

# **CHEMICKÁ OLYMPIÁDA**

**59. ročník, školský rok 2022/23**

**Kategória A**

**Krajské kolo**

**TEORETICKÉ ÚLOHY**



# ÚLOHY Z ANORGANICKEJ A ANALYTICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 59. ročník – školský rok 2022/23  
Krajské kolo

**Martin Brokeš, Michal Juríček**

---

Maximálne 18 bodov doba riešenia 70 minút
--

## Úloha 1 (18 bodov)

V roku 1871 Dmitrij Mendelejev predpovedal existenciu prvku, ktorý dopredu nazval *eka-aluminium*. Dôvod tohoto názvu vychádzal práve z vtedy ešte nekompletnej periodickej tabuľky prvkov, konkrétne z prázdneho miesta pod hliníkom. Tomuto prvku Mendelejev predpovedal aj niektoré vlastnosti, ktoré sú porovnané so skutočnosťou v nasledujúcej tabuľke. Tu sa na chvíľku zastavme a oceňme krásu Mendelejevovej geniality.

Tabuľka 1. Porovnanie predpovedaných a skutočných vlastností *eka-alumina*.

Vlastnosť	Predpoveď	Skutočnosť
Atómová hmotnosť	~68	69,723
Hustota kovu	5,9 g/cm <sup>3</sup>	5,904 g/cm <sup>3</sup>
Teplota topenia	nízka	29,767 °C
Hustota oxidu	5,5 g/cm <sup>3</sup>	5,88 g/cm <sup>3</sup>
Povaha hydroxidu	amfotérny	amfotérny

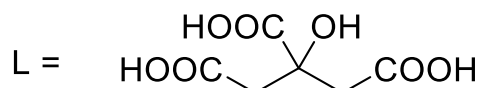
Necelé štyri roky po Mendelejevovej predikcii *eka-alumina* objavil tento prvok francúzsky chemik Paul Emile Lecoq de Boisbaudran. Lecoq si všimol, že v spektre sfaleritu (ZnS) pôvodom z Pyrenejí sa objavujú dve typické fialové čiary. Tento nový prvok sa rozhodol pomenovať podľa Gálie, čo bolo staré latinské pomenovanie jeho rodnej vlasti. Neskôr sa rozšírila aj zaujímavá teória, že použil slovnú hračku, aby prvok pomenoval zároveň aj sám podľa seba, pretože francúzske slovo *le coq* (slov. kohút) sa v latinčine povie *gallus*. Sám Lecoq však toto tvrdenie vždy odmietal.

Gálium sa v prírode vyskytuje najčastejšie ako prímes v rôznych mineráloch a horninách. Hlavný podiel jeho výroby pokrýva spracovávanie bauxitu, kde soli gália

vznikajú ako vedľajší produkt výroby. Následnou elektrolýzou spojenou s ďalším prečisťovaním je možné získať kovové gálium.

1. Pri spracovávaní bauxitu sa gálium hromadí v odpadovom hydroxide sodnom používanom v procese. V akom oxidačnom stave a vo forme akej zlúčeniny sa gálium nachádza?

V medicíne pre takto získané gálium nie je priame využitie. Gálium sa totiž v prírode vyskytuje len v dvoch stabilných izotopoch a to  $^{69}\text{Ga}$  a  $^{71}\text{Ga}$ . V rádioterapii sa využívajú zlúčeniny synteticky pripravených rádioizotopov gália ( $^{67}\text{Ga}$  a  $^{68}\text{Ga}$ ), ktorých súčasťou je napríklad gálium citrát. Gálium citrát je triviálne pomenovanie pre komplexný anión so stechiometriou  $[\text{}^{67}\text{Ga}(\text{L}')_2]^{n-}$ , kde L' je schematické označenie ligandu z kyseliny citrónovej (L).



Obrázok 1: Schéma molekuly kyseliny citrónovej.

2. Určte koordinačné číslo atómu gália v tomto komplexnom anióne a tvar chromofóru pomocou teórie VSEPR, pokiaľ viete, že OH skupina ligandu sa do koordinačných väzieb nezapája. Koľko potenciálnych stereoizomérov môže tvoriť molekula kyseliny citrónovej?
3. Pomocou prvkovej analýzy bolo zistené, že molekula komplexného aniónu  $[\text{}^{67}\text{Ga}(\text{L}')_2]^{n-}$  obsahuje 15,0357 hm. % izotopu  $^{67}\text{Ga}$  ( $M(^{67}\text{Ga}) = 66,928 \text{ g/mol}$ ). Vypočítajte sumárny vzorec citrátového ligandu L' v komplexnom anióne a nakreslite schematický vzorec tohto ligandu.

Gálium sa ukladá do komplexov ako je napríklad aj gálium citrát práve z dôvodu acidobázických vlastností voľných iónov gália. Tie sa už pri fyziologickom pH totiž zrážajú, čo je pri vyšetrení rozhodne nežiaduce. Preto musí byť medicínsky gálium citrát dokonale čistý.

4. Napíšte stavovú rovnicu zrážania gália vo vodnom roztoku s fyziologickým pH (7,3) v iónovom tvare.

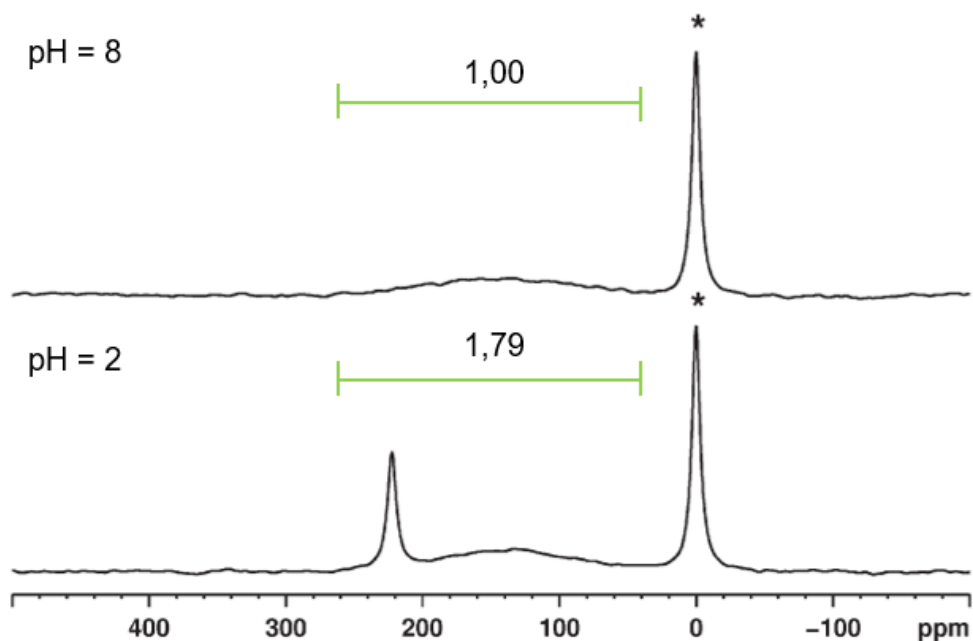
Syntéza gálium citrátu nemusí vždy prebiehať so 100 % konverziou. Niekedy sa môže stať, že v reakčnej zmesi ostanú voľné soli gália. Tie je najskôr potrebné detegovať a následne oddeliť. Častá metóda detekcie je práve  $^{71}\text{Ga}$  NMR test. Keďže sa izotop  $^{67}\text{Ga}$  správa chemicky rovnako ako  $^{71}\text{Ga}$ , je možné namodelovať vlastnosti medicínsky

používaného gálium citrátu pomocou  $^{71}\text{Ga}$ , ktorého vlastnosti sa ľahko zmerajú práve pomocou spomenutého  $^{71}\text{Ga}$  NMR. Izolovaný izotop  $^{71}\text{Ga}$  sa kompletne rozpustí najskôr v nadbytku 30 % kyseliny chlorovodíkovej. Vysušený a vykryštalizovaný chlorid galitý sa zmieša s kyselinou citrónovou, ktorá sa nachádza vo vodnom roztoku pufru NaCl a HCl.

5. Napíšte a vyčísľte rovnice prípravy gálium citrátu v iónovom tvare.

Stanovenie množstva nezreagovaného  $^{71}\text{GaCl}_3$  sa vykoná nasledovne. Z reakčnej zmesi obsahujúcej gálium citrát s prípadnými prísadami chloridu galitého sa odpipetujú 2 ml. Tieto sa rozdelia do 2 skúmaviek, ktorým sa upraví pH pomocou pufrův na hodnoty približne 2 a 8 tak, aby výsledný objem roztokov v skúmavkách bol 10 ml. Obsah skúmaviek sa prefiltruje a z filtrátov sa následne odoberie 0,5 ml do NMR kvety, ktorá sa podrobí priamo NMR testu.

6. Na základe nižšie uvedeného  $^{71}\text{Ga}$  NMR spektra určte, ktorý pík patrí ktorej látke a koľko percent (hmotnostných aj mólových) chloridu galitého sa nachádzalo v reakčnej zmesi. Hodnoty integrálov píkov sú znázornené v obrázku. ( $M(^{71}\text{GaCl}_3) = 177,284 \text{ g/mol}$ ,  $M(\text{komplex}) = 518,093 \text{ g/mol}$ ).



Obrázok 2:  $^{71}\text{Ga}$  NMR spektrum.

7. Pík označený hviezdíčkou nezodpovedá ani chloridu galitému, ani gálium citrátu. Akú funkciu plní látka, ktorej zodpovedá tento pík?

Na základe nadobudnutých znalostí percentuálneho zastúpenia  $^{71}\text{GaCl}_3$  v modelovej reakčnej zmesi môžeme predpokladať, že percentuálne zastúpenie  $^{67}\text{GaCl}_3$  v zmesi s medicínsky využiteľným gálium citrátom bude rovnaké. Po detekcii nečistôt a ich kvantifikácii sa vyberie vhodná metóda na prečistenie tejto zmesi. Najčastejšie sa vyberajú ionexové automatizované kolóny, ktoré spoľahlivo oddeľujú gálium citrát od zvyšných nečistôt. Dodávateľská firma Curium<sup>TM</sup> distribuuje prečistený gálium citrát s  $^{67}\text{Ga}$  v maličkých injekčných nádobkách s objemom 10 ml. Injekčný roztok obsahuje okrem iného citrát sodný, NaCl a benzylalkohol (0,9 hmot. %).

#### 8. Vysvetlite funkciu NaCl v injekčnom roztoku.

Posledný krok pred exportom a použitím injekčného roztoku, obsahujúceho rádioaktívny izotop  $^{67}\text{Ga}$ , je kalibrácia. Tá sa robí z dôvodu časovej nestálosti tohto izotopu, teda jeho rozpadaním sa v čase. Na príbalových letákoch sa uvádza, že minimálna trvanlivosť injekčného roztoku je 7 dní.

#### 9. Vypočítajte, za aký maximálny čas sa môže celých 10 ml injekčného roztoku s kalibrovanou aktivitou 74 MBq/ml ešte podať pacientovi, pokiaľ aktivita vstreknutej dávky nesmie klesnúť pod hodnotu 150 MBq. Polčas rozpadu tohto izotopu je 78,2 hodín.

Dávky podávané pacientom pri vyšetrení sú veľmi nízke a ich zdravie nijako neohrozujú. No laboranti obsluhujúci cyklotróny – zariadenia, v ktorých prebieha syntéza rádioizotopov  $^{67}\text{Ga}$  – sú zvýšenému žiareniu vystavení denne počas celej pracovnej smeny. Pre ich ochranu je potrebné toto žiarenie čo najviac eliminovať odtienením cyklotrónov hliníkovým materiálom.

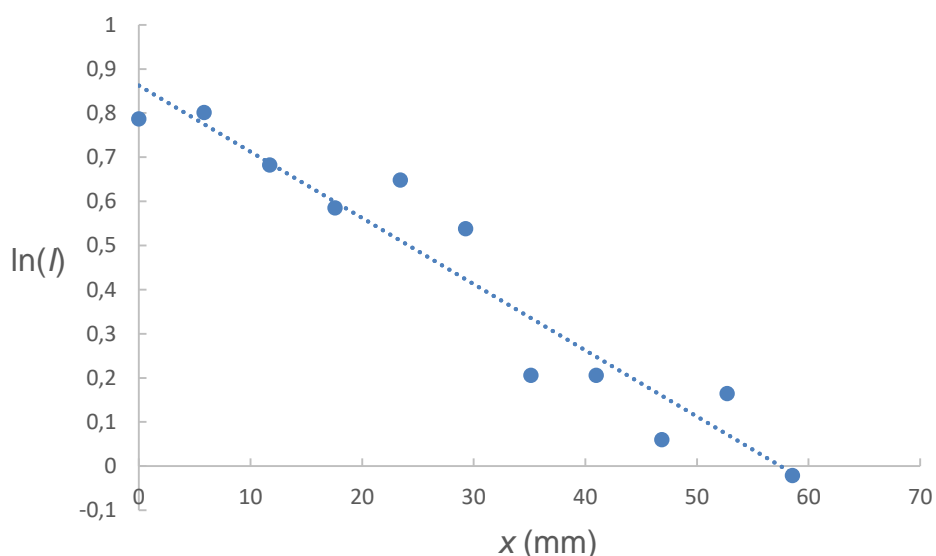
Za účelom odtienenia cyklotrónu sa sleduje intenzita impulzov  $I$  ( $I = N/t$ , kde  $N$  je počet impulzov a  $t$  je čas). Vznikajúce jadrá  $^{67}\text{Ga}$  vyžarujú charakteristické žiarenie, ktoré prienikom hmotným prostredím čiastočne zaniká. K sonde sa dostane len zlomok vznikajúceho žiarenia – impulz.

Postup merania je nasledovný: Ešte pred zapnutím cyklotrónu sa zmeria intenzita impulzov pozadia  $I_p$ . Táto je spôsobená prevažne vesmírnym žiarením a v miestnosti je prítomná vždy (aj v prípade absencie rádioaktívneho zdroja). Hodnota  $I_p$  sa spočítala z nameraných hodnôt uvedených v tabuľke 2 sondou lokalizovanou mimo cyklotrónu. Následne sa zapne cyklotrón aby prebehla štiepna reakcia. Po jej ukončení sa začnú medzi sondu a zdroj impulzov (jadrá gália) postupne pridávať

hliníkové doštičky. Po pridaní každej ďalšej doštičky sa zmeria počet impulzov spôsobený súčasne jadrami a pozadím, ktorý sa po prepočte vynesie do grafu (obrázok 3). Takto sa získa závislosť intenzity impulzov na celkovej hrúbke hliníkových doštičiek medzi sondou a zdrojom. Za dostatočné odtienenie cyklotrónu sa považuje pokles meranej intenzity impulzov na hodnotu  $I_p$ .

Tabuľka 2. Zmeraný počet impulzov pozadia  $N_p$  v časovom intervale 30 sekúnd.

Číslo merania	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$N_p (-)$	8	9	12	4	10	5	6	7	7	9



Obrázok 3: Závislosť  $\ln(I)$  na hrúbke tieniaceho hliníkového materiálu  $x$ .

10. Určte potrebnú hrúbku hliníkovej vrstvy okolo cyklotrónu na zabezpečenie dostatočného odtienenia (vyššie v texte) na konci štípanej reakcie. Predpokladajte, že meranie sa uskutočňuje iba v priebehu niekoľkých minút, a teda závislosť aktivity  $^{67}\text{Ga}$  na čase sa dá zanedbať. Rovnica trendovej spojnice (priamky) bola vypočítaná v tvare  $y = -0,015x + 0,862$ .

Vzhľadom na nevelké rozmery cyklotrónov je možné ich obsluhovať priamo v laboratóriách. Laboratóriá teda získajú možnosť priamo na mieste vyšetrenia syntetizovať rádioaktívny gálium citrát, ktorý sa po prečistení a kalibrácii použije hneď na *gallium scan* vyšetrenie. Týmto sa eliminujú dodatočné náklady na export a škody spôsobené časovou nestabilitou injekčných roztokov gálium citrátu.

# ÚLOHY Z FYZIKÁLNEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 59. ročník – školský rok 2022/23  
Krajské kolo

Ján Reguli

---

Maximálne 17 bodov, doba riešenia 60 minút
---

## Úloha 1 (6 bodov)

- 1.1 Vodný roztok cukru (sacharózy) tuhne pri teplote  $-0,31\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Vypočítajte jeho molalitu a tiež teplotu varu tohto roztoku. Pre vodu poznáme  $K_k = 1,86\text{ K kg mol}^{-1}$  a  $K_e = 0,512\text{ K kg mol}^{-1}$ .
- 1.2 Osmotický tlak vodného roztoku neprchavej látky pri  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  je  $5,57\text{ MPa}$ . Hustota vody pri  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  je  $0,99987\text{ kg dm}^{-3}$ , jej molárna hmotnosť je  $18,02\text{ g mol}^{-1}$ . Výparná entalpia vody pri  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  je  $40,66\text{ kJ mol}^{-1}$ . Predpokladajte, že roztok sa správa ako nekonečne zriedený a vypočítajte jeho teplotu varu pri tlaku  $101,325\text{ kPa}$ .
- 1.3 Vypočítajte disociačný stupeň HF (kyseliny fluorovodíkovej) v jej vodnom roztoku s molalitou  $0,100\text{ mol kg}^{-1}$ , ak teplota tuhnutia vody v tomto roztoku je  $-0,197\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $K_k = 1,86\text{ K kg mol}^{-1}$ ).

## Úloha 2 (6 bodov)

- 2.1 Vypočítajte rozpustnosť chrómanu strieborného,  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ , v roztoku  $\text{AgNO}_3$  s koncentráciou  $0,100\text{ mol dm}^{-3}$  (pre  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$   $K_s = 9,0 \cdot 10^{-12}$ ).
- 2.2 Iónový súčin vody má pri teplote  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  hodnotu  $K_v = c_{\text{H}^+} c_{\text{OH}^-} = 1,00 \cdot 10^{-14}$ . Hustota vody pri  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  je  $997,071\text{ kg m}^{-3}$ ,  $M_v = 18,02\text{ g mol}^{-1}$ . Vypočítajte stupeň disociácie vody
- a) v čistej vode,
- b) v roztoku HCl, ktorej koncentrácia je  $c_{\text{HCl}} = 5 \cdot 10^{-6}\text{ mol dm}^{-3}$ .

## Úloha 3 (5 bodov)

- 3.1 Vypočítajte čas, za ktorý koncentrácia reaktanta A v priebehu reakcie prvého poriadku  $A \rightarrow \text{produkty}$  s rýchlostnou konštantou  $k = 0,015\text{ min}^{-1}$  poklesla na desatinu počiatočnej hodnoty. Koľko z tohto času trvalo zreagovanie predposlednej desatiny?

**3.2** Látka A s molárnou hmotnosťou  $150 \text{ g mol}^{-1}$  sa vo vodnom roztoku izotermicko-izochoricky rozkladá  $A \rightarrow$  produkty. Kinetiku rozkladu opisuje rovnica 1. poriadku s rýchlostnou konštantou  $0,0015 \text{ s}^{-1}$ . Vypočítajte, koľko gramov tejto látky sa rozpadne

a) v časovom intervale od 0 do 5 minút

a) v časovom intervale od 5 do 10 minút

v dvoch  $\text{dm}^3$  vodného roztoku, ak jej počiatočná koncentrácia bola  $0,01 \text{ mol dm}^{-3}$ .



# ÚLOHY Z ORGANICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 59. ročník – školský rok 2022/23  
Krajské kolo

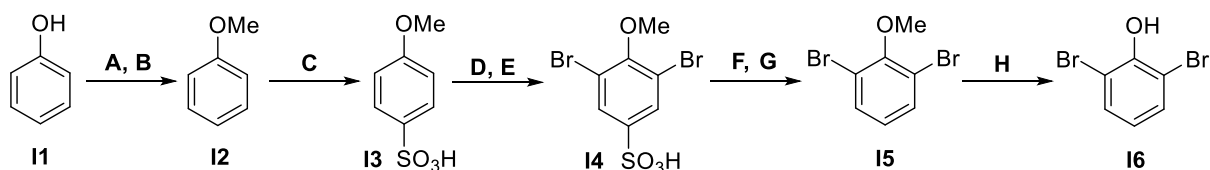
Michal Májek, Radovan Šebesta

Maximálne 17 bodov  
doba riešenia 60 minút

## Úloha 1 (5,5 bodov)

Našou úlohou pri syntéze je obvykle „presvedčiť“ látky, aby medzi sebou zreagovali. Ak sú zlúčeniny málo aktívne, musíme ich aktivovať, napríklad použitím rôznych katalyzátorov. Niekedy máme však opačný problém – naše látky sú až príliš reaktívne a my naopak musíme ich reaktivitu znížiť.

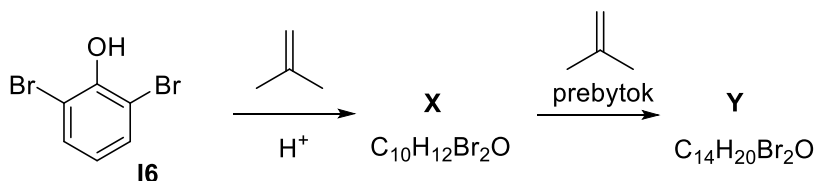
a) Ak chceme vyrobiť 2,6-dibrómfenol (**I6**), nemôžeme priamo brómovat' fenol, pretože by sme bromáciu nevedeli zastaviť na požadovanom produkte, ale reakcia by prebiehala ďalej a vznikli by vedľajšie – nežiaduce produkty. Na našu syntézu preto využijeme nepriamy prístup. Uvedte, aké reagenty **A – H** pri tom použijeme.



b) Pri oddeľovaní produktov pri každej z reakcií sme využili ich rôznu rozpustnosť pri acidobázickej extrakcii. Uvedte, ktoré z látok **I1 – I6** sa budú rozpúšťať v:

- I) vodnom roztoku (1 mol/l) NaOH
- II) nasýtenom vodnom roztoku NaHCO<sub>3</sub>

c) Látka **I6** v prítomnosti izobutylénu v kyslom prostredí podlieha premene na látku **X**. Tá sa postupne v prítomnosti prebytku izobutylénu v kyslom prostredí premení na látku **Y**. Navrhnete štruktúru látok **X** a **Y**. (Poznámka: látky **X** a **Y** nemajú v IČ spektre výrazné signály nad 3000 cm<sup>-1</sup>)

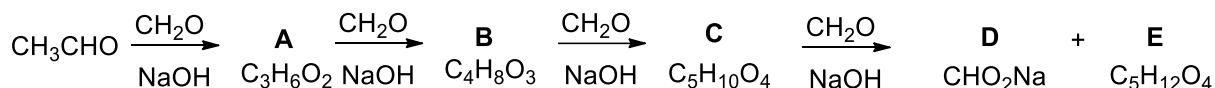


d) Pri pokuse o priamu bromáciu fenolu brómom vzniká najprv látka **BR1** so sumárnym vzorcom  $C_6H_3Br_3O$ , ktorá ale v prítomnosti brómu postupne podlieha premene na látku **BR2** so sumárnym vzorcom  $C_6H_2Br_4O$ . Napíšte štruktúru látok **BR1** a **BR2** a tiež mechanizmus premeny látky **BR1** na **BR2**.

### Úloha 2 (4,5 bodov)

Hitom posledných rokov sa stala 3D tlač. Táto technika umožňuje rýchlu a lacnú produkciu plastových súčastí – od náhradných súčiastok do prístrojov až po figúrky pre stolové hry. Okrem klasických tlačiarňí, ktoré tvoria model tlačením horúceho plastového filamentu z dýzy poznáme aj tlačiarne založené na stereo-fotolitografii (SLA). V tomto prípade svetelné žiarenie spôsobuje polymerizáciu živice, čím sa postupne tvorí trojrozmerný objekt. Táto technológia umožňuje vyššiu presnosť než pri tlači pomocou filamentu. Jednou zo zložiek živíc pre SLA je neznáma látka **N**.

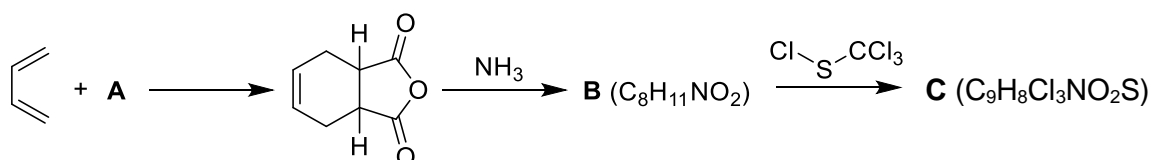
Pre syntézu látky **N** potrebujeme prekursor **E**. Ten sa donedávna vyrábal v Chemku Strážske ako medziprodukt pre výrobu výbušnín nasledovným procesom:



- Uvedte štruktúru látok **A** – **E**. Viete, že látka **E** je extrémne symetrická – v  $^1H$  NMR spektre nameranom v ťažkej vode má jediný signál.
- Reakcia látky **C** s formaldehydom za vzniku **D** a **E** je menná reakcia. Ako sa volá?
- Transesterifikáciou látky **E** s prebytkom prudko zapáchajúceho esteru **F** ( $C_4H_6O_2$ ) v kyslom prostredí dostaneme látku **N**. Na stanovenie štruktúry látky **N** sme vykonali jej elementárnu analýzu: zistili sme, že spálením 1,0 g látky **N** v kyslíku sa uvoľní 2,125 g  $CO_2$  a 0,511 g  $H_2O$ . Na základe týchto údajov vypočítajte sumárny vzorec látky **N**.
- Nakreslite štruktúru látky **N**.

### Úloha 3 (2,0 bodov)

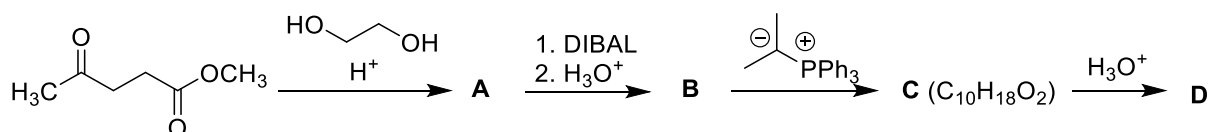
Captan je fungicíd na ochranu ovocia, zeleniny a okrasných rastlín pred škodlivými hubami. Jeho výroba začína Dielsovou-Alderovou reakciou, kde jedným z reagentov je buta-1,3-dién.



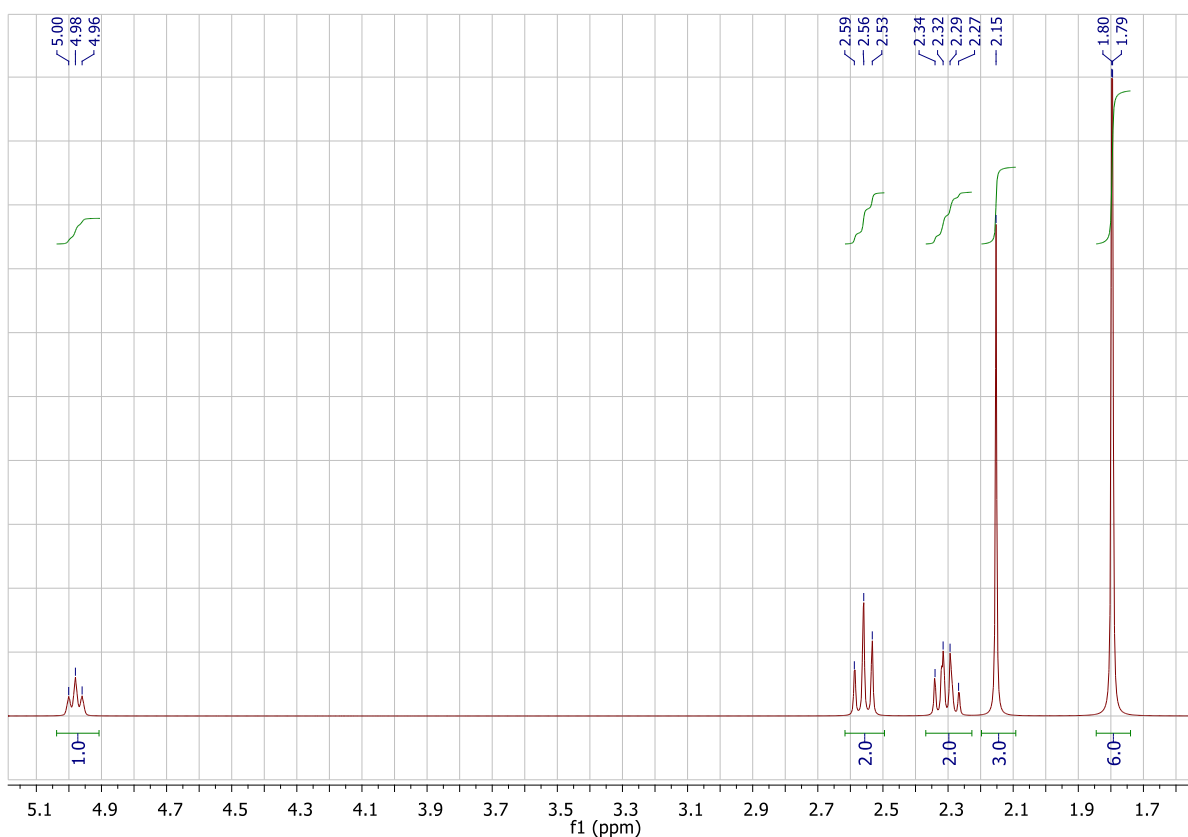
- a) Doplňte chýbajúce medziprodukty **A** – **C** v syntéze Captanu.  
 b) Je Captan chirálna zlúčenina? Svoju odpoveď zdôvodnite.

#### Úloha 4 (5,0 bodov)

Z metyl-4-oxopentenoátu možno nasledujúcim sledom reakcií pripraviť prírodnú zlúčeninu **D**, ktorá je obsiahnutá v silici tzv. citrónovej trávy (*Cymbopogon citratus*). Pre svoju citrónovú vôňu sa táto silica používa do mydiel, sviečok, sprejov, ale aj ako dochucovadlo pre potraviny. Na obrázku je vyobrazené  $^1\text{H}$  NMR spektrum zlúčeniny **D**.



- a) Nakreslite štruktúry zlúčenín **A-D**.  
 b) Pomenujte zlúčeninu **D** systematickým názvom.  
 c) Priradte signály  $^1\text{H}$  NMR spektra.  
 d) Transformáciu **A** na **B** možno uskutočniť aj dvomi reakciami, čo môže byť niekedy paradoxne výhodnejšie. Navrhните vhodné činidlá pre tieto reakcie. Poznámka: DIBAL = diizobutylalumíniumhydrid.



# ÚLOHY Z BIOCHÉMIE

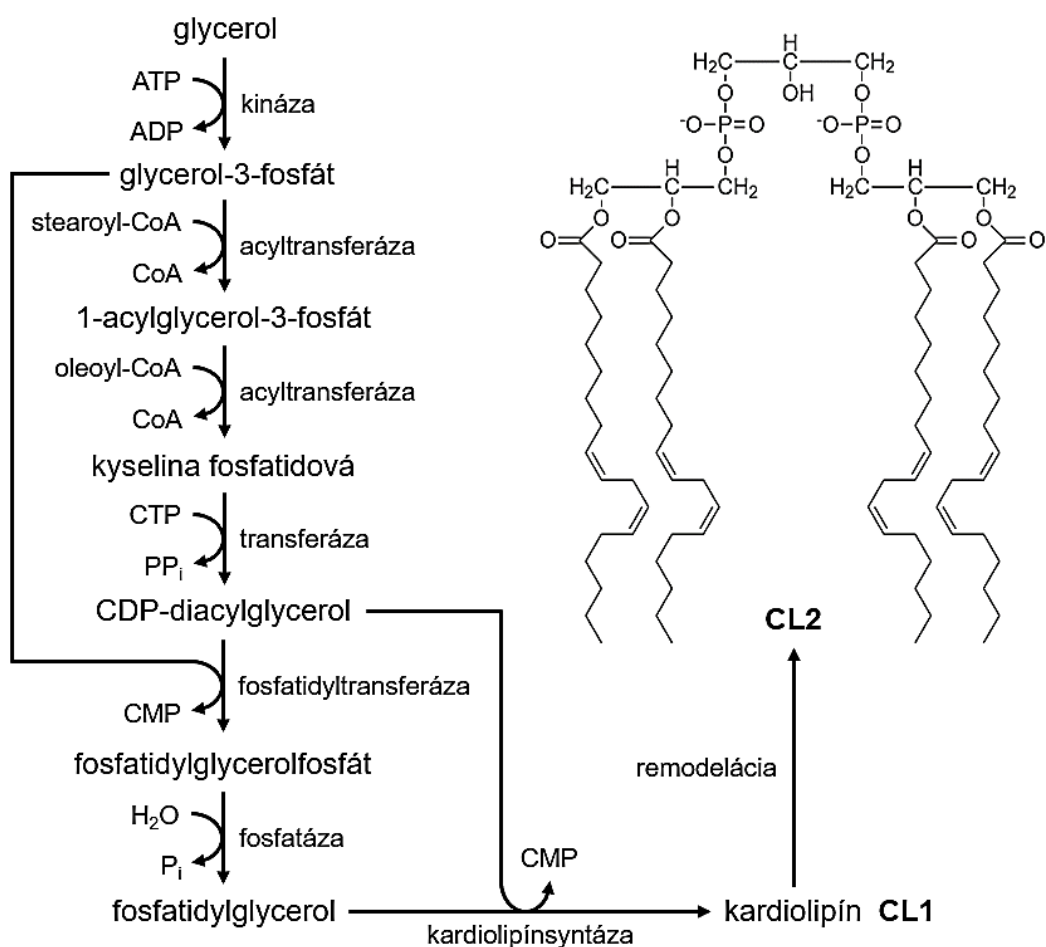
Chemická olympiáda – kategória A – 59. ročník – šk. rok 2022/23  
Krajské kolo

**Pavol Štefík, Boris Lakatoš**

Maximálne 8 bodov  
Doba riešenia: 40 minút

## ÚLOHA 1

Kardiolipín je glycerofosfolipid prítomný v membránach mitochondrií. Acyltransferázy zúčastňujúce sa syntézy kardiolipínu nevykazujú špecifickosť voči acyl-koenzýmom A (acyl-CoA), a preto môžu vznikať nesymetrické molekuly kardiolipínu. Keďže sa však v membránach mitochondrií vyskytuje ako symetrická molekula obsahujúca reťazce najmä polynenasýtených mastných kyselín, podlieha po de novo syntéze remodelácii, t. j. transesterifikácii pôvodných mastných kyselín za polynenasýtené (obrázok 1).



Obrázok 1. Schéma de novo syntézy kardiolipínu a jeho remodelácie.

1. Na základe schémy na obrázku 1 nakreslite štruktúrny vzorec kardiolípinu **CL1**.
2. Napíšte triviálny a systémový názov mastnej kyseliny, ktorá je esterifikovaná v kardiolípine **CL2**.
3. Napíšte sumárnu rovnicu biosyntézy kardiolípinu **CL1** z glycerolu.
4. Porovnajte a vysvetlite, ako vplývajú molekuly kardiolípinu **CL1** a **CL2** na fluiditu membrán.

Vo vnútornej mitochondriálnej membráne sa s molekulami kardiolípinu asociuje proteín obsahujúci hém, ktorý slúži ako prenášač elektrónov medzi komplexom III a IV v dýchacom reťazci.

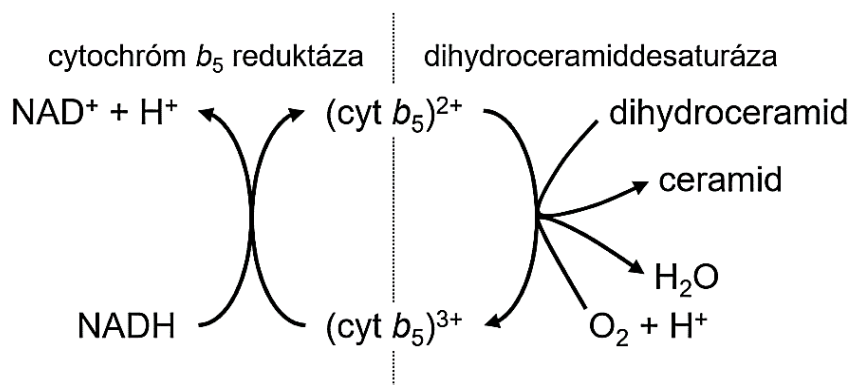
5. Ako sa nazýva spomínaný prenášač elektrónov v dýchacom reťazci?
6. Vysvetlite, ako prispievajú zvyšky lyzínu v molekule proteínového prenášača elektrónov k interakcii s molekulami kardiolípinu.

Pri oxidačnom strese bunka produkuje zvýšené množstvo reaktívnych foriem kyslíka, vrátane peroxidu vodíka. Je známe, že komplex kardiolípinu s prenášačom elektrónov v dýchacom reťazci má za týchto podmienok aj peroxidázovú aktivitu.

7. Vysvetlite, ktorý z kardiolípinov **CL1** a **CL2** bude náchylnejší na peroxidáciu (ako peroxidačné činidlo uvažujte  $\text{OH}^\bullet$  radikál).

## ÚLOHA 2

Dihydroceramiddesaturáza (DES) je enzým katalyzujúci poslednú reakciu de novo syntézy ceramidov, pri ktorej zavedie do molekuly dihydroceramidu dvojité väzby. Okrem dihydroceramidu využíva ako substráty aj redukovanú formu cytochrómu  $b_5$  ( $\text{cyt } b_5$ )<sup>2+</sup> a molekulový kyslík (obrázok 2).



Obrázok 2. Schéma reakcií katalyzovaných DES a CB5R.

1. DES využíva ako koenzým FAD. Napíšte jeho názov a uveďte triviálny názov vitamínu, ktorý je jeho súčasťou.
2. Nakreslite štruktúrny vzorec ceramidu, ktorý obsahuje kyselinu myristovú.
3. Napíšte stechiometrickú rovnicu reakcie katalyzovanej DES. Uveďte, ktoré zo substrátov DES vystupujú v reakcii ako oxidovadlo a redukovo.

Aby sa v membráne endoplazmatického retikula nevyčerpali zdroje  $(\text{cyt } b_5)^{2+}$  potrebného pre DES, oxidovaný cytochróm  $b_5$  ( $\text{cyt } b_5^{3+}$ ) spätne redukuje cytochróm  $b_5$  reduktáza (CB5R), ktorá ako redukčné činidlo využíva NADH (obrázok 2). Pre reakciu katalyzovanú CB5R poznáme nasledujúce údaje:



4. Predpokladajte, že pomer koncentrácií  $\text{NAD}^+/\text{NADH}$  sa v cytoplazme bunky udržiava na hodnote 500. Vypočítajte pomer koncentrácií  $(\text{cyt } b_5)^{2+}/(\text{cyt } b_5)^{3+}$ , ktorý sa musí dosiahnuť v membráne endoplazmatického retikula, aby reakcia katalyzovaná CB5R dosiahla rovnováhu pri pH 7 a 25 °C. Hodnota Faradayovej konštanty je  $96\,485 \text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

Pomôcka: Keďže sa výpočet týka rovnakého pH, pri ktorom sú definované štandardné redoxné potenciály, aktivitu (koncentráciu)  $\text{H}^+$  iónov považujte vo výpočtoch za jednotkovú.

---

**Autori:** Martin Brokeš, 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. Pavol Štefík

**Recenzenti:** Ing. Tibor Dubaj, PhD., Mgr. Jela Nociarová, PhD., doc. Ing. Ján Pavlík, PhD., Ing. Kristína Plevová, PhD., doc. Ing. Martin Šimkovič, PhD.

**Slovenská komisia Chemickej olympiády**

**Vydal:** NIVAM – Národný inštitút vzdelávania a mládeže, Bratislava 2023