

CHEMICKÁ OLYMPIÁDA

55. ročník, školský rok 2018/19

Kategória A

Krajské kolo

TEORETICKÉ ÚLOHY



ÚLOHY Z ANORGANICKEJ A ANALYTICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 55. ročník – školský rok 2018/19
Krajské kolo

Michal Juríček, Rastislav Šípoš

Maximálne 18 bodov
Doba riešenia 70 minút

Úloha 1 (18 bodov)

Dusík a fosfor patria do 15. skupiny periodickej sústavy chemických prvkov. Za normálnych podmienok existuje dusík vo forme dvojatómových molekúl ako inertný plyn, ktorý tvorí 78 % zemskej atmosféry. Fosfor má ako čistá látka niekoľko modifikácií. Všetky sú reaktívne a preto sa fosfor v prírode vyskytuje len v zlúčeninách, prevažne ako súčasť minerálov v zemskej kôre. Oba prvky sú dôležitými stavebnými jednotkami živej hmoty, vyskytujú sa vo všetkých živých organizmoch. Nájdeme ich v nukleových kyselinách RNA a DNA, ako aj v energetických prenášačoch ADP a ATP.

1. Nakreslite elektrónový štruktúrny vzorec N_2 .
2. Nakreslite energetický diagram molekulových orbitálov pre molekulu N_2 , pričom použite len $2p$ orbitály atómov dusíka. Nakreslite tvar a obsadenie elektrónmi výsledných molekulových orbitálov a každý označte ako väzbový, neväzbový alebo protiväzbový. Na základe tohto diagramu určte väzbový poriadok v molekule N_2 . Je tento poriadok v súlade so vzorcom z podúlohy 1?

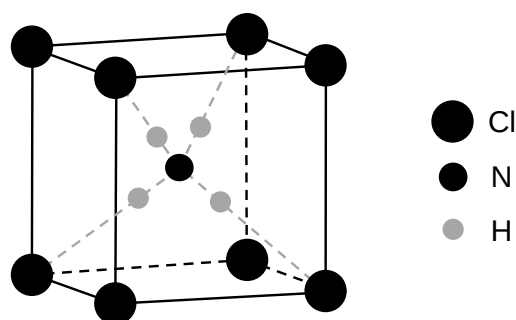
Najznámejšie alotropické modifikácie fosforu sú biely, červený a čierny fosfor. Zatiaľ čo biely fosfor je tvorený molekulami P_4 , červený a čierny fosfor majú polymérnu štruktúru. Vo všetkých troch modifikáciách je každý atóm fosforu viazaný s tromi susednými atómami fosforu pomocou jednoduchých väzieb.

3. Na základe entalpií väzieb (H) $N-N$, $N\equiv N$, $P-P$ a $P\equiv P$ uvedených nižšie vysvetlite, prečo dusík existuje vo forme dvojatómového plynu, zatiaľ čo fosfor existuje vo forme tuhých modifikácií ako je napríklad P_4 .

$$H(\text{N}-\text{N}) = 160 \text{ kJ mol}^{-1}, H(\text{N}\equiv\text{N}) = 946 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$H(\text{P}-\text{P}) = 209 \text{ kJ mol}^{-1}, H(\text{P}\equiv\text{P}) = 490 \text{ kJ mol}^{-1}$$

4. Nakreslite elektrónový štruktúrny vzorec molekuly P_4 a pomocou teórie VSEPR určte a pomenujte jej tvar.
5. Biely fosfor P_4 bol prijatý ako štandardný stav fosforu. Je to však metastabilná modifikácia fosforu, ktorej zahriatím pri 540 K v inertnej atmosfére vzniká červený fosfor. Určte hybridizáciu atómov fosforu a veľkosť uhlov $\text{P}-\text{P}-\text{P}$ v P_4 . Pomocou týchto údajov vysvetlite metastabilitu bieleho fosforu.
6. Oxidáciou bieleho fosforu vzniká oxid fosforečný so sumárnym vzorcom P_4O_{10} . Nakreslite elektrónový štruktúrny vzorec tejto molekuly a v stavovom tvare napíšte rovnicu prípravy P_4O_{10} .
7. Reakciou oxidu fosforečného s kyselinou dusičnou sa dá pripraviť oxid dusičný, ktorý má sumárny vzorec N_2O_5 . V stavovom tvare napíšte rovnicu tejto reakcie a nakreslite elektrónový štruktúrny vzorec tohto oxidu dusíka.
8. Jedna z anorganických solí dusíka je dôležitou priemyselnou látkou, ktorá sa používa ako jeden z reaktantov pri výrobe hnojív. Základná bunka kryštálovej štruktúry tejto zlúčeniny je znázornená na obrázku 1. Na základe poskytnutých informácií, určte sumárny vzorec tejto zlúčeniny, oxidačný stupeň atómov dusíka, uhol $\text{H}-\text{N}-\text{H}$ a celkový náboj základnej bunky.



Obrázok 1. Základná bunka kryštálovej štruktúry anorganickej soli dusíka.

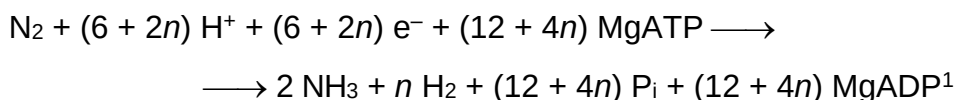
Šedé prerušované čiary spájajú stred kocky so štyrmi z jeho vrcholov.

9. Dôležitou anorganickou soľou fosforu je hexafluoridofosforečnan lítny, ktorý sa používa ako elektrolyt v lítiových batériách. Nakreslite elektrónový štruktúrny vzorec aniónu tejto soli a pomocou teórie VSEPR určte jeho tvar.

Typickými oxokyselinami dusíka a fosforu sú kyselina dusičná a trihydrogenfosforečná. Jedna je silná jednosýtna kyselina, zatiaľ čo druhá je stredne silná jednosýtna a slabá dvoj- a trojsýtna kyselina. Síce v oboch vystupujú prvky v maximálnom oxidačnom stupni, ale ich oxidačno-redukčné vlastnosti sú značne rozdielne. Kyselina dusičná je silným oxidovadlom, produkty jej oxidačného pôsobenia závisia od jej koncentrácie. Pri kyseline trihydrogenfosforečnej a jej soliach sa pozorujú skôr kondenzačné reakcie.

10. V stavovom tvare napíšte reakciu kyseliny dusičnej v koncentrovanom vodnom roztoku s meďou a v zriedenom a veľmi zriedenom vodnom roztoku so železom.
11. Napíšte rovnicu prípravy difosforečnanu tetrasodného a trifosforečnanu pentasodného z príslušných (di)hydrogenfosforečnanov.

Jedna z pozoruhodných reakcií v prírode je fixácia (naviazanie) molekuly didusíka, N_2 , jej redukcia a zabudovanie do organických biomolekúl vo forme aminoskupiny. Napriek tomu, že vo vzduchu sa nachádza až 78 % dusíka, živočíchy ani rastliny nie sú schopné tento dusík využiť pri tvorbe zlúčenín ako sú aminokyseliny či nukleové kyseliny. Termínom nitrogenáza sa označuje skupina enzýmov katalyzujúcich redukciu molekuly didusíka na amoniak podľa reakcie ($n > 0$):

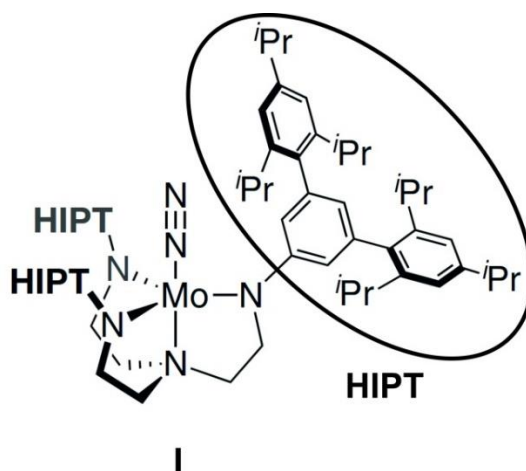


v ktorej P_i je skratka pre (di)hydrogenfosforečnanovú skupinu. Tieto enzýmy sa nachádzajú v baktériách žijúcich v symbióze s bôbovitými rastlinami. Najčastejšie skúmanou je MoFe nitrogenáza. Táto sa skladá z niekoľkých proteínov. Jedným je MoFe kofaktor, ktorý patrí medzi najzaujímavejšie systémy v chémii, lebo práve on katalyticky štiepi trojitú väzbu v N_2 za vzniku amoniaku.

¹ Označenie MgATP/ADP sa používa z dôvodu, že kation Mg^{2+} je nutný na biologické fungovanie ATP.

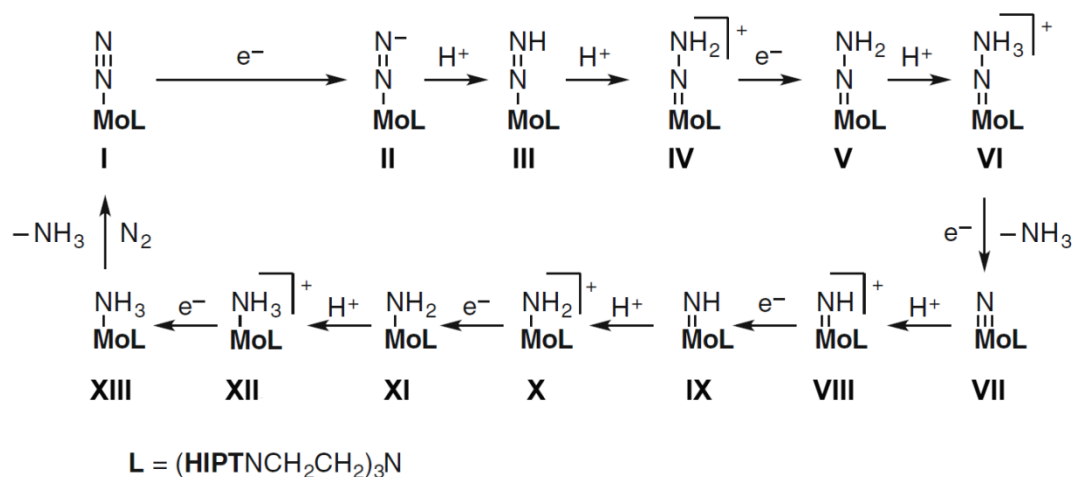
V prírode sa vytvorí približne 10^8 ton amoniaku z dusíka za rok, čo je ekvivalentné množstvu vyrobenému Haberovým-Boschovým procesom, ktorý je z energetického hľadiska relatívne náročný proces, prebiehajúci pri teplotách 350 – 550 °C a tlaku 150–350 atm. Z tohto dôvodu sa hľadajú nové možnosti syntézy amoniaku za menej drastických podmienok. Jednou z prvých bola katalytická redukcia didusíka na amoniak publikovaná nositeľom Nobelovej ceny za chémiu za rok 2005 R. R. Schrockom.

Ako katalyzátor vystupoval komplex $[(\text{HIPTN}_3\text{N})\text{Mo}(\text{N}_2)]$ (I) ($\text{HIPTN}_3\text{N}^{3-} = (\text{HIPTNCH}_2\text{CH}_2)_3\text{N}^{3-}$), ktorého štruktúra je na obrázku 2. Na obrázku 3 je znázornená schéma premeny didusíka na amoniak prebiehajúca v heptáne pri izbovej teplote. Zaujímavosťou je, že sa podarilo pripraviť a charakterizovať aj väčšinu z medziproduktov s rôzne viazanými ligandmi N_2 až NH_3 . Účinnosť tejto premeny je 65 %. Ako zdroj protónov sa použil tetraarylboritan 2,6-dimetylpyridínia² $(\text{LutH})\text{BAr}^{\text{F}}_4$, $\text{Ar}^{\text{F}} = 3,5-(\text{CF}_3)_2\text{C}_6\text{H}_3$, a zdrojom elektrónu bol dekametylchromocén $[\text{Cr}(\text{Cp}^*)_2]$, $\text{Cp}^* = \text{pentametylcyklopentadienidový anión}$).



Obrázok 2. Štruktúra katalyzátora I – $[(\text{HIPTN}_3\text{N})\text{Mo}(\text{N}_2)]$.

² Triviálne nazývaný lutidín.



Obrázok 3. Navrhnutá schéma katalytickej redukcie didusíka na amoniak.

12. Napíšte, ktoré z komplexov na obrázku 3 budú paramagnetické.
13. Nakreslite štruktúru aniónu BArF_4^- a porovnajte ho s aniónom hexafluoridofosforečnanovým z hľadiska rozpustnosti v polárnych a nepolárnych organických rozpúšťadlách a z hľadiska nukleofilicity.
14. Vypočítajte, koľko dekametylchromocénu, tetraarylboritanu 2,6-dimetylpyridínia a katalyzátora potrebujeme na prípravu 10,0 g amoniaku touto metódou. V dôsledku vedľajšej reakcie – tvorby divodíka (ktorá mimochodom prebieha aj v prírodnom procese) sa použije 6-násobok dekametylchromocénu a 8-násobok tetraarylboritanu 2,6-dimetylpyridínia vzhľadom na stechiometrické množstvá. Katalyzátor sa použil vzhľadom na pripravený amoniak v substechiometrickom množstve 0,0100 mmol.

Pomôcka:

$M(\text{Mo}) = 95,94 \text{ g mol}^{-1}$, $M((\text{H}_3\text{HIPTN}_3\text{N})) = 1588,5426 \text{ g mol}^{-1}$, $M(\text{BArF}_4^-) = 863,21023 \text{ g mol}^{-1}$, $M(\text{Cr}) = 51,9961 \text{ g mol}^{-1}$, $M(\text{C}) = 12,0107 \text{ g mol}^{-1}$, $M(\text{H}) = 1,008 \text{ g mol}^{-1}$, $M(\text{N}) = 14,0067 \text{ g mol}^{-1}$, $M(\text{F}) = 18,9984 \text{ g mol}^{-1}$.

ÚLOHY Z FYZIKÁLNEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 55. ročník – školský rok 2018/19
Krajské kolo

Ján Reguli

Maximálne 17 bodov,
doba riešenia 60 minút

Úloha 1 (1 bod)

Do jednolitrovej destilačnej banky sme naliali 500 ml hexánu. Banku sme uzavreli, napojili na olejovú vývevu a odsali sme z nej vzduch. Časť kvapaliny sa v banke odparila. Po ustálení rovnováhy sme do banky pridali ďalších 100 ml hexánu. Celý dej prebiehal pri konštantnej teplote. Zmenil sa v banke tlak po ustálení novej rovnováhy? Zdôvodnite svoju odpoveď.

Úloha 2 (2 body)

Baktérie dokážu prežiť aj pri zvýšených teplotách, pretože vytvoria spóry, ktoré hynú až pri teplotách okolo 160 °C. Pre sterilizáciu lekárskeho nástroja sa preto používajú autoklávy, v ktorých sa tieto teploty dosahujú zvýšením tlaku. Aký je tlak vnútri autoklávu, ak vieme, že v ňom vri voda pri teplote 160 °C? Výparná entalpia vody je 2256 kJ kg⁻¹.

Úloha 3 (2 body)

Teplota topenia jednoklonnej síry pri tlaku 101,325 kPa je 114 °C. Zmena špecifického objemu je 41.10⁻⁶ m³ kg⁻¹. Molárna entalpia topenia síry je 1766,8 J mol⁻¹. Určte teplotu topenia síry pri zvýšení tlaku o 100 MPa.

Úloha 4 (2 body)

Fľaša vína (s obsahom alkoholu 10 % hmotn.), ponechaná cez noc na balkóne, praskla. Na akú hodnotu musela v noci minimálne klesnúť teplota? Roztok považujte za nekonečne zriedený, kryoskopická konštanta vody je 1,862 K kg mol⁻¹. $M(\text{etanol}) = 46,07 \text{ g mol}^{-1}$.

Úloha 5 (4 body)

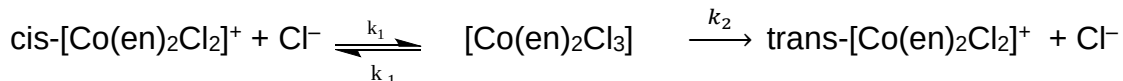
Toluén ($M = 92,13 \text{ g mol}^{-1}$) pri tlaku $101,325 \text{ kPa}$ vrie pri teplote $110,63 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Rozpustením 10 g neprchavej látky v 200 g toluénu vznikne roztok, ktorý vrie pri teplote $110,63 \text{ }^{\circ}\text{C}$ už pri tlaku $98,3 \text{ kPa}$. Predpokladajte, že roztok je ideálny a vypočítajte molárnu hmotnosť rozpustenej látky. Molárna výparná entalpia toluénu má hodnotu $33,61 \text{ kJ mol}^{-1}$. Vypočítajte ebulioskopickú konštantu toluénu a zvýšenie jeho teploty varu v tomto roztoku pri tlaku $101,325 \text{ kPa}$.

Úloha 6 (6 bodov)

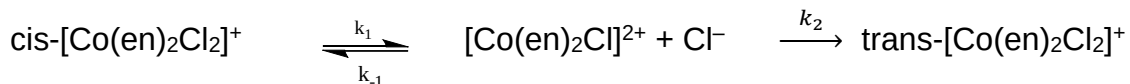
Koordináčne zlúčeniny prechodných kovov podliehajú množstvu rôznych reakcií. Niektoré z týchto reakcií boli dôkladne preštudované a ich mechanizmy sú dobre objasnené. Príkladom je kinetika izomerizácie hexakoordinovaných komplexov. S použitím aproximácie stacionárneho stavu odvodíme rýchlostné rovnice pre dve možné reakčné cesty.

Cis-izomér katiónu $[\text{Co}(\text{en})_2\text{Cl}_2]^+$ (kde en = etyléndiamín) možno premeniť na trans-izomér v prítomnosti chloridových iónov Cl^- dvomi možnými mechanizmami:

a) asociačným a



b) disociačným



a) Pre každý z uvedených mechanizmov odvodte rýchlostnú rovnicu s použitím aproximácie stacionárneho stavu.

b) Ukážte, ako sa zmenia rýchlostné rovnice v oboch prípadoch, keď budeme uvažovať, že

(i) prvý krok mechanizmu je určujúci pre rýchlosť reakcie,

(ii) druhý krok je určujúci pre rýchlosť reakcie.

c) Odvodte rovnicu pre pozorovanú rýchlostnú konštantu, k_{exp} , pre každý zo štyroch uvedených prípadov.

ÚLOHY Z ORGANICKEJ CHÉMIE

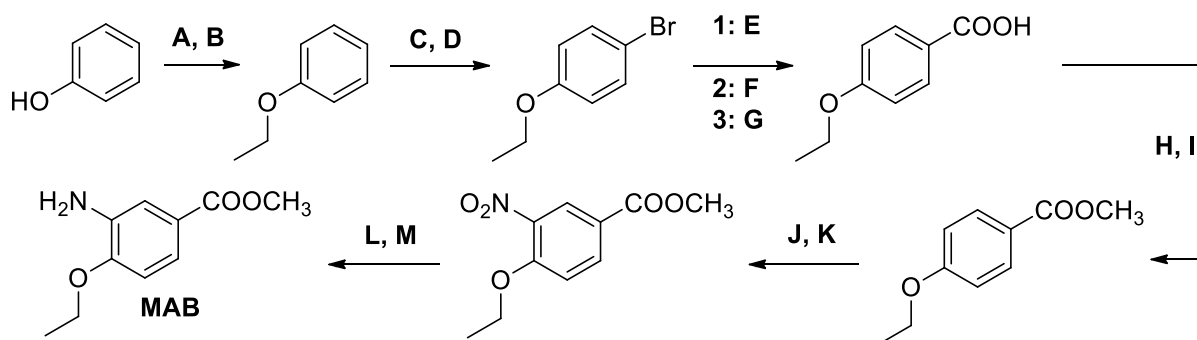
Chemická olympiáda – kategória A – 55. ročník – školský rok 2018/19
Krajské kolo

Radovan Šebesta, Michal Májek

Maximálne 17 bodov
Doba riešenia: 60 minút

Úloha 1 (4,8 bodov)

Predpovedanie selektivity elektrofilnej aromatickej substitúcie je väčšinou veľmi jednoduché, len ak je aromatické jadro substituované jediným substituentom. V prípade, že je jadro substituované viacerými substituentmi, je predpoveď selektivity ak nie priamo nemožná, tak minimálne veľmi nepresná. Často sa v takomto prípade využíva výpočtová chémia, ktorá umožňuje vypočítať elektrónovú hustotu na jednotlivých uhlíkoch aromatického jadra – ktorá súvisí s reaktivitou týchto centier v elektrofilnej aromatickej substitúcii. Niekedy je však možné blokovať aktivujúci/deaktivujúci účinok niektorých substituentov zmenou reakčných podmienok. Na štúdium takéhoto efektu sme najprv pripravili derivát metyl-aminobenzoátu (**MAB**)

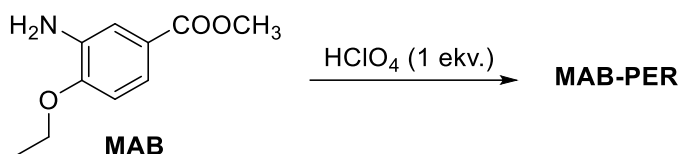


a) Doplňte reagenty **A-M**.

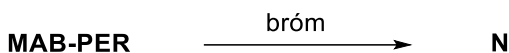
b) Navrhните ako by ste získali východiskovú látku – fenol z benzénu. Je to možné v dvoch krokoch.

Pri pokuse o priamu bromáciu látky **MAB** brómom (rozpúšťadlo: dichlórmetán) vzniká zmes troch monobromovaných produktov. Selektivitu bromácie však možno doceliť pridaním jedného ekvivalentu silnej kyseliny v bezvodom prostredí.

c) Napíšte štruktúru látky **MAB-PER**, ktorá vznikne pridaním jedného ekvivalentu HClO_4 k dichlórmetánovému roztoku látky **MAB**.

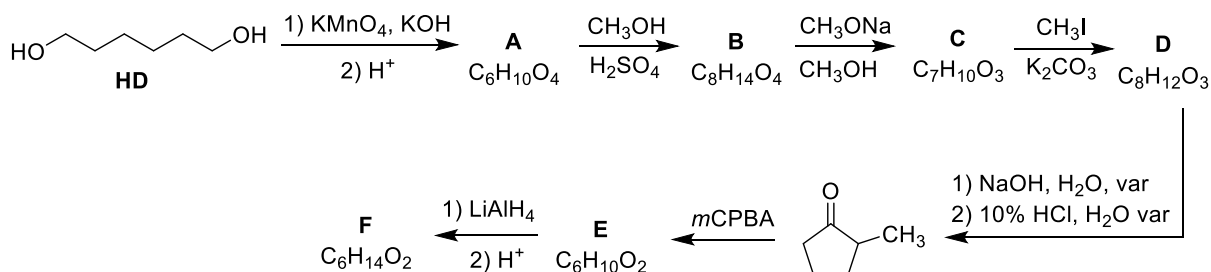


- d) Bromáciou látky **MAB-PER** vzniká selektívne jediný monosubstituovaný produkt **N**. Napíšte jeho štruktúru.



Úloha 2 (6,0 body)

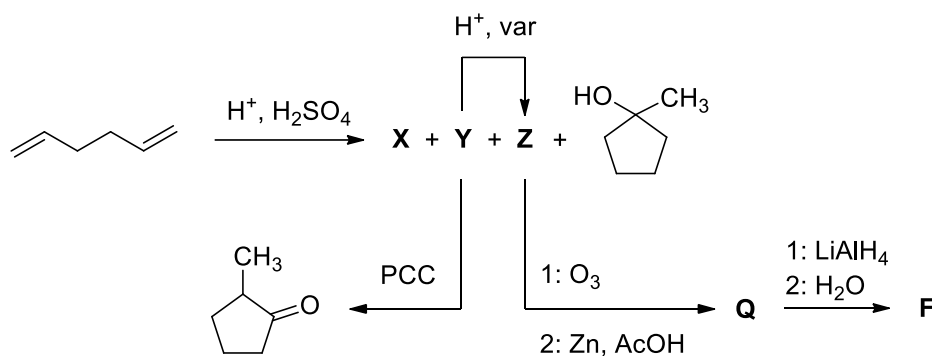
Dioly predstavujú významnú skupinu látok v chemickom priemysle – polykondenzáciou s dikyselinami sa používajú hlavne pri príprave polyesterov. Charakter takýchto plastov závisí od štruktúry daného diolu. Správnym dizajnom diolov možno ovplyvniť nielen mechanické vlastnosti výsledného plastu, ale napríklad aj jeho rozložiteľnosť v prírode. V nasledovnej syntéze dochádza k premene 1,6-hexándiolu **HD** na izomérnu látku **F**. Pri určovaní štruktúry látky **F** vám pomôžu nasledovné indicie: látka **F** má v IČ spektre jediný význačný signál – široký pík pri 3300 cm^{-1} . Látka **F** zároveň poskytuje pozitívnu jodoformovú skúšku s jódom vo vodnom roztoku NaOH.



- Doplňte produkty reakčných krokov **A-F**
- V prvom kroku sa používa ako reagent KMnO_4 v prostredí KOH. Čo by sa stalo, ak by sme namiesto zásaditého KOH použili kyslé prostredie – H_2SO_4 ? (vyberte jednu z možností)
 - reakcia by vôbec neprebehla
 - reakcia by prebehla za vzniku produktu **A**, ale jeho výťažok by bol znížený čiastočnou degradáciou látky **HD** (elimináciou vody).
 - HD** by sa kompletne premenil na ester kyseliny sírovej, produkt **A** by vôbec nevznikol.
 - reakcia by prebehla za vzniku produktu **A**, ale len za zvýšenej teploty.
 - Došlo by k vznieteniu, alebo k explózii reakčnej zmesi.

- c) Aká funkčná skupina v látke **F** absorbuje v IČ pri 3300 cm⁻¹?
- d) Aké dva organické produkty dostaneme pri reakcii látky **F** s jódom vo vodnom roztoku NaOH (jodoformová skúška)?
- e) Uveďte názov mennej reakcie pri ktorej bola ako reagent použitá *m*CPBA (*meta*-chlórperbenzoová kyselina).

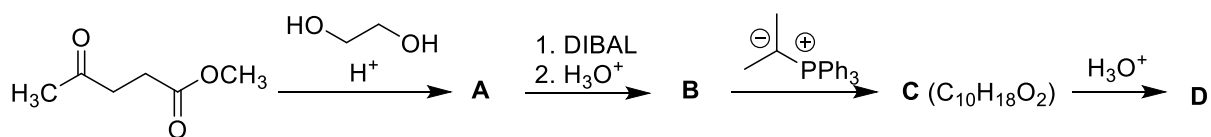
1,6-hexándiol **HD**, východiskovú látku pre túto syntézu, možno pripraviť z hexa-1,5-diénu. Pokus pripraviť diol **HD** priamou hydratáciou hexa-1,5-diénu nebol úspešný: Vznikla zmes štyroch látok **X**, **Y**, **Z** a 1-metylcyklopentanolu. Pri ich identifikácii vám pomôžu nasledovné fakty: Látka **X** je hlavný produkt reakcie a izomér žiadaného 1,6-hexándiolu **HD**. Látka **Y** poskytne po reakcii s pyridínium chlórchromátom (PCC) 2-metylcyklopentanón. Látka **Y** sa po vare v prostredí minerálnej kyseliny mení na látku **Z**. Látka **Z** po ozonolýze (nasledovanej reduktívnym spracovaním) poskytne látku **Q**, ktorá dáva po redukcii LiAlH₄ (LAH) látku **F** (C₆H₁₄O₂), s ktorou sme sa stretli už v prvej časti tejto úlohy.



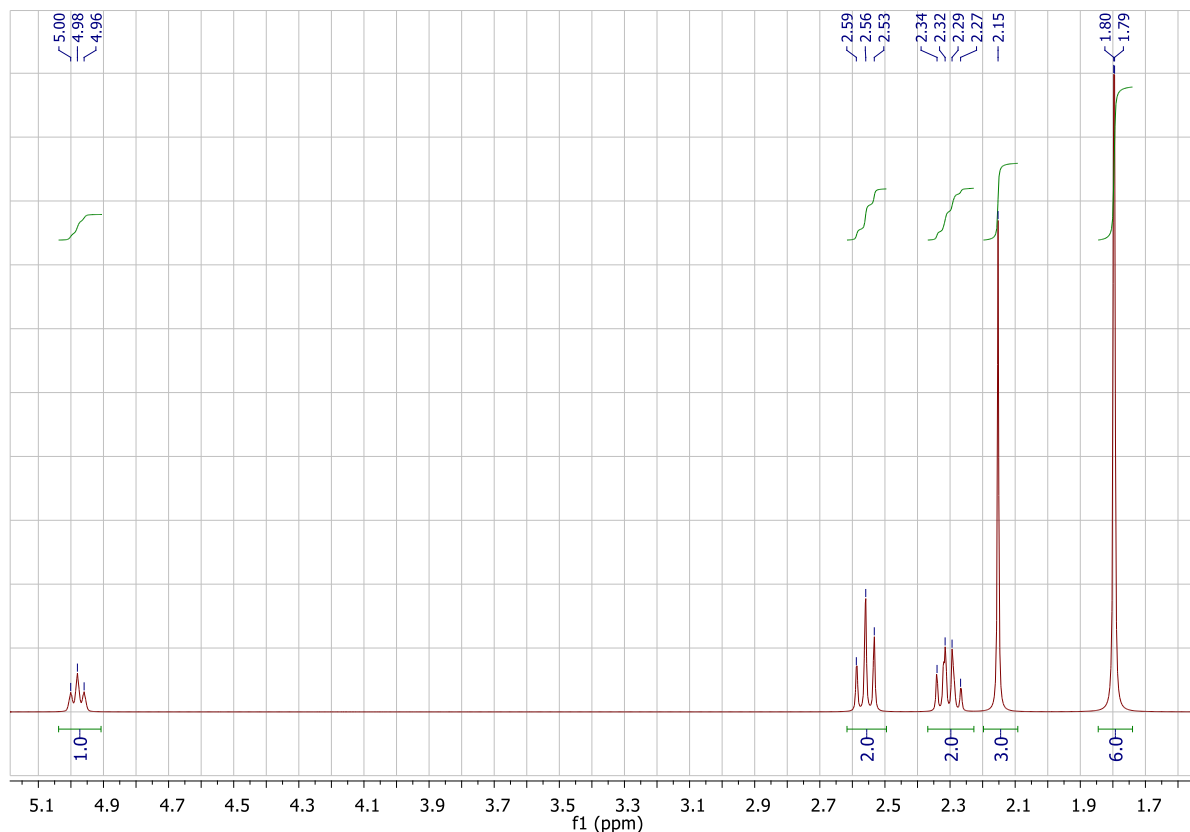
- f) Uveďte štruktúry látok **X**, **Y**, **Z**, **Q**.
- g) Navrhните, ako by ste dokázali selektívne premeniť hexa-1,5-dién na 1,6-hexándiol **HD**.

Úloha 3 (4,0 body)

Z metyl-4-oxopentenoátu možno nasledujúcim sledom reakcií pripraviť prírodnú zlúčeninu **D**, ktorá je obsiahnutá v silici tzv. citrónovej trávy (*Cymbopogon citratus*). Na obrázku je vyobrazené ¹H NMR spektrum zlúčeniny **D**.

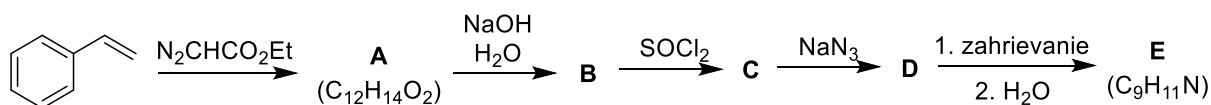


- Nakreslite štruktúry zlúčenín **A-D**.
- Priradte signály ^1H NMR spektra.
- Pomenujte zlúčeninu **D** systematickým názvom.
- Transformáciu **A** na **B** možno uskutočniť aj dvomi reakciami, čo môže byť niekedy paradoxne výhodnejšie. Navrhnite vhodné činidlá pre tieto reakcie.
Poznámka: DIBAL = diizobutylalumíniumhydrid.



Úloha 4 (2,2 bodu)

Liečivo tranlycypromín (**E**) sa vyrába zo styrénu nasledujúcim sledom chemických reakcií. Nakreslite vzorce medziproduktov a tranlycypromínu **A-E**. Napíšte systematický názov zlúčeniny **E**.



ÚLOHY Z BIOCHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 55. ročník – školský rok 2018/19
Krajské kolo

Boris Lakatoš

Maximálne 8 bodov,
doba riešenia 40 minút

ÚLOHA 1 (4 b)

Do laboratória ste dostali niekoľko vzoriek peptidov. Sekvencia Peptidu 1 (P1) už bola známa a bola nasledovná: A-L-K-M-P-E-Y-I-S-T-D-Q-S-N-W-H-H-R. Sekvenciu Peptidu 2 (P2) ste mali určiť pomocou štiepenia za pomoci viacerých enzýmov a CNBr.

a) Uveďte aké fragmenty vzniknú po pôsobení jednotlivých činidiel na P1.

- I) trypsín
- II) pepsín
- III) proteáza V8
- IV) CNBr

b) Pokúste sa určiť poradie aminokyselín v peptide P2 ak viete, že:

- I) kyslou hydrolýzou ste dostali: (Ala₂, Arg, Lys₂, Met, Phe, Ser₂)
- II) pôsobením karboxypeptidázy A ste dostali: Ala
- III) účinkom trypsinu ste dostali 4 fragmenty: (Ala, Arg) (Lys, Phe, Ser) (Lys) (Ala, Met, Ser)
- IV) pôsobením CNBr ste dostali 2 fragmenty: (Ala, Arg, Lys₂, Met, Phe, Ser) (Ala, Ser)
- V) pôsobením termolýzou ste dostali 3 fragmenty: (Ala) (Ala, Arg, Ser) (Lys₂, Met, Phe, Ser)

Poznámka: V zátvorkách je uvedené len zastúpenie aminokyselín, nie ich poradie vo fragmente.

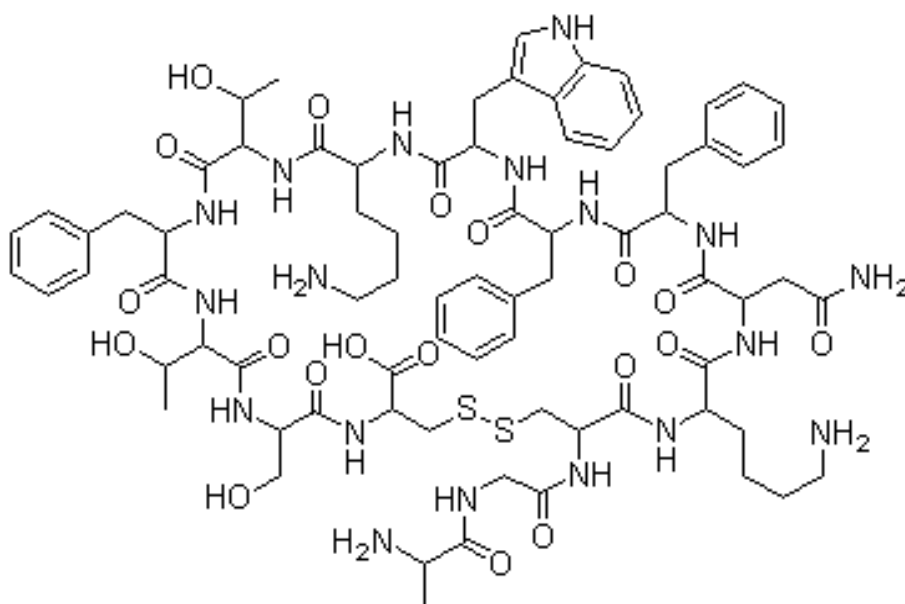
ÚLOHA 2 (4 b)

Jedným z dôležitých hormónov, ktorý je produkováný δ -bunkami, ktoré možno nájsť v žalúdku, tenkom čreve a pankrease a súčasne neuroendokrinnými neurónmi v hypotalame je somatostatín. Tento peptidový hormón má v závislosti od miesta produkcie rozličné účinky. V mozgu somatostatín pôsobí na hypofýzu a inhibuje produkciu rastového hormónu a v tráviacom trakte blokuje uvoľnenie viacerých

gastrointestinálnych hormónov. Prostredníctvom interakcie so svojim receptorom tak reguluje proliferáciu buniek a tiež prenos nervových signálov.

Somatostatín má dve aktívne formy produkované alternatívnym štiepením jedného pre-proteínu: jedna aktívna forma pozostáva zo 14 aminokyselín, druhá z 28 aminokyselín. Pre-proteín obsahuje 116 aminokyselinových jednotiek v sekvencii uvedenej nižšie:

MLSCRLQCAL AALSIVLALG CVTGAPSDPR LRQFLQKSLA AAAGKQELAK
YFLAELLSEP NQTENDALEP EDLSQAAEQD EMRLELQRSA NSNPAMAPRE
RKAGCKNFFW KTFTSC



Zdroj: www.chemblink.com

- S pomocou štruktúry 14 aminokyselín obsahujúcej aktívnej formy uvedenej na obrázku vyznačte na aminokyselinovej sekvencii miesto, kde dochádza k zostrihu pre-proteínu.
- Určite približnú molekulovú hmotnosť tejto aktívnej formy somatostatínu.
- Nakreslite štruktúru tretej aminokyseliny v sekvencii aktívnej formy hormónu. Túto aminokyselinu pomenujte a uveďte jej trojpísmenový zápis.
- Keďže aktivita somatostatínu závisí od jeho štruktúry, uvážte či je možné zachovať jeho rovnakú aktivitu zámenou aminokyseliny na treťom mieste v aminokyselinovej sekvencii za metionín. Svoju odpoveď zdôvodnite.

Autori: 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. Rastislav Šipoš, PhD.

Recenzenti: Ing. Tibor Dubaj, PhD., Mgr. Jela Nociarová, Martin Lukačišin, MBiochem, Ing. Ján Pavlík, PhD., Ing. Kristína Plevová, PhD.,

Slovenská komisia Chemickej olympiády

Vydal: IUVENTA – Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2019
