

SLOVENSKÁ KOMISIA CHEMICKEJ OLYMPIÁDY

CHEMICKÁ OLYMPIÁDA

55. ročník, školský rok 2018/2019

Kategória B

Krajské kolo

TEORETICKÉ A PRAKTICKÉ ÚLOHY

ÚLOHY 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
Doba riešenia: 60 minút

Úloha 1 (22 b)

Pri vyparovaní vody sa spotrebuje pomerne veľké množstvo tepelnej energie, ktoré predstavuje hodnotu až 2257 kJ pri vyparení 1 kg vody, pri atmosférickom tlaku 1 bar. Odparením vody dochádza k ochladzovaniu sústavy. Premena kvapaliny na plyn iných kvapalných médií sa využíva v klimatizácii, chladničkách a mrazničkách.

a) Vypočítajte, aké množstvo tepelnej energie zodpovedá vypareniu 1 molu vody (čo zodpovedá tzv. molovému výparnému teplu, resp. molovej výparnej entalpii). Vychádzajte z mólovej hmotnosti vody: $18,02 \text{ g mol}^{-1}$. Vypočítaná veličina sa volá molové výparné teplo, resp. molová výparná entalpia a má symbol $\Delta_{\text{vap}}H_{\text{m}}$.

Spotreba energie súvisí s prekonaním väzieb medzi molekulami v kvapalnom skupenstve a s energiou spotrebovanou na zmenou objemu (expanzie) sústavy. Expanzia kvapalnej vody na plyn spôsobuje veľký nárast objemu vznikom plynnej fázy.

b) Vypočítajte, aký objem zodpovedá 1 molu kvapalnej vody a 1 molu vodných pár. Predpokladajte, že hustota kvapalnej vody je 1000 kg m^{-3} , vodné pary majú vlastnosti ideálneho plynu, teplotu $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a tlak $101,3 \text{ kPa}$. Plynová konštanta má hodnotu $R = 8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$.

Energiu spojenú s expanziou možno vypočítať zo súčinu tlaku a zmeny objemu pomocou vzťahu: $p \cdot \Delta V$.

c) Pomocou analýzy jednotiek objemu a tlaku dokážte, že súčin $p \cdot \Delta V$ vyjadruje zmenu energie s jednotkou J.

d) Vypočítajte spotrebovanú energiu 1 molu vody spôsobenú expanziou pomocou vzťahu $p \cdot \Delta V$, pri podmienkach popísaných v úlohe **b**).

Molové výparné entalpie kvapalín sú podstatne vyššie ako energie potrebné na expanziu 1 molu kvapaliny. Dôležitejším faktorom, ktorý ovplyvňuje molové výparné entalpie je skutočnosť, že veľká časť energie sa okrem na expanziu spotrebuje na prekonanie medzimolekulových síl v kvapaline, aby mohlo vzniknúť plynné skupenstvo.

e) Kvalitatívne porovnajte molové entalpie vyparovania vody, metanolu a benzénu bez toho, aby ste mali k dispozícii chemické tabuľky a vysvetlite. Vychádzajte z medzimolekulových síl v týchto kvapalinách.

f) Hodnota premeny jedného molu kovov z taveniny na plynné skupenstvo je mnohonásobne vyššia ako molové výparné teplo vody. Vysvetlite.

g) Najnižšie molové výparné teplo spomedzi prvkov má hélium. Pokúste sa vysvetliť prečo.

Úloha 2 (8 b)

100% relatívna vlhkosť vzduchu je stav, pri ktorom je parciálny tlak vodnej pary rovný rovnovážnemu tlaku vodných pár nad kvapalnou fázou vody. Napríklad, tlak nasýtených vodných pár pri teplote 18 °C je okolo 2 kPa.

a) Ako sa mení tlak nasýtených vodných pár s teplotou?

b) V chladnom období pozorujeme pri dýchaní kondenzáciu vodných pár z vydychovaného vzduchu. Podobný jav nepozorujeme v lete. Zdôvodnite prečo.

c) Aký tlak nasýtenej vodnej pary predpokladáte pri teplote 100 °C?

d) Predpokladajte, že vzduch je v rovnováhe s kvapalnou fázou vody a má 100%-nú relatívnu vlhkosť. Túto vlastnosť si zachová aj pri experimente, pri ktorom sa postupne zvyšuje teplota sústavy, s ktorou sa postupne mení aj tlak nasýtených vodných pár. Aké faktory sa budú v takomto prípade podieľať na zmene hustoty vlhkého vzduchu so zmenou teploty? Čo možno predpokladať pre zmenu hustoty s teplotou?

e) Predpokladajte, že by ste zkonštruovali balón na lietanie. Porovnajte účinnosť rôznych plynov pre vzlet a nosnosť balónu:

i. Hélium

ii. horúci vzduch s teplotou 120 °C

iii. horúca vodná para s teplotou 120°C

Vysvetlite.

ÚLOHY 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
Doba riešenia: 60 minút

Úloha 1 (7,8 b)

Napíšte štruktúrne vzorce nasledovných zlúčenín a zoradte ich podľa reaktivity v elektrofilnej aromatickej substitúcii od najviac po najmenej reaktívne:

a) benzén, anilín, metoxybenzén (anizol), kyselina benzénsulfónová

1 >	2 >	3 >	4

b) benzén, chlórbenzén, 1,2-dichlórbenzén, 1,2-dinitrobenzén

1 >	2 >	3 >	4

c) benzén, metylbenzén (toluén), 1,4-dinitrobenzén, fenol

1 >	2 >	3 >	4

d) benzén, nitril kyseliny benzénkarboxylovej (benzonitril), *N,N*-dimetylbenzén-amín (*N,N*-dimetylanilín), pentanitrobenzén

1 >	2 >	3 >	4

e) benzén, benzén-1,4-ditol, benzén-1,3,5-tritol, 1-fenyletán-1-ón (fenylmetylketón, acetofenón)

1 >	2 >	3 >	4

Úloha 2 (18 b)

S využitím poznatkov o elektrofilných substitučných reakciách a poznatkov o alkalickom tavení sulfónových kyselín a ich deprotekcii navrhnete prípravy nižšie uvedených zlúčenín. V reakčných schémach uveďte všetky organické zlúčeniny pomocou štruktúrnych vzorcov a pomenujte ich.

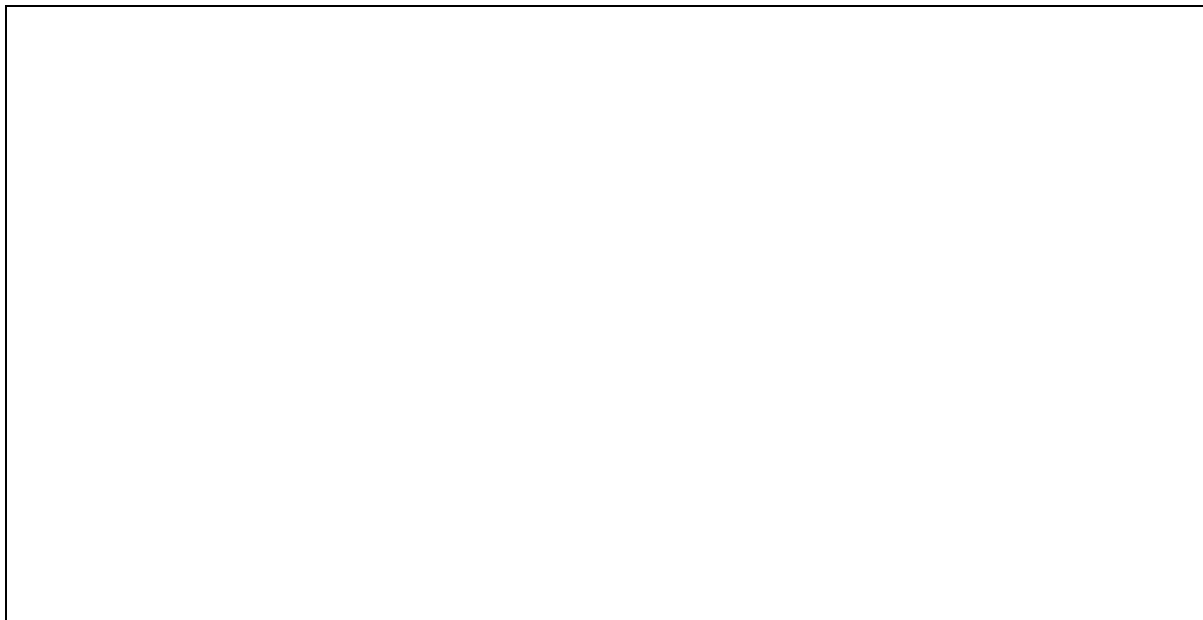
a) S využitím elektrofilnej chlorácie v poslednom stupni syntézy napíšte reakčnú schému prípravy kyseliny 4-bróm-3-chlórbenzénsulfónovej z benzénu. Reakčná schéma musí tiež obsahovať sulfonáciu a elektrofilnú bromáciu.



b) S využitím elektrofilnej chlorácie v prvom stupni syntézy napíšte reakčnú schému prípravy 1-bróm-2-chlórbenzénu z benzénu. Reakčná schéma musí tiež obsahovať sulfonáciu, substitučnú deprotekciiu sulfoskupiny a elektrofilnú bromáciu.



c) S využitím nitrácie v prvom stupni syntézy napíšte reakčnú schému prípravy 3-chlór-5-nitrofenolu z benzénu. Reakčná schéma musí tiež sulfonáciu, elektrofilnú chloráciu a alkalické tavenie sulfónovej kyseliny a jej okyslenie za vzniku príslušného substituovaného fenolu.



d) S využitím piatich nitračných stupňov syntézy (jedna dvojnásobná a jedna trojnásobná) napíšte reakčnú schému prípravy pentanitrofenolu z benzénu. Reakčná schéma musí tiež obsahovať sulfonáciu a alkalické tavenie sulfónovej kyseliny a jej okyslenie za vzniku príslušného substituovaného fenolu.



e) S substitučnej elektrofilnej bromácie napíšte reakčnú schému prípravy 3-brómfenolu z benzénu. Reakčná schéma musí tiež obsahovať sulfonáciu

a alkalické tavenie sulfónovej kyseliny a jej okyslenie za vzniku príslušného substituovaného fenolu.

Úloha 3 (4,2 b)

Napíšte štruktúrne vzorce všetkých štrnástich derivátov benzénu so sumárnym vzorcom C_8H_9F .

PRAKTICKÉ ÚLOHY 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

Experimentálna úloha (28 bodov)

Mosadz je zliatina medi so zinkom (5 – 40% Zn) a prípadne ďalšími legujúcimi prvkami, ktorá nekoroduje a ľahko sa obrába. Zliatinu poznali už v starovekom Grécku, ale až po objavení zinku v 16. storočí sa používanie mosadze značne rozšírilo. Spočiatku sa používala ako úžitkový a výtvarný materiál, neskôr jej zliatina s niklom – alpaka sa stala lacnou náhradou za striebro. V súčasnosti patrí mosadz medzi zliatiny so všestranným použitím v rôznych odvetviach ako je: spojovací materiál, potrubia, časti prístrojov, lisované výrobky, elektrotechnika a elektronika, výroba kompasov a pod.

Kvantitatívne stanovenie medi a zinku v mosadzi

Pracovný postup:

Príprava 250 cm³ 0,02 mol dm⁻³ odmerného roztoku chelatonu 3: Na prípravu 250 cm³ štandardného roztoku chelatonu 3 (Na₂EDTA, C₁₀H₁₄N₂Na₂O₈·2 H₂O, M_r = 372,2369) s koncentráciou c = 0,02 mol dm⁻³ sa diferenčne odváži na analytických váhach vypočítané množstvo Na₂EDTA, ktoré sa preniesie do 250 cm³ kadičky s cca 100 cm³ vody. Keďže chelaton 3 sa horšie rozpúšťa, roztok sa mierne zahreje a mieša sklenenou tyčinkou. Po úplnom rozpustení sa k roztoku Na₂EDTA pridá cca 50 cm³ vody a po ochladení na laboratórnu teplotu sa kvantitatívne preniesie do 250 cm³ odmernej banky. Po doplnení po značku deionizovanou vodou a premiešaní sa vypočíta presná koncentrácia štandardného roztoku chelatonu 3.

Príprava byrety na titráciu: 25 cm³ byreta sa po premytí deionizovanou vodou a odmerným roztokom chelatonu 3 doplní odmerným roztokom po značku, čím je pripravená na odmerné stanovenie.

Príprava zásobného roztoku vzorky na analýzu: vzorka mosadze (M) sa previedla do roztoku rozpúšťaním v HNO₃. Po rozpustení kovu a odparení kyseliny takmer do sucha sa nerozpustný zvyšok rozpustil v malom množstve HCl. Po ochladení sa vzorka M kvantitatívne preniesla do odmernej banky, doplnila po značku, čím sa získal zásobný roztok na analýzu.

Pozn.: Vaša vzorka obsahuje alikvotnú časť zásobného roztoku v skúmavke!

Vzorka v skúmavke sa kvantitatívne preniesie do 250 cm³ odmernej banky, doplní sa po značku deionizovanou vodou a premieša.

Kvantitatívne stanovenie Cu a Zn v mosadzi chelatometricky

Kvantitatívne stanovenie Cu a Zn v mosadzi chelatometricky sa uskutoční v dvoch alikvotných podieloch. V prvom podiele sa stanoví celkové množstvo kovov Cu + Zn, v druhom podiele sa stanoví iba jeden z iónov M²⁺:

a) Do každej z troch titračných baniek sa odpipetuje 25 cm³ vzorky *M*, odmerným valcom sa pridá 10 cm³ deionizovanej H₂O, 5 cm³ 1 mol dm⁻³ octanového tlmivého roztoku (pH = 5,5) a tuhý indikátor xylenolová oranžová (na špičku špachtle). Roztok sa v titračnej banke pomieša a titruje za intenzívneho miešania z *modrofialovej* do *mätovo zelenej* farby indikátora.

Titraciu zopakujte trikrát, ak je potrebné, odľahlú hodnotu vylúčte. Priemerná hodnoty spotreby $\bar{V}_a$ je úmerná celkovému látkovému množstvu Cu + Zn vo vzorke.

b) Do každej z troch titračných baniek sa odpipetuje 25 cm³ vzorky *M*, odmerným valcom sa pridá 5 cm³ 1 mol dm⁻³ octanového tlmivého roztoku (pH = 5,5), 10 cm³ cca 4 %-ného roztoku Na₂S₂O₃ a tuhý indikátor xylenolová oranžová (na špičku špachtle). Roztok sa v titračnej banke pomieša a titruje za intenzívneho miešania z *fialovej* do *žltej* farby indikátora.

Titraciu zopakujte trikrát, ak je potrebné, odľahlú hodnotu vylúčte. Priemerná hodnota spotreby $\bar{V}_b$ je úmerná celkovému látkovému množstvu jedného z iónov M²⁺.

Po ukončení experimentálnej práce vypočítajte zo spotrieb $\bar{V}_a$ a $\bar{V}_b$ hmotnosť Cu (*A_r* = 63,546) a Zn (*A_r* = 65,3800) v mg vo vzorke mosadze.

Úloha 1 (3 b)

Chelatometria je vhodná na kvantitatívne stanovenie katiónov s rôznym mocenstvom – aké katióny možno stanoviť. Napíšte iónové reakcie chelatometrického stanovenia hlavných zložiek v mosadzi v postupe **a)** a indikáciu koncového bodu.

Úloha 2 (3 b)

Reakciami v iónovom tvare opíšte jednotlivé kroky a indikáciu koncového bodu v postupe **b)**.

Úloha 3 (2 b)

Vysvetlite prečo sa pri stanovení v chelatometrii používa tlmivý roztok.

Úloha 4 (2 b)

Vysvetlite, prečo je farebná zmena indikátora xylenolová oranžová pri určení koncového bodu chelatometrickej titrácie v postupe **a)** iná ako v postupe **b)**.

Úloha 5 (1 b)

Vysvetlite, prečo je potrebné stanovenie zopakovať.

Úloha 6 (1 b)

Prečo pri výpočte použijeme priemernú hodnotu spotreby titračného činidla.

Pomôcky

byreta 25 cm³, pipeta 25 cm³, 3 titračné banky 250 cm³, 2 odmerné banky 250 cm³, kadičky 75 – 100 cm³, 250 cm³, odmerný valec 5 – 10 cm³ (prípadne 15 cm³ s ryskou na 5 cm³), strička, sklenená tyčinka, byretový lievik, laboratórny stojan, svorky, lapák.

Chemikálie a roztoky

vzorka: roztok mosadze

chelaton 3 [H290, H302, H305, H313, H318, H332, H335, S26, S36, S37, S39],

octanový tlmivý roztok, ($c = 1 \text{ mol dm}^{-3}$, pH = 5,5),

roztok Na₂S₂O₃, (4 %) [S24/25],

indikátor: xylenolová oranžová, tuhý,

deionizovaná voda.

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.