

CHEMICKÁ OLYMPIÁDA

53. ročník, školský rok 2016/2017

Kategória A

Celoštátne kolo

TEORETICKÉ ÚLOHY



ÚLOHY Z ANORGANICKEJ A ANALYTICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 53. ročník – školský rok 2016/17
Celoštátne kolo

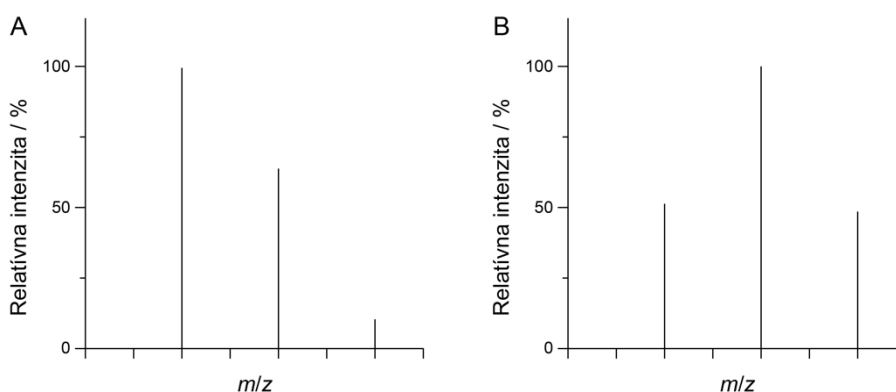
Michal Juríček, Rastislav Šípoš

Maximálne 18 bodov
Doba riešenia 70 minút

Venované pamiatke Doc. RNDr. Marty Sališovej, CSc. (1945–2016), dlhoročnej autorky úloh CHO z organickej chémie.

Úloha 1 (9 bodov)

V laboratóriu boli pripravené dve soli, bromid a chlorid železitý, ktoré obsahovali len izotop železa ^{56}Fe . Bróm a chlór vykazovali prírodné zastúpenie izotopov. Keďže ani jedna zo solí nebola po príprave označená, na ich rýchlu identifikáciu sa použila hmotnostná spektrometria s nízkym rozlíšením.



Obrázok 1

- 1.1** Pomocou údajov uvedených na konci úlohy určite a zdôvodnite, ktoré zo spektier A a B (obrázok 1) patrí bromidu železitému a ktoré chloridu železitému. Poznámka: Ukázané sú len časti spektier, v ktorých je vidieť signály patriace iónom FeX_2^+ ($\text{X} = \text{Br}$ alebo Cl) a v spektrách nie sú uvedené číselné hodnoty m/z (rozdiel medzi jednotlivými signálmi je $m/z = 2$). Predpokladajte, že relatívna intenzita signálov je úmerná mólovému zastúpeniu izotopov.

Následne boli v laboratóriu pripravené dve vzorky bromidu železitého. Prvá vzorka obsahovala izotopy železa ^{54}Fe a ^{56}Fe v pomere presne 1:1 a druhá izotopy železa ^{56}Fe a ^{57}Fe v pomere presne 1:1. Bróm vykazoval prírodné zastúpenie izotopov. Keďže ani jedna zo solí nebola po príprave označená, na ich identifikáciu sa opäť použila hmotnostná spektrometria s nízkym rozlíšením. V spektre C boli prítomné tri signály a v spektre D štyri signály patriace iónom FeBr^{2+} .

- 1.2** Pomocou údajov uvedených na konci úlohy určite a zdôvodnite, ktoré zo spektier C a D patrí prvej a ktoré druhej vzorke bromidu železitého.
- 1.3** Pomocou údajov uvedených na konci úlohy vypočítajte relatívnu intenzitu signálov patriacich FeBr^{2+} v hmotnostnom spektre s nízkym rozlíšením prvej vzorky bromidu železitého, v ktorom bol najintenzívnejší signál normovaný na 100 %. Predpokladajte, že relatívna intenzita signálov je úmerná mólovému zastúpeniu izotopov.
- 1.4** Pomocou údajov uvedených na konci úlohy vypočítajte mólovú hmotnosť druhej vzorky bromidu železitého s presnosťou na päť platných číslic.

V laboratóriu bol pripravený aj chlorid železnatý a chlorid železitý. Obidve soli obsahovali izotopy železa ^{54}Fe a ^{56}Fe v pomere presne 1:1. Z týchto chloridov sa následne pripravili dva komplexy železa, hexakyanoželeznatan draselný a hexakyanoželezitan draselný. Všetky prvky okrem železa vykazovali prírodné zastúpenie izotopov. Keďže ani jeden z komplexov nebol po príprave označený, na ich rýchlu identifikáciu sa použila hmotnostná spektrometria s nízkym rozlíšením. Pre každé meranie sa pripravil vodný roztok príslušného komplexu. Použila sa technika, pri ktorej sa ióny negenerujú, ale detegujú sa ióny, ktoré sú už v roztoku prítomné. Detegované sú aj ióny, ktoré môžu vzniknúť disociáciou jedného alebo viacerých ligandov. Pre identifikáciu komplexov železa sa hmotnostné merania uskutočnili v negatívnom móde, t.j., detegované boli len ióny, ktoré majú záporný náboj. V spektre E boli okrem iných detegované signály pri $m/z = 79$ a 80 v pomere približne 1:1 a v spektre F boli okrem iných detegované signály pri $m/z = 92$ a 93 v pomere približne 1:1.

- 1.5** Pomocou údajov uvedených na konci úlohy určite a zdôvodnite, ktoré zo spektier E a F patrí hexakyanoželeznatanu draselnému a ktoré hexakyano-

železitanu draselnému. V prípade uhlíka a dusíka, pri riešení uvažujte len izotop, ktorý je v prírode zastúpený najviac.

V laboratóriu sa našiel komerčný bezvodý chlorid železnatý, v ktorom všetky prvky vykazovali prírodné zastúpenie izotopov. Tento chlorid bol použitý na prípravu vodného roztoku chloridu železnatého. Prvá časť chloridu bola rozpustená v $^2\text{H}_2^{16}\text{O}$ a druhá časť v $^1\text{H}_2^{18}\text{O}$. Ani jeden z roztokov však nebol po príprave označený. Na ich identifikáciu sa tentokrát použila hmotnostná spektrometria s vysokým rozlíšením. Použila sa technika, pri ktorej sa ióny negenerujú, ale detegujú sa ióny, ktoré sú už v roztoku prítomné. V tomto prípade dokonca nedochádza ani k disociácii ligandov a deteguje sa len základný ión. Meranie sa uskutočnilo v pozitívnom móde, t. j., detegované boli len ióny, ktoré majú kladný náboj. V spektre G bol detegovaný najintenzívnejší signál pri $m/z = 88,01135$ a v spektre H bol detegovaný najintenzívnejší signál pri $m/z = 88,03628$.

1.6 Pomocou údajov uvedených nižšie určite a zdôvodnite, ktoré zo spektier G a H patrí roztoku chloridu železnatého v $^2\text{H}_2^{16}\text{O}$ a ktorý roztoku v $^1\text{H}_2^{18}\text{O}$. Pri riešení zanedbajte hydrolýzu a pri výpočte zoberte do úvahy aj hmotnosť elektrónu.

Relatívna atómová hmotnosť (A_r) a prírodné zastúpenie (mólové %, v zátvorke) stabilných izotopov vybraných prvkov: $A_r(^1\text{H}) = 1,007825$ (99,99), $A_r(^2\text{H}) = 2,014102$ (0,01), $A_r(^{12}\text{C}) = 12,000000$ (98,93), $A_r(^{13}\text{C}) = 13,003355$ (1,07), $A_r(^{14}\text{N}) = 14,003074$ (99,64), $A_r(^{15}\text{N}) = 15,000109$ (0,36), $A_r(^{16}\text{O}) = 15,994915$ (99,76), $A_r(^{17}\text{O}) = 16,999132$ (0,04), $A_r(^{18}\text{O}) = 17,999161$ (0,21), $A_r(^{35}\text{Cl}) = 34,968853$ (75,770), $A_r(^{37}\text{Cl}) = 36,965903$ (24,230), $A_r(^{54}\text{Fe}) = 53,939611$ (5,85), $A_r(^{56}\text{Fe}) = 55,934938$ (91,75), $A_r(^{57}\text{Fe}) = 56,935394$ (2,12), $A_r(^{58}\text{Fe}) = 57,933276$ (0,28), $A_r(^{79}\text{Br}) = 78,918336$ (50,690), $A_r(^{81}\text{Br}) = 80,916290$ (49,310). Relatívna hmotnosť elektrónu: $m_r(e) = 0,00054857991$.

Úloha 2 (9 bodov)

Vodík tvorí zlúčeniny s takmer všetkými známymi prvkami. Prvou zosyntetizovanou binárnou zlúčeninou vodíka s prechodným kovom bol hydrid meďný, popísaný v roku 1844. Pripravil sa ako červenohnedá zrazenina po redukcii vodného roztoku síranu meďnatého kyselinou fosfornou. Ďalšou skupinou hydridov prechodných prvkov sú

karbonyly, ako napr. hydrido-tetrakarbonylkobaltný komplex, alebo cyklopentadienyl-hydrido-trikarbonylchrómnatý komplex, kde sa nachádzajú väzby vodík–kov. Jednými z mála hydridov, kde hydridový anión je jediným ligandom viazaným na atóm kovu, sú nonahydridorenistan draselný, jeho sodný analóg a nonahydridotechnecistan draselný. V prvých prácach z rokov 1954 – 1961 sa zloženie nonahydridorenistanu draselného ešte uvádzalo nesprávne ako $KRe \cdot 4H_2O$, $KReH_4 \cdot 2H_2O$ alebo K_2ReH_8 . Až v roku 1969 sa publikovala jeho syntéza s dostatočným výťažkom a čistotou produktu, ktorá umožnila definitívne určenie jeho vzorca.

Celá príprava prebiehala v atmosfére dusíka, aby sa zabránilo prístupu vlhkosti a kyslíka. Najprv sa pripravil roztok renistanu sodného rozpustením renistanu sodného v 180,0 ml absolútneho etanolu. Do neho sa za rýchleho miešania pridala približne šestina potrebného množstva sodíka. Po zhnednutí sa roztok začal pod refluxom zahrievať a postupne sa pridalo zvyšné množstvo sodíka. Po kompletnom zreagovaní sodíka sa zmes centrifugovala a zrazenina sa extrahovala 3 % etanolovým roztokom etanolátu sodného, následne sa viackrát premyla izopropanolom a éterom. Po predbežnom vysušení sa finálny produkt dosušil pod vákuom najprv hodinu pri teplote 25 °C a potom ešte niekoľko hodín pri teplote 82 °C.

Renistan sodný sa pripravil reakciou oxidu renistého s vodným roztokom hydroxidu sodného. Do 10,00 % roztoku hydroxidu sodného, ktorý bol v 20 % nadbytku, sa po malých dávkach pridával oxid renistý. Roztok sa nechal doreagovať a následne sa nechal vykryštalizovať renistan sodný.

Oxid renistý sa pripravil spálením 1,632 g kovového rénia v prúde kyslíka. Kyslík sa pripravil katalytickým rozkladom roztoku chlórnanu vápenatého. Najprv sa pripravilo 100,0 cm³ 0,1000 % roztoku chloridu kobaltnatého, z ktorého sa nalialo 10,00 cm³ do frakčnej banky. K tomuto roztoku sa následne prikvapkával teplý roztok chlórnanu vápenatého. Došlo k vzniku zrazeniny oxidu kobaltitého, ktorý následne katalyzoval rozklad chlórnanu vápenatého za vzniku kyslíka. Kyslík sa po vysušení pomocou bezvodého chloridu vápenatého a koncentrovanej kyseliny sírovej zavádzal do trubice, kde reagoval s réniom pri teplote 150 °C. Oxid renistý sa prečistil sublimáciou v prúde kyslíka a po vychladnutí sa okamžite uzatvoril v nádobe s atmosférou dusíka.

2.1 V stavovom tvare napíšte rovnicu prípravy hydridu meďného.

- 2.2** V stavovom tvare napíšte tri rovnice postupnej prípravy nonahydridorenistanu sodného vychádzajúc z rénia.
- 2.3** V stavovom tvare popíšte štyrmi rovnicami postupnú prípravu kyslíka katalytickým rozkladom chlórnanu vápenatého. Zoberte do úvahy zásadité vlastnosti chlórnanu vápenatého.
- 2.4** Vypočítajte potrebné množstvá hexahydrátu chloridu kobaltnatého a chlórnanu vápenatého na prípravu kyslíka, keď využitie kyslíka pri príprave oxidu renistého je 18,30 %. Vypočítajte objem vody potrebný na prípravu roztokov chloridu kobaltnatého a 18,00 % roztoku chlórnanu vápenatého. Hustotu roztoku chloridu kobaltnatého považujte v dôsledku zriedenia za rovnú hustote vody.
- 2.5** Vypočítajte pH pripraveného roztoku chlórnanu vápenatého.
- 2.6** Vypočítajte hmotnosť hydroxidu sodného a objem vody, ktoré sú potrebné na prípravu renistanu sodného. Vypočítajte hmotnosť sodíka, ktorý sa použije v 2,6-násobnom množstve vzhľadom na stechiometriu reakcie prípravy nonahydridorenistanu sodného, keď pri kryštalizácii renistanu sodného z roztoku hydroxidu sodného sa získalo 82,0% stechiometrického množstva.
- 2.7** Aké množstvo nonahydridorenistanu sodného sa získalo, ak výťažok produktu po premytí a vysušení bol 35,0%?

$M(\text{Re}) = 186,207 \text{ g.mol}^{-1}$, $M(\text{O}) = 15,9994 \text{ g.mol}^{-1}$, $M(\text{H}) = 1,00794 \text{ g.mol}^{-1}$, $M(\text{Na}) = 22,98977 \text{ g.mol}^{-1}$, $M(\text{Ca}) = 40,078 \text{ g.mol}^{-1}$, $M(\text{Cl}) = 35,453 \text{ g.mol}^{-1}$, $M(\text{C}) = 12,0107 \text{ g.mol}^{-1}$, $M(\text{Co}) = 58,9332 \text{ g.mol}^{-1}$, $\text{p}K_{\text{a}}(\text{HClO}) = 7,40$

ÚLOHY Z FYZIKÁLNEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 53. ročník – školský rok 2016/17
Celoštátne kolo

Ján Reguli

Maximálne 17 bodov,
doba riešenia 60 minút

Úloha 1 (3 body)

Do nádoby s objemom 10 litrov, obsahujúcej dusík pri atmosférickom tlaku 101 325 Pa a teplote 25 °C, sme vhodili kocku suchého ľadu. Nádobu sme uzavreli a počkali sme na odparenie CO₂ (predpokladáme, že teplota sa nezmenila). Tlak v nádobe stúpol na 125 kPa. Aká bola hmotnosť CO₂? Aká je molárna hmotnosť a hustota plynnej zmesi dusíka a CO₂? Predpokladáme jej ideálne správanie. $M(\text{N}_2) = 28,01 \text{ g mol}^{-1}$, $M(\text{CO}_2) = 44,01 \text{ g mol}^{-1}$.

Úloha 2 (3 body)

Plynná zmes sa skladá z 300 mg metánu, 175 mg argónu a 225 mg neónu. Parciálny tlak neónu pri 300 K je 33,00 kPa. Vypočítajte objem, celkový tlak a hustotu tejto ideálne sa správajúcej plynnej zmesi. $M(\text{CH}_4) = 16,04 \text{ g mol}^{-1}$, $M(\text{Ar}) = 39,95 \text{ g mol}^{-1}$, $M(\text{Ne}) = 20,18 \text{ g mol}^{-1}$.

Úloha 3 (1 bod)

Tlak nasýtenej pary čistého benzénu pri teplote 100 °C je $p_B^* = 179,2 \text{ kPa}$ a čistého toluénu $p_T^* = 74,17 \text{ kPa}$. Na stole je pri tlaku 101,325 kPa položená kadička s kvapalinou zohriatou na 100 °C. Je v nej benzén alebo toluén?

Úloha 4 (6 bodov)

Uzavretá dvojfázová sústava benzén – toluén obsahuje 46 hmotnostných % benzénu. Pri teplote 96 °C a tlaku 101,325 kPa sa v sústave ustálila rovnováha medzi kvapalnou a parnou fázou. Koľko percent z celkového látkového množstva benzénu, prítomného v sústave je v parnej fáze? Hodnota mólového zlomku benzénu v kvapalnej fáze je $x_B = 0,3765$, parciálny tlak benzénu má hodnotu $p_B = 60,428 \text{ kPa}$. Aké sú hodnoty tlakov nasýtených pár čistých zložiek pri 96 °C?

Znázornite izotermický fázový diagram sústavy benzén – toluén pri 96 °C.
($M_B = 78,11 \text{ g mol}^{-1}$, $M_T = 92,14 \text{ g mol}^{-1}$)

Úloha 5 (4 body)

Katalytický rozklad látky A prebieha podľa rovníc



Pri teplote 500 K rýchlostné konštanty a aktivačné energie uvedených reakcií majú nasledovné hodnoty

$$a) k_a = 2,00 \cdot 10^{-3} \text{ min}^{-1}, \quad E_a = 50 \text{ kJ mol}^{-1},$$

$$b) k_b = 2,00 \cdot 10^{-4} \text{ min}^{-1}, \quad E_b = 100 \text{ kJ mol}^{-1}.$$

Zistite teplotu, pri ktorej sa rýchlosť rozpadu podľa rovnice (a) bude rovnať rýchlosti rozpadu podľa rovnice (b). Aká bude hodnota rýchlostných konštánt pri tejto teplote?

ÚLOHY Z ORGANICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 53. ročník – školský rok 2016/17
Celoštátne kolo

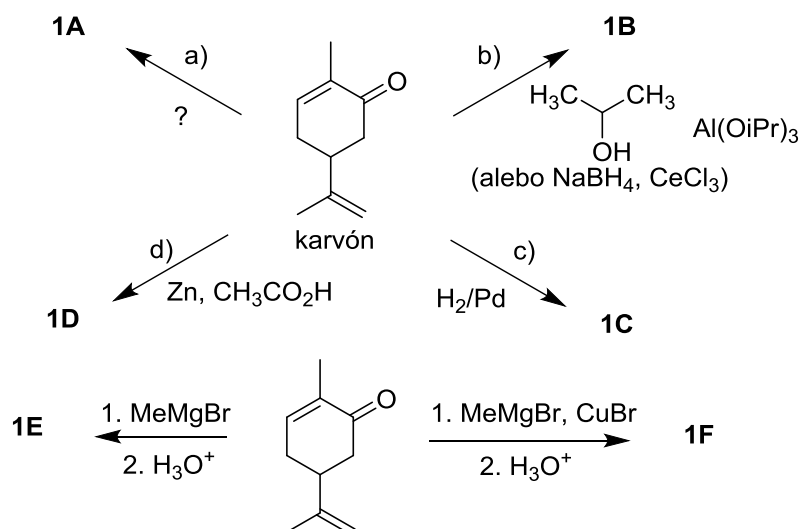
Radovan Šebesta, Michal Májek

Maximálne 17 bodov
Doba riešenia: 60 minút

Úloha 1 (5,0 bodov, 20 pb)

V tejto úlohe sa pozrieme na chemické vlastnosti terpénov, najmä karvónu (2-metyl-5-(prop-1-én-2-yl)cyklohex-2-én-1-ón).

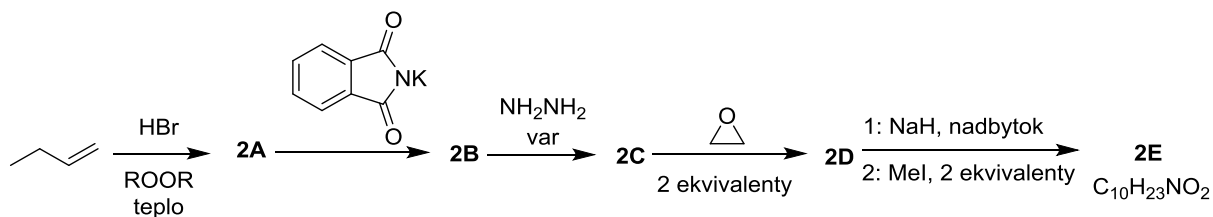
- a) Navrhните chemickú reakciu, ktorou sa z karvónu získa limonén (**1A**, 1-metyl-4-(prop-1-én-2-yl)cyklohex-1-én). Nakreslite štruktúrny vzorec limonénu.
- b) Reakciou karvónu s propán-2-olom a $\text{Al}(\text{OiPr})_3$, tzv. Meerweinova–Ponndorfova–Verleyova redukcia, sa získa karveol (**1B**). Rovnaký produkt poskytne aj reakcia NaBH_4 a CeCl_3 , tzv. Lucheova redukcia. Určte štruktúru **1B** a pomenujte systematickým názvom.
- c) Reakciou karvónu s H_2 v prítomnosti Pd ako katalyzátora sa získa zlúčenina **1C**. Nakreslite jej štruktúru.
- d) Reakciou karvónu so zinkom v prostredí kyseliny octovej sa získa zlúčenina **1D**. Nakreslite jej štruktúru.
- e) Karvón poskytuje s Grignardovými činidlami ako napr. metylmagnézium bromidom adičný produkt **1E**. Ak sa však do reakčnej zmesi pridá ešte malé množstvo CuBr tak sa získa odlišný produkt **1F**. Nakreslite štruktúry produktov **1E** a **1F**.



f) Zaujímavosťou karvónu je aj fakt, že jeho enantioméry majú odlišnú vôňu. (*R*)-Karvón má vôňu mäty, zatiaľ čo jeho (*S*)-enantiomér vonia ako rasca. Napíšte štruktúrne vzorce oboch enantiomérov a označte ich správnym deskriptorom *R* alebo *S*.

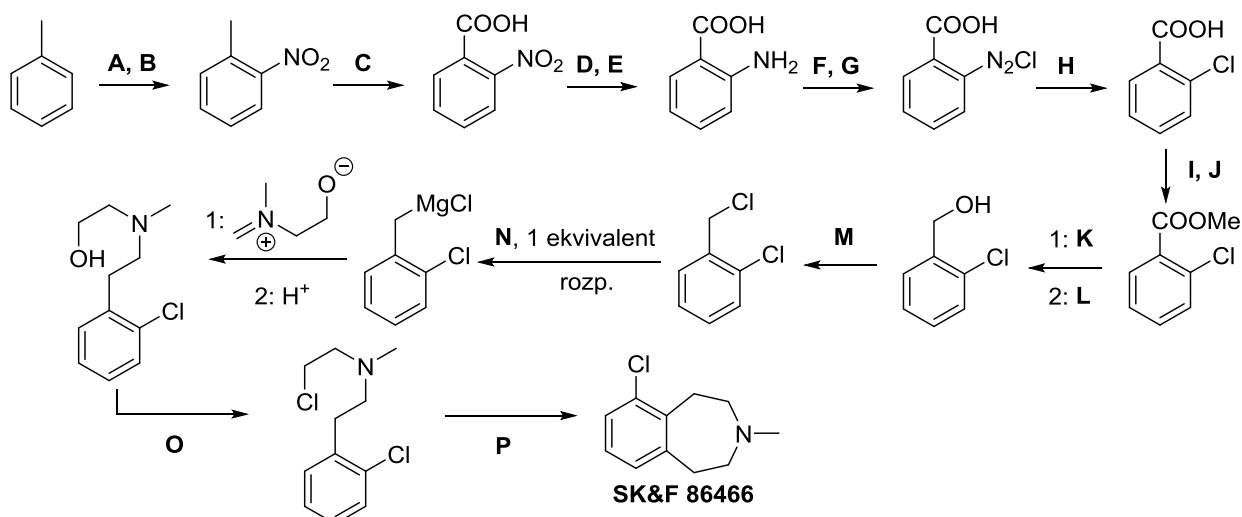
Úloha 2 (2,5 bodu, 10 pb)

Nasledovná zlúčenina bola pripravená pre jej schopnosť zvyšovať rozpustnosť niektorých anorganických látok v organických rozpúšťadlách. Doplňte medziprodukty **2A-D** a finálny produkt **2E**. Finálny produkt nemá v IČ spektre význačné signály (okrem vibrácií C-H väzieb).



Úloha 3 (6,5 bodu, 26 pb)

Adrenalin sa v tele viaže na rôzne receptory. Zatiaľ čo blokátory β -adrenergných receptorov sú jedny z najčastejšie užívaných liekov proti vysokému tlaku, blokátory α -adrenergných receptorov sa využívajú len pri skúmaní metabolizmu, pretože pri ich klinickom použití by hrozili vážne vedľajšie účinky. Jeden z najsilnejších blokátorov α -adrenergných receptorov je látka s pracovným názvom SK&F 86466:



a) Doplňte reagenty **A-P**.

b) Navrhnite aké rozpúšťadlo by ste použili pre reakciu s reagentom **N**.

Úloha 4 (3 body, 12 pb)

V 50. rokoch minulého storočia izolovali výskumníci z Novozélandskej myrty zlúčeninu bulatenón (**4A**), a navrhli jej štruktúru ako 6-fenyl-3-metyl-2,3-dihydro-4*H*-pyrán-4-ón. Neskôr, keď ju vedci syntetizovali aj v laboratóriu, na prekvapenie zistili, že jej spektrálne údaje sa nezhodujú s prírodným bulatenónom (**4B**). Prírodný bulatenón má v hmotnostnom spektre pík m/z 188. V IČ spektre má dôležité signály pri 1604 a 1705 cm^{-1} . V ^1H NMR spektre sú nasledujúce signály δ^{H} : 1,45 (6H, s); 5,82 (1H, s); 7,35 (3H, m); 7,68 (2H, m). Zistilo sa tiež, že adíciou fenyllítia v prítomnosti meďných solí sa získa zlúčenina, ktorá má dve ekvivalentné fenylové skupiny. Určte správnu štruktúru prírodného bulatenónu (**4B**) a pomenujte ho systematickým názvom. Nakreslite štruktúru pôvodne navrhutej zlúčeniny **4A**.

ÚLOHY Z BIOCHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 53. ročník – šk. rok 2016/17
Celoštátne kolo

Boris Lakatoš

Maximálne 8 bodov
Doba riešenia: 40 min

ÚLOHA 1 (8 b)

Degradácia chlorofylu účinkom baktérií tvoriacich súčasť mikroflóry tráviaceho traktu prežúvavcov vedie k uvoľneniu fytolu, ktorého štruktúra je uvedená v Schéme č. 1. Následne je fytol v živočíšnych bunkách premieňaný na kyselinu fytánovú (kyselinu 3,7,11,15-tetrametylhexadekánovú), ktorá sa ukladá v mäse a mlieku prežúvavcov a tak sa môže vo forme potravy dostať do ľudského organizmu. Premena fytolu na fytanoyl-CoA je viackrokový mechanizmus.

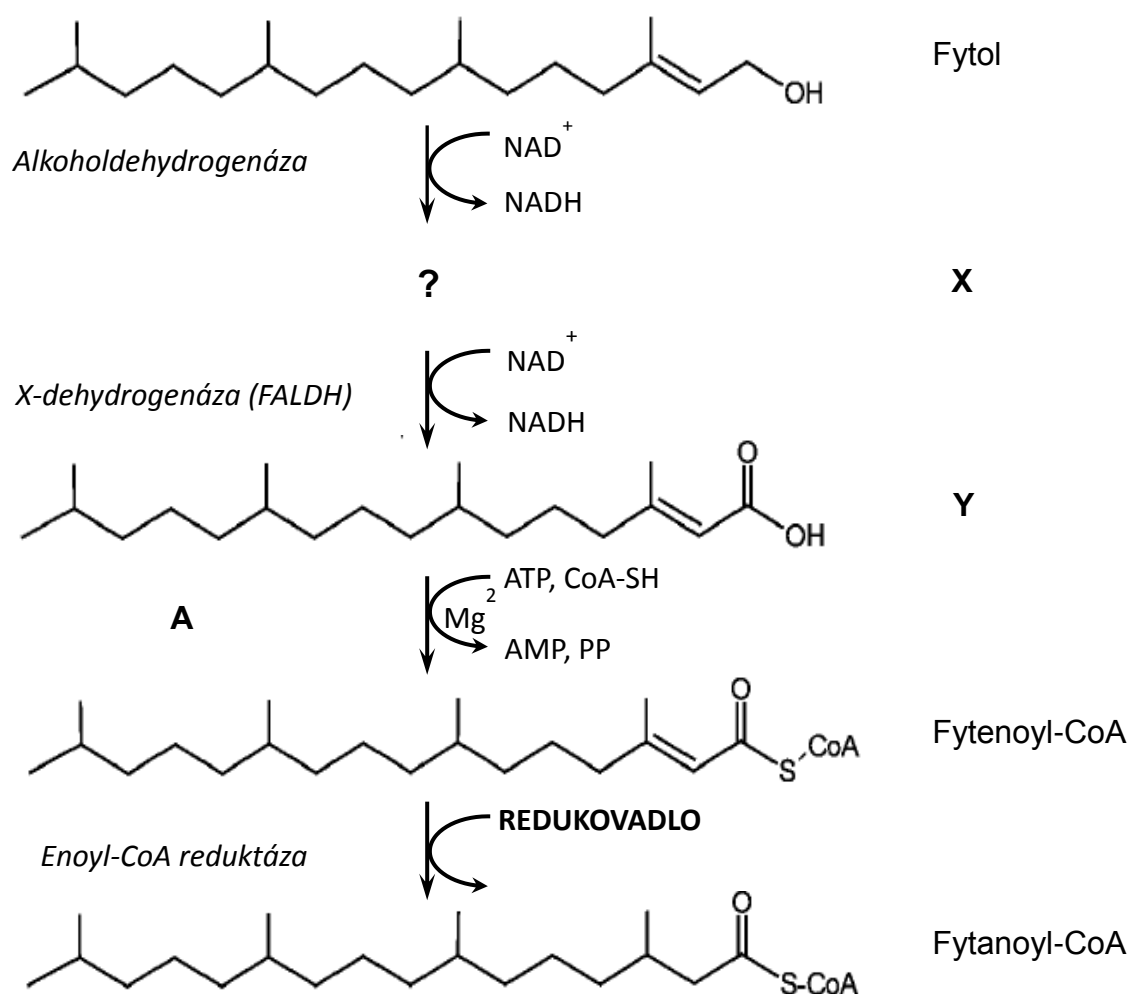


Schéma č.1

Prvým enzýmom zapojeným do premeny fytolu je alkoholdehydrogenáza s koenzýmom NAD^+ .

a) Nakreslite štruktúrny vzorec produktu **X** a pomenujte ho.

Ďalšou reakciou je opäť oxidácia účinkom X-dehydrogenázy (FALDH).

b) Pomenujte produkt reakcie katalyzovanej X-dehydrogenázou **Y**.

Nasledujúcou reakciou sa produkt **Y** aktivuje. K tejto reakcii je okrem enzýmu potrebné ATP a CoA-SH (koenzým A).

c) Napíšte názov enzýmu **A**, ktorý je zodpovedný za aktiváciu mastných kyselín.

Poslednou reakciou premeny fytolu na fytanoyl-CoA je redukcia dvojitej väzby. Pri tejto reakcii enzým enoyl-CoA reduktáza využíva ako koenzým redukované redukčné činidlo, ktoré sa zúčastňuje najmä anabolických reakcií a jeho hlavným zdrojom v bunke je pentózový cyklus.

d) Napíšte celý názov redukovadla pôsobiaceho pri vzniku fytanoyl-CoA.

Kyselina fytánová sa následne degraduje oxidačnou cestou. Jej oxidácia však neprebíha v mitochondriách, ale v peroxizónoch dráhou, ktorej hovoríme α -oxidácia. V tomto procese dochádza najskôr k oxidácii kyseliny fytánovej molekulovým kyslíkom za účinku enzýmu fytanoyl-CoA hydroxyláza a následnému štiepeniu vzniknutého medziproduktu enzýmom 2-hydroxyfitanoyl-CoA lyáza. Tento enzým vyžaduje ako kofaktor tiamínpyrofosfát (TPP). Spomenuté reakcie sú naznačené v Schéme č. 2 uvedenej na nasledujúcej strane.

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

Recenzenti: Ing. Tibor Dubaj, PhD., Martin Lukačičin, MBiochem, Ing. Ján Pavlík, PhD., Ing. Kristína Plevová, PhD., Ing. Miroslav Tatarko, PhD.

Slovenská komisia Chemickej olympiády

Vydal: IUVENTA – Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2017

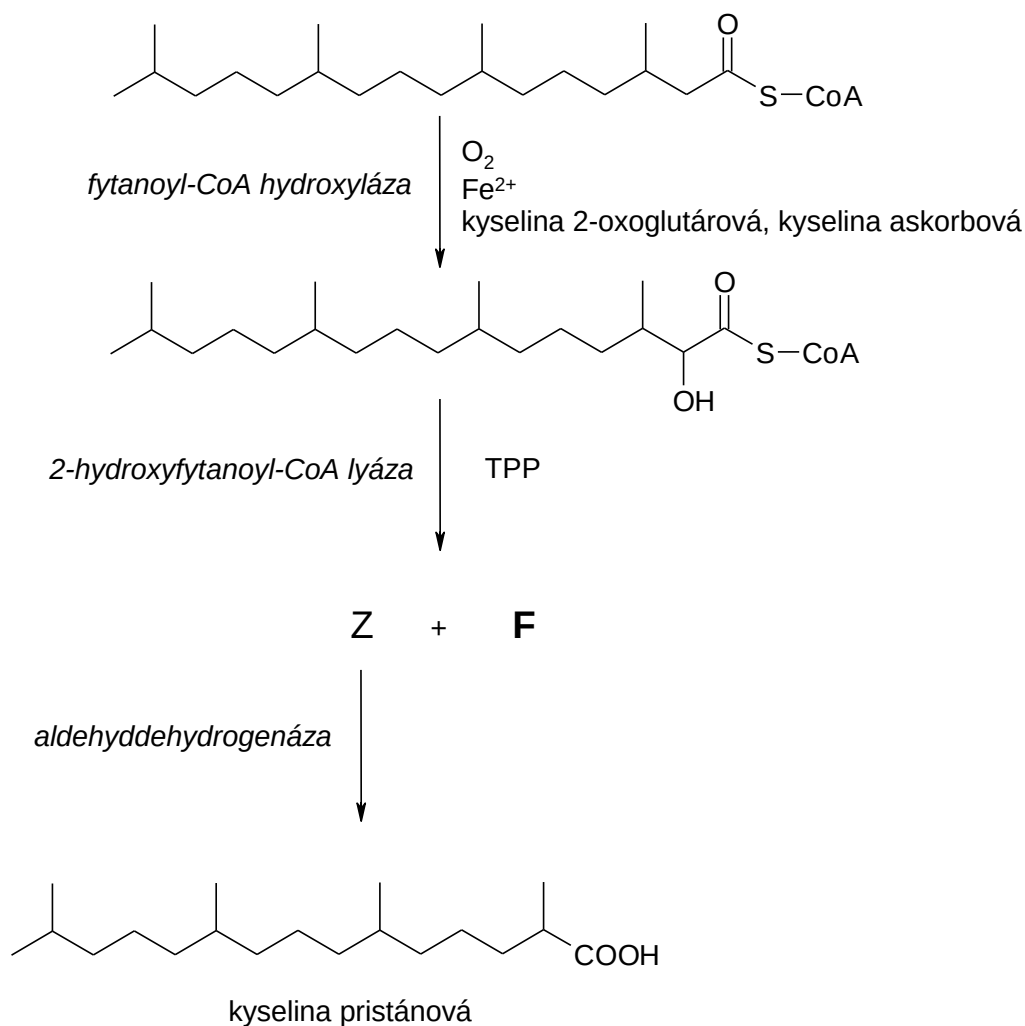


Schéma č.2

e) Nakreslite štruktúrne vzorce produktov Z a F.

f) Napíšte systémový názov kyseliny pristánovej.

Predpokladajte, že vzniknutá kyselina pristánová je ďalej degradovaná v β -oxidácii, ktorá prebieha v peroxizómoch rovnako ako v mitochondriách.

g) Napíšte aké produkty vzniknú pri degradácii tejto mastnej kyseliny.

h) Vypočítajte aký by bol celkový energetický výťažok z degradácie jednej molekuly fytolu (v ekvivalentoch ATP) ak by molekuly vzniknutých redukovaných redukčných ekvivalentov a acetyl-CoA v peroxizómoch slúžili na vznik ATP v mitochondriách. Spotrebu redukovadla potrebného pre syntézu fytanoyl-CoA neberte do úvahy. Pre zjednodušenie výpočtu berte do úvahy, že 1 molekula NADH poskytne prechodom cez dýchací reťazec 3 molekuly ATP, 1 molekula $FADH_2$ poskytne 2 molekuly ATP.