

SLOVENSKÁ KOMISIA CHEMICKEJ OLYMPIÁDY

CHEMICKÁ OLYMPIÁDA

55. ročník, školský rok 2018/2019

Kategória B

Krajské kolo

RIEŠENIE A HODNOTENIE

TEORETICKÝCH A PRAKTICKÝCH ÚLOH

RIEŠENIE A HODNOTENIE ÚLOH ZO VŠEOBECNEJ A ANORGANICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória B – 55. ročník – školský rok 2018/2019

Krajské kolo

Juraj Bujdák

Katedra fyzikálnej a teoretickej chémie, PRIF UK, Bratislava

Maximálne 30 bodov

Riešenie úlohy 1 (22 b)

- 4 b** **a)** Spotrebovaná energia má hodnotu 2257 kJ pri premene 1 kg kvapalnej vody na vodnú paru.

$$n(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{H}_2\text{O}) / M(\text{H}_2\text{O}) = 1000 \text{ g} / 18,02 \text{ g mol}^{-1} = 55,49 \text{ mol}$$

$$\Delta_{\text{vap}}H_{\text{m}}(\text{H}_2\text{O}) = q \cdot n(\text{H}_2\text{O}) = 2257 \text{ kJ} / 55,49 \text{ mol} = 40,67 \text{ kJ mol}^{-1}$$

- 6 b** **b)** Objem 1 molu kvapalnej vody:

1 mol vody zodpovedá hmotnosti 18,02 g

$$V(\text{H}_2\text{O}, \text{l}) = m(\text{H}_2\text{O}) / \rho(\text{H}_2\text{O}, \text{l}) = 18,02 \text{ g} / 1 \text{ g cm}^{-3} = 18,02 \text{ cm}^3 = 18,02 \text{ ml}$$

Objem 1 molu vodných pár:

$$V(\text{H}_2\text{O}, \text{g}) = n(\text{H}_2\text{O}) R T / p = 1 \text{ mol } 8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} 298,15 \text{ K} / 101300 \text{ Pa}$$

$$V(\text{H}_2\text{O}, \text{g}) = 2,447 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3 = 24,47 \text{ dm}^3 = 24,47 \text{ dm}^3$$

- 2 b** **c)** Pre jednotky súčinu $p \cdot \Delta V$ možno napísať jednotky:

$$\text{Pa m}^3$$

$$\text{Pa} = \text{N m}^{-2}, \text{ potom:}$$

$$\text{Pa m}^3 = \text{N m}^{-2} \text{ m}^3 = \text{N m} = \text{J}$$

- 4 b** **d)** V prípade objemov 1 molu budeme uvádzať hodnoty tzv. molových objemov:

$$\Delta V_{\text{m}} = V_{\text{m}}(\text{g}) - V_{\text{m}}(\text{l}) = 24,45 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$$

$$p \cdot \Delta V_{\text{m}} = 24,45 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1} 101\,300 \text{ Pa} = 2478 \text{ J mol}^{-1}$$

Spotrebovaná energia spôsobená expanziou 1 molu vody je 2478 J.

- 4 b** **e)** Molová výparná entalpia bude rásť v rade: benzén, metanol, voda.
Benzén je nepolárna látka a v kvapaline sú medzi molekulami benzénu slabé van der Waalsove sily. Metanol je látka tvorená polárnymi molekulami a väzby zodpovedajúce interakcii dipól - dipól sú silnejšie ako v prípade benzénu. Navyše OH skupiny v molekule metánu môžu navzájom tvoriť vodíkové väzby. Molekula vody má najvyššiu polaritu a v kvapalnom skupenstve tvorí silné vodíkové väzby. Každá molekula tvorí vodíkové väzby s viacerými molekulami vody.
- 1 b** **f)** Atómy v tavenine kovov tvoria silnú kovovú väzbu zdieľaním delokalizovaných elektrónov. To spôsobuje premenu na plyn energeticky veľmi náročnú.
- 1 b** **g)** Hélium je tvorené atómami malých rozmerov, medzi ktorými sú len slabé disperzné sily.

Riešenie úlohy 2 (8 b)

- 1 b** **a)** Tlak nasýtených vodných pár s teplotou rastie.
- 2 b** **b)** Vydychovaný vzduch má teplotu 36 °C a je nasýtený vodnými parami. Pri nízkej teplote pri ochladzovaní vzduchu dochádza ku kondenzácii vzhľadom na presýtenie vzduchu vodnými parami vydychovaným vzduchom. Teplý vzduch môže mať omnoho vyššiu relatívnu vlhkosť a preto nedochádza ku kondenzácii vodných pár.
- 1 b** **c)** Približne rovný vonkajšiemu tlaku (1 atm, resp. 101,5 kPa), keďže 100 °C je teplota varu vody.
- 2 b** **d)** Na zmene sa budú podieľať dva faktory:
Voda má nižšiu molovú hmotnosť ako hlavné zložky vzduchu. Rastúci tlak resp. koncentrácia vodných pár s teplotou bude znižovať výslednú hustotu vlhkého vzduchu.
S rastúcou teplotou dochádza aj k expanzii plynnej zmesi, čo sa tiež prejaví na poklese hustoty.
- 2 b** **e)** Účinnosť vyplýva z rozdielnych hustôt plynov. Najlepšiu účinnosť by malo hélium, vzhľadom na nízku molovú hmotnosť. Vychádzajúc z Gay-

Lussacovho zákona, expanzia zvýšením teploty vzduchu vodnej pary ani vzduchu by zďaleka nedosiahla parametre hélia. Pri porovnaní vodnej pary a vzduchu, účinnejšie médium je horúca vodná para, vzhľadom na nižšiu molovú hmotnosť vody voči vzduchu. Horúci vzduch má o málo nižšiu hustotu ako studený vzduch, čo je dôsledkom expanzie plynu s rastúcou teplotou podľa Gay-Lussacovho zákona.

RIEŠENIE A HODNOTENIE ÚLOH Z ORGANICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória B – 55. ročník – školský rok 2018/2019

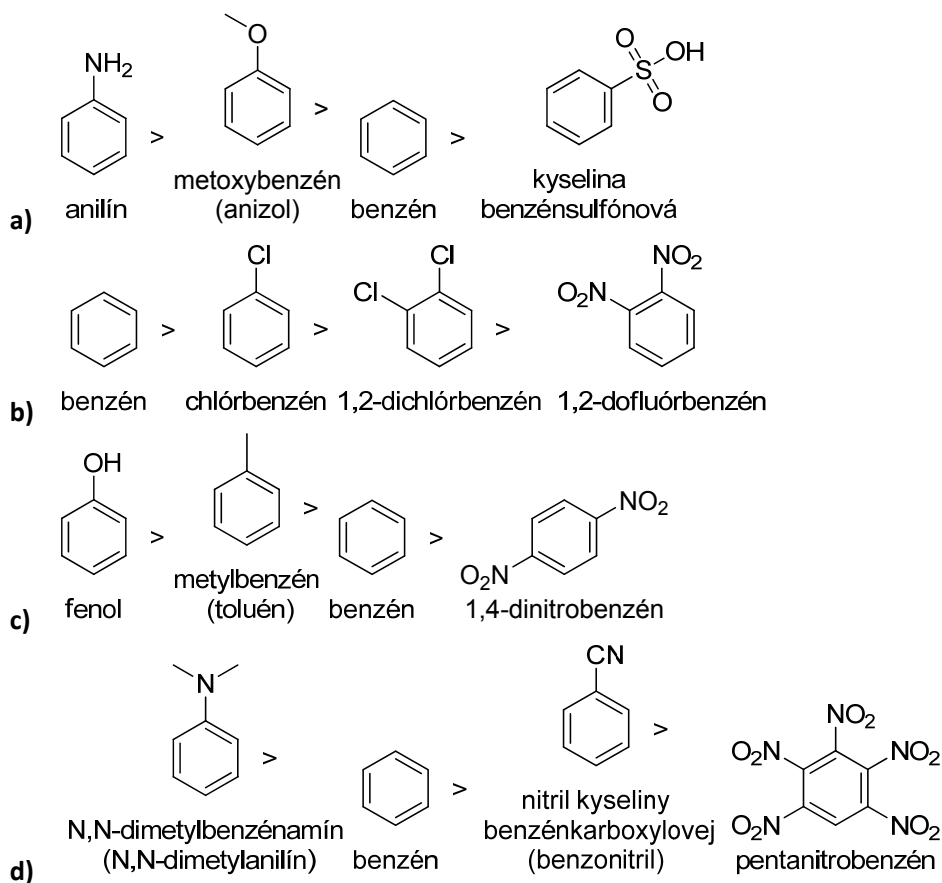
Krajské kolo

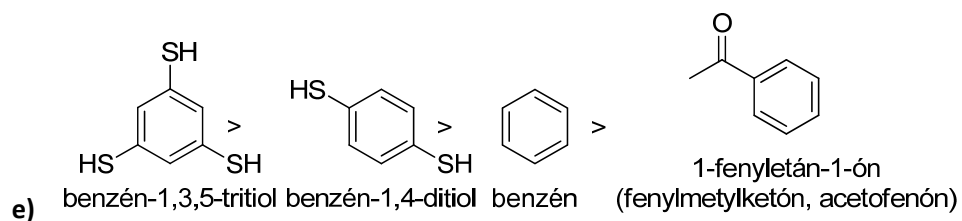
Dušan Bortňák

Oddelenie organickej chémie, Ústav organickej chémie, katalýzy a petrochémie FCHPT STU

Maximálne 30 bodov

Riešenie úlohy 1 (7,8 b)



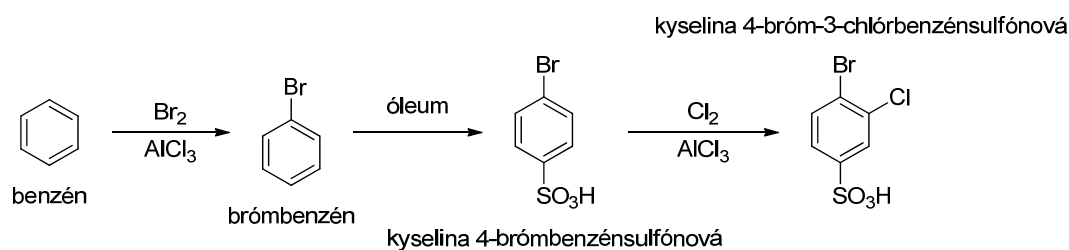


Za každú správnu štruktúru po 0,3 b, spolu 4,8 b (za štruktúru benzénu dať body iba raz).

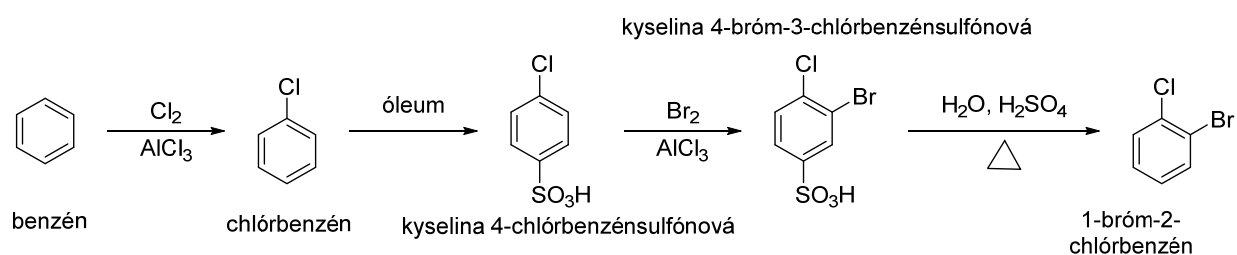
Za správne určenie poradia po 0,6 b (ak je jedna zlúčenina zaradená nesprávne, 0,3 b),
 spolu max. 3,0 b. Názvy sa v riešení nevyžadujú.

Riešenie úlohy 2 (18 b)

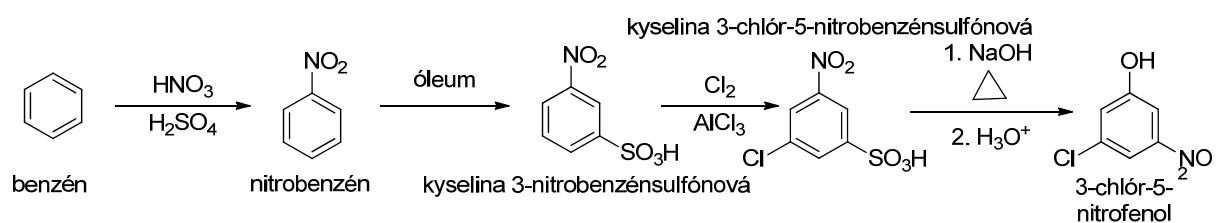
a)



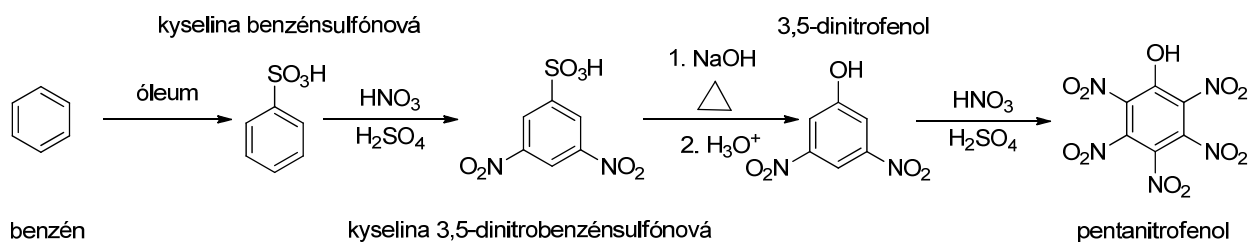
b)



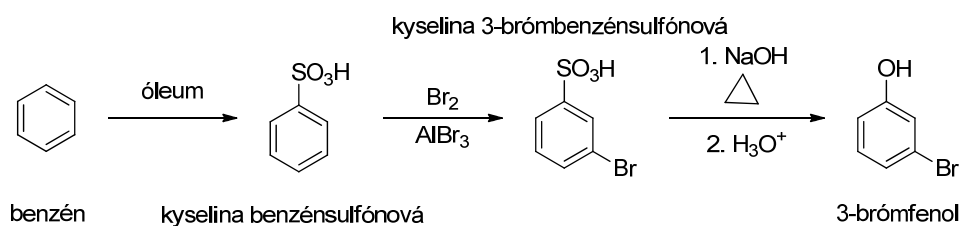
c)



d)

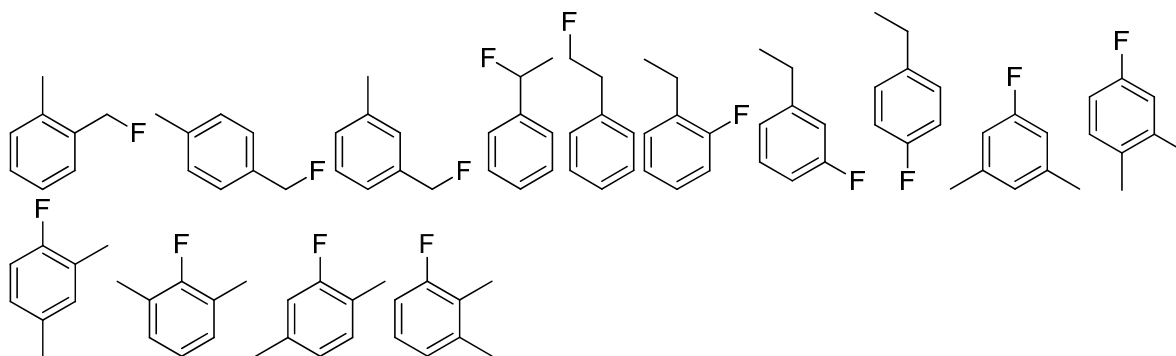


e)



Za každý správny reakčný stupeň (resp. produkt) dať po jednom bode, ak chýba názov alebo je nesprávny, tak 0,8 b, t.j. za podúlohu **a)** a **e)** max 3 b, podúlohu **b)-d)** max 4 b. Uznať aj alternatívne metódy prípravy, ak sú v súlade s elektrónovými efektami a podmienkami uvedenými v jednotlivých zadaniach **a-e**.

Riešenie úlohy 3 (4,2 b)



Po 0,3 b za správnu štruktúru, ak sa nachádza tá istá štruktúra opakovane, neprideliť body za ňu ani raz.

RIEŠENIE A HODNOTENIE PRAKTICKÝCH ÚLOH Z ANALYTICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória B – 55. ročník – školský rok 2018/19

Krajské kolo

Pavel Májek

Ústav analytickej chémie FCHPT STU v Bratislave

Maximálne 40 bodov

Doba riešenia: 135 minút

Kvantitatívne stanovenie medi a zinku v mosadzi

Experimentálna úloha (28 b)

Príprava 250 cm³ 0,02 mol dm⁻³ štandardného roztoku chelatonu 3:

chelaton 3: Na₂EDTA, C₁₀H₁₄N₂Na₂O₈·2 H₂O, M = 372,2369 g mol⁻¹

$m(\text{Na}_2\text{EDTA}) = c \cdot V \cdot M = 0,02 \text{ mol dm}^{-3} \cdot 0,25 \text{ dm}^3 \cdot 372,2369 \text{ g mol}^{-1} = 1,8612 \text{ g Na}_2\text{EDTA}$

návažok: 1,8774 g Na₂EDTA sa rozpustil a doplnil na 250 cm³,

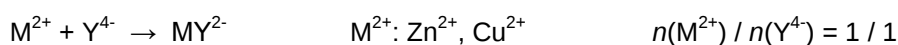
koncentrácia štandardu: $c(\text{Na}_2\text{EDTA}) = \frac{m(\text{Na}_2\text{EDTA})}{M(\text{Na}_2\text{EDTA}) \cdot V_{\text{roztoku}}}$

$c(\text{Na}_2\text{EDTA}) = 1,8774 \text{ g} / (372,2369 \text{ g mol}^{-1} \cdot 0,25 \text{ dm}^3) = 2,0174 \cdot 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$

celkový objem vzorky po zriedení – $V_{\text{total}} = 250 \text{ cm}^3$

na stanovenie sa pipetovalo $V_{\text{vzorka}} = 25 \text{ cm}^3$

a) priama titrácia roztoku zmesi iónov s Na₂EDTA:



$n(\text{M}^{2+}) = n(\text{Zn}^{2+}) + n(\text{Cu}^{2+}) = c(\text{Y}^{4-}) \cdot \bar{V}(\text{Y}^{4-})_a$

$\bar{V}(\text{Y}^{4-})_a = 21,05 \text{ cm}^3$

$n(\text{Zn}^{2+}) + n(\text{Cu}^{2+}) = 2,0174 \cdot 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3} \cdot 21,05 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 = 4,247 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$

b) maskovanie Cu²⁺ roztokom Na₂S₂O₃ – stanovenie Zn:



$n(\text{Zn}^{2+}) = c(\text{Y}^{4-}) \cdot \bar{V}(\text{Y}^{4-})_b$

$\bar{V}(\text{Y}^{4-})_b = 10,85 \text{ cm}^3$

$n(\text{Zn}^{2+}) = 2,0174 \cdot 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3} \cdot 10,85 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 = 2,189 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$

$n(\text{Cu}^{2+}) = n(\text{Zn}^{2+}) + n(\text{Cu}^{2+}) - n(\text{Zn}^{2+}) = 4,247 \cdot 10^{-4} \text{ mol} - 2,189 \cdot 10^{-4} \text{ mol} = 2,058 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$

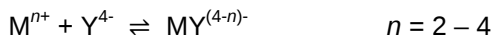
$m(\text{Zn}^{2+}) = n(\text{Zn}^{2+}) \cdot M(\text{Zn}^{2+}) \cdot 250/25 = 2,189 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot 65,3800 \text{ g mol}^{-1} \cdot 10 = 0,1431 \text{ g}$

$m(\text{Cu}^{2+}) = n(\text{Cu}^{2+}) \cdot M(\text{Cu}^{2+}) \cdot 250/25 = 2,058 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot 63,546 \text{ g mol}^{-1} \cdot 10 = 0,1308 \text{ g}$

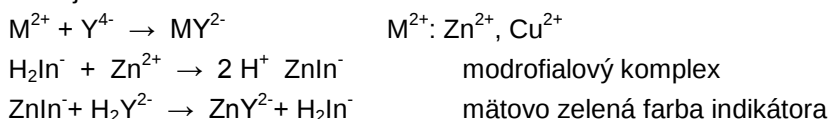
Bodovanie:

- 1 b:** • výpočet návažku chelatonu 3 (K3); • váženie K3; • príprava roztoku K3; • operácie so vzorkou; • každá titrácia (max. 6x); • vylúčenie odľahlých hodnôt; výpočet: • $n(M^{2+})$, • $n(Zn^{2+})$, • $n(Cu^{2+})$, • $m(Zn^{2+})$, • $m(Cu^{2+})$; spolu max. 16 bodov
- 6 b:** absolútna chyba (%) v správnosti stanovenia hmotnosti m_{Zn} alebo m_{Cu} : <0; 3> 6 b., (3; 6> 5 b., (6; 9> 4 b., (9; 12> 3 b., (12; 15> 2 b., (15; 18> 2 b., > 18 0 b

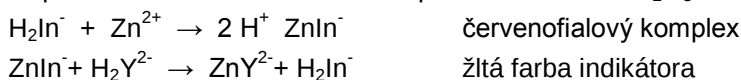
Riešenie úlohy 1 (3 b)



Chelatometrické stanovenie je vhodné pre dvoj- až štvormocné kationy, kde hodnota pH roztoku pri titracii má rozhodujúcu úlohu.



Riešenie úlohy 2 (3 b)



Riešenie úlohy 3 (2 b)

Komplexačná rovnováha v chelatometrii je ovplyvňovaná vedľajšou reakciou – protonizáciou EDTA, ktorá je závislá na hodnote pH v roztoku. Tlmivé roztoky použité pri titracii udržiavajú pH v požadovanom rozmedzí a umožňujú selektívne stanoviť rôzne kationy v zmesi.

Riešenie úlohy 4 (2 b)

V postupe **b)** maskovanie Cu^{2+} a stanovenie Zn^{2+} sa v stanovovanom roztoku v dôsledku komplexačnej rovnováhy nachádza v bode ekvivalencie iba bezfarebný kation Zn^{2+} . Farebný prechod indikátora xylenolová oranžová pri pH = 5,5 je červenofialová (komplex $ZnIn^-$) – žltá (farba indikátora). V postupe **a)** priama titrácia zmesi kationov je v roztoku prítomný i rovnovážny akvatovaný modrý kation Cu^{2+} – dochádza k skladaniu pôvodných farieb indikátora s modrou farbou akvatovaného kationu: modrofialová – mätovo zelená.

Riešenie úlohy 5 (1 b)

Opakovaným stanovením možno odstrániť chyby stanovenia, ktoré sú spôsobené experimentátorom ako sú: odčítanie hodnoty, nedodržanie pracovného postupu a iné hrubé chyby.

Riešenie úlohy 6 (1 b)

Aritmetický priemer (ako odhad strednej hodnoty) oveľa lepšie vystihuje správnu hodnotu než jednotlivé výsledky stanovenia.

Autori: Ing. Dušan Bortňák, doc. RNDr. Juraj Bujdák, DrSc., Ing. Pavel Májek, PhD., (vedúci autorského kolektívu).

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

Vydal: IUVENTA, Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2018.