

CHEMICKÁ OLYMPIÁDA

61. ročník, školský rok 2024/25

Kategória A

Celoštátne kolo

TEORETICKÉ ÚLOHY



ÚLOHY Z ANORGANICKEJ A ANALYTICKEJ CHÉMIE

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

Martin Brokeš, Šimon Budzák

Maximálne 18 bodov Doba riešenia 70 minút
--

Úloha 1 (8 bodov)

Tárium je posledný stabilný prvok 13. skupiny. Vysoká toxicita viedla k postupnému zastaveniu produkcie zlúčenín tália okrem menšieho počtu špecifických aplikácií. Na rozdiel od ľahších prvkov 13. skupiny (bór, hliník, gálium, indium) sa u tália prejavujú relativistické efekty, ktoré dávajú vznik fenoménom, akým je napríklad inertný elektrónový pár. Jeho následkom je existencia stabilného oxidačného stavu tália, TI^x , ktorý je podobný alkalickým kovom, konkrétne katiónu K^+ . Práve s funkciou draselných katiónov pri prenášaní nervových signálov tárium často interferuje.

a) Uvedte dve kladné oxidačné čísla typické pre tárium a napíšte, ktoré z nich je stabilnejšie.

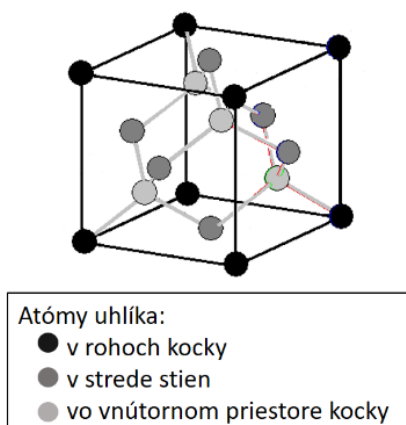
Soli TI^x sa používajú na prípravu Clericiho roztoku, pomenovaného podľa jeho objaviteľa Enrica Clericiho. Clericiho roztok je používaný prevažne v mineralógii na separáciu minerálov procesom zvaným flotácia (usadzovanie). Jeho veľkou výhodou je, že sa jeho hustota dá jednoducho meniť pridaním alebo odparením vody. Nevýhodou je vysoká toxicita spôsobená prítomnosťou solí TI^x . Alternatívne ťažké kvapaliny ako ortuť a dibrómmetán sú však tiež toxické a ich hustota sa nedá tak jednoducho regulovať.

Clericiho roztok obsahuje dve soli TI^x (**A** a **B**) rozpustené vo vzájomnom molárnom pomere 1 : 2 v minimálnom množstve vody. Hustota vzniknutého roztoku je $4,32 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Tuhá látka po odparení vody obsahuje 5,9 % uhlíka, 12,7 % kyslíka, 0,4 % vodíka a 81,0 % tália. Molárna hmotnosť soli **A** je menšia než $600 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$, molárna hmotnosť soli **B** je $249,4 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ a obe obsahujú všetky druhy zistených atómov (C, O, H, Tl).

- b) Napíšte sumárny vzorec solí **A** a **B**. Nakreslite elektrónové štruktúrne vzorce aniónov.

V praxi je nutné pred použitím samotného procesu flotácie vytvoriť gradient Clericiho roztoku. Centrifugáciou roztoku v skúmavke dôjde k nerovnomernej distribúcii hmoty, čo má za následok rozdielnu hustotu na hladine kvapaliny ($2,10 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$) a na dne skúmavky ($4,32 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$).

- c) Na základe výpočtu hustoty určte, ako sa bude správať vzorka diamantu (klesnutie na dno, plávanie na hladine, vznášanie sa v kvapaline) po vložení do Clericiho roztoku s gradientom hustoty. K dispozícii je štruktúra diamantu (Obr. 1) so základnou bunkou v tvare kocky. Obsahuje síce iba atómy uhlíka, ale tie sú rôzne zdieľané so susednými kockami v štruktúre (stredy stien, rohy kocky). Do výpočtu uvažujte len tie časti atómov uhlíka, ktoré sa nachádzajú v zobrazenej kocke.



Obrázok 1: Kryštalová štruktúra diamantu. Dĺžka hrany kocky je $0,3567 \text{ nm}$.

Úloha 2 (10 b)

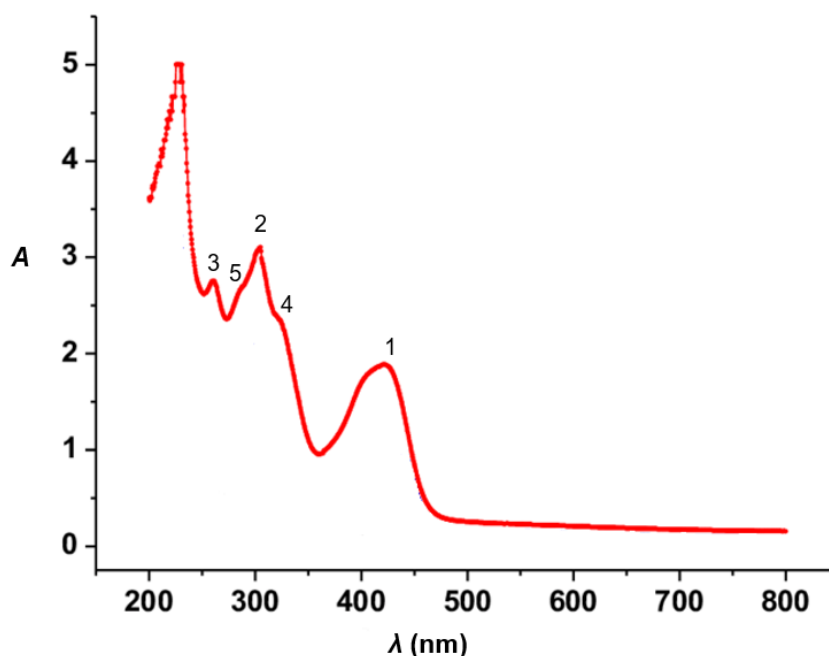
Ako protijed pri otrave soľami tália sa používa komplexná zlúčenina Pruská modrá (**PM**). Tá sa pripravuje nasledovným 4-krokovým procesom: do reaktora obsahujúceho vodný roztok chloridu železnatého sa pridá 6 ekvivalentov kvapalného kyanovodíka a do zmesi sa následne prileje vodný roztok hydroxidu vápenatého (2,3-násobok vzhľadom na látkové množstvo železnatých kationov). Následne sa zmes prefiltruje, zakoncentruje za zníženého tlaku a z roztoku kryštalizuje produkt **C** vo forme undekahydrátu (**krok 1**). Izolovaný hydrát sa bez ďalšieho sušenia znovu rozpustí a nechá sa reagovať s dvojnásobným molárnym prebytkom KCl za vzniku slabo rozpustnej podvojnej soli **D** (**krok 2**). Zrazenina **D** sa znova odfiltruje, disperguje

vo vodnom roztoku, do ktorého sa pridá roztok uhličitanu draselného za vzniku medziproduktu **P** a nerozpustnej soli (**krok 3**). Získaný slabo-žltý medziprodukt **P** sa nechá následne vo vodnom prostredí reagovať s chloridom železitým za vzniku nerozpustného farbiva pruskej modrej. (**krok 4**).

- Napíšte vzorce látok **C–D**, medziproduktu **P** a pruskej modrej **PM**.
- Vyčíslenými chemickými rovnicami v stavovom tvare vyjadrite kroky **1–4** tvorby pruskej modrej.

Komplexná zlúčenina **P** je známa aj pod názvom žltá krvná soľ, ktorá však z pohľadu spektrálnych vlastností nie je veľmi zaujímavá. Zaujímavejšia je naproti tomu červená krvná soľ **R**, ktorá sa líši oproti žltej krvnej soli oxidačným číslom centrálného atómu. Spektrum vodného roztoku červenej krvnej soli **R** (Obr. 2) obsahuje 5 rôznych pík. Z nich pík 1 ($24\,100\text{ cm}^{-1}$), pík 2 ($32\,900\text{ cm}^{-1}$) a pík 3 ($38\,460\text{ cm}^{-1}$) zodpovedajú prenosu náboja z ligandu na kov (LMCT prechody), kým pík 4 ($30\,250\text{ cm}^{-1}$) a 5 ($36\,710\text{ cm}^{-1}$) sú spinovo dovolené *d-d* prechody.

- Určte, ktorý pík je zodpovedný za červenú farbu komplexu **R**. Zdôvodnite.



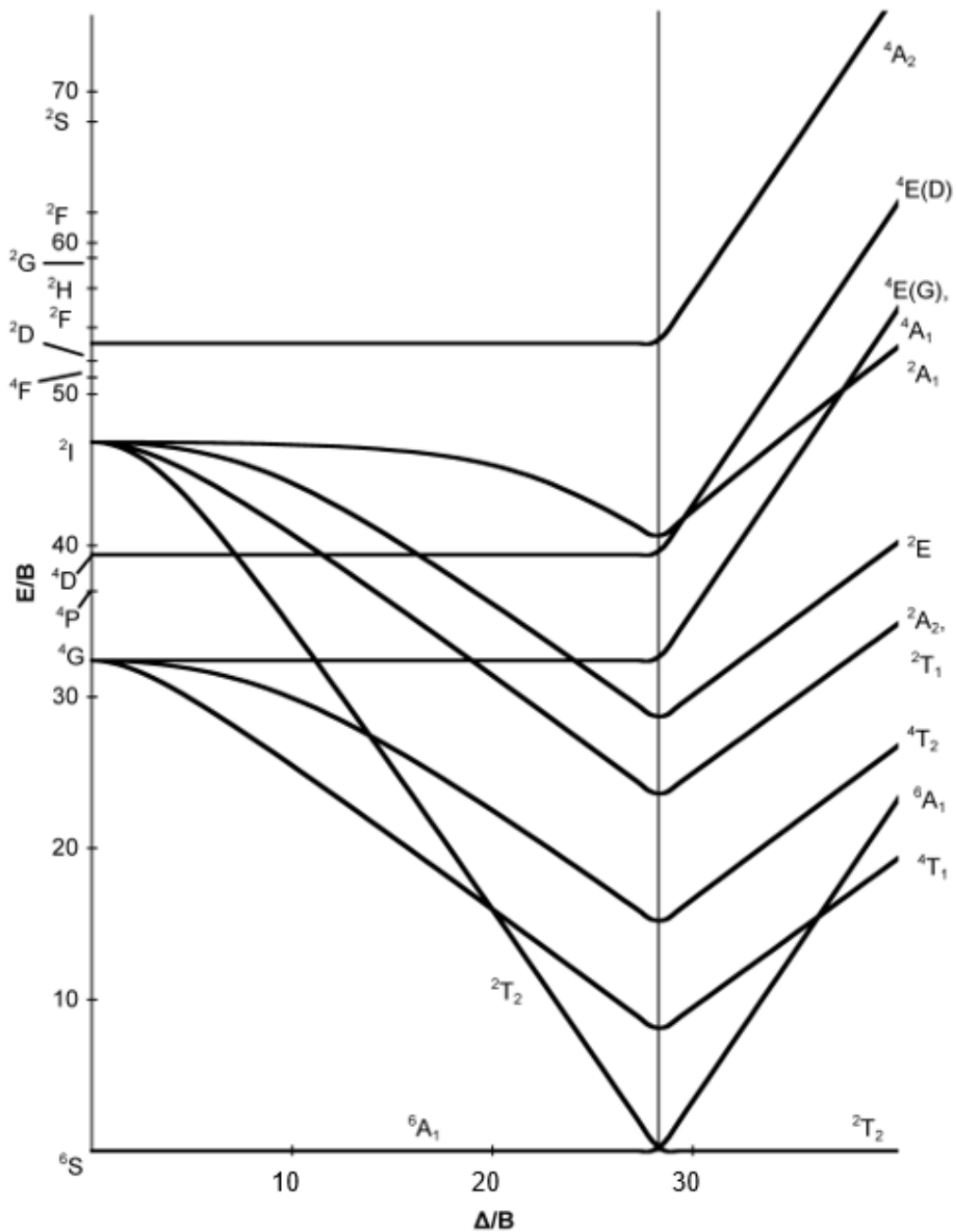
Obrázok 2: Elektrónové absorpčné spektrum červenej krvnej soli **R**.

Rozdiely energií jednotlivých termov vzhľadom na základný (Tab. 1) sa dajú vyjadriť v závislosti na Racahových parametroch B a C . Vzájomný pomer Racahových parametrov je pre tento komplex $B/C = 4,564$. Párovacia energia elektrónov je $10\,000\text{ cm}^{-1}$.

Tabuľka 1: Označenie termu (vľavo) a rozdiel energií tohto termu so základným (vpravo).

Označenie termu	Parametrické vyjadrenie ΔE
2E	$10Dq + 7B - C$
2A_1	$10Dq + 17B - C$
4T_2	$10Dq + 3B - 4C$
${}^2T_1, {}^2A_2$	$10Dq - 2B - C$
4T_1	$10Dq - 5B - 4C$

- d) Pomocou údajov v Tabuľke 1, Tanabeho – Suganovho diagramu (Obr. 3) a elektrónového absorpčného spektra (Obr. 2) vypočítajte hodnotu energie Δ_o v cm^{-1} .
- e) Určte, či komplexný anión červenej krvnej soli je vysoko alebo nízkospinový komplex a vašu odpoveď zdôvodnite.
- f) Nakreslite štiepenie d orbitálov centrálného atómu M v komplexe R , označte hladiny, zaplňte ich elektrónmi a označte odpovedajúci term základného stavu. Vypočítajte stabilizačnú energiu kryštálového poľa (CFSE) komplexu a uveďte ju v jednotkách eV. Ak ste nevypočítali hodnotu Δ_o v predošlej úlohe, počítajte s hodnotou $32\,000\text{ cm}^{-1}$.



Obrázok 3: Tanabeho – Suganov diagram pre oktaédrickú konfiguráciu d^5 .

Molárne hmotnosti a fyzikálne konštanty:

$A(H) = 1,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $A(Tl) = 204,4 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $A(C) = 12,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $A(O) = 16,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$;
 $M(\text{pruská modrá}) = 859,2 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $h = 6,6261 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$;
 $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $u = 1,661 \cdot 10^{-24} \text{ g}$.

ÚLOHY Z FYZIKÁLNEJ CHÉMIE

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

Ján Reguli

Maximálne 17 bodov Doba riešenia 60 minút
--

Úloha 1 (2 body)

Kvapaliny v chemickom laboratóriu varíme pri destilácii, t. j. keď potrebujeme od seba oddeliť viaceré látky na základe ich rozdielnej teploty varu. Destiláciou ale nikdy nedostaneme čisté látky, len obohatenie destilátu o prchavejšiu zložku.

Pri čistení produktov organickej syntézy destiláciou sa často stretávame s problémom, že tieto látky sú tepelne nestále a rozkladajú sa skôr než dosiahnu teplotu varu pri normálnom atmosférickom tlaku. Pomôcť sa tu dá viacerými spôsobmi, najjednoduchším je destiláciu uskutočniť pri zníženom tlaku.

1.1 Potrebujeme predestilovať zlúčeninu s molárnou výparnou entalpiou $31,25 \text{ kJ mol}^{-1}$, ktorá má normálnu teplotu varu (pri tlaku $101\,325 \text{ Pa}$) $160 \text{ }^\circ\text{C}$. Ako musíme znížiť tlak, ak vieme, že ju nemôžeme vyhriať na viac ako $80 \text{ }^\circ\text{C}$?

1.2 Pomocou difúznej vývevy sa dajú dosiahnuť tlaky rádovo v kilopascaloch. Vypočítajte, aká bude teplota varu uvedenej látky pri tlaku 1 kPa .

Úloha 2 (4 body)

Do destilačnej banky s objemom 2 litre sme vložili kocky ľadu s hmotnosťou 100 g ($M(\text{H}_2\text{O}) = 18,02 \text{ g mol}^{-1}$). Banku sme uzavreli zábrusovou zátkou s trojcestným kohútom, pripojeným na vývevu a na manometer. Otvorili sme kohút smerom k výveve a odsali sme všetok vzduch. Kohút sme znovu uzavreli. Banku sme nechali stáť na stole dostatočne dlho nato, aby sa teplota v nej vyrovnala s teplotou laboratória ($25 \text{ }^\circ\text{C}$). Predpokladáme, že poznáte tlak a teplotu normálneho bodu varu vody.

2.1 Na akej hodnote sa ustálil tlak v banke pri $25 \text{ }^\circ\text{C}$?

Pre tento výpočet ešte ponúkame údaje o štandardných tvorných entalpiách kvapalnej a plynnej vody pri $25 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$\Delta_f H^\circ(\text{H}_2\text{O}, \text{l}) = -285,83 \text{ kJ mol}^{-1}, \Delta_f H^\circ(\text{H}_2\text{O}, \text{g}) = -241,82 \text{ kJ mol}^{-1}$$

(Predpokladajte, že hodnoty uvedených entalpií nezávisia od teploty.)

Banku sme následne vyhriali na 100 °C. Predpokladajte, že vodná para sa správa ako ideálny plyn.

2.2 Na akej hodnote sa ustálil tlak v banke pri 100 °C?

2.3 Koľko gramov vody zostalo v banke pri teplote 100 °C kvapalnej?

Úloha 3 (2 body)

Čistý chloroform ($M = 119,5 \text{ g mol}^{-1}$) vrie pri tlaku 101 325 Pa a teplote 80,1 °C. Roztok obsahujúci 5 hmot. % neznámej neprchavej organickej látky vrie pri teplote 80,7 °C. Parciálny tlak chloroformu nad týmto roztokom pri teplote 80,1 °C je 99 476,6 Pa. Vypočítajte molárnu hmotnosť neznámej látky.

Úloha 4 (3,25 bodu)

Pri 50 °C je tlak nasýtenej pary chloroformu(A) 71,3 kPa a benzénu(B) 36,2 kPa. Celkový tlak nad roztokom je 50,5 kPa. Určte zloženie kvapalnej a parnej fázy v hmotnostných zlomkoch. Molárne hmotnosti majú hodnoty $M_A = 119,5 \text{ g mol}^{-1}$, $M_B = 78,0 \text{ g mol}^{-1}$.

Úloha 5 (1,25 bodu)

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

1. Rozdiel elektrických potenciálov medzi mosadznými svorkami galvanického článku, ktorý dodáva prúd do vonkajšieho okruhu,
 - a) je vždy väčší než
 - b) má vždy rovnakú hodnotu ako
 - c) je vždy menší než
 - d) môže mať hodnotu väčšiu, rovnakú alebo menšiu než elektromotorické napätie tohto článku.
2. Pri meraní napätia galvanického článku nám vyšla záporná hodnota. Znamená to, že
 - a) chemická reakcia v článku prebieha v opačnom smere ako je napísaná jej rovnica.
 - b) v schéme článku je kladná elektróda napísaná na ľavej strane.

- c) rovnovážna konštanta chemickej reakcie prebiehajúcej v tomto článku je záporná.
- d) na pravej elektróde v schéme článku prebieha oxidácia.
- e) pre daný článok je $\Delta_r G$ kladné.
- f) chemická reakcia prebiehajúca v danom článku je exotermická.

Úloha 6 (4,5 bodu)

6.1 Vypočítajte elektromotorické napätie galvanického článku pri 25 °C



Štandardné elektródové potenciály majú hodnotu

$$E^\circ(\text{Pb}^{2+} / \text{Pb}) = -0,126 \text{ V}$$

$$E^\circ(\text{Zn}^{2+} / \text{Zn}) = -0,763 \text{ V}$$

Napíšte rovnicu chemickej reakcie, prebiehajúcej v tomto článku a vypočítajte hodnotu jej rovnovážnej konštanty pre 25 °C. (Aktivné koeficienty iónov považujte za jednotkové.)

6.2 Nabíjateľný lítiovo-iónový článok vyvinuli v Japonsku (preto sa objavil v úlohách 42. MCHO v Tokiu). Štandardné elektromotorické napätie článku je 3,70 V.

Predpokladajte, že polreakcia prebiehajúca na katóde je $\text{CoO}_2 + \text{Li}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{LiCoO}_2$ a polreakcia na anóde je



- a) Napíšte celkovú rovnicu reakcie prebiehajúcej v lítiovo-iónovom článku, vypočítajte pre ňu hodnotu štandardnej reakčnej Gibbsovej energie [kJ mol^{-1}] a rovnovážnu konštantu pre teplotu 25 °C.
- b) Lítiovo-iónový článok sa zostrojil tak, že ako materiál elektród sa použil LiCoO_2 a grafit (C). Vypočítajte hmotnosť anódy v úplne nabitom stave a v úplne vybitom stave, ak článok na začiatku obsahoval 10,00 g LiCoO_2 a 10,00 g grafitu (C). $M(\text{LiCoO}_2) = 97,87 \text{ g mol}^{-1}$, $M(\text{C}) = 12,01 \text{ g mol}^{-1}$, $M(\text{Li}) = 6,94 \text{ g mol}^{-1}$.
- c) Vypočítajte maximálnu energiu vytvorenú na jednotku hmotnosti lítiovo-iónového článku [kJ kg^{-1}]. Predpokladajte, že v článku sa použil správny pomer množstiev materiálov katódy a anódy a že súčet hmotností oboch elektród tvorí 50 % hmotnosti článku. Pre porovnanie „hustota energie“ kyselinových olovených batérií používaných v automobiloch je približne 200 kJ kg^{-1} .

ÚLOHY Z ORGANICKEJ CHÉMIE

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

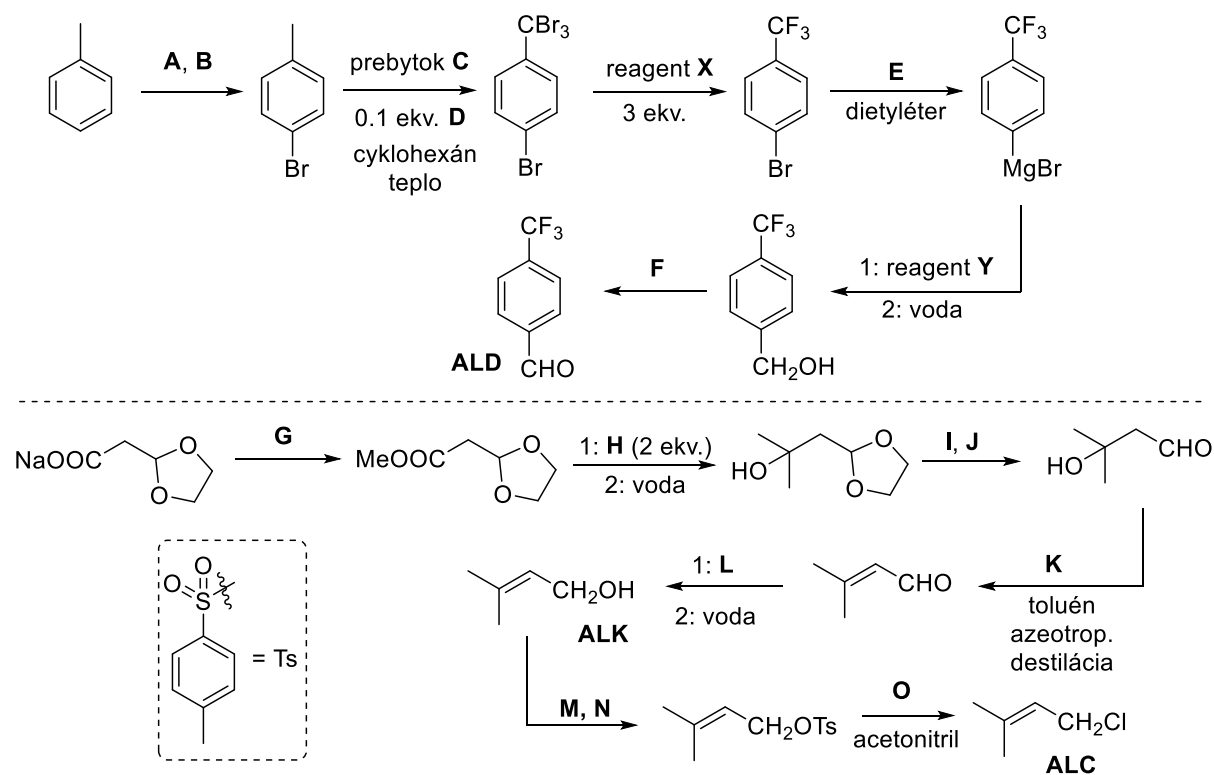
Michal Májek, Radovan Šebesta

Maximálne 17 bodov
Doba riešenia: 60 minút

Úloha 1 (7,2 bodov)

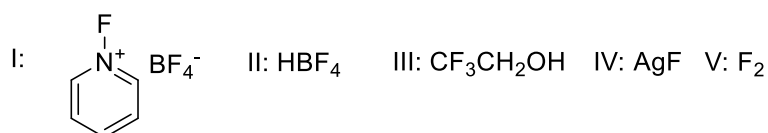
Prietoková alebo takzvaná „flow“ chémia je využitím poznatkov z priemyselných procesov v bežnom laboratóriu. Namiesto toho, aby sme reakcie robili v banke (tzv. „batch“ proces), reakcie prebiehajú v trubičkách a prietokových reaktoroch. Tak aj v laboratóriu vieme vykonávať reakcie nepretržite, teda za kontinuálneho dávkovania reaktantov a odoberania produktov. *Flow* chémia už zasiahla aj odvetvie elektrochémie, kde umožnila vykonávať niektoré reakcie selektívne, a to aj tam, kde to dosiaľ nebolo možné.

Ako prekursory pre *flow* elektrosyntézu potrebujeme aldehyd **ALD** a allylchlorid **ALC**:

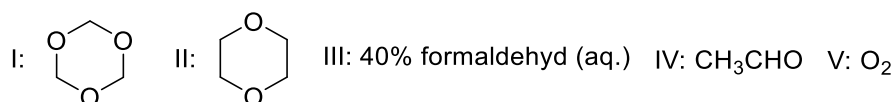


a) Doplňte reagenty **A – O**.

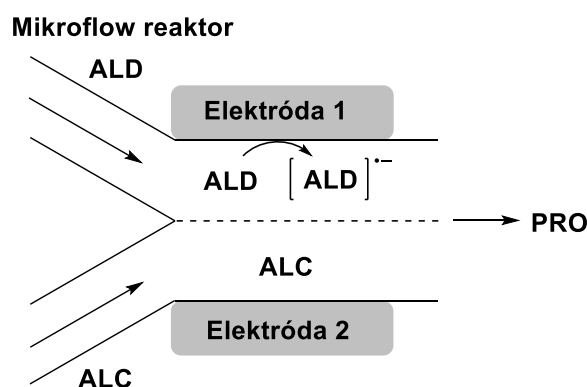
b) Vyberte správny reagent **X** z možností:



c) Vyberte správny reagent **Y** z možností:



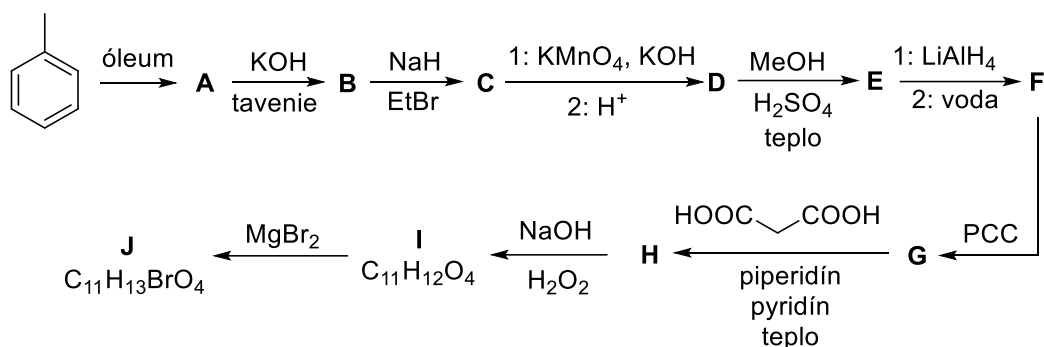
Elektrosyntéza prebiehala v tzv. „Mikroflow“ reaktore – čiže látka **ALD** prišla do styku len s elektródou 1 a látka **ALC** len s elektródou 2. Tak došlo len k transferu elektrónu na látku **ALD** a nie na látku **ALC** (čo bolo inak problémom pri klasickej elektrolýze zmesi **ALD/ALC** a viedlo z vzniku zmesi).



- d) Ktorá z elektród 1, 2 je katóda a ktorá je anóda?
- e) Látka **ALD** je schopná prijať jeden elektrón za vzniku látky **AL1**. Ak je napätie vložené na elektródy dostatočné, látka **AL1** prijme ešte jeden elektrón a vzniká látka **AL2**. Aké sú Lewisove vzorce látok **AL1** a **AL2**?
- f) V strede reaktora, kde sa stretávajú toky látok **ALD** a **ALC** dochádza k reakcii látky **AL2** a **ALC**, pričom po spracovaní reakčnej zmesi vodou sa izoluje produkt **AL3** (C₁₃H₁₅F₃O). Navrhnite jeho štruktúru.
- g) Ak je na elektródy vložené príliš nízke napätie, pri elektróde 1 sa hromadí látka **AL1**, ktorá postupne dimerizuje. Po spracovaní vodou sa izoluje látka **AL4** (C₁₆H₁₂F₂). Navrhnite jej štruktúru.

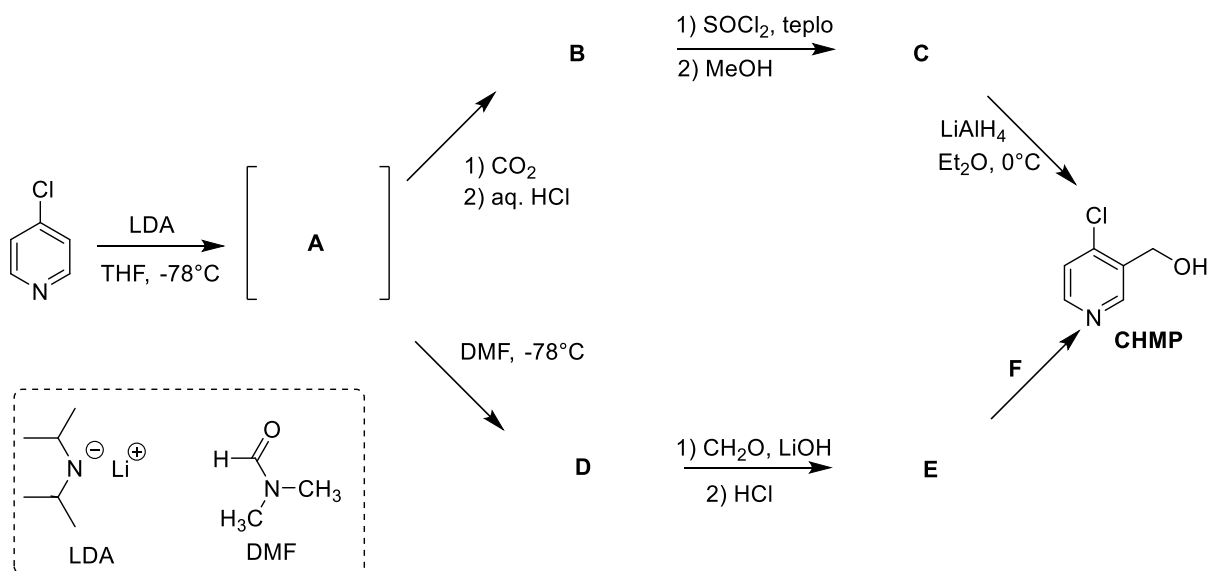
Úloha 2 (3,6 bodov)

Krása organickej syntézy je v tom, že pomocou nej dokážeme z jednoduchých východiskových zlúčenín vytvárať oveľa zložitejšie štruktúry. Napríklad z toluénu, môžeme sledom reakcií vytvoriť zlúčeninu **J** ($C_{11}H_{13}BrO_4$). Určte štruktúru zlúčeniny **J** ako aj medziproduktov **A – I**.



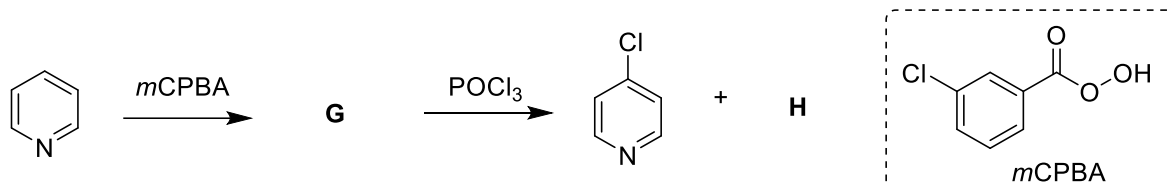
Úloha 3 (3,2 bodov)

4-Chloro-3-(hydroxymetyl)pyridín je východiskovou zlúčeninou pre prípravu rôznych polyfunkcionalizovaných molekúl, ako sú napr. antibiotiká cefalosporíny. V tejto úlohe budeme premýšľať nad syntézou 4-chloro-3-(hydroxymetyl)pyridínu a preskúmame dve syntetické stratégie.



a) Nakreslite štruktúrne vzorce medziproduktov alebo činidiel **A – F**.

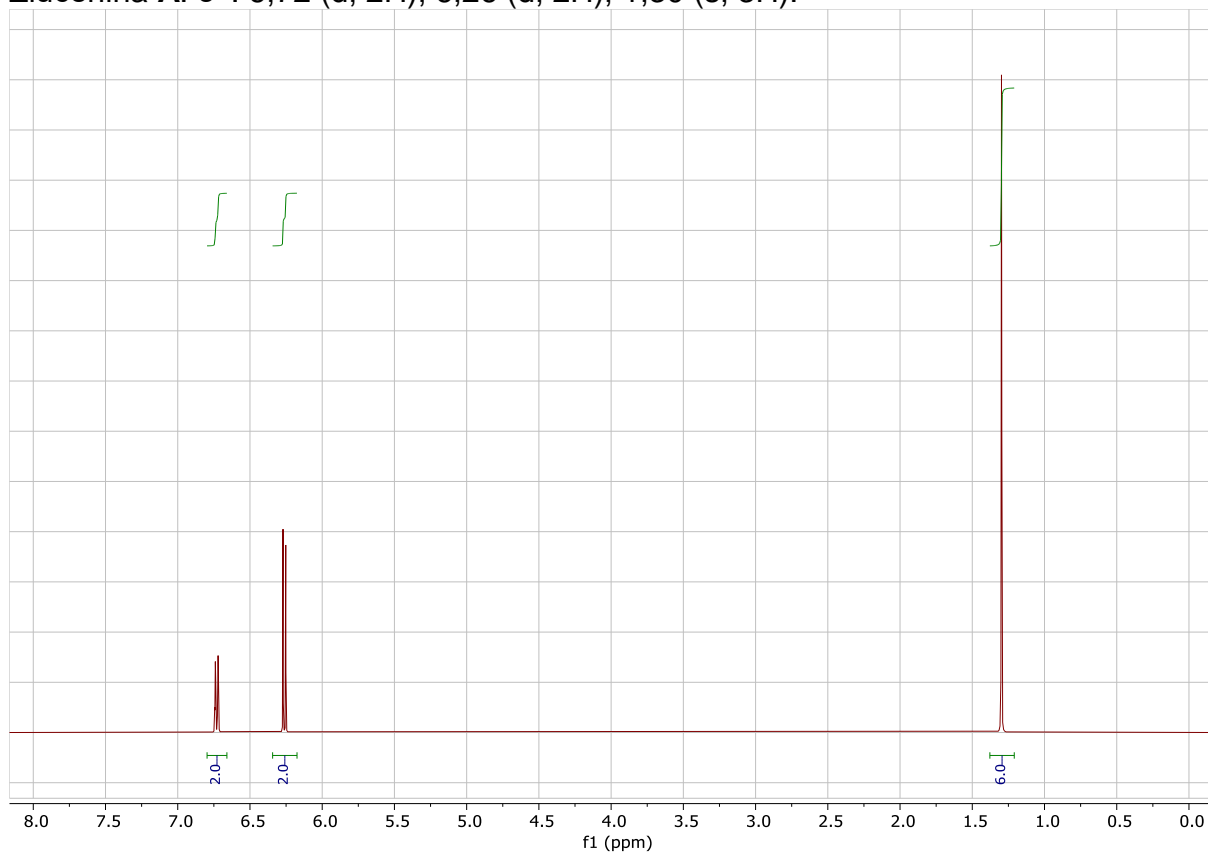
b) Východisková látka 4-chlórpyridín je tiež zaujímavá. Vyzerá síce jednoducho, ale napríklad priamo z pyridínu ju nie je ľahké pripraviť. Priama aromatická elektrofilná substitúcia s chloračnými činidlami ako Cl_2 alebo NCS nefunguje pre nízku reaktivitu pyridínu. Môžeme však urobiť jeden fígel, a to nechať najprv pyridín zreagovať s peroxokyselinou, napr. *m*CPBA, a potom môžeme urobiť reakciu s POCl_3 . Aj táto reakcia však vedie k vzniku aj ďalšieho izomérneho produktu spolu 4-chlórpyridínom. Uvedte štruktúry **G** a **H**.



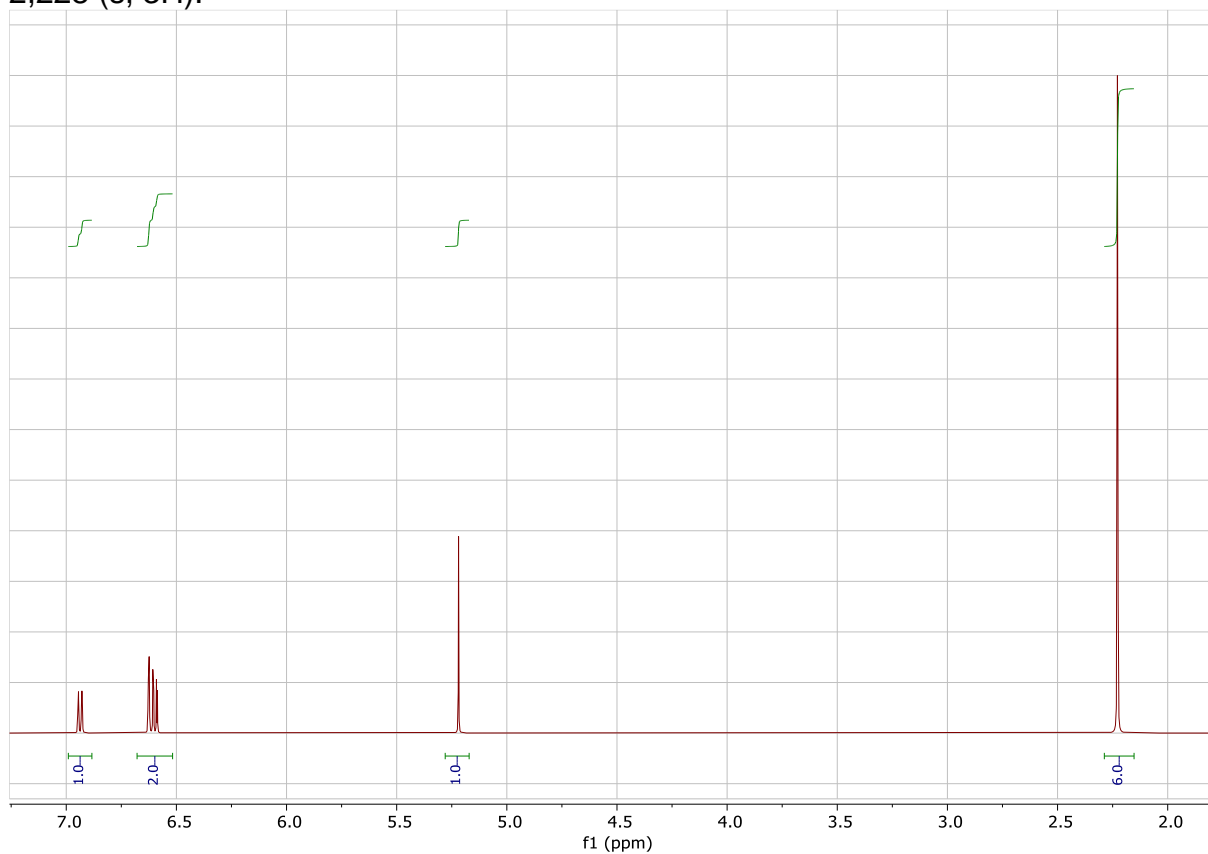
Úloha 4 (3,0 bodov)

V organickej chémii časti používame kyslú katalýzu pre urýchlenie rôznych reakcií. Nemali by sme však zabúdať na to, že príroda má len malú ochotu robiť to čo my chceme. V laboratóriu potom často pozorujeme zaujímavé, nepredvídané javy. Napríklad, ak by sme chceli uskutočňovať kyslo katalyzovanú Michaelovu adíciu na dienón **A** ($\text{C}_8\text{H}_{10}\text{O}$), tak by sme produkt adície nezískali. Namiesto neho by vznikol produkt **B** ($\text{C}_8\text{H}_{10}\text{O}$). Na nasledujúcej strane sú zobrazené ^1H NMR spektrá oboch zlúčenín. V IČ spektre zlúčeniny **A** je charakteristický intenzívny pás pri 1720 cm^{-1} , avšak v spektre zlúčeniny **B** sa už obdobný pas nenachádza, ale je tam veľmi intenzívny a široký signál pri 3250 cm^{-1} . Určte štruktúry zlúčenín **A** a **B** a priradte signály ^1H NMR aj IČ spektra.

Zlúčenina A: δ^H : 6,72 (d, 2H), 6,26 (d, 2H), 1,30 (s, 3H).



Zlúčenina B: δ^H : 6,93 (d, 1H); 6,63 (d, 1H), 6,60 (dd, 1H); 5,22 (s, 1H); 2,226 (s, 3H); 2,228 (s, 3H).



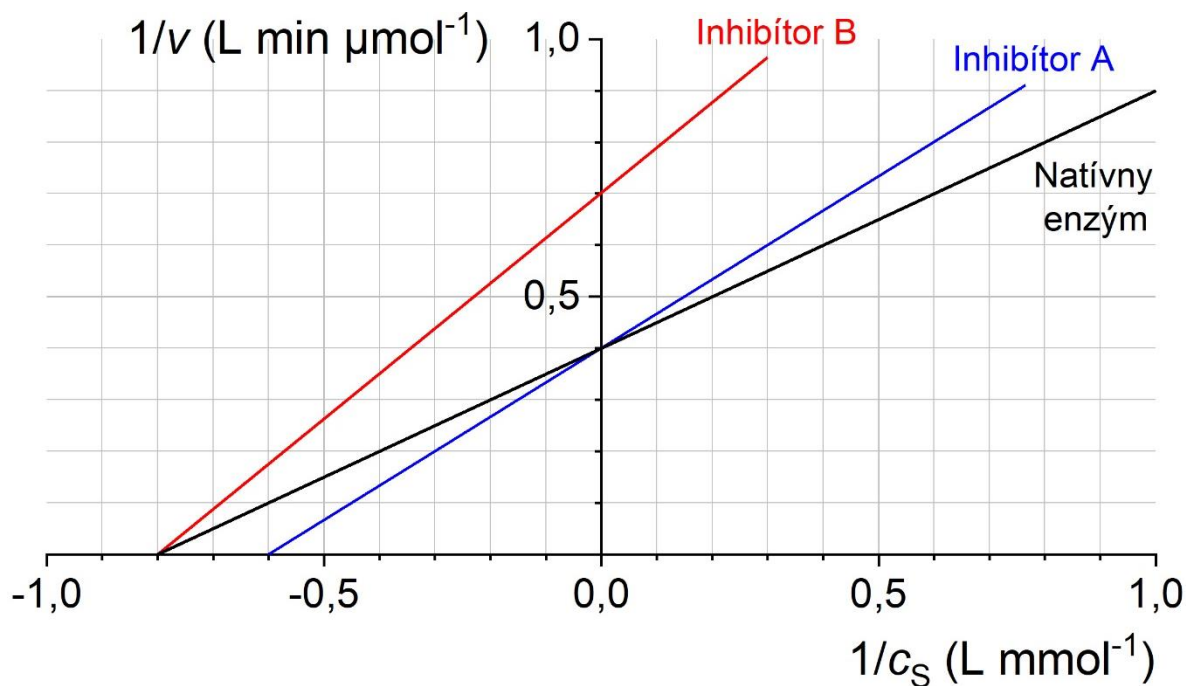
ÚLOHY Z BIOCHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 60. ročník – šk. rok 2023/24
Celoštátne 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 pre natívny enzým a enzým inhibovaný dvoma inhibítormi, ktoré sú označené ako „inhibítor A“ a „inhibítor B“.



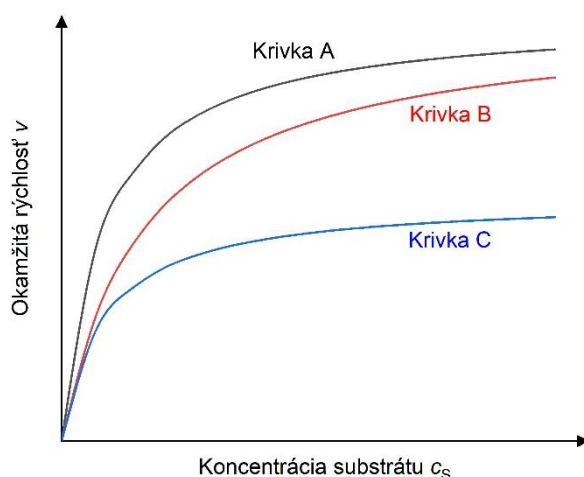
Obrázok 1: Závislosť prevrátenej hodnoty okamžitej rýchlosti enzýmom katalyzovanej reakcie ($1/v$) od prevrátenej hodnoty koncentrácie substrátu ($1/c_S$).

1. Vyberte správnu možnosť:

- (a) Inhibítor A predstavuje kompetitívny / nekompetitívny / akompetitívny inhibítor.
(b) Inhibítor B predstavuje kompetitívny / nekompetitívny / akompetitívny inhibítor.

2. Vypočítajte hodnotu Michaelisovej konštanty K_M (v mmol L^{-1}) a limitnej rýchlosti V_{max} (v $\mu\text{mol L}^{-1} \text{min}^{-1}$) pre natívny enzým.

3. Ak pri určovaní závislosti na obrázku 1 bola celková koncentrácia enzýmu v reakcii 1 nmol/L, vypočítajte hodnotu katalytickej konštanty k_{cat} ($v s^{-1}$) a katalytickej účinnosti enzýmu ($v L mol^{-1} s^{-1}$). Je hodnota katalytickej účinnosti natívneho enzýmu blízka hodnote difúzneho limitu?
4. Ak viete, že koncentrácia inhibítora A aj inhibítora B v reakcii bola 1 $\mu mol/L$, vypočítajte hodnotu inhibičnej konštanty ($v \mu mol L^{-1}$) pre oba inhibítory.
5. Na obrázku 2 je schematicky znázornená závislosť okamžitej rýchlosti v enzýmom katalyzovanej reakcie od koncentrácie substrátu c_s . Priradte krivky A – C opisujúce závislosť $v = f(c_s)$ pre natívny enzým, enzým v prítomnosti inhibítora A a enzým v prítomnosti inhibítora B.



Obrázok 2: Závislosť hodnoty okamžitej rýchlosti enzýmom katalyzovanej reakcie (v) od hodnoty koncentrácie substrátu (c_s).

6. K vitamínom (A)-(D) priradte správny koenzým/prostetickú skupinu (1)-(4):

(A) Vitamín B1	(1) flavínadeníndinukleotid
(B) Vitamín B2	(2) nikotínamidadeníndinukleotid
(C) Vitamín B3	(3) tiamínpyrofosfát
(D) Vitamín B5	(4) koenzým A

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 2025