



58. ročník

2021/2022

ŠKOLNÍ KOLO

Kategorie E

Test školního kola – Zadání

40 bodů, 120 minut



Tabulka vlnočtů vibračních funkčních skupin pozorovatelných IR spektroskopií			
Druh vazby	Název funkční skupiny	Struktura funkční skupiny	Vlnočet vibrace / cm⁻¹
Jednoduchá vazba s atomem vodíku	Uhlovodík	sp ³ -C-H	2960-2850
	Amin	-N-H	3500-3200
	Alkohol ¹	-O-H	3600-3200 (široký)
Dvojně vazby a podobné	Alken	-C=C-	1680-1620
	Enon	-C=C-C=O	1640-1590
	Aromát	-	1600, 1580, 1500
	Nitro	-NO ₂	1560, 1390
Látky obsahující karbonylovou skupinu	Keton ²	R ¹ -C(O)-R ²	1715 ± 10
	Aldehyd	-CHO	+ 15
	Karboxylová kyselina	-COOH	+ 0
	Acylchlorid	-COCl	+ 85
	Ester	-COOR	+ 25
	Anhydrid	(RCO) ₂ O	+ 35, + 110
	Amid	-CONH ₂	- 65
	Aryl keton	Ar-C(O)-R	- 25
	Enon	-C=C-C=O	- 35

¹ Pík hydroxy skupiny v IR spektru je obvykle široký.

² Pro výpočet vlnočtu vibrace funkční skupiny obsahující karbonylovou skupinu se vlnočet vibrace ketonu bere jako základní hodnota, ke které se přičítá či odečítá hodnota uvedená u dané funkční skupiny. Například vlnočet pro vibraci esteru je (1715 + 25) ± 10, tedy 1750-1730 cm⁻¹.

**Vzorečkovník**

Definice p(čehokoliv):

$$p(\text{čehokoliv}) = -\log(\text{čehokoliv})$$

Aktivita:

$$a_i = \gamma_i \cdot c_i$$

Relativní koncentrace:

$$c_i = \frac{c_{\text{mol},i}}{c_{\text{ref}}} = [i]$$

Iontová síla:

$$I = \frac{1}{2} \cdot \sum_i c_{\text{mol},i} z_i^2$$

Rovnovážná konstanta:

$$K = \prod_i a_i^{v_i}$$

Debye-Hückelova rovnice:

$$-\log_{10} \gamma_i = \frac{0,5 \cdot z_i^2 \cdot \sqrt{I}}{1 + 3,3 \cdot \alpha_i \cdot \sqrt{I}}$$

Debye-Hückelův limitní zákon pro zředěné roztoky:

$$-\log_{10}(\gamma_i) = A z_i^2 \sqrt{I}$$
$$A = 0,509 \text{ dm}^3/2 \text{ mol}^{1/2}$$

Langmuirova izoterma:

$$c_s = c_{s,\text{max}} \cdot \frac{K \cdot c_m}{1 + K \cdot c_m}$$

Stavová rovnice ideální ho plynu:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Krychle:

$$A = 6 \cdot a^2 \qquad V = a^3$$

Válec:

$$A = 2\pi \cdot r^2 + 2\pi \cdot r \cdot h \qquad V = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

Koule:

$$A = 4\pi \cdot r^2 \qquad V = \frac{4}{3}\pi \cdot r^3$$

Termodynamická teplota:

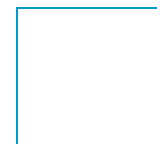
$$T/\text{K} = T/^\circ\text{C} + 273,15$$

Avogadrova konstanta:

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

Molární plynová konstanta:

$$R = 8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

**ANORGANICKÁ CHEMIE****12 BODŮ****Úloha 1 Šifrovačka****7 bodů**

Šedý lehký kov **A** má v dnešním průmyslu kdejaká uplatnění. Vzhledem k jeho dobré elektrické vodivosti se používá v elektrotechnice, ale také ve formě slitin (nejčastěji) v leteckém průmyslu. Kuriozitou je i fakt, že se z něj vyrábí přístroje. V přírodě je možné tento kov nalézt v několika sloučeninách a modifikacích, nás však zajímá ruda **B**, což je dihydrát sloučeniny tohoto kovu s různými příměsí. Látka **B** je totiž v dnešní době výchozí surovinou na výrobu právě kovu **A**. Průmyslová výroba spočívá v zahřívání rudy **B** pod tlakem s koncentrovaným roztokem NaOH a následným loužením ve vodě za tvorby roztoku **C** (reakce **I**). Z **C** se zaváděním CO₂ vysráží látka **D** (nápopěda: tato látka vykazuje amfoteritu), která se kalcinací převádí při teplotě asi 1200 °C na látku **E** (reakce **II**, **III**). Nyní přichází na řadu ruda **F**, obsahující taktéž kov **A**, přidávaná do procesu proto, aby snížila teplotu tání látky **E** při elektrolytické výrobě. Látka **E** se tedy rozpustí v roztaveném **F** při cca 950 °C, následně proběhne elektrolyza v ocelových vanách, vyložených uhlíkem, který slouží jako katoda. Anodu tvoří uhlíkové bloky zavěšené v tavenině. Kov **A** se vylučuje na _____, kdežto plyn **G** se vylučuje na _____ (poloreakce **I**, **II**).

1) Identifikujte všechny látky A – G, u každé uveďte vzorec, systematický název. U látky B a F uveďte i triviální názvy.

A =	E =
B (i triviální) =	F (i triviální) =
C =	G =
D =	
body:	

2) Identifikujte, na které elektrodě (katoda/anoda) se vylučuje kov A a plyn G.

Kov A se vylučuje na:
Plyn G se vylučuje na:
body:

**3) Zapište příslušné vyčíslené reakce (I – III) a poloreakce (I, II).**

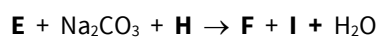
Reakce I:
Reakce II:
Reakce III:
Poloreakce I:
Poloreakce II:
body:

Některé odrůdy látky **E** se však řadí i mezi minerály, velmi drahé kameny.

4) Napište alespoň 2 odrůdy látky E, které jsou dodnes označeny jako drahé kameny, a uveďte jejich zbarvení.

Drahé kameny a jejich zbarvení:
body:

Látku **F** (mimo její přírodní dostupnost) lze také chemicky připravit. Níže máte uvedené schéma popisující nejčastější přípravu této sloučeniny. Náповěda: sloučenina **H** je kyselinou.

**5) Identifikujte sloučeniny H a I, napište jejich vzorec (nebo název) a rovnici vyčíslete.**

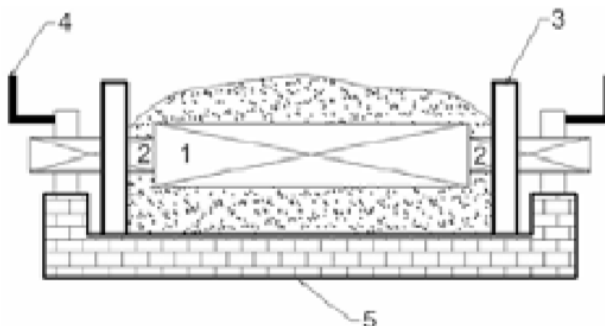
H =
I =
Vyčíslená rovnice:
body:



Úloha 2 Karborundum

2,5 bodů

Karborundum je jedna ze sloučenin křemíku, která našla uplatnění i v průmyslu. Jeho výroba spočívá v reakci křemenného písku redukovaného koksem při teplotě okolo 2000 °C v peci vyobrazené níže.



1) Uveďte vyčíslenou chemickou rovnici výroby karborunda.

Rovnice:

body:

2) Uveďte alespoň jedno skutečné současné využití karborunda.

Využití:

body:

3) Uveďte vyčíslenou rovnici umělé výroby křemíku, vycházející z karborunda.

Rovnice:

body:

4) K jednotlivým částem pece doplňte příslušné termíny z nabídky. Jeden z termínů je navíc, tj. není součástí obrázku. *Nístěj, uhlové elektrody, chladičí buben, pevná čela, přívod proudu, topné jádro.*

1 =

4 =

2 =

5 =

3 =

body:

**Úloha 3 Sklo****2,5 bodů**

Sklo můžeme definovat jako amorfni ztuhlou taveninu připravenou ze sklářských surovin. Mezi základní sklářské suroviny patří bezesporu sklářský písek (směs SiO_2 , **X**, **Y**, CaCO_3), sklářské střepey, barviva a další přísady. Z chemického složení se v praxi setkáváme s více druhy skel, které jsou vyrobeny za specifickým účelem (např. tepelná nebo chemická odolnost skla).

Níže máte uvedeny nejčastější příměsi, přidávané do skel (sloupec vlevo). V pravém sloupci jsou pak uvedeny vlastnosti skla s danou příměsí. Dvojice nejsou uspořádány správně.

MgO	zlepšuje tepelnou odolnost skla
PbO, Pb_3O_4	zlepšuje tavitelnost a chemickou odolnost skla
B_2O_3	snižuje tendenci skla krystalizovat
Al_2O_3	zlepšuje tavitelnost, zvyšuje index lomu skla

1) Utvořte správné dvojice z výše uvedeného seznamu.

MgO –	
PbO, Pb_3O_4 –	
B_2O_3 –	
Al_2O_3 –	
	body:

2) Čím je výhradně tvořeno křemenné sklo? Jaká je jeho výhoda oproti klasickému sodnovápenatému sklu?

Složení:	
Výhoda:	
	body:



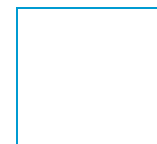
- 3) Určete, jaké další dvě sloučeniny jsou obsaženy ve sklářském písku, pokud víte, že v těchto dvou sloučeninách je dohromady zastoupeno 5,18 % C, 41,37 % O, 13,83 % S a 39,62 % Na.

Výpočty:

Vzorec X:

Vzorec Y:

body:



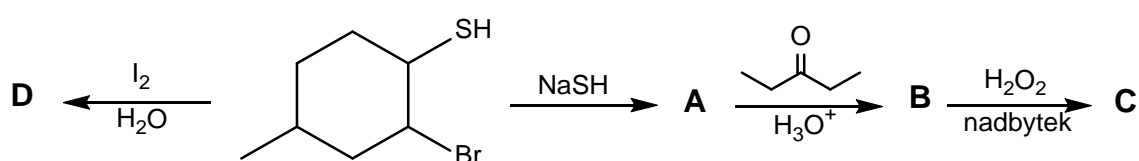
ORGANICKÁ CHEMIE

12 BODŮ

Úloha 1 Redoxní reakce organických sloučenin síry

5 bodů

V domácím kole jste se setkali s několika způsoby oxidace organických sloučenin síry, na které se tentokrát podíváme trochu více. Následující reakční schéma zachycuje několik reakcí 2-brom-4-methylcyklohexan-1-thiolu:



1) Uveďte strukturu látek A-D.

A:	B:
C:	D:
body:	

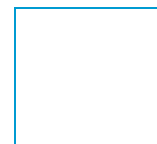


- 2) Určete oxidační čísla atomů síry ve sloučeninách A-D, společně s názvy funkčních skupin obsahujících síru v těchto sloučeninách.

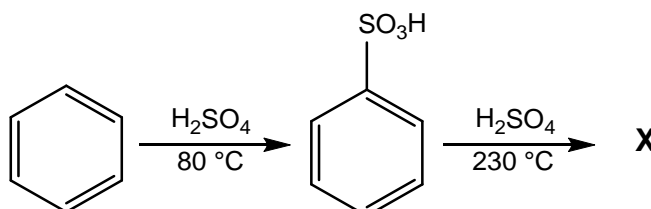
Oxidační čísla:			
A:	B:	C:	D:
Názvy funkčních skupin:			
A:	B:	C:	D:
			body:

- 3) Jmenujte alespoň jedno další činidlo, které lze použít pro přípravu látky D z uvedené výchozí látky.

body:

**Úloha 2 Sulfonace benzenu****5 bodů**

Sulfonace aromatických sloučenin je velice užitečný proces jak pro laboratorní syntézu, tak pro průmyslovou výrobu mnoha běžně používaných látek. Příkladem takové reakce je sulfonace benzenu, která dle užitých podmínek může probíhat do více stupňů:



1) Uveďte strukturní vzorec a systematický název produktu sulfonace do druhého stupně (X).

Strukturní vzorec X:

Název sloučeniny X:

body:

2) Pomocí rezonančních struktur benzensulfonové kyseliny vysvětlete, proč dochází k substituci právě na vámi určeném atomu uhlíku. Uveďte všechny významné rezonanční struktury a připište slovní vysvětlení.

Rezananční struktury:

Vysvětlení:

body:

--

- 3) Proč je při sulfonaci do druhého stupně nutné použít několikanásobně vyšší teplotu než při sulfonaci do prvního stupně?

Zdůvodnění:

body:

Při průmyslové výrobě sulfonových kyselin se používá několik metod jejich izolace. Jednou z nejčastějších metod je přidavek vápenného mléka, následovaný jednoduchou separační metodou a dalšími kroky.

- 4) Vápenné mléko je označení pro vodnou suspenzi jedné anorganické látky. O jakou látku se jedná?

body:

- 5) K jakým dvěma reakcím dochází po přidání vápenného mléka do reakční směsi pro sulfonaci benzenu? Pro jednoduchost uvažujte, že sulfonace proběhla pouze do prvního stupně.

Reakce 1:

Reakce 2:

body:

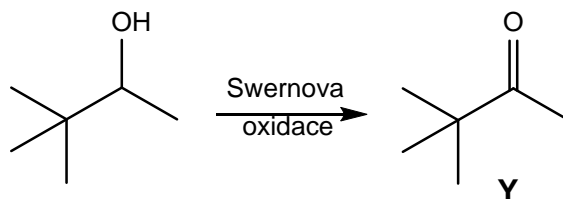
- 6) Co je možné použít jako separační metodou produktů reakce s vápenným mlékem? Náповěda: uvažujte, že produkt reakce s benzensulfonovou kyselinou je ve vodě dobře rozpustný.

Separací metoda:

body:

**Úloha 3 Sulfonace benzenu****2 body**

Sloučenina **Y**, triviálně nazývaná pinakolon, se dá snadno připravit tzv. pinakolovým přesmykem 2,3-dimethylbutan-1,2-diolu. Alternativním přístupem je oxidace 3,3-dimethylbutan-2-diolu na látku **Y**. Jednou z rozšířených metod transformace alkoholové skupiny na karbonylovou skupinu je Swernova oxidace (schéma níže), která využívá dimethylsulfoxid ve směsi s dalšími činidly.



- 1) Uvedte názvy a vzorce dalších látek používaných ve směsi s dimethylsulfoxidem při Swernově oxidaci.

Vzorce a názvy látek:

body:

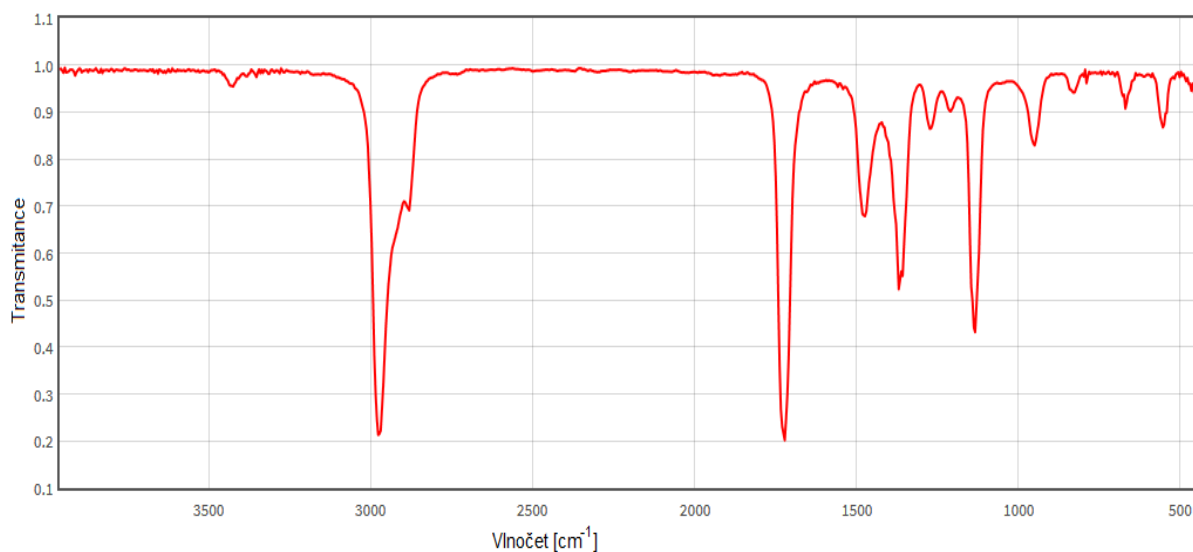
- 2) Jaké látky jsou vedlejšími produkty této oxidace?

Vedlejší produkty:

body:



Reakci ve schématu výše provedla v laboratoři chemička Natka. Vznik produktu **Y** si chtěla ověřit pomocí IR spektroskopie. Při měření obdržela toto spektrum:



3) Pomocí spektra uvedeného výše určete, zda Natka změřila IR spektrum výchozí látky či produktu Y. Svoji odpověď zdůvodněte.

Identifikace:

Zdůvodnění:

body:

--

FYZIKÁLNÍ CHEMIE**16 BODŮ****Úloha 1 Rozpustnost solí****7 bodů**

- 1) U každé sloučeniny rozhodněte, zda je silný (plně disociující (označte „S“)), či slabý elektrolyt (označte „W“).

Chlorid draselný	Hydroxid cesný	
Kyselina chlorná	Chlornan sodný	
Síran barnatý	Hydroxid hlinitý	
Chlorid kademnatý	Kyselina sírová (disociace do I. stupně)	
		body:

Iontová síla ovlivňuje kromě pH také rozpustnost solí, a to zejména těch málo rozpustných. Pro tyto soli se definuje součin rozpustnosti K_s .

- 2) Napište rovnici disociace pevného chromanu měďnatého (CuCrO_4) a vztah pro součin rozpustnosti K_s s použitím aktivit.

Rovnice disociace: $K_s =$	body:
---	--------------



3) Vypočítejte, jaká bude molární rozpustnost CuCrO_4 ($pK_s = 5,44$) ve vodě, která je zároveň 0,125M roztokem K_2CrO_4 . Výpočet proveďte

a) za předpokladu jednotkových aktivitních koeficientů.

Výpočet:

Rozpustnost (včetně jednotek):

body:

b) s použitím aktivit za předpokladu platnosti Debyeova-Hückelova limitního zákona pro zředěné roztoky (u výpočtu iontové síly předpokládejte, že příspěvek z CuCrO_4 je zanedbatelný)

Výpočet:

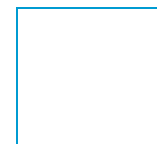
Rozpustnost (včetně jednotek):

body:

4) Proč můžeme zanedbat velmi malé koncentrace pro sčítání a odčítání, ale ne pro násobení a dělení?

Zdůvodnění:

body:



Úloha 2 Chromatografie

9 bodů

Kolonu naplněnou iontoměničem lze využít k účinné separaci iontů. Ionty se v koloně zdrží různě dlouho v závislosti na afinitě k ionexu (stacionární fázi, index s). Pojďme si nyní zopakovat několik základních definic. Maximální rychlost, jakou může iont postupovat kolonou je dána rychlostí mobilní fáze (eluentu, index m) v_m

$$v_m = \frac{L}{t_m} = \frac{\dot{V}}{S \varepsilon},$$

kde \dot{V} je objemový průtok, S je plocha průřezu kolony a ε je mezerovitost, což je podíl volného objemu, kde může mobilní fáze proudit, ku celkovému objemu. Čas, za který mobilní fáze urazí celkovou délku kolony L až k detektoru nazýváme mrtvý čas t_m . Avšak, rychlost postupu iontu kolonou v_i bude pomalejší (než u mobilní fáze) a závisí na podílu molárního množství iontu v mobilní fázi $n_{m,i} = n_{m,i} \cdot V_m$ a celkového molárního množství iontu $n_{i,\text{celk}} = (c_{m,i} \cdot V_m + c_{s,i} \cdot V_s)$:

$$v_i = \frac{L}{t_{r,i}} = v_m \frac{n_{m,i}}{n_{i,\text{celk}}} = v_m \frac{c_{m,i} V_m}{c_{m,i} V_m + c_{s,i} V_s} = v_m \frac{1}{1 + k_i},$$

Kde $t_{r,i}$ je retenční čas iontu, tj. celkový čas, za který iont projde kolonou až k detektoru. Koeficient k_i se nazývá retenční faktor a úpravou členů poslední rovnosti zjistíme, že

$$k_i = \frac{c_{s,i} V_s}{c_{m,i} V_m}.$$

A ze vztahů pro rychlost mobilní fáze a iontu lze také vyjádřit retenční faktor jako

$$k_i = \frac{t_{r,i} - t_m}{t_m}.$$

Nyní budeme uvažovat jednoduchý systém, směs lithných a sodných iontů, které necháme separovat v koloně. Jako eluent se využívá silná kyselina, jejíž koncentrace ovlivňuje retenci iontů.

1) Zapište rovnici reakce mezi ionexem I-H a lithnými ionty Li^+ a vztah pro rovnovážnou konstantu $K(\text{Li}^+/\text{H}^+)$. Uvažujte jednotkové aktivní koeficienty.

Rovnice reakce:

$K(\text{Li}^+/\text{H}^+) =$

body:



Retenční faktor lze dát do souvislosti s rovnovážnou konstantou a získat tak závislost na koncentraci vodíkových iontů $[H^+]$ pokud předpokládáme, že $c_s(Li^+) = [I-Li]$ a $c_m(Li^+) = [Li^+]$.

2) Vyjádřete retenční faktor jako funkci $K(Li^+/H^+)$, $[H^+]$ a $[I-H]$.

Odvození:

body:

(Pokud tento příklad nespočítáte, můžete si za bodovou ztrátu požádat o sdělení výsledku.)

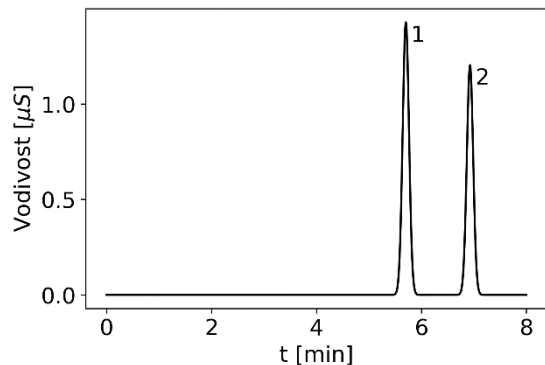
Nevýhodou předchozího vztahu je, že hodnota $[I-H]$ není konstantní, ale také se mění s pH. Nejjednodušší aproximace je předpoklad lineární síly eluentu v logaritmické škále a potom se retenční faktor vyjádří jako:

$$\log_{10} k_i = b_i - a \cdot \log_{10}[H^+],$$

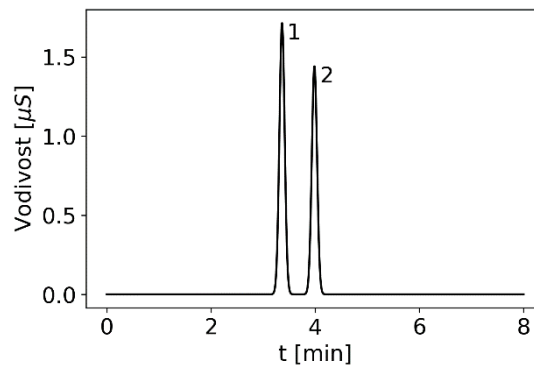
kde a a b_i jsou empirické konstanty z pokusných experimentů.



Dva pokusné experimenty pro kationty Li^+ a Na^+ jsou na obrázcích dole. Kolona má průměr 4 mm a délku 250 mm, náplň tvoří katex obsahující karboxylové funkční skupiny a celková mezerovitost výplně je 0,3. Jako eluent byla použita methansulfonová kyselina (MsOH , $\text{p}K_a = 1,9$).



Obrázek A Eluent: 10mM MsOH; průtok $1,0 \text{ ml min}^{-1}$; retenční časy: $t_{r,1A} = 5,70 \text{ min}$ a $t_{r,2A} = 6,93 \text{ min}$.



Obrázek B Eluent: 25mM MsOH; průtok $1,0 \text{ ml min}^{-1}$; retenční časy: $t_{r,1B} = 3,36 \text{ min}$ a $t_{r,2B} = 3,98 \text{ min}$.

2) Přiřadte k číslům jména kationtů.

Pík 1:	Pík 2:
body:	

3) Vypočítejte čas, za který eluent projde kolonou, tedy mrtvý čas kolony t_m .

Výpočet:	
$t_m =$	body:

Pokud tento příklad nespočítáte, používejte dále náhradní hodnotu $t_m = 1,20 \text{ min}$.



4) Určete hodnoty retenčního faktoru pro iont 2 při obou koncentracích MsOH (tj. k_{2A} a k_{2B}).

Výpočet:

$k_{2A} =$

$k_{2B} =$

body:

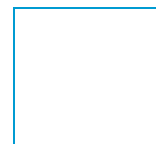
Pokud tento příklad nespočítáte, použijte dále náhradní hodnoty $k_{2A} = 7,00$ min a $k_{2B} = 3,00$ min.

5) Vypočítejte, jaký bude mít retenční čas iont 2 při koncentraci 20 mM MsOH.

Výpočet:

$t_{r,2}(20 \text{ mM MsOH}) =$

body:



- 6) Vypočítejte hodnotu rovnovážné konstanty $K(\text{Na}^+/\text{Li}^+)$ za předpokladu stejné rovnovážné koncentrace $[\text{I-H}]$ pro oba ionty.

Výpočet:

$K(\text{Na}^+/\text{Li}^+) =$

body: