

RIEŠENIE A HODNOTENIE ÚLOH Z ANORGANICKEJ A ANALYTICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 54. ročník – školský rok 2017/18
Krajské kolo

Michal Juríček, Rastislav Šípoš

Maximálne 18 bodov (b), resp. 72 pomocných bodov (pb)
Pri prepočte pomocných bodov pb na konečné body b použijeme vzťah
b = pb × 0,250

Úloha 1 (72 pb)

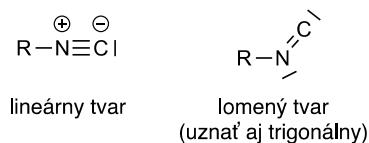
1.

2 pb ${}_{26}\text{Fe}^{2+}$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6$

2 pb ${}_{24}\text{Cr}^0$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$ (uznať aj $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6$)

2.

6 pb

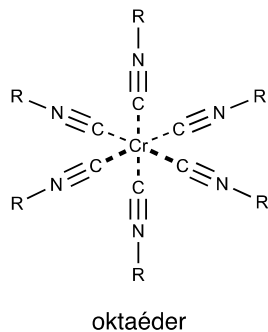


(2 pb za každú správnu štruktúru a 1 pb za každý správny tvar)

1 pb Prvá rezonančná štruktúra je v súlade s pozorovaným uhlom R–N–C 180 °.

3.

3 pb



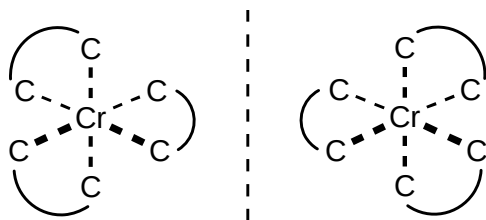
oktaéder

(2 pb za štruktúru a 1 pb za tvar)

1 pb Centrálny atóm chrómu je v oxidačnom stupni 0.

4.

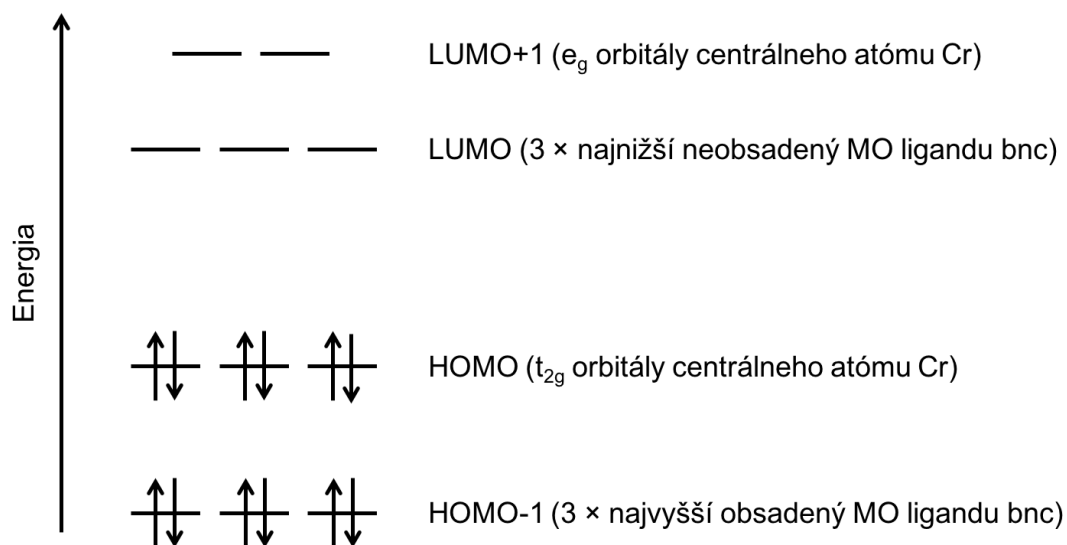
6 pb Tvar koordinačného polyédra je oktaéder (1 pb) a komplex existuje vo forme dvoch optických izomérov, konkrétne enantiomérov (1 pb).



(2 pb za každú štruktúru)

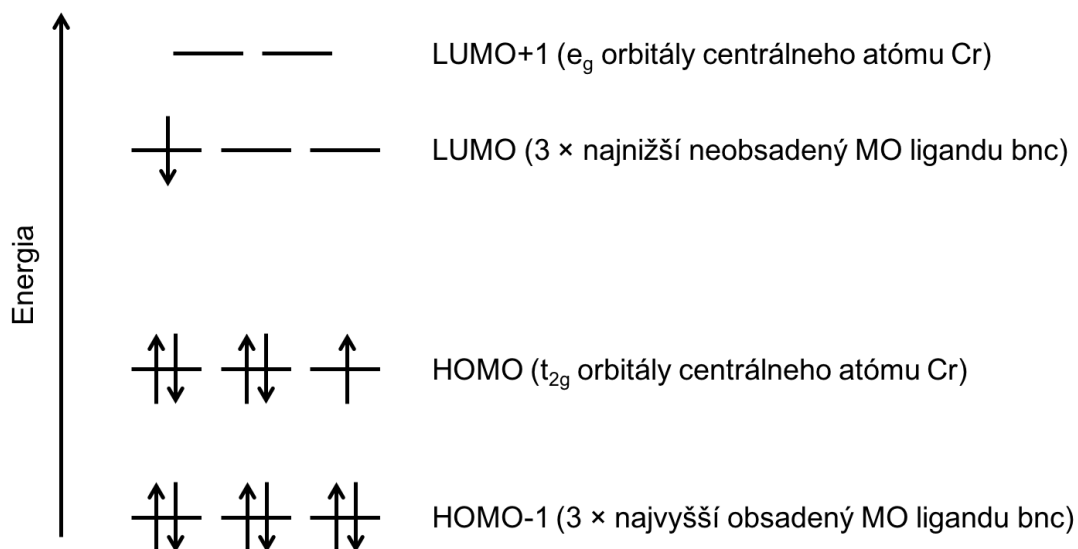
5.

3 pb MO diagram pre základný singletový stav (S^0):



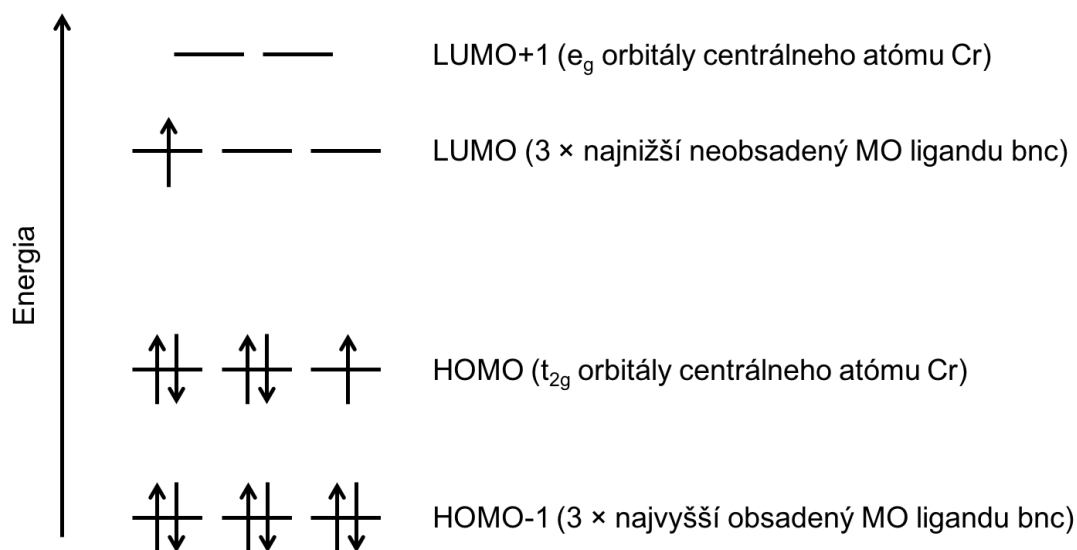
1 pb Spinová multiplicita tohto stavu s celkovým spinom $S = 0$ je $2S + 1 = 1$.

3 pb Po fotoexcitácii prechádza komplex zo základného singletového stavu (S^0) do prvého excitovaného singletového stavu (S^1):



1 pb Spinová multiplicita tohto stavu s celkovým spinom $S = 0$ je $2S + 1 = 1$.

3 pb Po ISC prechádza komplex z prvého excitovaného singletového stavu (S^1) do prvého excitovaného tripletového stavu (T^1) s nižšou energiou:

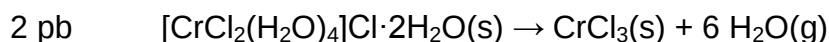


1 pb Spinová multiplicita tohto stavu s celkovým spinom $S = 1$ je $2S + 1 = 3$.

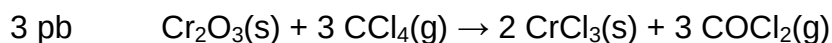
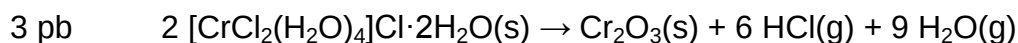
Pri prechode z prvého excitovaného tripletového stavu (T^1) späť do základného stavu (S^0) dochádza k emisii svetla, a teda k luminiscencii.

3 pb Prechod z S^0 do S^1 je spinovo povolený (1 pb), prechod z S^1 do T^1 je spinovo zakázaný (1 pb) a prechod z T^1 späť do S^0 je tiež spinovo zakázaný (1 pb).

6.



7.



V prvej rovnici uznať aj použitie $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}(\text{s})$

8.

3 pb Podľa rovnice dehydratácie z jedného mólu hexahydrátu chloridu chromitého vznikne jeden mól bezvodého chloridu chromitého. Teda:

$n(\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 40,0 \text{ g} / 266,4438 \text{ g mol}^{-1} = 0,1501 \text{ mol}$, keďže výťažok je 90 %, hmotnosť pripraveného bezvodého chloridu chromitého bude:
 $m(\text{CrCl}_3) = 0,9 \cdot 0,1501 \text{ g} \cdot 158,355 \text{ g mol}^{-1} = 21,4 \text{ g}$

9.

1 pb Po spočítaní hmotnostných percent uhlíka, vodíka a chlóru zistíme, že je to len 73,31157 %. Zvyšných 26,68843 % tvorí chróm a kyslík. Podľa postupu sme okrem chloridu chromitého použili len tetrahydrofurán. Zistíme najprv vzájomný pomer C : H : Cl. Vieme, že pre vzorec $\text{C}_a\text{H}_b\text{O}_c\text{Cl}_d\text{Cr}_e$ platí:

1 pb $a : b : \dots : e = \frac{m(\text{C})}{M(\text{C})} : \frac{m(\text{H})}{M(\text{H})} : \dots : \frac{m(\text{Cr})}{M(\text{Cr})} = \frac{w(\text{C})}{M(\text{C})} : \frac{w(\text{H})}{M(\text{H})} : \dots : \frac{w(\text{Cr})}{M(\text{Cr})}$, po dosadení pre C, H a Cl dostaneme:

3 pb $a : b : d = \frac{0,384679}{12,011} : \frac{0,0645647}{1,0079} : \frac{0,283872}{35,453} = 0,03203 : 0,06406 : 0,008007$

Po upravení na celé čísla predelením 0,008007 dostaneme pomer

1 pb C : H : Cl = 4 : 8 : 1. Vieme, že molekulový vzorec THF je $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$ a rovnaký pomer je aj v medziprodukte, čiže v medziprodukte je pravdepodobne naviazané THF.

5 pb V predchádzajúcich kolách sa odvodil tento vzťah

$w(\text{C}) = \frac{a M(\text{C})}{M(\text{C}_a\text{H}_b\text{O}_c\text{Cl}_d\text{Cr}_e)}$, ktorý si upravíme a pre uhlík dosadíme

hodnoty: $a = \frac{w(\text{C}) \cdot M(\text{C}_a\text{H}_b\text{O}_c\text{Cl}_d\text{Cr}_e)}{M(\text{C})} = \frac{0,384679 \cdot 374,6741}{12,011} = 12$. Vidíme, že

v zlúčenine máme naviazané 3 molekuly THF. Zároveň z pomeru C : Cl vidíme, že rovnako sú v zlúčenine 3 atómy chlóru. Po spočítaní mólových hmotností THF a chlóru dostaneme hodnotu $322,6776 \text{ g mol}^{-1}$. Rozdiel tejto hodnoty a mólovej hmotnosti komplexu je $51,9965 \text{ g mol}^{-1}$, čo zodpovedá chrómu.

1 pb Teda vzorec medziproduktu je $[\text{CrCl}_3(\text{THF})_3]$.

Treba uznať aj spôsob, kde stačí priamo vynásobiť molárnu hmotnosť hmotnostným percentom a podeliť molárnou hmotnosťou relevantného prvku; dostaneme tak hneď počet jeho atómov vo vzorcovej jednotke. Potom za výsledok udeliť plný počet bodov.

10.

Zo zadania vyplýva, že chlorid chromitý je voči komplexu $[\text{Cr}(\text{bnc})_3]$ v pomere 1 : 1 a zo vzorca komplexu vyplýva, že ligand reaguje s chloridom chromitým v pomere 3 : 1.

2 pb $n(\text{CrCl}_3) = 0,0230 \text{ g} / 158,355 \text{ g mol}^{-1} = 1,452 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$, hmotnosť ligandu bude: $m(\text{bnc}) = 3 \cdot M(\text{bnc}) \cdot n(\text{CrCl}_3) = 3 \cdot 1,452 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot 504,7576 \text{ g mol}^{-1} = 0,220 \text{ g}$

Hmotnosť pripraveného komplexu pri 78% výťažku bude:

2 pb $m([\text{Cr}(\text{bnc})_3]) = 0,78 \cdot M([\text{Cr}(\text{bnc})_3]) \cdot n(\text{CrCl}_3) = 0,78 \cdot 1566,2688 \text{ g mol}^{-1} \cdot 1,452 \cdot 10^{-4} \text{ mol} = 0,177 \text{ g}$

11.

1 pb Z postupu spracovania ligandu bnc vyplýva, že v adukte môže byť prítomný dichlórmétán a/alebo voda v rôznom pomere. Stechiometrický vzorec bnc je $\text{C}_{36}\text{H}_{44}\text{N}_2$ a možný adukt vyjadríme ako $\text{C}_{36}\text{H}_{44}\text{N}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O} \cdot y\text{CH}_2\text{Cl}_2$. Nepoznáme ani molárnu hmotnosť zlúčeniny a ani obsah chlóru a kyslíka. Vieme si ale zostaviť vzťah pre výpočet molárnej hmotnosti aduktu:

2 pb $M = (36 + y) \cdot M(\text{C}) + (44 + 2x + 2y) \cdot M(\text{H}) + 2M(\text{N}) + xM(\text{O}) + 2yM(\text{Cl})$,
a do vzťahu pre hmotnostné % známych prvkov dosadíme známe hodnoty:

1 pb $0,8317 = \frac{(36 + y) M(\text{C})}{M}$, $0,0872 = \frac{(44 + 2x + 2y) M(\text{H})}{M}$

2 pb Riešením týchto 3 rovníc o 3 neznámych získame hodnotu molárnej hmotnosti pripraveného komplexu $M = 521,3461 \text{ g mol}^{-1}$ a hodnoty x a y , čiže vzorec aduktu bude $\text{C}_{36}\text{H}_{44}\text{N}_2 \cdot 0,45\text{H}_2\text{O} \cdot 0,1\text{CH}_2\text{Cl}_2$.

RIEŠENIE A HODNOTENIE ÚLOH Z FYZIKÁLNEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 54. ročník – školský rok 2017/18
Krajské kolo

Ján Reguli

Maximálne 17 bodov,
doba riešenia 50 minút

Úloha 1 (6 bodov)

V úlohe plyn prevedieme zo stavu 1 cez stav 2 a 3 naspäť do stavu 1.

1.1 Ide o zohriatie dvoch mólov ideálne sa správajúceho kyslíka v nádobe s konštantným objemom z 0 °C na 100 °C. Dodané teplo sa vtedy rovná zmene (prírastku) vnútornej energie, keďže pri izochorickom deji sa práca nekoná, t. j. $w = 0$.

0,5 b $q = \Delta U = n C_{V\text{m}} \Delta T = n (C_{p\text{m}} - R)(T_2 - T_1) = 2 \cdot (29,40 - 8,3145) \cdot 100 =$
 $= 4\,217,1 \text{ J}$

Entalpia pritom vzrástla o

0,25 b $\Delta H = n C_{p\text{m}} \Delta T = n C_{p\text{m}} (T_2 - T_1) = 2 \cdot 29,40 \cdot 100 = 5\,880 \text{ J}$

Tlak v nádobe sa zvýšil o

0,5 b $\Delta p = p_2 - p_1 = \frac{n R}{V} (T_2 - T_1) = \frac{2 \cdot 8,3145 \cdot 100}{0,01135} = 146\,511 \text{ Pa}$

1.2 Teraz ide o izobarické ochladenie dvoch mólov ideálne sa správajúceho kyslíka v nádobe s konštantným objemom zo 100 °C na 0 °C. Teplo sa vtedy rovná zmene entalpie sústavy.

0,25 b $q = \Delta H = n C_{p\text{m}} \Delta T = n C_{p\text{m}} (T_3 - T_2) = 2 \cdot 29,40 \cdot (-100) = -5\,880 \text{ J}$

Vnútrná energia poklesla o

0,5 b $\Delta U = n C_{V\text{m}} \Delta T = n (C_{p\text{m}} - R) (T_3 - T_2) = 2 \cdot (29,40 - 8,3145) \cdot (-100) =$
 $= -4\,217,1 \text{ J}$

Stlačením sme plynu dodali energiu vo forme práce

0,25 b $w = \Delta U - q = -4217,1 - (-5880) = 1\,662,9 \text{ J}$

Aby sme vypočítali konečný objem, musíme najprv vypočítať tlak v sústave

0,25 b $p_3 = p_2 = \frac{n R T_2}{V_2} = \frac{2 \cdot 8,3145 \cdot 373,15}{0,01135} = 546\,705,8458 \text{ Pa}$

0,25 b $V_3 = \frac{n R T_3}{p_3} = \frac{2 \cdot 8,3145 \cdot 273,15}{546705,8458} = 0,0083083 \text{ m}^3$

1.3 Nakoniec sme kyslík vratne izotermicky (pri teplote 0°C) vrátili do počiatočného stavu – t. j. zo stavu 3 do stavu 1.

Pri tomto deji sa vnútorná energia a entalpia nezmenili

0,5 b $\Delta U = \Delta H = 0$

Plyn pri tejto expanzii vykonal prácu

0,5 b $w = -n R T \ln \frac{V_1}{V_3} = -2,8,3145 \cdot 273,15 \cdot \ln \frac{11,35}{8,3083} = -1\,417,00 \text{ J}$

Túto prácu plyn vykonal vďaka dodanému teplu

0,25 b $q = -w = 1\,417,00 \text{ J}$

1.4 Po návrate do počiatočného stavu sa hodnoty vnútornej energie a entalpie nezmenili

0,25 b $\Delta U = 4217,1 - 4217,1 + 0 = 0$

0,25 b $\Delta H = 5880 - 5880 + 0 = 0$

Práca a teplo preto majú rovnaké hodnoty, ale opačné znamienko

0,25 b $w = 0 + 1662,9 - 1417,0 = 245,9 \text{ J}$

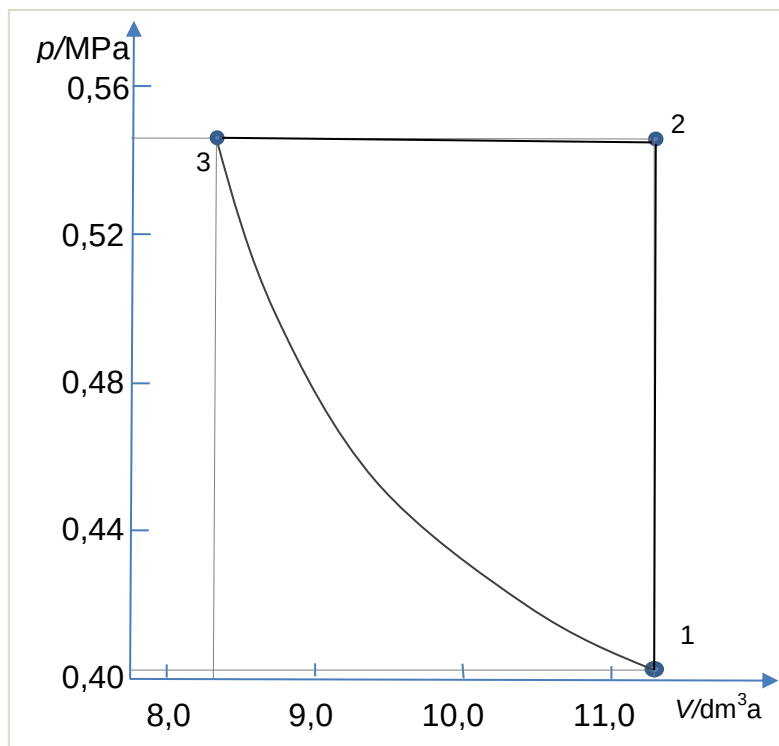
0,25 b $q = 4217,1 - 5880 + 1417 = -245,9 \text{ J} = -w$

1.5 Kvôli zostrojeniu grafu potrebujeme ešte vypočítať počiatočný tlak

$p_1 = p_2 - \Delta p = 546\,705,85 - 146\,511 = 400\,194,85 \text{ Pa}$

Graf:

1 b



Úloha 2 (2 body)

Zo zadania vyplýva, že na začiatku i na konci deja má súčin pV rovnakú hodnotu (tlak sa zmenšil na desatinu a objem zväčšil na desaťnásobok: $p_2 V_2 = 0,1 p_1 10 V_1 = p_1 V_1$). Pretože ide o ideálny plyn, bude i teplota na začiatku a na konci rovnaká. Pribeh deja však bol nevratný, pretože expanzia sa uskutočnila proti konštantnému konečnému tlaku.

Keďže sa teplota nezmenila, nezmenili sa ani vnútorná energia a entalpia:

0,5 b $\Delta U = \Delta H = 0$

Počiatkový objem plynu bol

0,5 b $V_1 = \frac{n R T_1}{p_1} = \frac{1 \cdot 8,3145 \cdot 293,15}{101300} = 2,406 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$

Práca pri zväčšení objemu na desaťnásobok proti konštantnému konečnému tlaku má hodnotu

1 b $w = -p_2(V_2 - V_1) = -101300 \cdot (24,06 - 2,406) \cdot 10^{-3} = -2193,55 \text{ J} = -q$

Úloha 3 (3 body)

Rýchlostná rovnica má všeobecný tvar $r = kc_A^a c_B^b$

Čiastkové poriadky reakcie stanovíme z počiatkových rýchlostí pri dvoch rôznych počiatkových koncentráciách:

$$r_1 = kc_{A1}^a c_{B1}^b \quad r_2 = kc_{A2}^a c_{B2}^b$$

Vydelením týchto dvoch rovníc dostaneme:

0,5 b $\frac{r_2}{r_1} = \left(\frac{c_{A2}}{c_{A1}}\right)^a \left(\frac{c_{B2}}{c_{B1}}\right)^b$

Z hodnôt zadania v riadku 3 a 2 dostaneme

0,5 b $\frac{592}{5,92} = \left(\frac{28}{2,8}\right)^a \left(\frac{4,6}{4,6}\right)^b$

$$100 = 10^a \quad a = 2$$

Z hodnôt zadania v riadku 2 a 1 dostaneme

0,5 b $\frac{59,2}{7,40} = \left(\frac{2,8}{1,4}\right)^a \left(\frac{4,6}{2,3}\right)^b$

teraz už vieme, že $a = 2$ a preto

$$8 = 2^2 \cdot 2^b \quad \text{teda } 2 = 2^b \quad \text{teda } b = 1$$

0,5 b Rýchlostná rovnica má teda tvar $r = kc_A^2 c_B$

Môžeme si overiť, že tento výsledok platí aj pre podiel tretej a prvej rovnice

$$\frac{5920}{7,40} = \left(\frac{28}{1,4}\right)^2 \left(\frac{4,6}{2,3}\right)^1$$

$$800 = (20)^2 \cdot 2$$

Po dosadení koncentrácií a rýchlostí do rýchlostnej rovnice $r = kc_A^2c_B$ pre ľubovoľný z troch prípadov dostaneme

$$7,40 \cdot 10^{-9} = k \cdot (1,4 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 2,3 \cdot 10^{-2}$$

$$5,92 \cdot 10^{-8} = k \cdot (2,8 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 4,6 \cdot 10^{-2}$$

$$5,92 \cdot 10^{-6} \text{ mol dm}^{-3} \text{ s}^{-1} = k \cdot (2,8 \cdot 10^{-1} \text{ mol dm}^{-3})^2 \cdot 4,6 \cdot 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$$

Výsledkom je

$$1 \text{ b} \quad k = 1,642 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^6 \text{ mol}^{-2} \text{ s}^{-1}$$

Úloha 4 (1 bod)

Vychádzame z rýchlostnej rovnice pre reakciu 1. poriadku

$$\ln \frac{c_A}{c_{0A}} = \ln(1 - \alpha_A) = -k t$$

Rýchlostná konštanta má hodnotu

$$0,5 \text{ b} \quad k = -\frac{1}{t} \ln(1 - \alpha_A) = -\frac{1}{64} \ln(1 - 0,9375) = 0,0433217 \text{ min}^{-1}$$

Polčas reakcie je čas, za ktorý zreaguje polovica reaktanta

$$0,5 \text{ b} \quad t_{1/2} = -\frac{1}{k} \ln 0,5 = -\frac{\ln 0,5}{0,0433217} = 16,00 \text{ min}$$

Úloha 5 (2 body)

Aby sme dostali rovnicu reakcie, ktorej máme vypočítať rovnovážnu konštantu, musíme od prvej zadanej elektródovej polreakcie odčítať dvojnásobok druhej rovnice.

$$0,5 \text{ b} \quad \text{Pre danú redoxnú reakciu je počet vymenených elektrónov } z = 2.$$

Štandardné elektromotorické napätie dostaneme ako rozdiel štandardných elektródových potenciálov. V rozdieli bude prvá elektróda kladnou a druhá zápornou (keďže druhá polreakcia prebieha v smere oxidácie).

$$0,5 \text{ b} \quad E^\circ = E^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) - E^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^+) = 0,3419 - 0,153 = 0,1889 \text{ V}$$

Rovnovážnu konštantu vypočítame zo vzťahu

$$\ln K = \frac{z F}{R T} E^\circ = \frac{2 \cdot 96485,3}{8,3145 \cdot 298,15} \cdot 0,1889 = 14,704564$$

$$1 \text{ b} \quad K = 2432825,9 = 2,43 \cdot 10^6$$

Úloha 6 (3 body)

- a) Rovnicu redukcie železitého iónu na železo dostaneme ako súčet rovníc zadanych elektródových polreakcií. Preto štandardná Gibbsova energia tejto reakcie bude súčtom hodnôt pre prvé dve reakcie:

0,5 b $\Delta_r G^\circ(4) = \Delta_r G^\circ(1) + \Delta_r G^\circ(2)$.

Medzi štandardnou Gibbsovou energiou a štandardným elektromotorickým napätím platí vzťah $\Delta_r G^\circ = -z F E^\circ$. Pre náš príklad to znamená

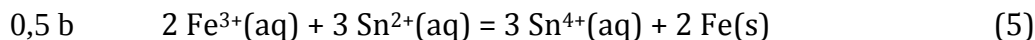
$-3 F E^\circ(4) = -F E^\circ(1) - 2 F E^\circ(2)$ Teda dostaneme

0,5 b $E^\circ(4) = [E^\circ(1) + 2 E^\circ(2)] / 3 = (0,771 - 2 \cdot 0,447)/3 = -0,041 \text{ V}$

- b) Elektródové polreakcie v uvedenom článku sú



Redoxná reakcia, prebiehajúca v tomto článku teda je (elektródové reakcie musíme vynásobiť tak, aby sa elektróny vo výslednej rovnici odčítali)



Štandardné elektromotorické napätie daného článku teda bude mať hodnotu

$$E^\circ = E^\circ(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}) - E^\circ(\text{Sn}^{4+}/\text{Sn}^{2+}) = -0,041 - 0,151 = -0,192 \text{ V}$$

Pre danú redoxnú reakciu je počet vymenených elektrónov $z = 6$.

Rovnovážnu konštantu vypočítame zo vzťahu

$$\ln K = \frac{z F}{R T} E^\circ = \frac{6 \cdot 96485,3}{8,3145 \cdot 298,15} \cdot (-0,192) = -44,8376$$

1 b $K = 3,367 \cdot 10^{-20}$

- c) Schéma článku v zadaní b) je navrhnutá tak, že katóda je uvedená vľavo. Rovnovážna konštanta tejto reakcie má preto takmer nulovú hodnotu. Rovnovážna konštanta spätnej reakcie je teda veľmi vysoká ($2,97000 \cdot 10^{19}$),

0,5 b t. j. železo hodené do roztoku ciničitých iónov sa rýchlo rozpustí.

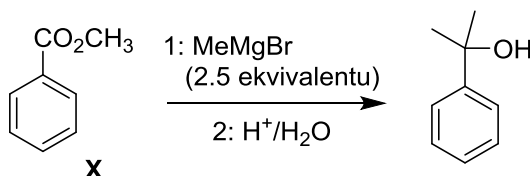
RIEŠENIE A HODNOTENIE ÚLOH Z ORGANICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 54. ročník – školský rok 2017/18
Krajské kolo

Radovan Šebesta, Michal Májek

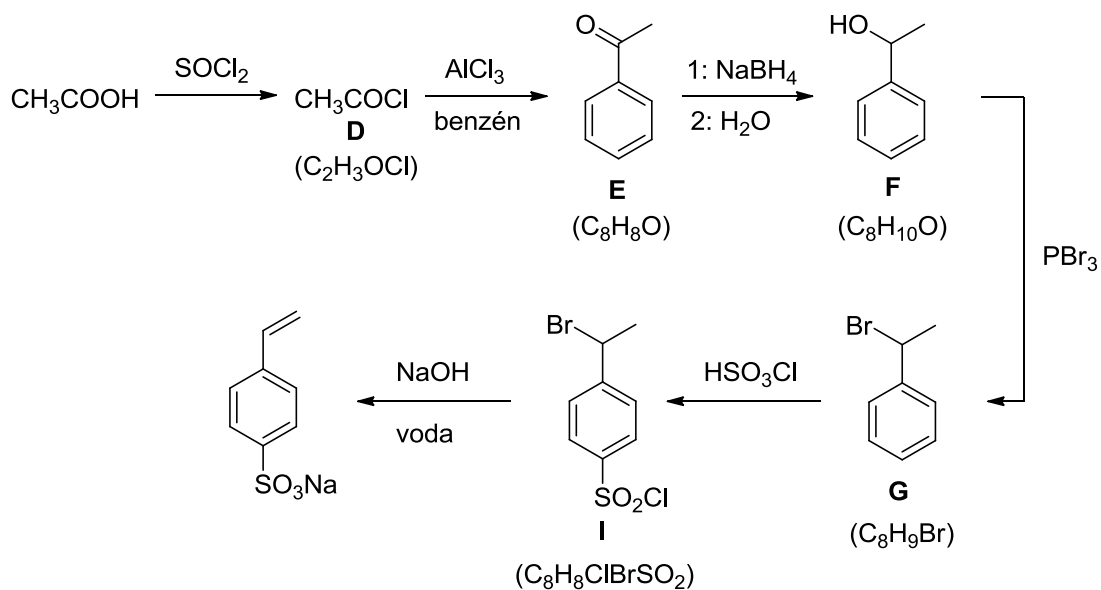
Úloha 1 (6,0 bodov, 24 pb)

- a) **1–B** (kyselina sírová je tu len ako katalyzátor pre hydratáciu alkénu, takže stačí aby bola v nízkej koncentrácii) 2pb
- 2–C** (pri eliminácii vody je kyselina sírová nie len zdrojom protónov, ale pôsobí aj ako dehydratačné činidlo – preto je potrebná koncentrovaná. Ak by sa použilo óleum, hrozilo by, že dôjde aj k sulfonácii jadra, alebo tvorbe esteru kyseliny sírovej) 2 pb
- 3–A** (na sulfonáciu deaktivovaného derivátu benzénu je potrebné použiť óleum) 2 pb
- b) Prevláda *m*-izomér (keďže –CN skupina má deaktivujúci –M efekt) 2pb
- c) 4 pb



Komentár: Keďže látka nereaguje s Bradyho činidlom, nemôže ísť o ketón. Estery reagujú s prebytkom metylmagnézia bromidu za tvorby trisubstituovaných alkoholov. Keďže hľadaná látka má v ^1H NMR spektre len jeden signál v alifatickej oblasti pri 3,8 ppm, ide o metyl benzoát. V prípade, že riešiteľ uvedie iný ester, ktorý by mal v ^1H NMR spektre len jeden signál, ale nesúhlasil by posun (napr. *t*-butyl benzoát), prideliť $\frac{3}{4}$ bodov. V prípade, že riešiteľ uvedie ako správnu odpoveď acetofenón (ktorý ale reaguje s Bradyho činidlom), prideliť $\frac{1}{2}$ bodov.

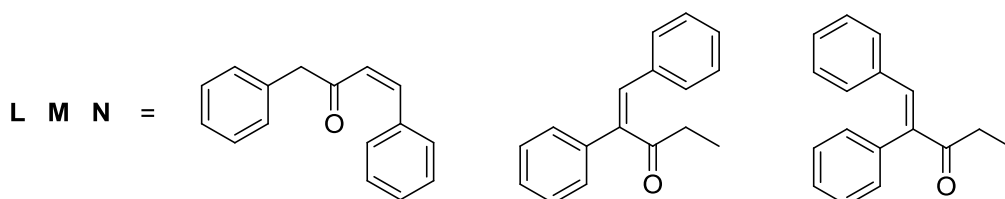
d) 5x2 pb



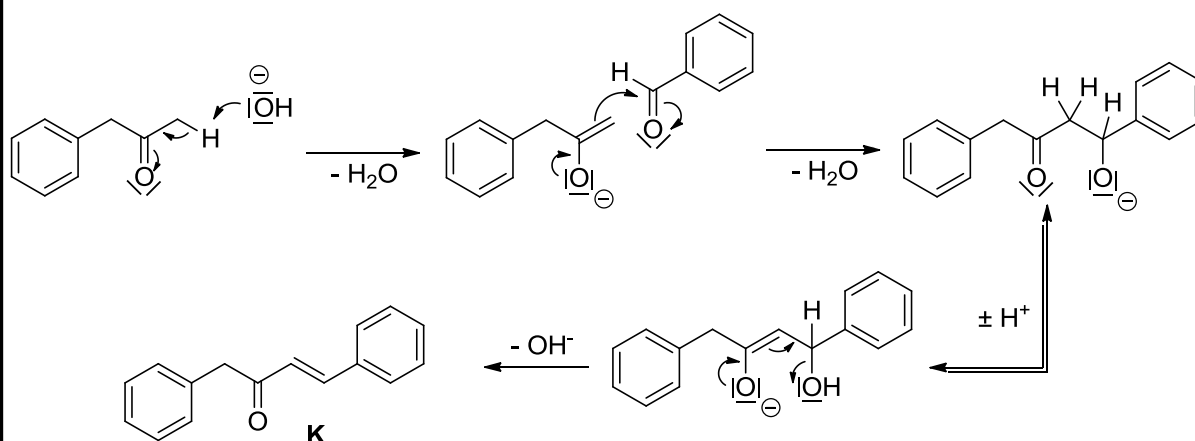
e) Oxid siričitý a chlór vodík 2x1 pb

Úloha 2 (4,0 body, 16 pb)

a) 3x2 pb

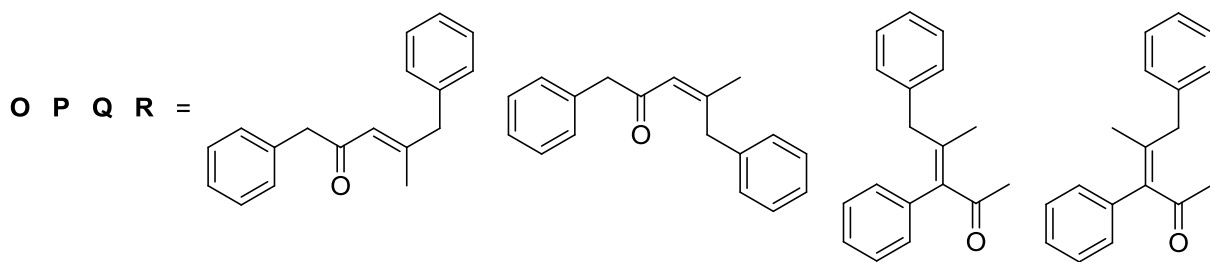


b) 4x2 pb



Komentár: Na získanie plného počtu bodov je potrebné správne vyznačiť šípkami presuny elektrónov a všetky náboje. Nie je potrebné vyznačiť mechanizmus prenosu protónu v treťom kroku, ani fakt, že tento krok je rovnovážny.

c) 2 pb

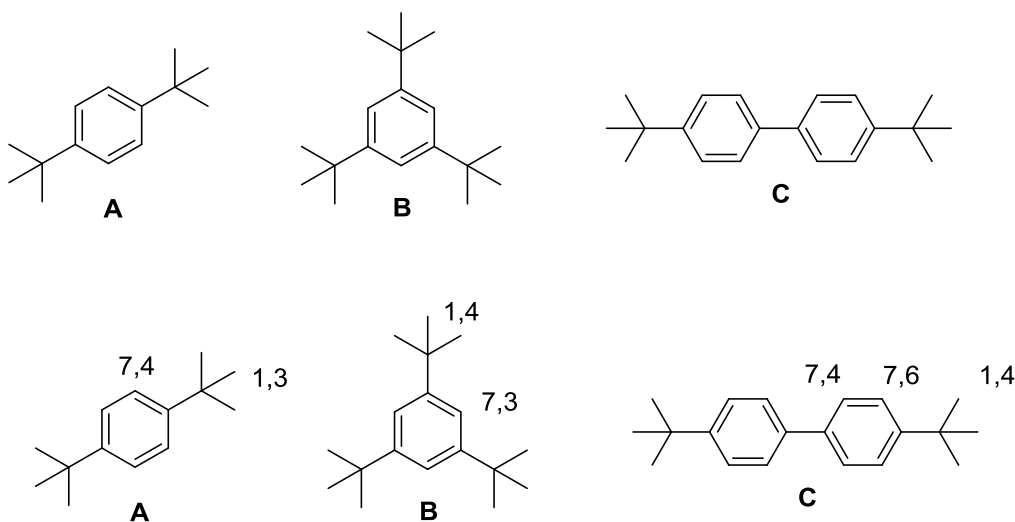


Pozn.: Na získanie plného počtu bodov stačí uviesť jediné zo štruktúr **O-R**.

Úloha 3 (4,0 body, 16 pb)

3x3 pb za každú správne určenú štruktúru.

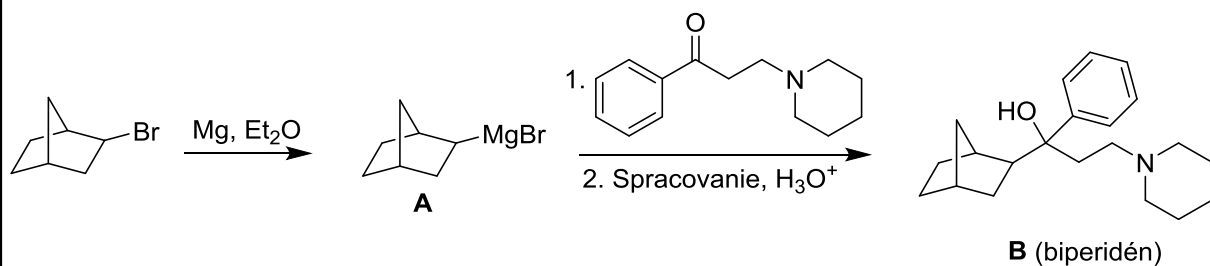
7x1 pb za každý správne priradený signál.



Poznámka: Pri zlúčenine **C** možno uznať aj navzájom vymenené aromatické vodíky.

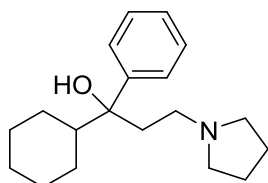
Úloha 4 (3,0 body, 12 pb)

a) 2 + 2 pb



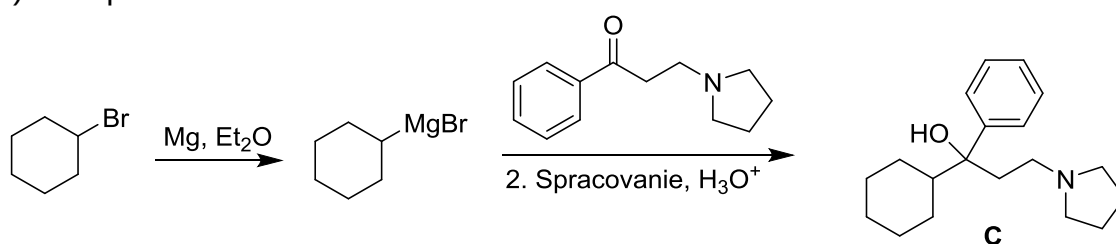
b) Vhodné rozpúšťadlá dietyléter, tetrahydrofurán, alebo iné éterické; 2 pb.

c) 2 pb

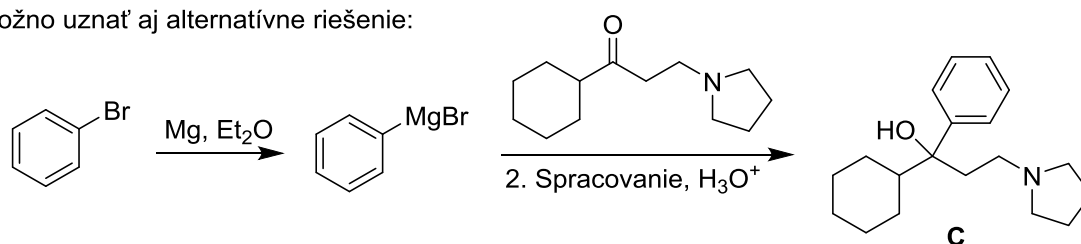


1-cyklohexyl-1-fenyl-3-(pyrolidin-1-yl)propán-1-ol

d) 2+2 pb



Možno uznať aj alternatívne riešenie:



RIEŠENIE A HODNOTENIE ÚLOH Z BIOCHÉMIE

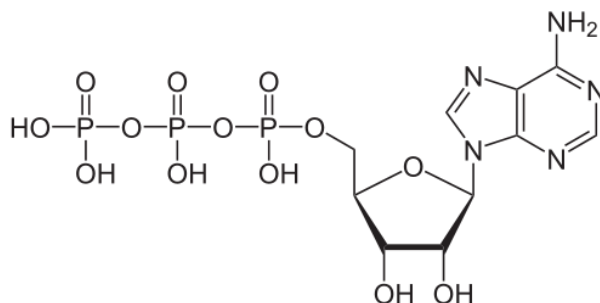
Chemická olympiáda – kategória A – 54. ročník – šk. rok 2017/18
Krajské kolo

Boris Lakatoš

ÚLOHA 1 (8 b, 24 pb)

a) Štruktúra ATP

3 pb



b) $[H^+] = [OH^-] = 1 \cdot 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, teda $\text{pH} = 7$, teplota 37°C a $[H_2O] = 55 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$

1 pb

c)

$$\Delta G' = \Delta G^{0'} + R \cdot T \cdot \ln \frac{[ADP^{3-}][HPO_4^{2-}]}{[ATP^{4-}]}$$

1 pb

$$\Delta G' = -30500 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} + 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 298,15 \text{ K} \times \ln \frac{0,00025 \cdot 0,00165}{0,00225}$$

2 pb

$$\Delta G' = -30,5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 21,3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = \underline{\underline{-51,8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}}}$$

2 pb

d) $\Delta G^{0'} = -R T \ln K'$

$$K' = e^{\Delta G^{0'}/RT} = e^{-13800 \text{ J/mol} / (8,314 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)} \cdot 298,15 \text{ K})} = \underline{\underline{0,0038}}$$

2 pb

$$K' = \frac{[\text{glukóza-6-fosfát}]}{[\text{glukóza}][HPO_4^{2-}]}$$

$$\frac{[\text{glukóza-6-fosfát}]}{[\text{glukóza}]} = K' \cdot [HPO_4^{2-}] = 0,0038 \cdot 0,00165 = \underline{\underline{6,27 \cdot 10^{-6}}}$$

2 pb

e) $\Delta G^{0'}(3) = \Delta G^{0'}(1) + \Delta G^{0'}(2)$

$$\Delta G^{0'}(3) = -30,5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} + 13,8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = \underline{\underline{-16,7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}}}$$

1 pb

$$\Delta G^{0'} = -R T \ln K'$$

$$K' = e^{\Delta G^{0'}/RT} = e^{16700 \text{ J/mol} / (8,314 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)} \cdot 298,15 \text{ K})} = \underline{\underline{843}}$$

2 pb

f) $K' = \frac{c(\text{glukóza-6-fosfát}) \cdot c(\text{ADP}^{3-})}{c(\text{glukóza}) \cdot c(\text{ATP}^{4-})}$ 1 pb

$$\frac{c(\text{glukóza-6-fosfát})}{c(\text{glukóza})} = K' \cdot \frac{c(\text{ATP}^{4-})}{c(\text{ADP}^{3-})} =$$

$$= 843 \times (2,25 \text{ mmol.dm}^{-3} / 0,25 \text{ mmol.dm}^{-3}) = \underline{\underline{7587}} \quad \text{2 pb}$$

g) Množstvo dostupnej energie pre syntézu ATP:

$$8000 \text{ kJ.deň}^{-1} \times 0,5 = \underline{\underline{4000 \text{ kJ.deň}^{-1}}} \quad \text{1 pb}$$

Energia potrebná na syntézu ATP: 52 kJ.mol^{-1}

Množstvo produkovaného ATP:

$$4000 \text{ kJ.deň}^{-1} / 52 \text{ kJ.mol}^{-1} = \underline{\underline{76,9 \text{ mol.deň}^{-1}}} \quad \text{1 pb}$$

Hmotnosť produkovaného ATP za deň:

$$76,9 \text{ mol.deň}^{-1} \times 503 \text{ g.mol}^{-1} = \underline{\underline{38700 \text{ g.deň}^{-1}}} = \underline{\underline{38,7 \text{ kg.deň}^{-1}}} \quad \text{2 pb}$$

h) Správna odpoveď označená čiernym štvorčekom. 1 pb

- ☐ Bude použitá na zníženie entropie v tele.
- ☐ Bude uvoľnená z tela von ako H_2O a CO_2 .
- ☐ Bude použitá na regeneráciu stavu enzýmov pôsobiacich ako katalyzátory pri produkcii ATP.
- ☒ Uvoľňuje sa vo forme tepla a zohrieva ľudské telo.

Autori: Mgr. Michal Juríček, PhD., doc. Ing. Boris Lakatoš, PhD., Ing. Michal Májek, PhD., doc. Ing. Ján Reguli, CSc. (vedúci autorského kolektívu), prof. Mgr. Radovan Šebesta, DrSc., Ing. Rastislav Šípoš, PhD.

Recenzenti: Ing. Tibor Dubaj, PhD., Martin Lukačišin, MBiochem, Bc. Jela Nociarová, Ing. Ján Pavlík, PhD., Ing. Kristína Plevová, PhD.

Slovenská komisia Chemickej olympiády

Vydal: IUVENTA – Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2018