$

Stejně jako v otázce 5, vypočteme retenční faktor pro 1. pík (postačí pro jeden z případů A/B):

$$k_{1A} = \frac{t_{r,1A} - t_m}{t_m} = \frac{5,70 - 0,94}{0,94} \doteq 5,07$$

$$k_{1B} = \frac{t_{r,1B} - t_m}{t_m} = \frac{3,36 - 0,94}{0,94} \doteq 2,58$$

A dosadíme:

$$\text{A: } K(\text{Na}^+/\text{Li}^+) = \frac{k_{\text{Na}^+}}{k_{\text{Li}^+}} = \frac{k_{2A}}{k_{1A}} = \frac{6,37}{5,07} \doteq 1,26$$

$$\text{B: } K(\text{Na}^+/\text{Li}^+) = \frac{k_{\text{Na}^+}}{k_{\text{Li}^+}} = \frac{k_{2B}}{k_{1B}} = \frac{3,24}{2,58} \doteq 1,26$$

*Za správné vyjádření selektivity 1,00 bodu.*

*Za správný postup dopočítání retenčního faktoru pro 1. pík 0,50 bodu.*

*Za numericky správný výsledek selektivity 0,50 bodu.*

**Celkem 2,00 bodu.**