

**SLOVENSKÁ KOMISIA CHEMICKEJ OLYMPIÁDY**

---

# **CHEMICKÁ OLYMPIÁDA**

**57. ročník, školský rok 2020/2021**

**Kategória B**

**Školské kolo**

**SÚŤAŽNÉ ÚLOHY**

## ÚLOHY ZO VŠEOBECNEJ A ANORGANICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória B – 57. ročník – školský rok 2020/2021

### Školské kolo

#### Martin Vavra

Ústav chemických vied, Prírodovedecká fakulta UPJŠ v Košiciach

Maximálne 30 bodov

Doba riešenia: 60 minút

#### Úloha 1 (11 bodov)

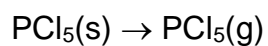
- a) Vymenujte tri základné modifikácie fosforu. (1,5 b)
- b) Najznámejšia kyselina fosforu  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , je schopná vytvoriť tri rôzne anióny. Uveďte vzorce a názvy týchto troch aniónov. (1,5 b)
- c) Atóm fosforu so záporným oxidačným číslom vytvára veľké množstvo fosfidov nestechiometrického zloženia napr.  $\text{NiP}_3$ ,  $\text{TiP}_2$ ,  $\text{MnP}$  alebo  $\text{Fe}_3\text{P}$ . Pomenujte tieto štyri zlúčeniny a vypočítajte v nich hmotnostný zlomok fosforu. (6 b)  
 $M_r(\text{Ni}) = 58,693$ ;  $M_r(\text{Ti}) = 47,867$ ;  $M_r(\text{Mn}) = 54,938$ ;  $M_r(\text{Fe}) = 55,845$ ;  
 $M_r(\text{P}) = 30,974$ .
- d) Molekula  $\text{PCl}_5$  v plynnom stave vytvára pravidelné trigonálne bipyramidálne usporiadanie. Nakreslite tvar tejto molekuly a určte hybridný stav atómu fosforu. (2 b)

#### Úloha 2 (13 bodov)

- a) Zlúčeninu  $\text{POCl}_3$  môžeme pripraviť syntézou  $\text{P}_4\text{O}_{10}$  a  $\text{PCl}_5$ . Zapíšte spomínanú chemickú reakciu a uveďte jej stechiometrické koeficienty. (3 b)
- b) Vypočítajte hmotnosť oboch reaktantov, ktoré potrebujeme na prípravu 25,0 g  $\text{POCl}_3$ , ak uvažujeme so stratami 7,5 %. (6 b)  
 $M_r(\text{P}) = 30,974$ ;  $M_r(\text{O}) = 15,999$ ;  $M_r(\text{Cl}) = 35,453$ .
- c) Vypočítajte, aký objem zaberá celkové použité množstvo plynného  $\text{PCl}_5$ , ak reakcia prebieha pri normálnom atmosférickom tlaku a teplote 150 °C. (4 b)

### Úloha 3 (6 bodov)

a) Sublimáciu chloridu fosforečného môžeme vyjadriť nasledujúcim zápisom:



Štandardné zmeny tvornej entalpie ( $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) oboch zložiek sublimácie sú nasledovné:  $\Delta H_f^0(\text{PCl}_5(\text{s})) = -440$ ;  $\Delta H_f^0(\text{PCl}_5(\text{g})) = -321$ .

Vypočítajte štandardnú hodnotu zmeny entalpie sublimácie  $\text{PCl}_5$   $\Delta H_s^0$ . (4 b)

b) Vysvetlite pojem sublimácia. (1 b)

c) Čo nám naznačuje znamienko výslednej hodnoty zmeny entalpie? (1 b)

# ÚLOHY Z ORGANICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória B – 57. ročník – školský rok 2020/2021

## Školské kolo

Peter Šramel

Katedra organickej chémie, PriF UK, Univerzita Komenského v Bratislave

Maximálne 30 bodov

Doba riešenia: 60 minút

### Úloha 1 (7 bodov)

- a) nakreslite a pomenujte všetky aromatické zlúčeniny s benzénovým kruhom zodpovedajúce sumárnemu vzorcu  $C_7H_7Cl$ .
- b) aký štruktúrny vzťah (typ izomérie) majú medzi sebou tieto zlúčeniny?
- c) ktoré z týchto zlúčení možno teoreticky pripraviť elektrofilnou chloráciou toluénu?; napíšte schému danej reakcie a krúžkom vyznačte produkt (produkty), vznik ktorého (ktorých) bude preferovaný vzhľadom na elektrónové vlastnosti toluénu.
- d) ktorá z týchto zlúčení reaguje s benzénom za prítomnosti  $AlCl_3$ , pričom ako produkt vzniká difenylmetán?; napíšte schému tejto reakcie.

### Úloha 2 (11,75 bodu)

Je známe, že elektrónový charakter (príslušné indukčné a mezoméne efekty) substituenta, resp. substituentov prítomných na benzénovom jadre ovplyvňuje jeho reaktivitu a určuje miesto, kam vstúpi elektrofil pri nasledujúcej aromatickej substituenej reakcii.

#### Na základe Vašich poznatkov o vplyve elektrónových vlastností substituentov na aromatický systém

- a) znázorníte mezomérený efekt nitroskupiny v nitrobenzéne tým, že nakreslíte mezomérené štruktúrne vzorce nitrobenzénu; na základe týchto vzorcov napíšte, do ktorých polôh je orientované naviazanie elektrofilnej častice,
- b) znázorníte mezomérený efekt chlóru v chlórbenzéne tým, že nakreslíte mezomérené štruktúrne vzorce chlórbenzénu; na základe týchto vzorcov napíšte, do ktorých polôh je orientované naviazanie elektrofilnej častice,
- c) nakreslíte štruktúrne vzorce zlúčení v jednotlivých skupinách a zostupne ich zoradíte podľa ich reaktivity pri elektrofilnej substitúcii:
- nitrobenzén, fenol, toluén, benzén,
  - benzéntiol, etylbenzén, jódbenzén, kyselina benzoová,
  - anilíniový katión, brómbenzén, benzaldehyd, anilín.

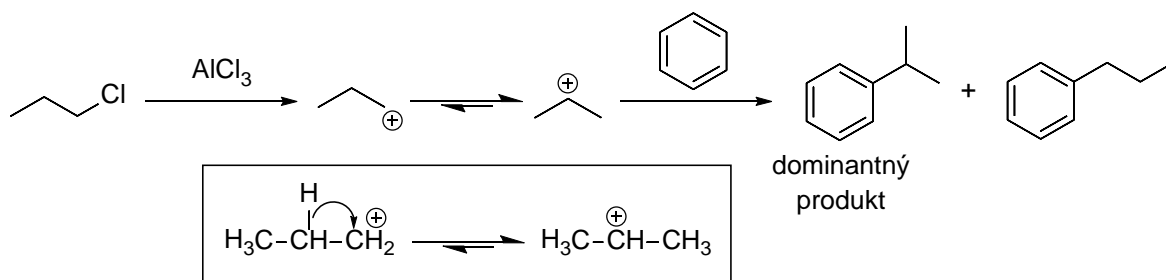
### Úloha 3 (7,25 bodu)

- a) nakreslite a pomenujte všetky produkty, ktoré môžu teoreticky vzniknúť elektrofilnou bromáciou *orto*-, *meta*- a *para*-xylénu do prvého stupňa,
- b) napíšte schémy daných chemických reakcií a vyznačte, ktorý (ktoré) produkt (produkty) bude (budú) preferovaný (preferované) vzhľadom na elektrónové vlastnosti príslušného xylénu; potom vyznačte, ktorý z preferovaných produktov bude dominantný vzhľadom na sterické vlastnosti príslušného xylénu.

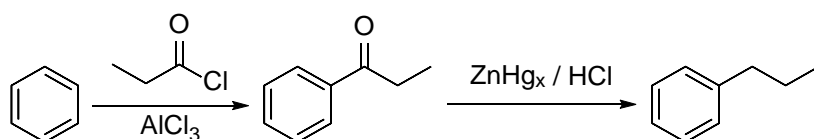
### Úloha 4 (4 body)

Medzi najužitočnejšie elektrofilné aromatické substitúcie patrí Friedelova-Craftsova alkylácia. Ide o reakciu, prostredníctvom ktorej vzniká väzba medzi uhlíkom aromatického jadra a uhlíkom alkylového reťazca. Elektrofilná častica (karbokatión) sa z alkylhalogenidov generuje pôsobením Lewisovej kyseliny (napr.  $\text{AlCl}_3$ ).

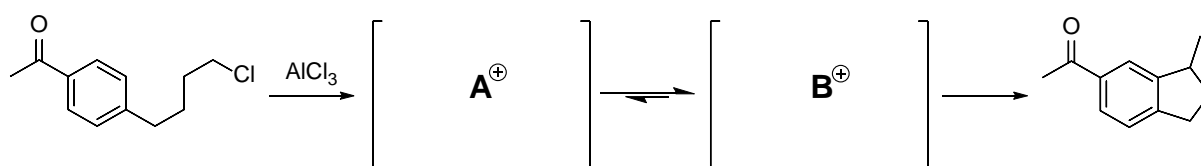
V prípade použitia alkylhalogenidu s dlhším ako dvojuhlíkovým reťazcom, dochádza v štádiu karbokatiónu k izomerizácii (prešmyku vodíka za vzniku stabilnejšieho karbokatiónu), pričom vzniká zmes alkylbenzénov, v ktorej prevláda ten rozvetvený.



Ak je potrebné pripraviť alkylbenzén s dlhším nerozvetveným reťazcom, pripraví sa najprv pomocou Friedelovej-Craftsovej acylácie príslušný ketón, ktorý sa potom redukuje na alkylbenzén pomocou zinkového amalgámu ( $\text{ZnHg}_x$ ) za prítomnosti  $\text{HCl}$ , prípadne pomocou katalytickej hydrogenácie na paládiovom katalyzátore ( $\text{H}_2$ ,  $\text{Pd} / \text{C}$ ).



- a) vychádzajúc z benzénu navrhnete syntézu 2-butyl-4-chlór-1-nitrobenzénu (predpokladáme, že jednotlivé regioizoméry je možné oddeliť),
- b) doplňte kationové medziprodukty  $\mathbf{A}^+$  a  $\mathbf{B}^+$  nasledujúcej reakcie:



---

Autori: RNDr. Martin Vavra, PhD., Mgr. Peter Šramel PhD.

Recenzenti: Ing. Simona Matejová, doc. RNDr. Martin Putala, PhD.

Vydal: IUVENTA, Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2020.