

CHEMICKÁ OLYMPIÁDA

62. ročník, školský rok 2025/26

Kategória A

Krajské kolo

TEORETICKÉ ÚLOHY



ÚLOHY Z ANORGANICKEJ A ANALYTICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 62. ročník – školský rok 2025/26
Krajské kolo

Martin Brokeš, Šimon Budzák

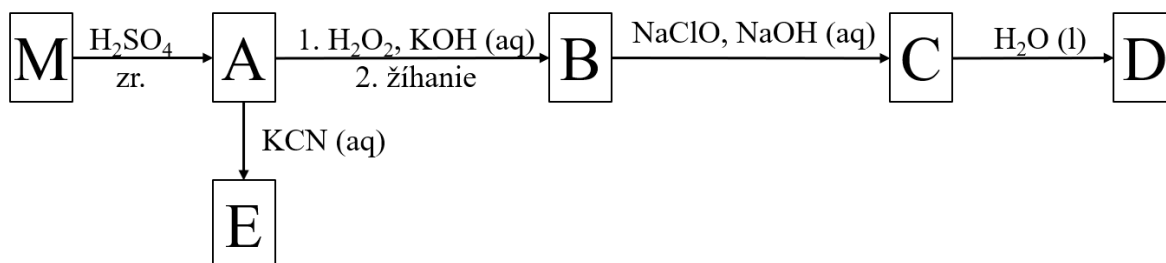
Maximálne 18 bodov
doba riešenia 70 minút

Úloha 1 – Reaktívna tajnička (8 bodov)

Neznámy kov **M** patrí do 4. periódy periodickej sústavy prvkov. Reakciou kovu **M** so zriedenou kyselinou sírovou vzniká vodík (v molárnom pomere 1:1 so zreagovaným kovom **M**) a z výsledného vodného roztoku je možné vykryštalizovať slabozelenú látku **A** vo forme hydrátu. Hmotnostný zlomok vody v látke **A** je 45,3 % a hmotnostný zlomok síry je 11,5 %. Z vodného roztoku látky **A** je po pridaní peroxidu vodíka a hydroxidu draselného možné získať objemnú zrazeninu premenlivého zloženia. Po jej vyžíhaní vzniká oxid **B**, ktorý obsahuje 30,1 % kyslíka.

Reakciou oxidu **B** s chlórnanom sodným v zásaditom prostredí (NaOH) vzniká intenzívne červenofialová zlúčenina **C**, v ktorej má kov **M** netradične vysoké oxidačné číslo. Alternatívne je možné látku **C** pripraviť tavením oxidu **B** s peroxidom sodným pri teplote 800 °C. Látka **C** sa vo vode pri neutrálnom pH rozkladá za vzniku látky **D**, ktorá obsahuje kov **M** v rovnakom oxidačnom čísle ako v látke **B** a obsahuje 36,0 % kyslíka. Súčasne vzniká molekulový kyslík.

Reakciou vodného roztoku látky **A** s kyanidom draselným vzniká slabožltá látka **E**.



Obrázok 1: Schéma reakcií opísaných v úlohe.

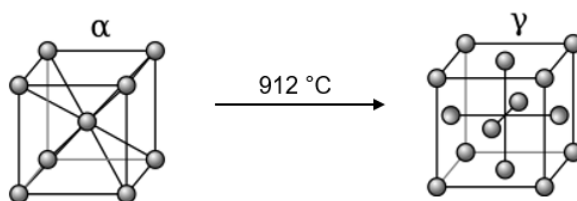
1. Identifikujte kov **M**, zlúčeniny **A – D** a komplexnú látku **E**. Všetky látky **A – E** obsahujú kov **M**.
2. Zapište nasledovné chemické reakcie v stavovom tvare a vyčísľite:
M → **A**, **B** → **C**, **C** → **D**, **A** → **E**.
3. Aký geometrický tvar má anión látky **C**?
4. Je látka **C** paramagnetická alebo diamagnetická? Stručne zdôvodnite.

Tabuľka 1.: Atómové hmotnosti prvkov 4. periódy PSP, kyslíka a síry.

Prvok	O	S	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
A_r	16,00	32,06	44,96	47,87	50,94	52,00	54,94	55,85	58,93	58,69	63,55	65,38

Úloha 2 – Kockaté železo (8 bodov)

Železo existuje vo dvoch hlavných alotropických modifikáciách – α a γ , ktoré sa od seba odlišujú v kryštálovej štruktúre. K ich vzájomnému prechodu dochádza pri teplote 912 °C, keď sa mení ich kryštálová štruktúra z priestorovo centrovanej kubickej mriežky (BCC) na plošne centrovanú kubickú mriežku (FCC) (Obr. 2).



Obrázok 2: Schéma premeny kryštálovej štruktúry železa.

1. Vypočítajte rozdiel hustoty α -Fe a γ -Fe spojený s týmto fázovým prechodom. Kovový polomer železa je 126 pm.

Takto zahriate železo sa používa na výrobu ocelí. Ocele sú zliatiny železa s rôznymi kovmi (chróm, molybdén, nikel), ale aj nekovmi (uhlík, dusík), ktoré vylepšujú jeho materiálové vlastnosti, prevažne odolnosť voči korózii alebo pevnosť. Pri výrobe ocele sa využíva γ -Fe, ktoré je schopné prijať až 2,11 hm. % uhlíka do svojej kryštálovej mriežky.

2. Vypočítajte maximálny priemerný počet atómov uhlíka, ktoré dokáže základná bunka γ -Fe prijať. $M(\text{C}) = 12,011 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $M(\text{Fe}) = 55,845 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Z hľadiska magnetizmu je železo veľmi atraktívnym prvkom. Železo v α forme pozostáva z mikroskopických oblastí, tzv. domén, v rámci ktorých sú vektory magnetických momentov súhlasne orientované, avšak domény navzájom súhlasne orientované nie sú. To má za následok, že makroskopický kus železa negeneruje žiadne magnetické pole, avšak po vložení do externého poľa sa jednotlivé domény orientujú súhlasne za vzniku silného magnetického poľa generovaného kusom železa.

3. Ako sa vyššie opísaný fenomén nazýva?

- a. paramagnetizmus
- b. feromagnetizmus
- c. antiferomagnetizmus
- d. diamagnetizmus

Po zahriatí α -Fe na tzv. Curieho teplotu ($770\text{ }^{\circ}\text{C}$) dochádza k zmene jeho magnetických vlastností. Keď takto zahriate železo vložíme do vonkajšieho magnetického poľa, zistíme, že bude doň stále mierne priťahované, avšak už nebude schopné generovať vlastné magnetické pole.

4. Ako sa táto magnetická vlastnosť nazýva? Vysvetlite, čo má za následok zmenu magnetických vlastností železa nad Curieho teplotou.

Úloha 3 – Malachitovo-modrý až zelený neporiadok (2 body)

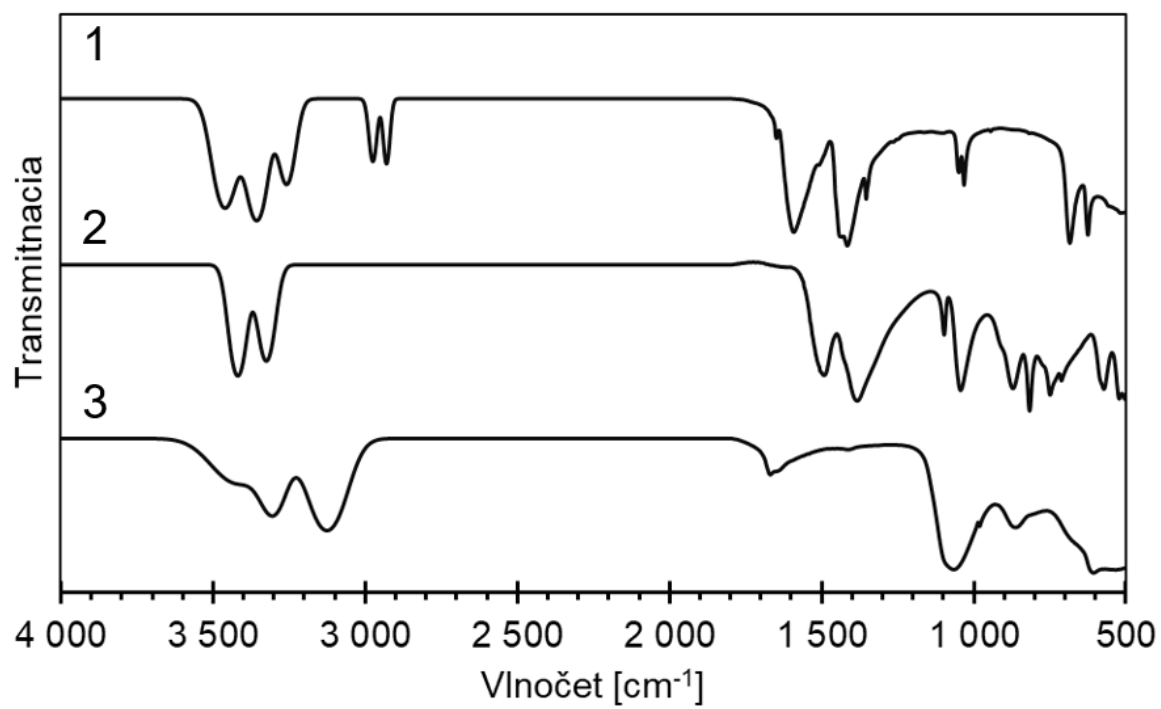
Pri povianočnom upratovaní v laboratóriu, v ktorom sa pracuje so zlúčeninami medi, sa našli tri neznáme farebné prášky. Keďže samotná farba na ich jednoznačnú identifikáciu nestačila, boli zaznamenané infračervené spektrá týchto látok. Prášky zodpovedajú jednej z nasledujúcich zlúčenín medi:

1. Priradte látky **F**, **G** a **H** spektrám 1, 2 a 3. Vaše priradenie krátko zdôvodnite.

F: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

G: $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$

H: $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$



Obrázok 3: Infračervené spektrá práškov s obsahom medi.

ÚLOHY Z FYZIKÁLNEJ CHÉMIE

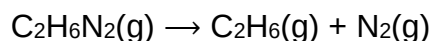
Chemická olympiáda – kategória A – 62. ročník – školský rok 2025/26
Krajské kolo

Tibor Dubaj

Maximálne 17 bodov,
doba riešenia 60 minút

Úloha 1 (5 bodov)

Plynný azometán ($\text{CH}_3\text{-N=N-CH}_3$, $\text{C}_2\text{H}_6\text{N}_2$) sa nevratne termicky rozkladá reakciou prvého poriadku podľa schémy



Pri teplote 320°C bol polčas rozkladu rovný 11 min. Pri teplote 300°C sa získali nasledujúce údaje o celkovom tlaku v sústave, ktorá na začiatku obsahovala čistý azometán.

t/min	10	∞
p/bar	0,653	1,150

1.1 Vypočítajte rýchlostnú konštantu uvedenej reakcie pri teplotách 300°C a 320°C .

Všetky plyny v reakcii považujte za stavovo ideálne.

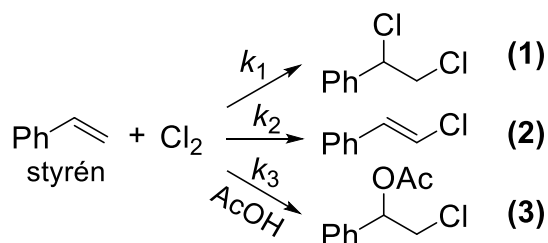
1.2 Vypočítajte aktivačnú energiu rozkladu azometánu.

Rozklad azometánu je pomerne exotermický: na 1 mól azometánu sa pri izochorických podmienkach uvoľní až 233 kJ tepla. Na štúdium kinetiky tejto reakcie pri konštantnej teplote potrebujeme reakčné teplo odvieť z reakčnej nádoby do okolia.

1.3 Izotermické podmienky v reakčnej nádobe udržíme pri maximálnej rýchlosti rozkladu azometánu $\Delta n(\text{C}_2\text{H}_6\text{N}_2)/\Delta t = -5 \cdot 10^{-5} \text{ mol s}^{-1}$. Vypočítajte najvyšší možný počiatočný tlak azometánu, pri ktorom môžeme študovať kinetiku uvedenej reakcie pri teplote 320°C v reakčnej nádobe s objemom $0,5 \text{ dm}^3$. Azometán považujte za stavovo ideálny plyn.

Úloha 2 (7 bodov)

Chloráciou styrénu v kyseline octovej okrem adičného produktu **1** vzniká aj vedľajší substitučný produkt **2** a reakciou s rozpúšťadlom vzniká ester **3**. Všetky reakcie sú celkovo druhého poriadku: prvého voči styrénu a prvého voči chlóru



Reakcia sa uskutočnila pri teplote 25 °C v kyseline octovej, ktorá bola kontinuálne sýtená chlór, celkový objem reakčnej zmesi bol 0,5 dm³. Pri 25 °C sa rozpustnosť Cl₂ v kyseline octovej rovná 1,20 mol dm⁻³. Zloženie reakčnej zmesi v čase 10 min od pridania styrénu je uvedené nižšie.

Látka	styrén	1	2	3
<i>n</i> /mmol	50	130	18	52

2.1 Vypočítajte maximálny výťažok produktu **1** (v mmol) za daných podmienok.

2.2 Vypočítajte rýchlostnú konštantu *druhého poriadku* k_1 .

2.3 Reakcia sa zopakovala pri 25 °C s rovnakou počiatočnou koncentráciou styrénu, avšak chlór bolo stechiometrické množstvo. Vypočítajte čas, za ktorý zreagovalo 80 % východiskového styrénu. Pomôcka: rýchlostná rovnica reakcie druhého poriadku typu A + B → P pre $c_{0A} = c_{0B}$ má integrovaný tvar

$$\frac{1}{c_A} = \frac{1}{c_{0A}} + k t$$

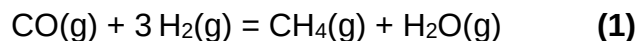
kde k je v prípade priebehu paralelných reakcií súčet ich rýchlostných konštánt druhého poriadku.

2.4 Najmenšiu aktivačnú energiu má reakcia **(1)**. Vyberte správne tvrdenie za predpokladu, že vždy zreaguje prakticky všetok styrén.

- (a) Vyšší výťažok produktu **1** sa získa pri teplotách pod 40 °C.
- (b) Vyšší výťažok produktu **1** sa získa pri teplotách nad 40 °C.
- (c) Teplota nemá vplyv na výťažok **1**, iba na rýchlosť vzniku všetkých produktov.

Úloha 3 (5 bodov)

Kobalt je katalyzátor hydrogenácie oxidu uhoľnatého (tzv. metanácia) podľa rovnice



3.1 V reaktore pri 500 K reagovala zmes CO a H₂ v stechiometrickom pomere 1:3 pri počiatočnom tlaku 20,0 bar. V rovnováhe bol mólový zlomok vodíka 0,0040. Vypočítajte hodnotu $K_p(500 \text{ K}, p^\ominus = 1 \text{ bar})$ reakcie **(1)**.

Nežiaduca vedľajšia reakcia však zahŕňa oxidáciu (a teda aj deaktiváciu) katalyzátora



3.2 Vypočítajte $K_p(500 \text{ K}, p^\ominus = 1 \text{ bar})$ reakcie **(2)**, ak poznáte $\Delta_f G^\ominus(500 \text{ K}, p^\ominus = 1 \text{ bar})$ pre vodnú paru ($-219,1 \text{ kJ mol}^{-1}$) a oxid kobaltnatý ($-147,2 \text{ kJ mol}^{-1}$).

3.3 Na povrchu Co katalyzátora sa nachádzajú stopy CoO. Rozhodnite, či rovnovážna zmes z otázky 3.1 bude viesť k ďalšej oxidácii katalyzátora. Odpoveď doložte výpočtom.

ÚLOHY Z ORGANICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 62. ročník – školský rok 2025/26
Krajské kolo

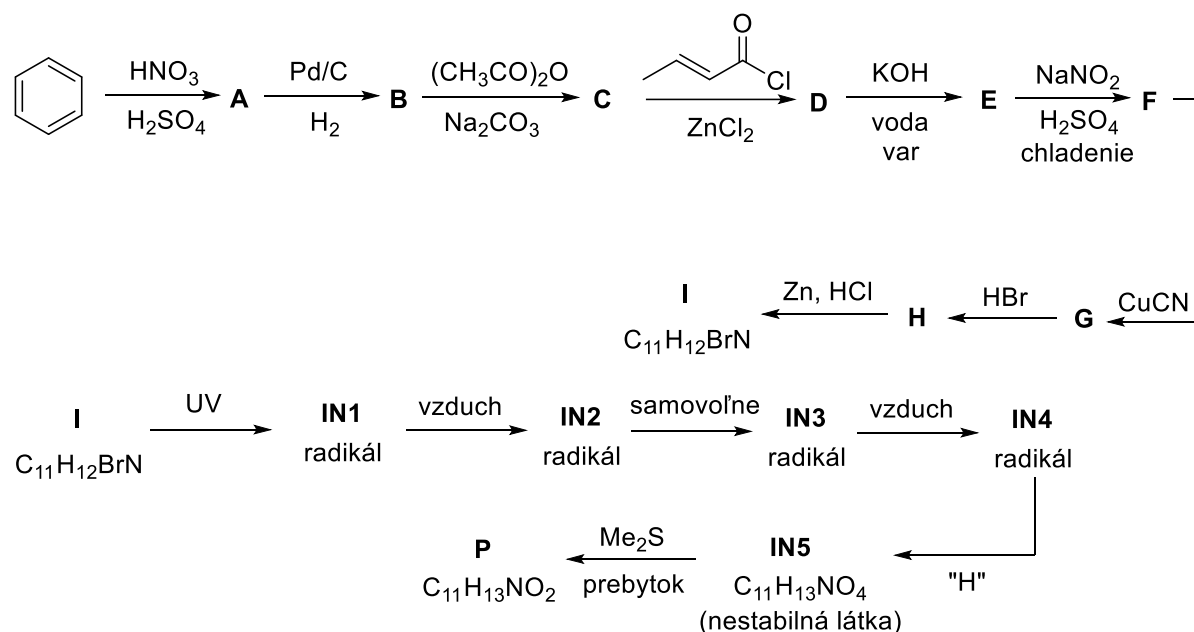
Michal Májek, Radovan Šebesta

Maximálne 17 bodov
doba riešenia 60 minút

Úloha 1 (6 bodov)

Látka **I** nie je stabilná na slnečnom svetle, pretože to obsahuje aj UV žiarenie. V tejto úlohe sa pozrieme na jej reaktivitu.

a) Doplňte intermediáty a produkty **A – I**.

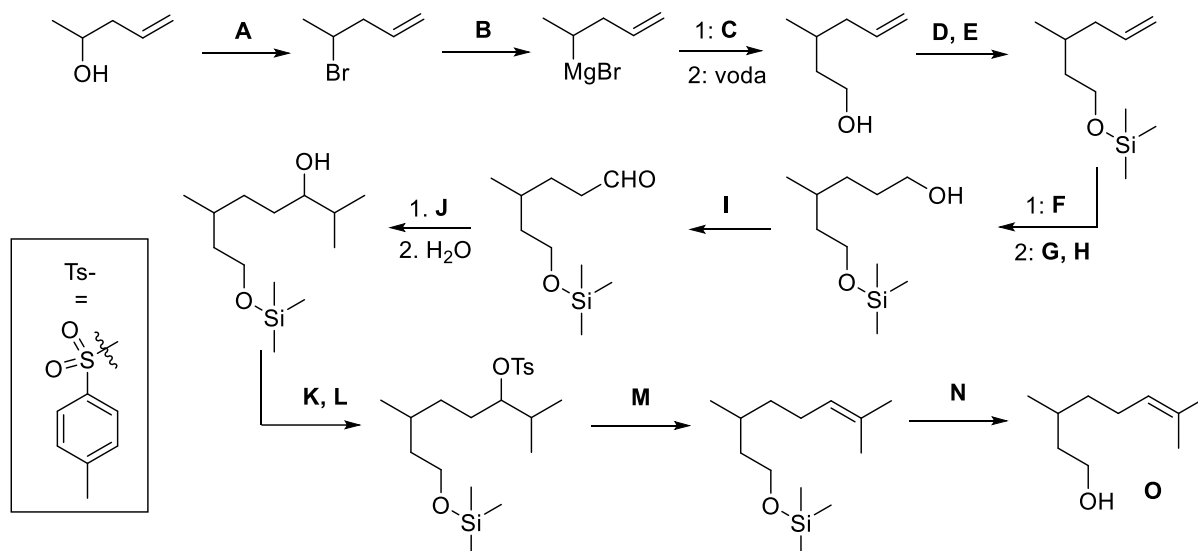


b) V látke **I** dochádza po ožiarení UV žiarením k homolýze väzby za vzniku radikálového intermediátu **IN1**. Ten reaguje so vzduchom za vzniku radikálového intermediátu **IN2**. Ten samovoľne podlieha premene na stabilnejší radikál **IN3**. Ten znova reaguje so vzduchom za vzniku intermediátu **IN4**. Ten nakoniec odštiepi H radikál z rozpúšťadla, čím sa stabilizuje za vzniku látky **IN5**, ktorá síce nie je radikál, ale napriek tomu je pomerne nestála. Po reakcii s prebytkom dimetylsulfidu (ktorý dokáže zredukovať hydroperoxid na alkohol) vzniká stabilná látka **P**. Látka **P** poskytuje v IČ spektre silný a široký signál pri 3500 cm^{-1} . Aké sú štruktúry látok **IN1 – IN5** a **P**?

Úloha 2 (4,4 bodov)

Singletový kyslík sa používa aj v priemysle. Jedna z najdôležitejších výrob, kde sa používa, vychádza z voňavého alkoholu **O**.

a) Navrhňte aké reagenty **A – N** by ste použili pri výrobe **O**.

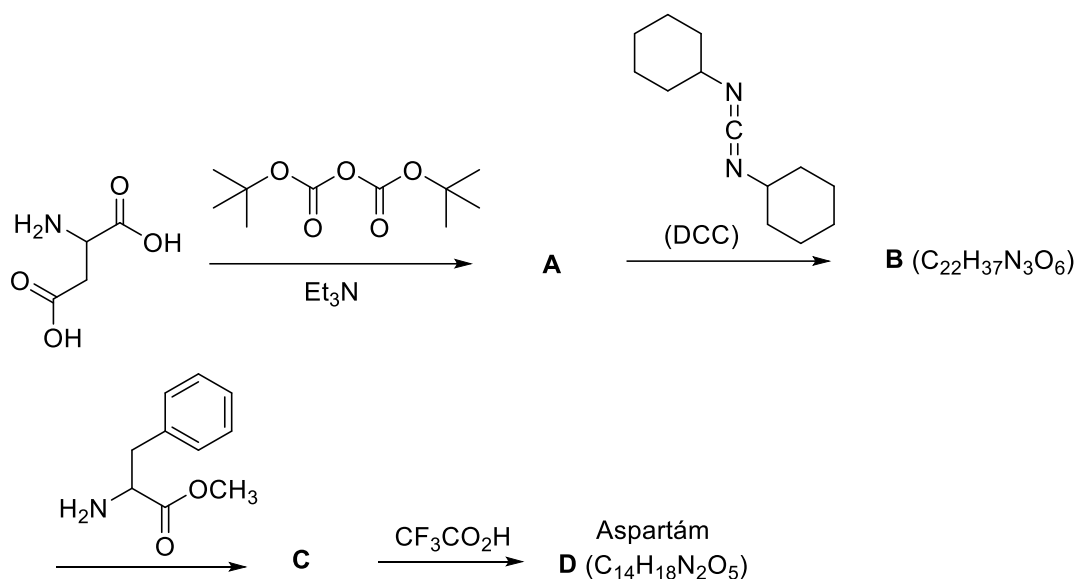


b) Látka **O** reaguje so singletovým kyslíkom za vzniku hydroperoxidu **P**. Aká je jeho štruktúra? Pri jej riešení vám môže pomôcť fakt, že pri reakcii z **O** na **P** nevzniklo nové stereogénne centrum.

Úloha 3 (2,4 bodov)

Aspartám je jedným z najčastejšie používaných umelých tzv. nesacharidových sladidiel. Je to dipeptid H-Asp-Phe-OMe, ktorý pozostáva z asparágovej kyseliny a metyl esteru fenylalanínu. Ako veľa iných bol objavený náhodne, keď si výskumník, ktorý sa snažil objaviť liek na žalúdočné vredy, obliak ruky reakčnou zmesou a neskôr si oblizol prst pri dvíhaní vážiaceho papierika a pocítil výrazne sladkú chuť. Tu treba podotknúť, že v laboratóriu si prsty za žiadnych okolností nesmieme olizovať, ale poďme na chémiu. Príprava aspartámu vychádza z asparágovej kyseliny.

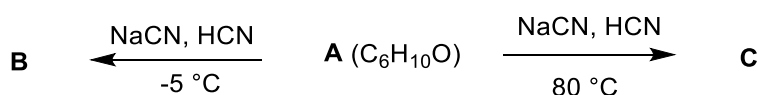
a) Doplňte medziprodukty syntézy ako aj štruktúru aspartámu **A – D**.



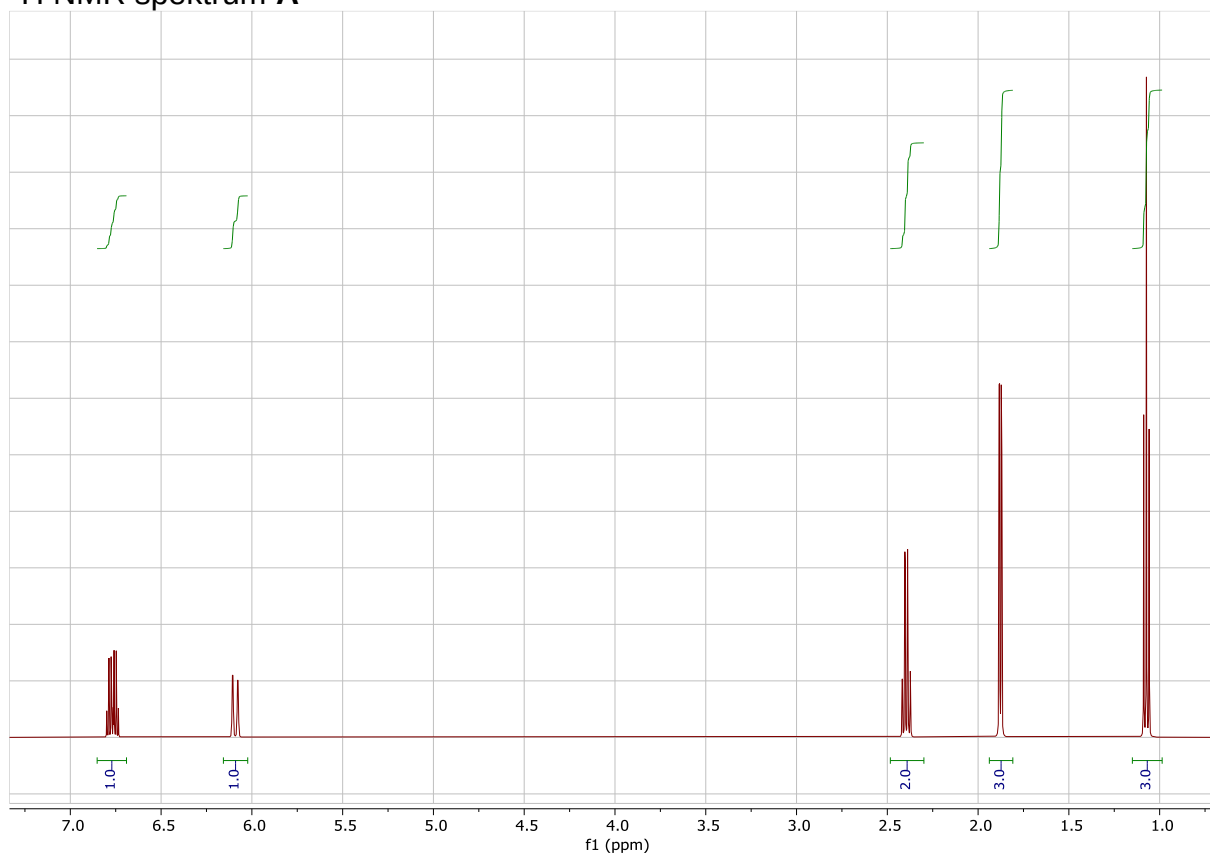
- b) Pri reakcii zlúčeniny **A** s DCC vzniká ešte jedna izomérna zlúčenina izo-**B**. Napíšte jej štruktúrny vzorec.
- c) Aspartám je chirálna zlúčenina s konfiguráciou (S,S) na stereogénnych centrách. Nakreslite vzorec aspartámu s vyznačením priestorového usporiadania substituentov na stereogénnych centrách.

Úloha 4 (4,2 bodov)

Selektivita chemických reakcií vo všetkých jej formách (regio-, chemo-, alebo stereoselektivita) je mimoriadne dôležitá naprieč všetkými oblasťami organickej chémie. Vznikajúce izomérne produkty je často veľmi ťažké odlíšiť a tu nám neoceniteľné služby poskytujú spektrálne metódy, najmä NMR a IČ. Pri reakcii nenasýteného acyklického ketónu (**A**, $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}$) s NaCN, HCN vznikajú rozličné produkty podľa toho či reakciu uskutočníme pri -5°C (produkt **B**) alebo 80°C (produkt **C**). ^1H NMR spektrá zlúčenín **A**, **B**, **C** sú vyobrazené nižšie. Navyše pri meraní IČ spektier produktov sa zistilo, že látka **B** má charakteristický pás pri 3400 cm^{-1} , zatiaľ čo v IČ spektre látky **C** sa taký pás nenachádza, ale je tam výrazný signál pri 1750 cm^{-1} . Obe zlúčeniny majú v IČ signál pri 2260 cm^{-1} . Určte štruktúry látok **A**, **B** a **C**. Priradte signály ^1H NMR a IČ spektier zlúčenín **B** a **C**.

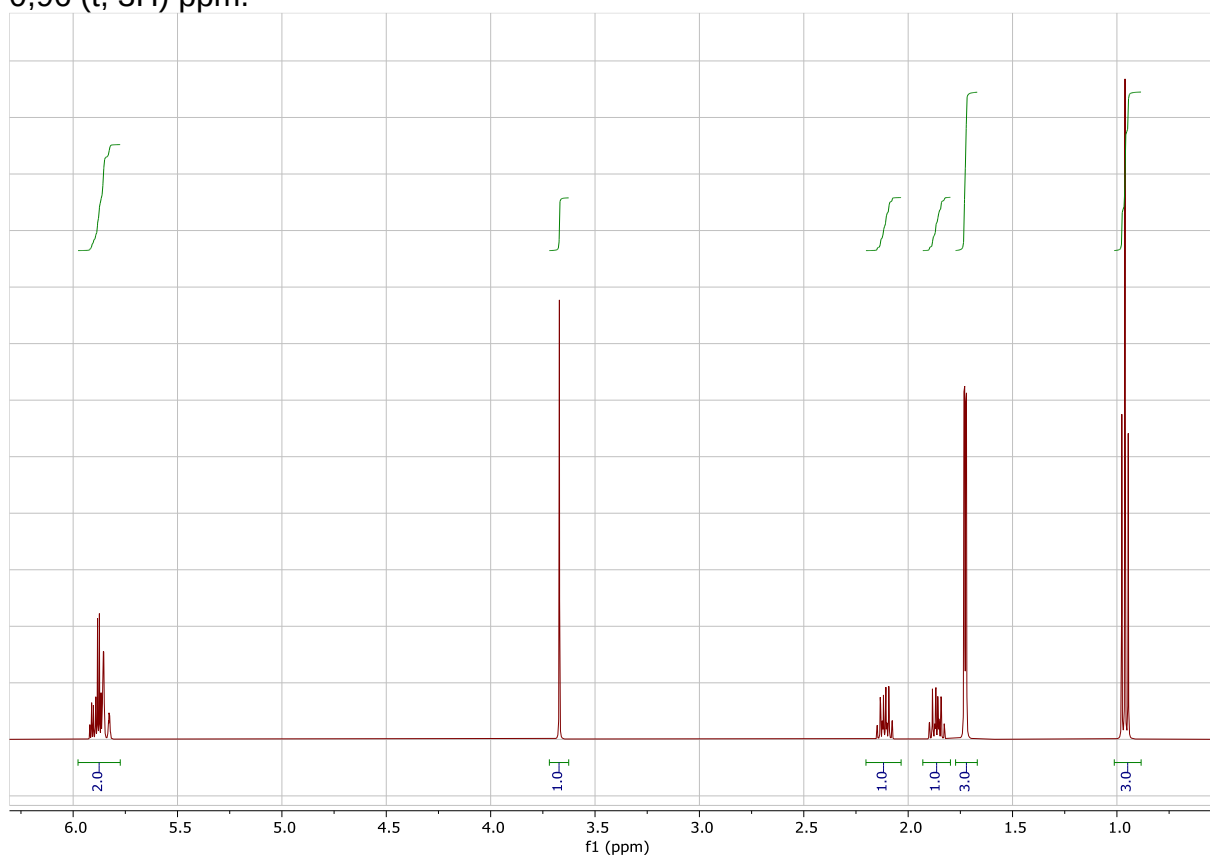


¹H NMR spektrum A



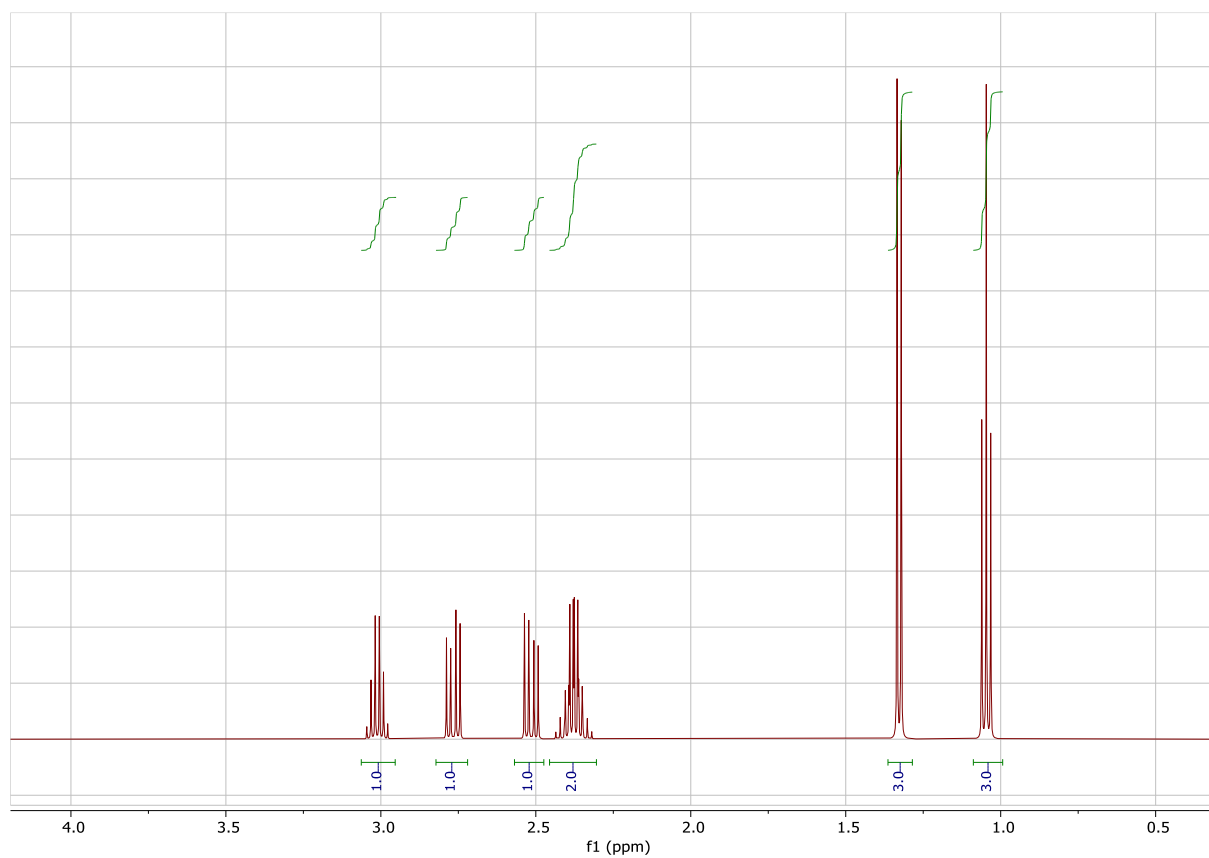
¹H NMR spektrum B

δ : 5,92 – 5,82 (m, 2H), 3,67 (s, 1H), 2,11 (m, 1H), 1,87 (m, 1H), 1,73 (d, 3H), 0,96 (t, 3H) ppm.



¹H NMR spektrum **C**

δ: 3,02 (m, 1H), 2,79 (dd, 1H), 2,51 (dd, 1H), 2,38 (m, 2H), 1,32 (d, 3H), 1,05 (t, 3H)
ppm.



ÚLOHY Z BIOCHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 62. ročník – školský rok 2025/26
Krajské kolo

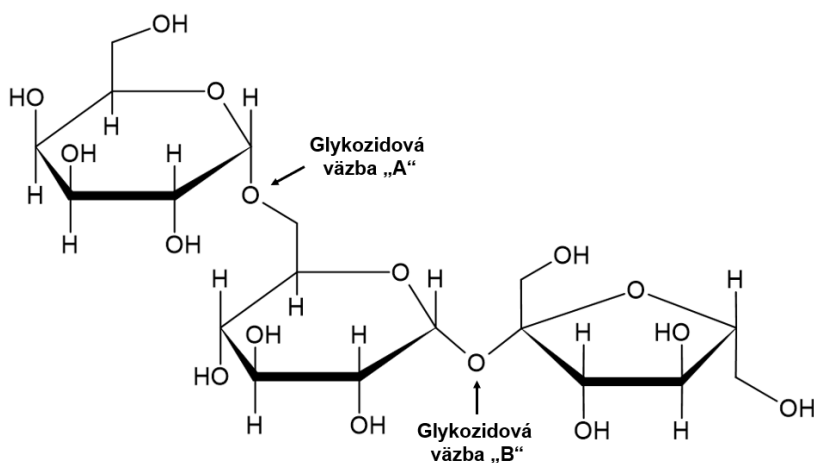
Pavol Štefík, Boris Lakatoš

Maximálne 8 bodov

Doba riešenia: 30 minút

1. Na obrázku 1 je znázornený štruktúrny vzorec rafinózy.

- Patrí rafinóza medzi redukujúce alebo neredukujúce sacharidy?
- Napíšte názvy monosacharidov, z ktorých rafinóza pozostáva.
- α -galaktozidáza je enzým, ktorý hydrolyticky odštiepuje terminálnu, neredukujúcu podjednotku α -D-galaktózy v oligosacharidoch. Na základe obrázka určte, či sa bude aktivitou α -galaktozidázy hydrolyzovať glykozidová väzba „A“ alebo „B“ a napíšte názvy sacharidov, ktoré vzniknú po hydrolyze príslušnej glykozidovej väzby.

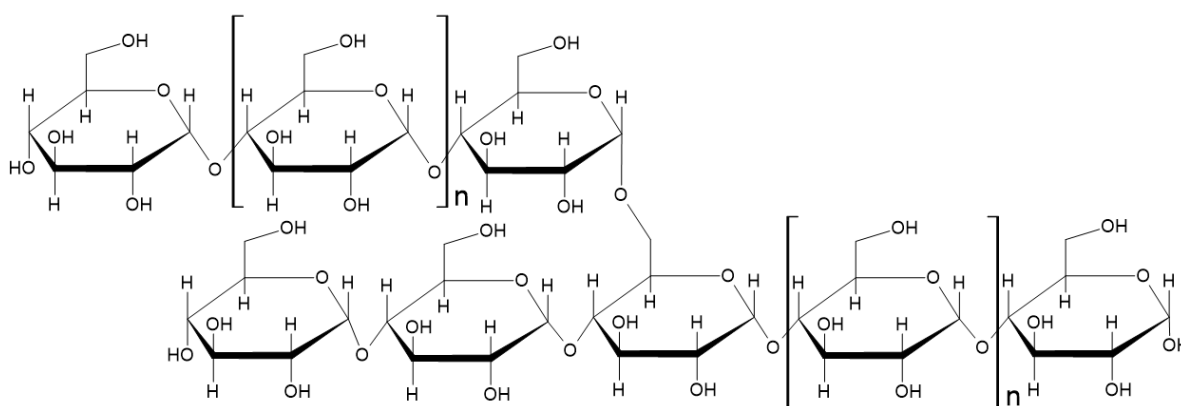


Obrázok 1: štruktúrny vzorec rafinózy

2. Vytvorte správne dvojice:

- | | |
|---|-------------------|
| (A) Zásobný polysacharid rastlín | (1) Peptidoglykán |
| (B) Zásobný polysacharid živočíchov | (2) Chitín |
| (C) Polysacharid prítomný v bunkovej stene rastlín | (3) Škrob |
| (D) Polysacharid prítomný v bunkovej stene húb | (4) Celulóza |
| (E) Polysacharid prítomný v bunkovej stene baktérií | (5) Glykogén |

3. Štruktúra amylopektínu je schematicky znázornená na obrázku 2. Vzorka 0,324 g amylopektínu sa najskôr podrobila kompletnej metylácii hydroxylových skupín a následne úplnej hydrolýze až na glukózové jednotky. Analýzou vzniknutých produktov sa zistilo, že uvedeným procesom vzniklo $9 \cdot 10^{-5}$ mol 2,3-dimetylglukózy a $5 \cdot 10^{-7}$ mol 1,2,3,6-tetrametylglukózy. Predpokladajte, že priemerná molárna hmotnosť glukózovej jednotky v amylopektíne je 162 g mol^{-1} .
- a) Vypočítajte (v percentách) podiel glukózových jednotiek v molekule amylopektínu, v ktorých nastáva vetvenie polysacharidového reťazca.
- b) Vypočítajte počet molekúl amylopektínu v analyzovanej vzorke.



Obrázok 2: štruktúra amylopektínu

Autori: Martin Brokeš, doc. RNDr. Šimon Budzák, PhD., Ing. Tibor Dubaj, PhD., doc. Ing. Boris Lakatoš, PhD., Ing. Michal Májek, PhD., prof. Mgr. Radovan Šebesta, DrSc., Ing. Pavol Štefík, PhD.

Recenzenti: Mgr. Jela Nociarová, PhD., Adam Kleman, doc. Ing. Ján Reguli, CSc. (vedúci autorského kolektívu), doc. Ing. Martin Šimkovič, PhD., Mgr. Barbora Zahradníková, PhD.

Slovenská komisia Chemickej olympiády

Vydal: NIVAM – Národný inštitút vzdelávania a mládeže, Bratislava 2026