

# ÚLOHY Z ANORGANICKEJ A ANALYTICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 61. ročník – školský rok 2024/25  
Školské kolo

**Martin Brokeš, Šimon Budzák**

---

Maximálne 18 bodov Doba riešenia 70 minút
--

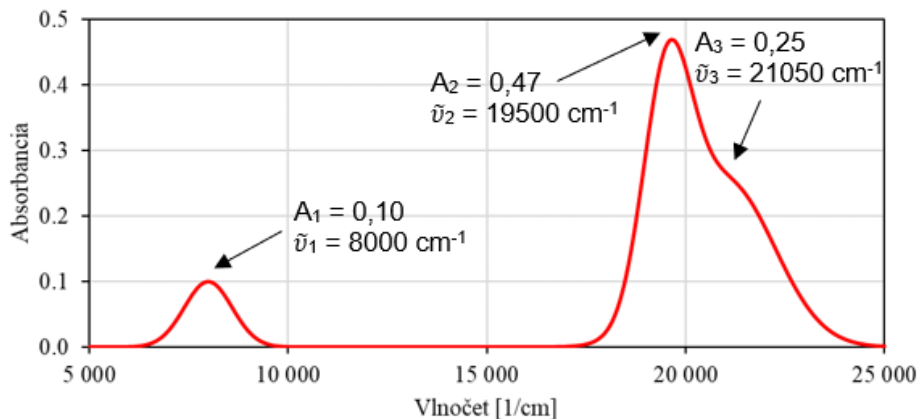
## Úloha 1 (18 bodov)

V auguste roku 1965 bol do nemocnice v kanadskom Quebec City privezený pacient so symptómami podobnými alkoholovej kardiomyopatii. Počas nasledujúcich ôsmich mesiacov bolo podobných incidentov hlásených až 50, z ktorých 20 bolo fatálnych. Všetkých postihnutých jedincov spájala ich obľúbená značka piva – Dow Breweries, ktorá pridávala do svojho piva soli kobaltu (**Y**) pre lepšiu stabilizáciu peny. Analýzy ukázali, že pobočka v Quebec City používala až desaťnásobne vyššie koncentrácie než iné pobočky v mestách naprieč Kanadou, v ktorých žiadne podobné prípady neboli evidované.

Proces identifikácie soli **Y** začal meraním pomocou iónovej chromatografie. Výhodou tejto metódy je, že vzorka piva okrem zriedenia nevyžaduje žiadnu dodatočnú úpravu. Okrem bežne sa vyskytujúcich katiónov kovov v pive bol nameraný nezvyčajne vysoký obsah kobaltu. Z aniónov boli prítomné len dusičnany, sírany a chloridy.

1. Identifikujte soľ **Y**, pridávanú do piva. Ak sa 1 g látky **Y** zahreje na 400 °C, uvoľní sa z neho 0,41 g látky, ktorá sfarbí bezvodý  $\text{CuSO}_4$  na modro. Vo zvyšných 0,59 g látky je obsah kobaltu 38 %.

Po úspešnej identifikácii soli **Y** sa skúmali vlastnosti jej oktaédrickej komplexnej formy **X**, prítomnej v pive. Eluent (6 ml) získaný z iónovej chromatografie zbavený všetkých anorganických iónov sa rozdelil do dvoch ekvivalentných podielov. V prvom podiele bolo rozpustené malé množstvo **Y** ( $m(\text{Y}) = 79 \text{ mg}$ ), druhý podiel bol ponechaný v pôvodnom stave. Následne sa oba podiely podrobili absorpčnej spektroskopii (Obr. 1) za použitia kyvety Fused Quartz Cuvette s parametrami – 3,5 ml, 4 priehľadné steny, dĺžka optickej dráhy 10 mm, šírka 10 mm, vonkajší rozmer: 45x12,5x12,5 mm, ES Quartz 190–2500 nm. Ak ste úlohu 1 nevyriešili, počítajte s  $M(\text{Y}) = 263 \text{ g/mol}$ .



Obrázok 1: Absorpčné spektrum podielu obsahujúceho **X**.

2. Vyberte vhodný Tanabeho – Suganov (TS) diagram (Obr. 4 alebo Obr. 5), zodpovedajúci spektru látky **X** (Obr. 1). Určte, či je komplex **X** vysokospinový alebo nízko-spinový a zdôvodnite.
3. Pomocou spektra (Obr. 1) vypočítajte hodnoty molárnych absorpčných koeficientov zodpovedajúce jednotlivým prechodom. Na základe hodnôt molárneho absorpčného koeficientu ( $\epsilon$ ) určte typy prechodov a každý prechod zaznačte spektroskopickou notáciou s využitím vami zvoleného TS diagramu. Výpočtom zistíte, či je látka **X** farebná.
4. Nakreslite štiepenie d orbitálov komplexu **X**, označte jednotlivé hladiny a na základe vašej odpovede v úlohe 3 ho zaplňte elektrónmi. Ak ste úlohu 3 nevyriešili, považujte komplex za vysokospinový.
5. Napíšte vzorec komplexu **X**, ktorý má rovnaký sumárny vzorec ako **Y**.

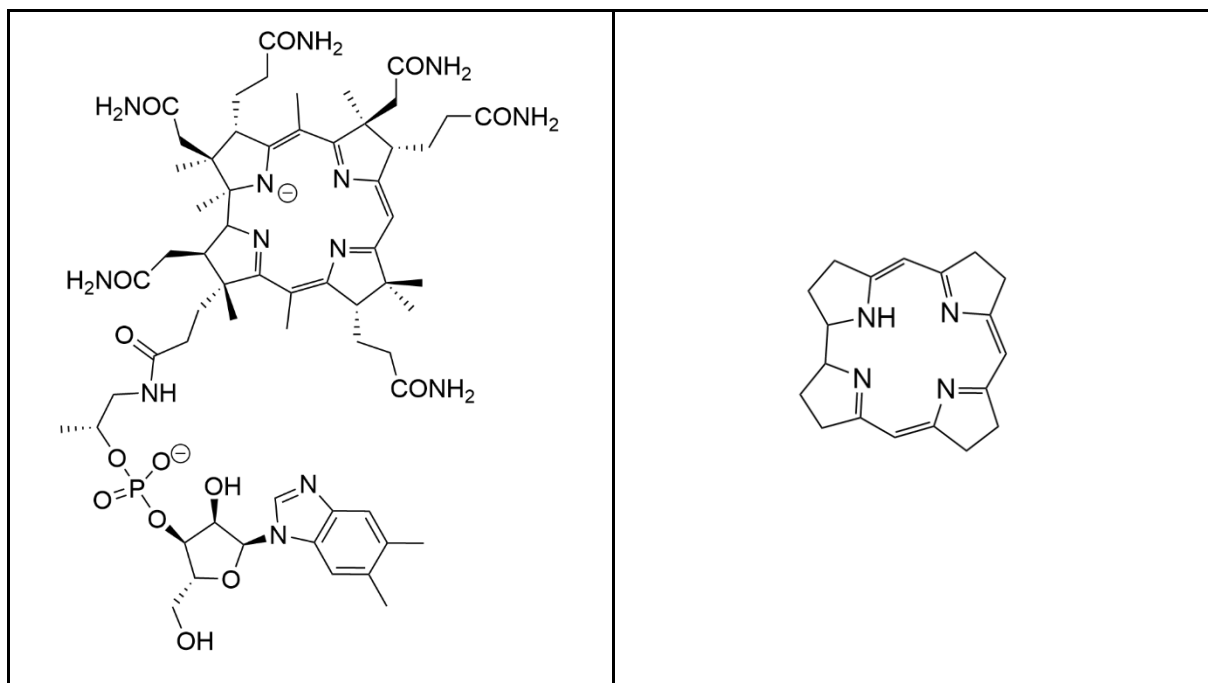
Kobaltnaté soli narúšajú transport vápenatých kationov, ktoré sú kľúčové pre svalovú kontrakciu, čo môže viesť k poruchám akcie srdcovej steny (kardiomyopatii). Tieto soli rovnako zvyšujú koncentráciu reaktívnych kyslíkových častíc (ROS) – voľných radikálov, ktoré poškodzujú zväčša proteíny a DNA. ROS sú generované z bežných zdrojov kyslíka v bunke, ako sú napríklad  $O_2$ ,  $H_2O$  ale aj  $H_2O_2$ .

6. Nakreslite elektrónový štruktúrny vzorec jednej ROS, ktorá môže takto v bunke vzniknúť.

Avšak tragédií, akou je aj tzv. "pivná kardiomyopatia", nebolo dokumentovaných mnoho. Kobalt sa do ľudského tela dostáva častejšie vo formách, ktoré organizmus

dokáže využiť vo svoj prospech – inkorporáciou kovu do štruktúry vitamínu B<sub>12</sub>, tzv. kyanokobalamínu. Okrem kyanokobalamínu, ktorý nepredstavuje aktívnu formu vitamínu B<sub>12</sub>, existuje ešte niekoľko ďalších derivátov (metylkobalamín, adenosylkobalamín, hydroxykobalamín) – všetky označované pojmom kobalamíny. Štruktúru kyanokobalamínu prvýkrát opísala Dorothy Hodgkin z Veľkej Británie v roku 1955, za čo bola ocenená Nobelovou cenou. Použitím kryštalografických techník sa zistilo, že štruktúra kyanokobalamínu zodpovedá vzorcu [Co(**corr**)CN], kde ligand **corr** (Obr. 2 vľavo) predstavuje modifikovaný korín (Obr. 2 vpravo).

7. Označte všetkých 5 donorových atómov ligandu **corr** v komplexe kyanokobalamínu. Majte na mysli, že bežná C–C väzba je dlhá cca 150 pm a iónový polomer Co<sup>3+</sup> je cca 69 pm.



Obrázok 2: Štruktúra ligandu **corr** (vľavo) a korínu (vpravo).

Celková konštanta stability  $\beta$  takto chelatovaného kyanokobalamínu pozostáva z troch čiastkových konštánt stability  $K_1$ ,  $K_2$  a  $K_3$ , pre ktoré platí, že  $K_1 \gg K_2$  a  $K_3$ . Konštanta  $K_2$  opisuje jednu z piatich koordinačných väzieb ligandu **corr**, ktorej nižšia hodnota ilustruje podstatu hlavnej funkcie kobalamínov – schopnosť opakovane koordinovať a dekoordinovať jeden z donorových atómov.

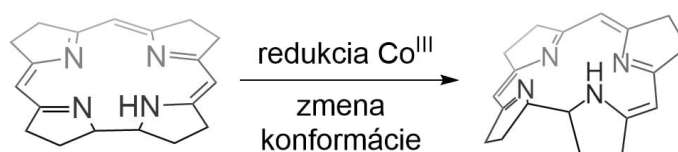
8. Chemickou reakciou zapíšte disociáciu tejto väzby kyanokobalamínu v kyslom prostredí. V odpovedovom hárku ponúkame ako základ odpovede predkreslený ligand **corr**.

Väčšina kobalamínov sa do tela dostáva perorálnym použitím, v niektorých prípadoch je ale potrebná vyššia rýchlosť distribúcie kobalamínu v organizme. Pre tieto účely sa používa hydroxykobalamín, ktorý sa podáva intramuskulárne, ale aj intravenózne v prípade otravy kyanovodíkom. Hydroxykobalamín viaže kyanidové ligandy pevnejšie než prítomný hém, a tak blokuje distribúciu kyanidov. Vzniknutý kyanokobalamín sa následne vylúči močom.

Stredná smrteľná dávka ( $LD_m$ ) je definovaná ako dávka potrebná na usmrtenie aspoň 50 % vystavenej populácie do 24 hodín. Pre človeka je  $LD_m$  HCN okolo 1 mg na kg telesnej hmotnosti. Hydroxykobalamín je účinnou látkou v CyanoKit-e podávanom pri podozrení na intoxikáciu kyanidmi. Štandardnou dávkou pre dospelého je 5 g hydroxykobalamínu obsiahnutého v jednej ampulke CyanoKit-u vo forme prášku. Výrobcom garantovaný obsah aktívnej látky je podľa etikety vyšší než 90 %.

9. Aký minimálny nadbytok antidota nad toxickou látkou sa tak dosiahne pri 70 kg pacientovi, ktorý bol vystavený presne  $LD_m$ ? Postačila by minimálna dávka antidota na záchranu väčšiny ľudí vážiacich 92 kg? Vysvetlite.

Kyanokobalamín však nie je iba odpadová forma na zneškodnenie kyanidov. V tele sa stabilný kyanokobalamín premieňa na aktívne formy – v cytozole na metylkobalamín a v mitochondrii na adenosylkobalamín. Metylkobalamín vystupuje ako súčasť mnohých enzymatických reakcií, kde je jeho hlavnou úlohou prenášať uhľovodíkový zvyšok na substrát. Pri týchto reakciách sa mení oxidačné číslo centrálného atómu z +III na +I. Na túto zmenu reaguje aj ligand **corr** zmenou svojej konformácie (Obr. 3).



Obrázok 3: Zmena konformácie korínového makrocyklu v komplexe Co-**corr** z planárnej na helikálnu pri redukcii kobaltu v kobalamíne.

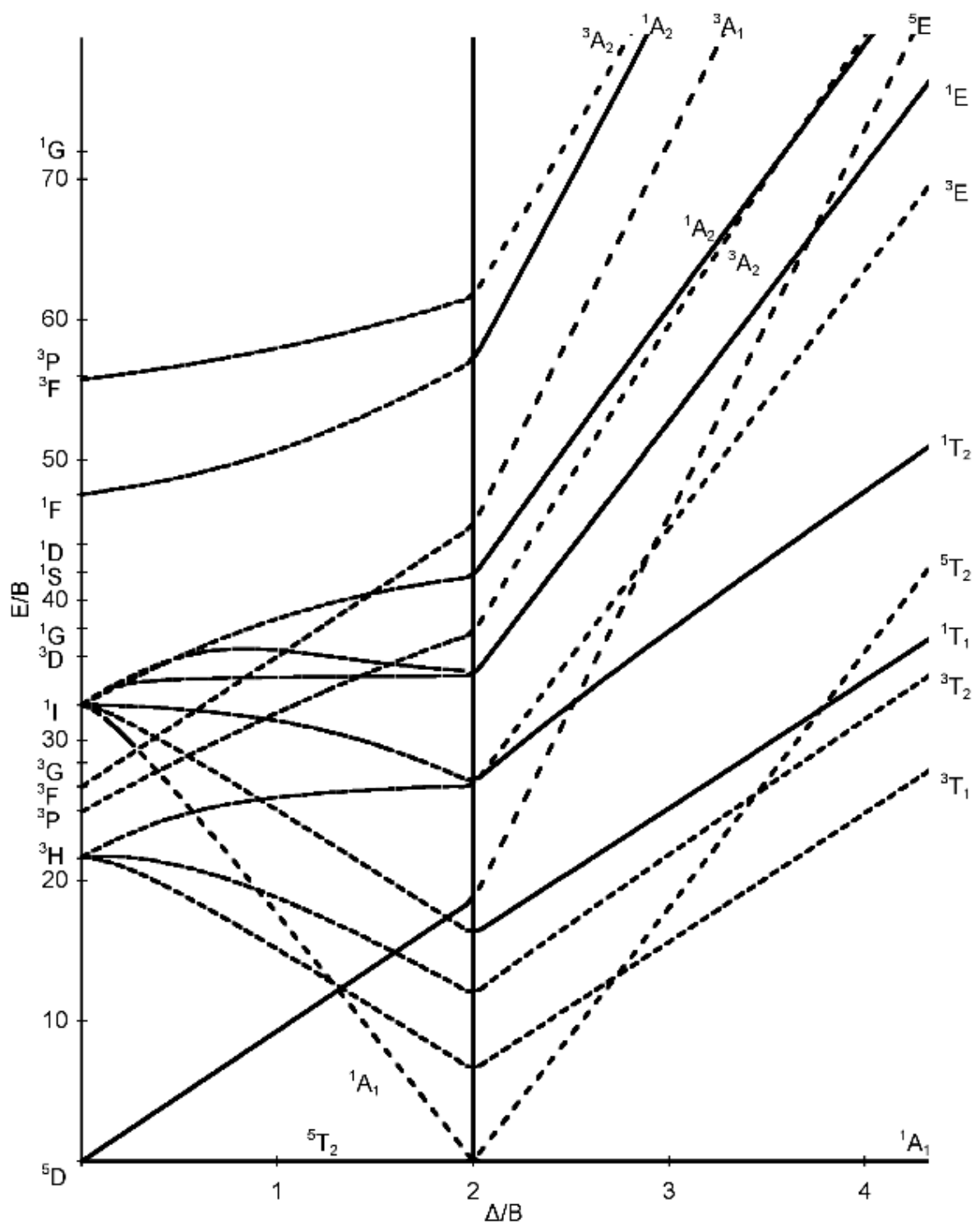
Zmeny konformácie komplexu Co-**corr** (Obr. 3) sú ovplyvnené viacerými faktormi, z ktorých sú najvýraznejšie sila väzby Co-**corr** a preferovaná konformácia **corr**.

10. Vyplňte nasledovnú tabuľku, v ktorej zhrniete analýzu týchto faktorov. Uveďte relatívnu silu väzby Co-**corr** (vyššia / nižšia), preferovanú konformáciu **corr** a výslednú konformáciu komplexu Co-**corr**.

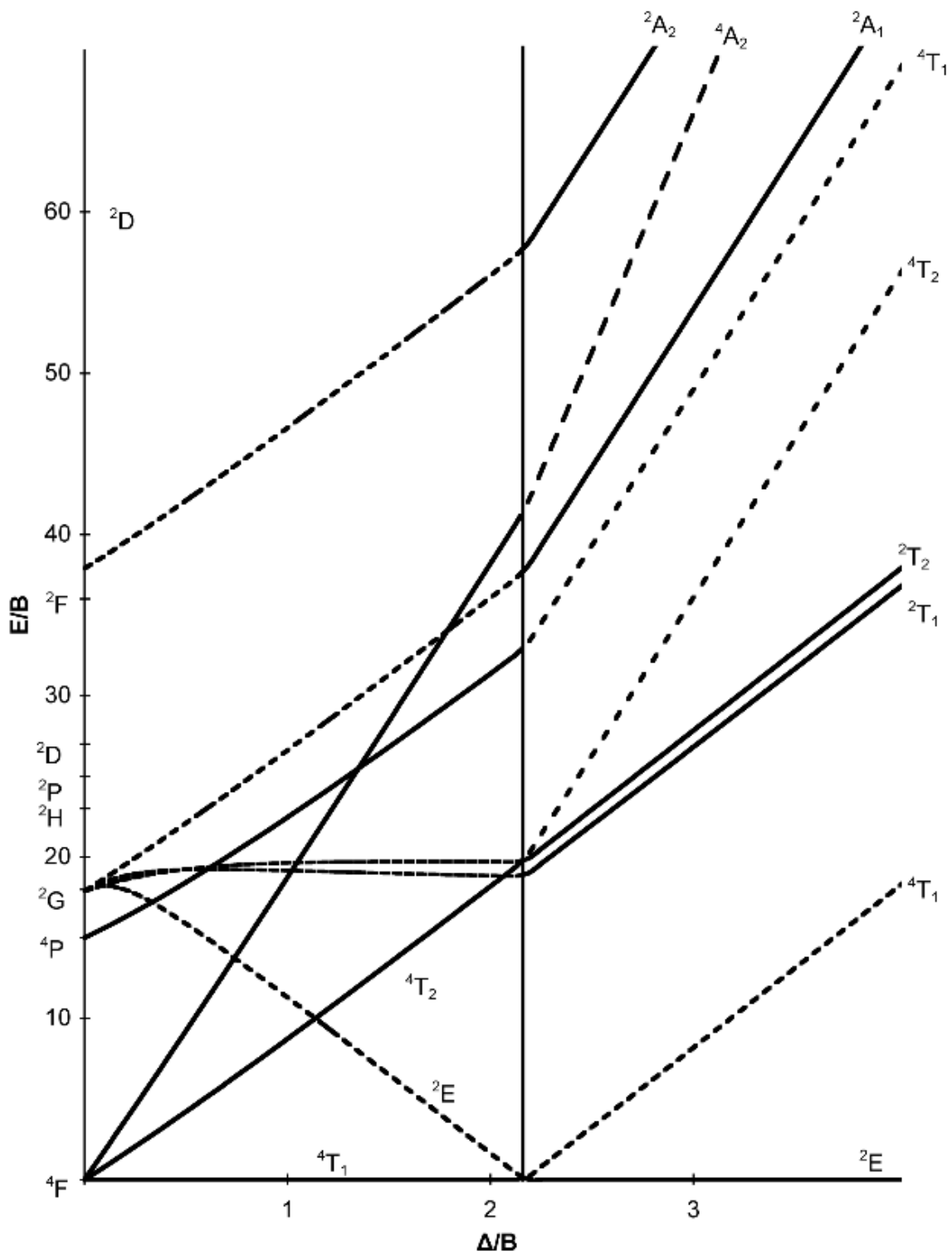
Oxidačné číslo Co	Sila väzby Co- <b>corr</b>	Preferovaná konformácia izolovaného <b>corr</b>	Výsledná konformácia <b>corr</b> v komplexe Co- <b>corr</b>
III			
I			

Zoznam molárnych hmotností:

$M(\text{Co}) = 59 \text{ g/mol}$ ,  $M(\text{hydroxykobalamín}) = 1346 \text{ g/mol}$ ,  $A(\text{C}) = 12 \text{ g/mol}$ ,  $A(\text{N}) = 14 \text{ g/mol}$ ,  $A(\text{H}) = 1 \text{ g/mol}$ ,  $A(\text{O}) = 16 \text{ g/mol}$ ,  $A(\text{S}) = 32 \text{ g/mol}$ ,  $A(\text{N}) = 14 \text{ g/mol}$ ,  $A(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g/mol}$



Obrázok 4: Tanabeho – Suganov diagram pre konfiguráciu d<sup>6</sup>.



Obrázok 5: Tanabeho – Suganov diagram pre konfiguráciu d<sup>7</sup>.

# ÚLOHY Z FYZIKÁLNEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 61. ročník – školský rok 2024/25  
Školské kolo

Ján Reguli

---

Maximálne 17 bodov

## Úloha 1 (3,5 bodu)

V domácom kole sme dospeli k poznatku, že kvapalina (v otvorenej nádobe) vrie vtedy, keď tlak jej nasýtenej pary dosiahne hodnotu tlaku nad kvapalinou. Preto závislosť tlaku nasýtenej pary od teploty môžeme súčasne nazvať aj závislosťou teploty varu od vonkajšieho tlaku. Týmto tlakom je väčšinou atmosférický tlak (ale nemusí to tak byť). Vonkajším tlakom teda môžeme ovplyvňovať teplotu varu.

**1.1** Čo vieme zistiť z údajov o tlakoch nasýtených pár dvoch kvapalín pri rovnakej teplote a normálnom atmosférickom tlaku 101,325 kPa? Na sporáku v miestnosti s teplotou 25 °C pri normálnom tlaku stáli dve kadičky, naplnené kvapalinami A, resp. B. Obe kadičky sme vyhriali na teplotu 88 °C. V ktorej z nádob zostala kvapalina? Pri teplote 88 °C je tlak nasýtenej pary látky A 127,65 kPa a látky B 50,59 kPa.

Vzduch, ako všetky plyny, je (na rozdiel od kvapalín) dobre stlačiteľný a preto jeho tlak pri približovaní sa z vesmíru k Zemi stúpa exponenciálne. Vo vysokých horách je tlak vzduchu oveľa nižší ako na hladine mora. V horách preto voda vrie pri nižšej teplote ako v nížine pri tlaku okolo 101 kPa. Matematicky nám to opisuje Clausiusova-Clapeyronova rovnica. Kuchári na horských chatách preto využívajú kuchárske knihy opisujúce špecifiká varenia vo vysokých polohách.

**1.2** Podľa Clausiusovej-Clapeyronovej rovnice vypočítajte teplotu varu vody na najvyššom vrchu Európy Mont Blanc vo výške 4800 m, ak viete, že závislosť tlaku vzduchu od nadmorskej výšky opisuje „hypsometrický zákon“  $p = p_0 e^{-\rho_0 g h / p_0}$ , ktorý sa pomocou stavovej rovnice ideálneho plynu dá prepísať aj do tvaru  $p = p_0 e^{-Mgh/(RT)}$ . Za  $M$  dosadíte strednú molárnu hmotnosť vzduchu (považujte ho za trojzložkovú zmes dusíka (78 mol. %), kyslíka (21 mol. %) a argónu (1 mol. %)), za teplotu 0 °C, za normálny tlak  $p_0$  101 325 Pa. Teplota varu vody pri tomto tlaku



je 100 °C, hmotnostná výparná entalpia vody má hodnotu 2,253 kJ g<sup>-1</sup> (predpokladáme, že nezávisí od teploty).  $M(\text{H}_2\text{O}) = 18,02 \text{ g mol}^{-1}$ ,  $M(\text{N}_2) = 28,01 \text{ g mol}^{-1}$ ,  $M(\text{O}_2) = 32,00 \text{ g mol}^{-1}$ ,  $M(\text{Ar}) = 39,95 \text{ g mol}^{-1}$ .

## Úloha 2 (3 body)

**2.1** Tlak nasýtenej pary benzénu pri teplote 60,6 °C je 53,329 kPa. Normálna teplota varu benzénu (pri tlaku 101325 Pa) je 80,1 °C. Aká je hodnota molárnej výparnej entalpie benzénu? (Predpokladáme, že táto hodnota nezávisí od teploty.)

**2.2** Do nádoby s objemom 5 litrov sme naliali 10,00 g benzénu. Banku sme uzavreli zátkou s trojcestným kohútom; cez jeden vývod sme vývevou odtiahli vzduch a kohút sme prepli na tlakomer. Na akej hodnote sa v banke ustálil tlak pri teplote 300 K? (Predpokladáme, že pary benzénu sa správajú ako ideálny plyn. Molárna hmotnosť benzénu je 78,11 g mol<sup>-1</sup>.)

## Úloha 3 (3 body)

Tlak nasýtenej pary čistého benzénu pri teplote 100 °C je  $p_A^* = 179,2 \text{ kPa}$  a čistého toluénu  $p_B^* = 74,17 \text{ kPa}$ . Sústava obsahujúca benzén a toluén vrie pri teplote 100 °C pri tlaku 101,325 kPa. Zistite zloženie kvapalnej i parnej fázy tejto sústavy. Predpokladajte, že kvapalná fáza je ideálny roztok a parnú fázu považujte za ideálny plyn.

## Úloha 4 (2 body)

V každej otázke vyznačte všetky správne odpovede; keď je na zistenie správnej odpovede potrebný výpočet, uveďte ho.

1. Vlastná premena chemickej energie na energiu elektrickú a naopak sa uskutočňuje v elektrochemickom článku
  - a) vnútri kovových vodičov
  - b) vnútri elektrolytu
  - c) na fázovom rozhraní medzi kovovým vodičom a elektrolytom

2. Ak v galvanickom článku  $\text{Zn} | \text{ZnSO}_4(\text{aq}) || \text{CuSO}_4(\text{aq}) | \text{Cu}$  pri  $25\text{ }^\circ\text{C}$  zdvojnásobíme aktivity (koncentrácie) síranu zinočnatého i meďnatého, elektromotorické napätie článku
- a) vzrastie dvakrát      d) vzrastie o hodnotu  $(RT/2F) \ln 2$   
 b) klesne dvakrát      e) klesne o hodnotu  $(RT/2F) \ln 2$   
 c) nezmení sa      f) žiadne z uvedených tvrdení nie je správne
3. Ak sú aktivity všetkých súčastí, ktoré tvoria galvanický článok jednotkové, elektromotorické napätie takéhoto článku sa rovná
- a) jednej.  
 b) nule.  
 c) štandardnému elektromotorickému napätiu článku.  
 d) výrazu  $RT/(zF) \ln K$ , kde  $K$  je rovnovážna konštanta reakcie, ktorá prebieha v článku.
4. Katóda je elektróda
- a) na ktorej vždy prebieha oxidácia.  
 b) ktorá je v galvanickom článku elektródou kladnou.  
 c) na ktorej vždy prebieha redukcia.  
 d) ktorá je pri elektrolýze elektródou zápornou.

### Úloha 5 (5,5 bodov)

#### 5.1 Určte koncentráciu zinočnatých iónov ( $c_{\text{Zn}^{2+}}$ ), ak článok

$\text{Zn}(\text{s}) | \text{Zn}^{2+}(\text{aq}, c_{\text{Zn}^{2+}} = ?) || \text{H}^+(\text{aq}, a_{\text{H}^+} = 1) | \text{H}_2(\text{g}, p = p^\circ = 101325 \text{ Pa}) (\text{Pt})$  dáva pri teplote  $25\text{ }^\circ\text{C}$  elektromotorické napätie  $0,822 \text{ V}$ .  $E^\circ(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0,763 \text{ V}$ . (Aktivný koeficient zinočnatých iónov považujte za jednotkový – t.j. aktivitu môžete nahradiť koncentráciou.)

#### 5.2 Pri meraní pH roztoku pri $25\text{ }^\circ\text{C}$ sa zostavil článok

$(\text{Pt}) \text{H}_2(\text{g}, p = p^\circ = 101325 \text{ Pa}) | \text{H}^+(\text{aq}) || \text{KCl}(\text{aq}, \text{nas. roztok}) | \text{Hg}_2\text{Cl}_2(\text{s}) | \text{Hg}(\text{l})$  ktorého elektromotorické napätie malo hodnotu  $0,6075 \text{ V}$ . Určte pH roztoku vodíkovej elektródy, ak pri teplote  $25\text{ }^\circ\text{C}$  je potenciál nasýtenej kalomelovej elektródy rovný  $0,2415 \text{ V}$ .

# ÚLOHY Z ORGANICKEJ CHÉMIE

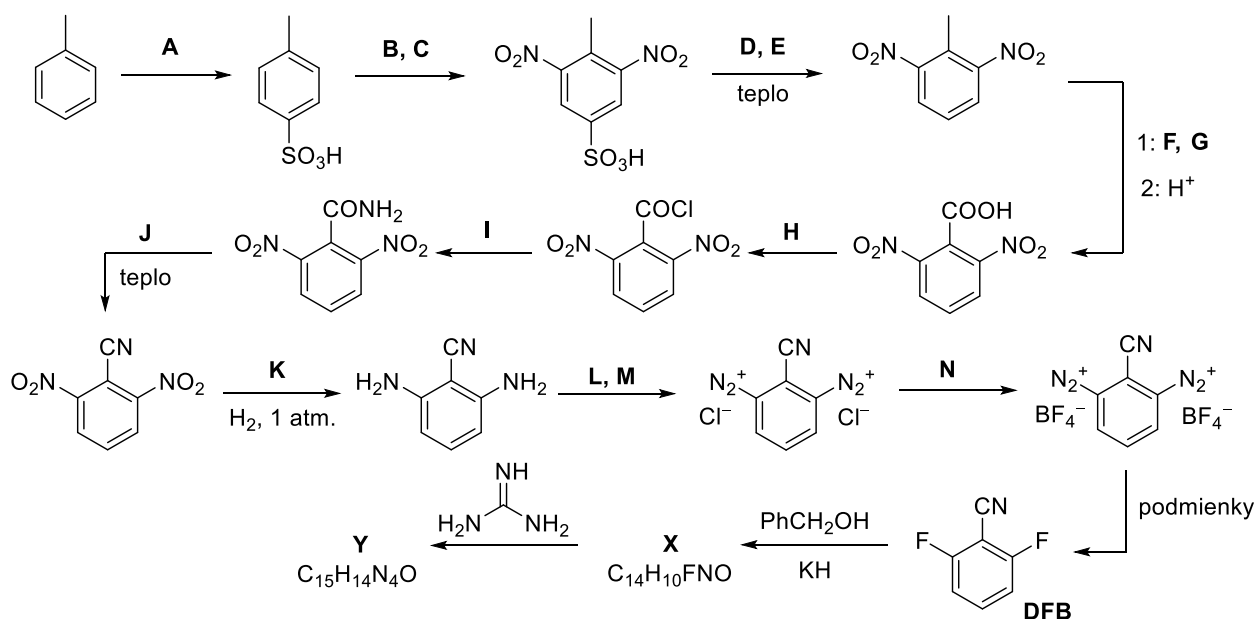
Chemická olympiáda – kategória A – 61. ročník – školský rok 2024/25  
Školské kolo

Michal Májek, Radovan Šebesta

Maximálne 17 bodov

## Úloha 1 (7,2 bodov)

Liečba niektorých typov rakoviny, ako napríklad nádorov centrálného nervového systému, je výrazne zložitejšia než liečba bežnejších typov rakoviny. Nedávno bol nájdený typ látok, ktoré inhibujú jeden z enzýmov zapojených do syntézy RNA, čím sú schopné potláčať takýto vzácny typ nádorov. K typickým predstaviteľom daných inhibítorov patrí látka **Y**.

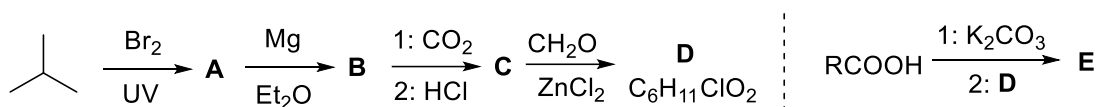


- Doplňte reagenty **A** – **N**.
- Aké podmienky sú potrebné na premenu diazóniovej soli na látku **DFB**?  
Vyberte práve jednu: I – nízka teplota; II – vysoká teplota; III – kyslá katalýza;  
IV – zásaditá katalýza; V – UV žiarenie.
- Pre premenu dinitroderivátu na diamino derivát v našej syntéze potrebujeme **K** a vodík. Nitroskupina sa dá redukovať aj pomocou LiAlH<sub>4</sub>, avšak v tomto prípade je to nevhodná stratégia. Akú látku by sme dostali, ak by sme sa v tomto prípade pokúsili použiť LiAlH<sub>4</sub> na redukciu nitroskupín?

d) Aká je štruktúra látok **X** a **Y**?

### Úloha 2 (2 body)

Pri liečbe niektorých ochorení je nevyhnutné udržiavať koncentráciu liečiva v určitých hraniciach počas veľmi dlhého časového úseku, aby bola liečba úspešná. Antibiotiká patria k liečivám, kde je nevyhnutné vyriešiť podobný problém pri tzv. formulácii lieku – používajú sa napríklad tabletky s postupným uvoľňovaním. Tento problém sa však dá vyriešiť aj chemicky derivatizáciou liečiva tak, aby sa tzv. „prodrug“ postupne rozkladal na aktívnu látku v organizme. V tejto úlohe sa pozrieme na „prodrug“ odvodený z penicilínu (RCOOH), ktorý sa už používa aj v klinickej praxi.

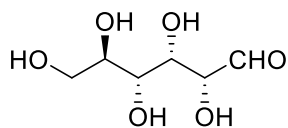


Doplňte štruktúru (medzi)produktov **A** – **E**.

### Úloha 3 (4,4 bodov)

Glukonát vápenatý je významným potravinovým aditívom. Je to soľ kyseliny glukónovej – glukózy zoxidovanej na kyselinu. Používa sa tiež ako protijed (antidotum) pri otrave kyselinou fluorovodíkovou – musí sa injekčne podať priamo na miesto expozície, kde vápnik viaže fluorid vo forme nerozpustného  $\text{CaF}_2$ . Glukonát vápenatý sa vyrába elektrolyticky z glukózy, za použitia bromidu vápenatého ako mediátora.

a) Glukóza poskytuje pozitívnu reakciu s Tollensovým, Fehlingovým a Bradyho činidlom. Napíšte rovnice reakcií, ktoré prebiehajú pri dôkazových reakciách glukózy s týmito skúmadlami.



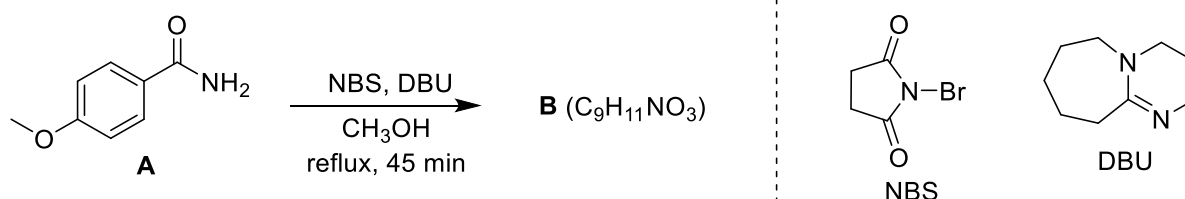
V nedelenej cele sme podrobili elektrolyze roztok 10,0 g glukózy v 1000 ml vody obsahujúcej 10,0 g bromidu vápenatého a 50,0 g hydroxidu vápenatého. Ako elektródy sme použili grafitové platne veľkosti 10 x 10 cm, ktoré boli celé ponorené v roztoku. Elektrolyza prebiehala počas 1 h galvanostaticky, pri prúdovej hustote 30 mA/cm<sup>2</sup>. Na konci sme izolovali 10,3 g glukonátu vápenatého. Poznámka: uvažujte, že relatívne atómové hmotnosti C, O, H, Ca sú 12; 16; 1 a 40.

- b) Aká reakcia bude prebiehať na anóde a aká na katóde? Poznámka: roztok je zásaditý.
- c) Oxidačné činidlo zodpovedné za oxidáciu glukózy na glukonát je brómnanový anión. Napíšte mechanizmus premeny glukózy na glukonát týmto oxidačným činidlom, ak viete, že brómnan v prvom kroku atakuje glukózu ako nukleofil a v druhom kroku dochádza k deprotonácii kyslého vodíka bázou.
- d) Ak by sme použili vyššiu prúdovú hustotu, reakcia by bola rýchlejšia. Avšak v takomto prípade dochádza k rýchlej korózii anódy. Vyvíja sa na nej totiž plyn, ktorý narušuje jej povrch. Navrhnite, aká reakcia prebieha na anóde pri vysokej prúdovej hustote.
- e) Vypočítajte výťažok elektrochemickej reakcie a jej Faradayickú účinnosť.

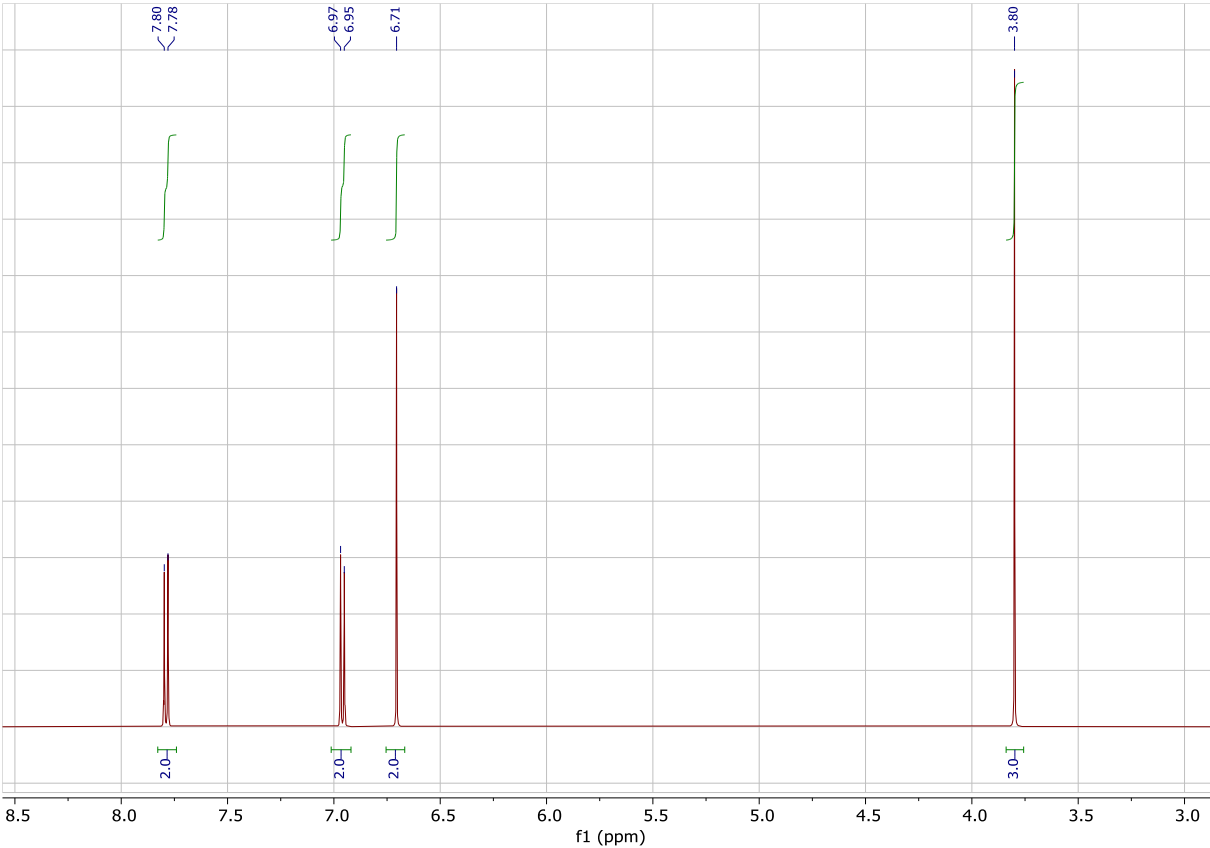
#### Úloha 4 (3,4 bodov)

O tom, že NMR spektroskopia je neoceniteľným pomocníkom organického chemika ste už určite počuli. Pomáha nám určiť štruktúry produktov aj keď si nemusíme byť istí tým, čo sa v reakcii deje. Pekným príkladom je aj nasledujúci experiment. Ak na 4-metoxybenzamid (amid kyseliny 4-metoxybenzovej, spektrum A) budeme pôsobiť *N*-brómsukcínimidom a organickou bázou DBU a zmes budeme refluxovať v metanole (pozri schému nižšie), tak získame zlúčeninu **B**, ktorej <sup>1</sup>H NMR spektrum je vyobrazené nižšie. Pri meraní IČ spektier pred a po reakcii zistíme, že u látky **A** sú významné píky pri 3369 a 3177 cm<sup>-1</sup>, zatiaľ čo v produkte je v tejto oblasti len jeden pík pri 3437 cm<sup>-1</sup>. Ak by ste k NMR vzorke zlúčeniny **B** pridali D<sub>2</sub>O a opäť premerali <sup>1</sup>H NMR spektrum tak by ste zistili, že zo spektra zmizol signál pri 9,72 ppm.

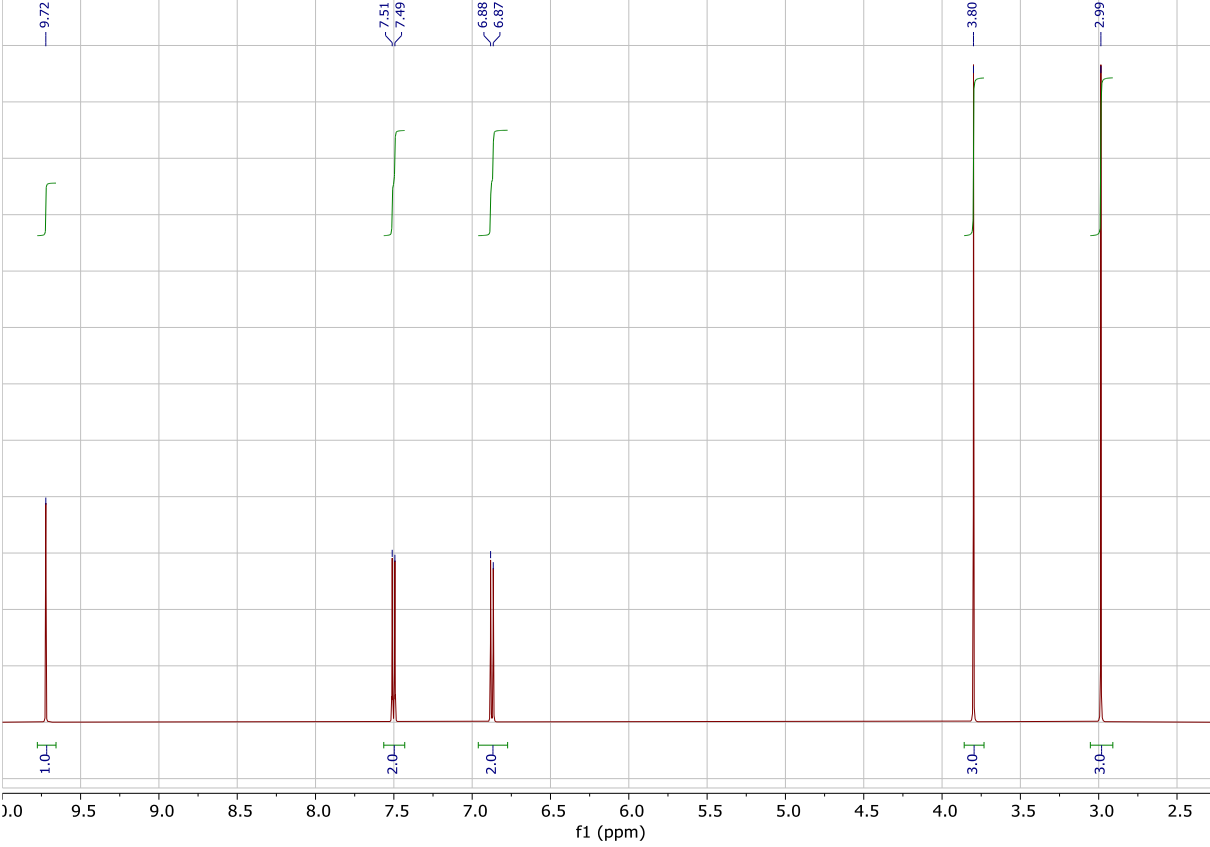
- a) Určte štruktúru zlúčeniny **B**;
- b) Priradte NMR signály látky **A** aj **B**;
- c) Priradte IČ signály látky **A** aj **B**;
- d) Vysvetlite prečo zmizol jeden signál po pridaní D<sub>2</sub>O.



Spektrum A



Spektrum B



## ÚLOHY Z BIOCHÉMIE

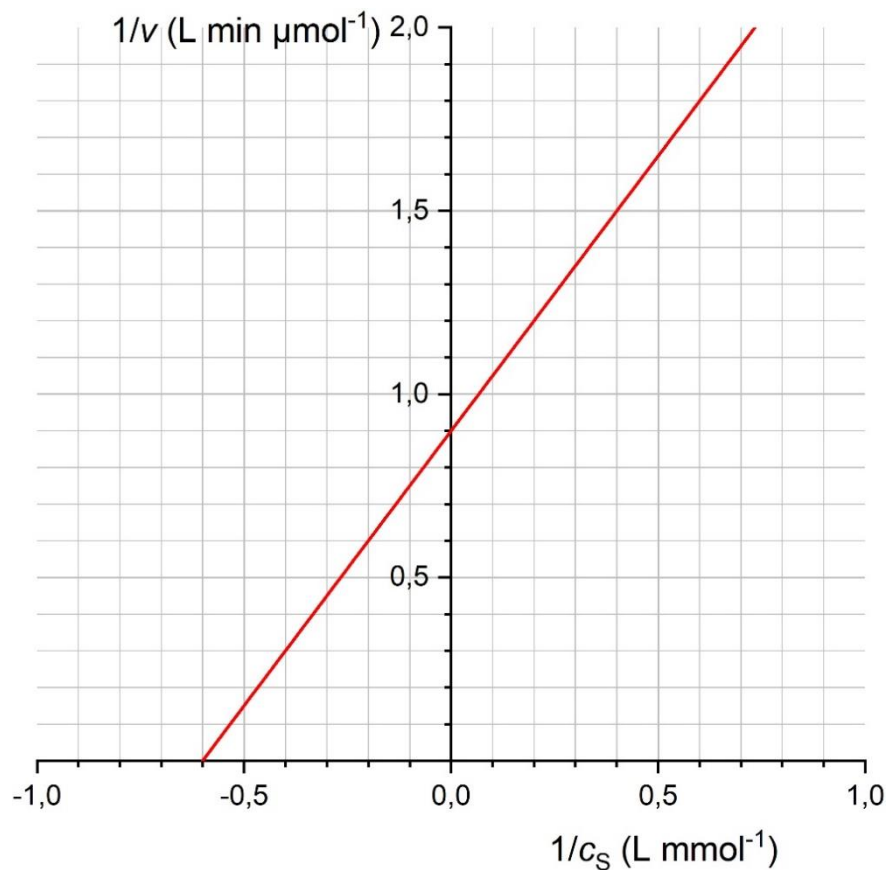
Chemická olympiáda – kategória A – 61. ročník – šk. rok 2024/25  
Školské kolo

**Pavol Štefík, Boris Lakatoš**

---

Maximálne 8 bodov Doba riešenia: 30 minút
--

Na obrázku 1 je znázornená závislosť prevrátenej hodnoty okamžitej rýchlosti  $v$  enzýmom katalyzovanej reakcie od prevrátenej hodnoty koncentrácie substrátu  $c_S$ .



Obrázok 1: Závislosť prevrátenej hodnoty okamžitej rýchlosti enzýmom katalyzovanej reakcie ( $1/v$ ) od prevrátenej hodnoty koncentrácie substrátu ( $1/c_S$ ).

1. Na základe grafu na obrázku 1 vypočítajte hodnoty Michaelisovej konštanty  $K_M$  (v  $\text{mmol L}^{-1}$ ) a limitnej rýchlosti  $V_{\max}$  (v  $\mu\text{mol L}^{-1} \text{min}^{-1}$ ).
2. Pri stanovení závislosti  $1/v = f(1/c_S)$  na obrázku 1 bola celková koncentrácia enzýmu v reakčnej zmesi  $5 \text{ nmol/L}$ . Vypočítajte hodnotu katalytickej konštanty  $k_{\text{cat}}$  (v  $\text{s}^{-1}$ ) a katalytickú účinnosť enzýmu (v  $\text{L mol}^{-1} \text{s}^{-1}$ ).
3. Do reakčnej zmesi bol pridaný akompetitívny inhibítor s koncentráciou  $2 \mu\text{mol L}^{-1}$ , ktorý charakterizuje inhibičná konštanta  $K_i$  s hodnotou  $50 \text{ nmol L}^{-1}$ . Aká bude hodnota zdanlivej Michaelisovej konštanty  $K_M'$  (v  $\text{mmol L}^{-1}$ ) a zdanlivej limitnej rýchlosti  $V_{\max}'$  (v  $\mu\text{mol L}^{-1} \text{min}^{-1}$ ) enzýmu z obrázka 1 v prítomnosti tohto inhibítora?
4. Nasledujúce tvrdenia označte ako správne (S) alebo nesprávne (N):
  - (a) Krivka opisujúca závislosť okamžitej rýchlosti reakcie katalyzovanej alostericky regulovaným enzýmom od koncentrácie substrátu má tvar hyperboly.
  - (b) Žiadny z vitamínov rozpustných v tukoch nemá funkciu koenzýmu.
  - (c) Reakcie katalyzované ligázami sú spravidla spriahnuté s hydrolýzou ATP.
  - (d) Kompetitívne inhibítory sú často štruktúrne podobné prirodzeným substrátom daného enzýmu.
  - (e) Zymogény predstavujú neaktívne formy enzýmov v dôsledku chýbajúceho kofaktora.
  - (f) V Lineweaver-Burkovom grafe sú priamky opisujúce závislosť  $1/v = f(1/c_S)$  pre natívny enzým a akompetitívne inhibovaný enzým navzájom rovnobežné.
  - (g) Enzýmy sú prítomné v prokaryotických aj eukaryotických organizmoch.
  - (h) Enzýmy sa spotrebúvajú v rámci reakcie, ktorú katalyzujú, a preto ich bunka musí neustále syntetizovať.

---

**Autori:** Martin Brokeš, doc. RNDr. Šimon Budzák, PhD., doc. Ing. Boris Lakatoš, PhD., Ing. Michal Májek, PhD., doc. Ing. Ján Reguli, CSc. (vedúci autorského kolektívu), prof. Mgr. Radovan Šebesta, DrSc., Ing. Pavol Štefík

**Recenzenti:** Ing. Tibor Dubaj, PhD., Mgr. Jela Nociarová, PhD., Adam Kleman, doc. Ing. Martin Šimkovič, PhD., Mgr. Barbora Zahradníková

**Slovenská komisia Chemickej olympiády**

**Vydal:** NIVAM – Národný inštitút vzdelávania a mládeže, Bratislava 2024