

CHEMICKÁ OLYMPIÁDA

54. ročník, školský rok 2017/2018

Kategória C

Študijné kolo

PRAKTICKÉ ÚLOHY

ÚLOHY PRAKTICKEJ ČASTI

Chemická olympiáda – kategória C – 54. ročník – školský rok 2017/2018

Študijné (domáce) kolo

Mária Linkešová

Maximálne 40 bodov

Úvod

V príprave na riešenie úloh praktickej časti budete potrebovať, podobne ako v teoretickej časti, preštudovať si z dostupných učebníc anorganickej chémie kapitoly, ktoré sa venujú *d*-prvkom, čiže prvkom 3. až 12. skupiny periodickej sústavy prvkov. Okrem toho je potrebné poznať názvoslovie anorganických zlúčenín, vrátane koordinačných zlúčenín, a nasledujúce pojmy: chemická reakcia, rovnica chemickej reakcie, stechiometrický koeficient, látkové množstvo, molárna hmotnosť. Pre úspešné riešenie praktických úloh budete tiež potrebovať ovládať vyčísl'ovanie stechiometrických koeficientov chemických rovníc, výpočty zloženia roztokov (hmotnostný zlomok, koncentrácia látkového množstva) a výpočty z chemickej rovnice.

Pri realizácii praktických úloh budete potrebovať praktické zručnosti pri základných laboratórnych operáciách a manipulácii so základnými laboratórnymi pomôckami.

Pri príprave na riešenie súťažných úloh môžete využiť príslušné kapitoly ľubovoľnej gymnaziálnej učebnice pre 1. a 2. ročník štvorročných gymnázií, resp. ekvivalentný ročník osemročných gymnázií, pričom si môžete doplniť vedomosti štúdiom niektorej dostupnej vysokoškolskej učebnice všeobecnej a anorganickej chémie. Viaceré vlastnosti skúmaných anorganických zlúčenín nájdete v chemických tabuľkách.

Odporúčaná literatúra

1. KMEŤOVÁ, J. a kol. *Chémia pre 1. ročník gymnázia so štvorročným štúdiom a 5. ročník gymnázia s osemročným štúdiom*. Bratislava : EXPOL PEDAGOGIKA, 2010. s. 14 – 40, 54 – 78, 97 – 104.

2. KMEŤOVÁ, J. a kol. *Chémia pre 2. ročník gymnázia so štvorročným štúdiom a 6. ročník gymnázia s osemročným štúdiom*. Bratislava : EXPOL PEDAGOGIKA, 2012. s. 71 – 82.
3. GAŽO, J. a kol. *Všeobecná a anorganická chémia*. Bratislava : Alfa, Praha : SNTL, 1981. s. 523 – 696.
4. ŠIMA, J. a kol. *Anorganická chémia*. Bratislava : STU, 2009. s. 163 – 165, 312 – 338, 349 – 409.
5. KANDRÁČ, J., SIROTA, A. *Výpočty v stredoškolskej chémii*. Bratislava : SPN, 1995. s. 30 – 46, 58 – 79, 95 – 141.
6. ULICKÁ, Ľ., ULICKÝ, L. *Príklady zo všeobecnej a anorganickej chémie*. Bratislava : Alfa, Praha : SNTL, 1987. s. 34 – 36, 66 – 93.
7. *Chemické tabuľky* – ľubovoľné vydanie.

Vlastnosti zlúčenín prechodných prvkov

Prechodné prvky majú viacero spoločných vlastností, napríklad:

- všetky sú kovy,
- sú kujné a ťažné,
- vedú elektrický prúd a teplo,
- tvoria zlúčeniny, v ktorých majú rozličné oxidačné čísla,
- ich zlúčeniny sú farebné, pričom sfarbenie závisí od oxidačného čísla – v rôznych oxidačných stavoch majú odlišné sfarbenie,
- tvoria koordinačné zlúčeniny
- a viaceré ďalšie vlastnosti.

Spoločné vlastnosti prechodných prvkov vyplývajú z elektrónovej konfigurácie ich valenčnej vrstvy. Prechodné prvky sú definované ako prvky, ktoré majú v nezlúčenom stave alebo v niektorom z nenulových oxidačných stavov (teda v zlúčenom stave) neúplne obsadené $(n-1)d$ -orbitály, teda majú elektrónovú konfiguráciu $ns^2(n-1)d^{1-9}$, prípadne $ns^1(n-1)d^5$ (prvky 6. skupiny) alebo $ns^1(n-1)d^{10}$ (prvky 11. skupiny).

Podľa tejto definície medzi prechodné prvky nepatria tie d -prvky, ktoré majú v nezlúčenom aj zlúčenom stave elektrónovú konfiguráciu $(n-1)d^{10}$, teda prvky 12. skupiny, konkrétne zinok a kadmium. Tieto majú v zlúčeninách oxidačné číslo II, čomu prislúcha elektrónová konfigurácia $ns^0(n-1)d^{10}$. Zlúčeniny týchto prvkov majú so zlúčeninami ostatných d -prvkov viaceré spoločné vlastnosti. Niektorými vlastnosťami sa od nich líšia. sú to tie, ktorých príčinou sú neúplne obsadené orbitály d . Jednou z týchto vlastností je farebnosť zlúčenín prechodných kovov – zlúčeniny zinku a kadmia sú bezfarebné (resp. v kryštalickom stave sú biele). Rovnakú vlastnosť majú aj zlúčeniny striebra v oxidačnom stave I, v ktorých má striebro elektrónovú konfiguráciu $5s^04d^{10}$ a aj zlúčeniny prvkov 3. skupiny v oxidačnom stave III, ktoré majú prázdne orbitály d (napr. Sc^{III}).

Medzi mnohé zlúčeniny, ktoré vytvárajú d -prvky, patria koordinačné zlúčeniny, v ktorých je atóm d -prvku (tzv. centrálny atóm) zlúčený s jedným alebo viacerými aniónmi alebo molekulami s voľným elektrónovým párom (tzv. ligandy), a to obvykle donorovo-akceptorou väzbou. Farebnosť koordinačných zlúčenín prechodných prvkov závisí nielen od oxidačného stavu atómu prechodného prvku (centrálneho atómu), ale aj od druhu a počtu ligandov, ktoré sú naň naviazané.

Úloha 1 (13,92 b)

1.1 Napíšte elektrónovú konfiguráciu valenčnej vrstvy atómov nasledujúcich

d-prvkov:

Cr ⁰	.....	Cu ^I	.....
Cr ^{III}	.....	Cu ^{II}	.....
Cr ^{VI}	.....	Ag ⁰	.....
Mn ⁰	.....	Ag ^I	.....
Mn ^{II}	.....	Au ⁰	.....
Mn ^{VII}	.....	Au ^{III}	.....
Fe ⁰	.....	Zn ⁰	.....
Fe ^{II}	.....	Zn ^{II}	.....
Fe ^{III}	.....	Cd ⁰	.....
Co ⁰	.....	Cd ^{II}	.....
Co ^{II}	.....	Hg ⁰	.....
Cu ⁰	.....	Hg ^I	.....
		Hg ^{II}	.....

Ktoré z nich budú súčasťou bezfarebných zlúčenín?

1.2 Vyhľadajte v študijnej literatúre sfarbenie nasledujúcich kryštalických zlúčenín a uveďte ich názvy:

Cr ₂ (SO ₄) ₃ · 18 H ₂ O	.....
K ₂ CrO ₄	.....
Mn(NO ₃) ₂ · 6 H ₂ O	.....
KMnO ₄	.....
FeSO ₄ · 7 H ₂ O	.....
Fe(NO ₃) ₃ · 9 H ₂ O	.....
CoCl ₂ · 6 H ₂ O	.....
Cu(NO ₃) ₂ · 3 H ₂ O	.....
AgCN	.....
AuCl ₃	.....
ZnSO ₄ · 7 H ₂ O	.....
Cd(NO ₃) ₂ · 4 H ₂ O	.....

HgSO₄

Hg₂SO₄

Úloha 2 (13,44 b)

Reakcie zlúčenín prechodných prvkov

Pomôcky:

4 skúmavky, kvapkadlá, odmerný valec (10 cm³)

Reaktanty:

roztok síranu železnatého ($c = 0,01 \text{ mol dm}^{-3}$), roztok chloridu železitého ($c = 0,01 \text{ mol dm}^{-3}$), roztok chloridu nikelnatého ($c = 0,01 \text{ mol dm}^{-3}$), roztok síranu meďnatého ($c = 0,25 \text{ mol dm}^{-3}$), roztok dusičnanu strieborného ($w = 0,01$), roztok hexakynožeľeznatanu draselného ($c = 0,01 \text{ mol dm}^{-3}$), roztok hexakynožeľezitanu draselného ($c = 0,01 \text{ mol dm}^{-3}$), roztok kyseliny chlorovodíkovej (1 : 1), roztok amoniaku (1 : 1), roztok jodidu draselného ($c = 0,3 \text{ mol dm}^{-3}$), roztok tiosíranu sodného ($c = 0,4 \text{ mol dm}^{-3}$), roztok hydroxidu sodného ($w = 0,05$).

2.1 Reakcie železnatých a železitých zlúčenín

- Do dvoch skúmaviek nalejte po 1 – 2 cm³ roztoku hexakynožeľeznatanu draselného a pridajte do nich 2 kvapky roztoku kyseliny chlorovodíkovej. Do jednej skúmavky pridávajte po kvapkách čerstvo pripravený roztok síranu železnatého, do druhej roztok chloridu železitého, kým sa nevytvorí reakčný produkt.
- Do dvoch skúmaviek nalejte po 1 – 2 cm³ roztoku hexakynožeľezitanu draselného. Do jednej skúmavky pridávajte po kvapkách čerstvo pripravený roztok síranu železnatého, do druhej roztok chloridu železitého, kým sa nevytvorí reakčný produkt.

Doplňte do tabuľky vzhľad vzniknutých produktov (sfarbenie, skupenstvo) a v študijnej literatúre vyhľadajte ich triviálne názvy.

čínidlo	K ₄ [Fe(CN) ₆]	K ₄ [Fe(CN) ₆]	K ₃ [Fe(CN) ₆]	K ₃ [Fe(CN) ₆]
katión železa	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺
vzhľad produktu				
triviálny názov				

Poznámka: Reakcie, pri ktorých sa v roztoku stretnú atómy železa v oxidačných stavoch Fe^{II} a Fe^{III} sa využívajú v analytickej chémii na dôkaz a odlíšenie železnatých a železitých zlúčenín.

2.2 Reakcie nikelnatých zlúčenín

a) Do skúmavky nalejte 1 – 2 cm^3 roztoku chloridu nikelnatého a pridajte niekoľko kvapiek roztoku amoniaku. Vznikne zrazenina hydroxidu nikelnatého.

Napíšte rovnicu prebiehajúcej chemickej reakcie.

b) K zrazenine v skúmavke pridávajte po kvapkách ďalej roztok amoniaku, kým sa zrazenina nerozpustí. Roztok obsahuje komplexný kation hexaammin-nikelnatý.

Napíšte rovnicu prebiehajúcej chemickej reakcie.

Doplňte do tabuľky vzorec a vzhľad vzniknutých produktov.

	vzorec produktu	vzhľad produktu
reakcia a)		
reakcia b)		

2.3 Reakcie meďnatých zlúčenín

a) Do skúmavky nalejte 1 – 2 cm^3 roztoku síranu meďnatého a pridajte niekoľko kvapiek roztoku amoniaku. Vznikne zrazenina hydroxidu meďnatého.

Napíšte rovnicu prebiehajúcej chemickej reakcie.

b) K zrazenine v skúmavke pridávajte po kvapkách ďalej roztok amoniaku, kým sa zrazenina nerozpustí. Roztok obsahuje komplexný kation tetraammin-meďnatý.

Napíšte rovnicu prebiehajúcej chemickej reakcie.

c) Do skúmavky nalejte 1 – 2 cm^3 roztoku síranu meďnatého a pridajte 2 kvapky roztoku jodidu draselného. Vzniká jodid meďnatý, ktorý sa samovoľnou oxidačno-redukčnou reakciou ihneď rozkladá na málo rozpustný jodid meďný. Vzniká pri tom jód, ktorý sfarbuje obsah skúmavky na hnedo, a preto sa nedá pozorovať sfarbenie jodidu meďného.

Napíšte rovnice prebiehajúcich chemických reakcií.

Aké sfarbenie jodidu meďného môžeme očakávať podľa elektrónovej konfigurácie atómu medi v tejto zlúčenine?

- d) Odstráňte z roztoku vylúčený jód. Môžete ho odstrániť dvomi spôsobmi. Jeden spôsob je reakcia s roztokom tiosíranu sodného, ktorý pridávajte do skúmavky po kvapkách dovtedy, kým sa roztok neodfarbí. Druhý spôsob je tzv. dekantácia. Zrazeninu nechajte niekoľko minút usadiť, a potom kvapalinu nad zrazeninou opatrne vylejte. Do skúmavky pridajte malé množstvo destilovanej vody, opäť nechajte zrazeninu usadiť a kvapalinu nad zrazeninou opäť opatrne vylejte.

Doplňte do tabuľky vzorec a vzhľad vzniknutých produktov.

	vzorec produktu	vzhľad produktu
reakcia a)		
reakcia b)		
reakcia c)		

2.4 Reakcie strieborných zlúčenín

- a) Do skúmavky nalejte 1 – 2 cm³ roztoku dusičnanu strieborného a pridajte 2 kvapky roztoku hydroxidu sodného. Vzniká nerozpustný oxid strieborný.

Napíšte rovnicu prebiehajúcej chemickej reakcie.

- b) K zrazenine v skúmavke pridávajte po kvapkách roztok amoniaku, kým sa zrazenina nerozpustí. Roztok obsahuje komplexný kation diamminstrieborný.

Aké sfarbenie produktu reakcie môžeme očakávať podľa elektrónovej konfigurácie atómu striebra?

Napíšte rovnicu prebiehajúcej chemickej reakcie.

Doplňte do tabuľky vzorec a vzhľad vzniknutých produktov.

	vzorec produktu	vzhľad produktu
reakcia a)		
reakcia b)		

Úloha 3 (8,64 b)

Príprava hexahydrátu síranu amónno-železnatého

Hexahydrát síranu amónno-železnatého, tzv. Mohrova soľ, tvorí svetlozelené kryštálíky, ktoré sú na vzduchu stále. Atómy Fe^{II} v Mohrovej soli sú pomerne stále voči oxidácii vzdušným kyslíkom, a to aj vo vodnom roztoku, na rozdiel od atómov Fe^{II} v sírane železnatom. Patrí medzi podvojnú sírany typu $\text{M}_2^{\text{I}}\text{M}^{\text{II}}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, nazývané Tuttonove soli (alebo aj schönity). Súčasne ho môžeme zaradiť aj medzi komplexné zlúčeniny, pretože obsahuje komplexný kation $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$.

Pripravuje sa kryštalizáciou z nasýteného vodného roztoku, ktorý sa pripraví zmiešaním roztokov síranu železnatého a síranu amónneho v ekvivalentnom vzájomnom pomere ich látkových množstiev (t. j. 1 : 1).

Pomôcky:

2 kadičky 250 cm³, sklená tyčinka, hodinové sklíčko, sklený lievik, kryštalizačná miska, lyžička, kvapkadlo, odmerný valec (25 cm³), laboratórne váhy, laboratórny stojan, krížová svorka, filtračný kruh, filtračný papier, nožničky, elektrický varič alebo plynový kahan, trojnožka, sieťka

Reaktanty:

heptahydrát síranu železnatého, síran amónny, kyselina sírová (koncentrovaný vodný roztok, $w = 0,96$)

3.1 Výpočet potrebného množstva reaktantov

Vypočítajte potrebné množstvo síranu amónneho a heptahydrátu síranu železnatého na prípravu 10 g síranu amónno-železnatého v roztoku.

3.2 Pracovný postup prípravy

Kryštalický hexahydrát síranu amónno-železnatého pripravíte neizotermickou kryštalizáciou z roztoku nasýteného pri teplote 70 °C jeho ochladením na laboratórnu teplotu. Na prípravu tohto roztoku potrebujete 15 cm³ horúcej destilovanej vody okyslenej niekoľkými kvapkami koncentrovanej kyseliny sírovej. Na hodinovom sklíčku odvážte vypočítané množstvo síranu amónneho a rozpustíte ho v horúcej okyslenej vode. Vypočítané množstvo heptahydrátu síranu železnatého odváženého na hodinovom sklíčku rozotrite v roztieracej miske na jemný prášok a pridajte do

roztoku síranu amónneho. Ak sa síran železnatý všetok nerozpustil, roztok ešte trochu zohrejte (nesmie vriieť!).

Pripravte si filtračnú aparatúru so skladaným filtrom na odfiltrovanie nečistôt (roztok môže byť znečistený malým množstvom síranu železitého vzniknutého oxidáciou – zelená farba roztoku prechádza do žltohneda). Horúci roztok **rýchlo** prefiltrujte cez skladaný filter do kryštalizačnej misky a nechajte vychladnúť. Ak treba, roztok pred filtráciou ešte zahrejte, pretože ak nie je dostatočne horúci a filtrácia neprebehne rýchlo, začne produkt kryštalizovať počas filtrácie vo filtračnej aparatúre.

Vylúčené kryštáliky Mohrovej soli prefiltrujte cez hladký filter a vysušte voľne na vzduchu. Pre urýchlenie sušenia vytlačte vlhkosť medzi dvoma kusmi filtračného papiera, presypte kryštáliky na suchý filtračný papier, na ktorom ho občas prehrňte lyžičkou. Suchý preparát je sypký, kryštáliky nie sú zlepené a na filtračnom papieri nezanechávajú mokré stopy.

Po vysušení preparát presypte na odvážené hodinové sklíčko, odvážte a vypočítajte výťažok v percentách. Teoretický výťažok suchého hexahydrátu síranu amónno-železnatého je 7,9 g.

Úloha 4 (4,08 b)

Síran akva-tetraamminmednatý vzniká reakciou roztoku síranu mednatého s roztokom amoniaku. Vo vodnom roztoku vytvárajú atómy Cu^{II} komplexné katióny $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$. Po pridaní amoniaku do roztoku síranu mednatého nastane substitúcia ligandov H_2O ligandmi NH_3 za vzniku komplexného katiónu $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$, ktorý je stabilnejší ako katión hexaakvamednatý.

- Napište iónový zápis rovnice uvedenej chemickej reakcie.
- Vypočítajte hmotnosť pentahydrátu síranu mednatého a objem roztoku amoniaku ($w = 0,25$) potrebných na prípravu 5,0 g síranu akva-tetraamminmednatého.

Informácie o vetách P a H pre použité reaktanty

(Úradný vestník EÚ L353, zv. 51, 31. december 2008, ISSN 1725-5147)

$K_3[Fe(CN)_6]$, $K_4[Fe(CN)_6] \cdot 3 H_2O$, KI, $Na_2S_2O_3 \cdot 5 H_2O$ – nemajú žiadne obmedzenia vetami P a H

$FeSO_4 \cdot 7 H_2O$ – P: 280, 305 + 351 + 338, 332 + 313; H – 302, 315, 319

$FeCl_3$ – P: 280, 273, 305 + 351 + 338; H – 302, 315, 318, 290, 411

$FeCl_3 \cdot 6 H_2O$ – P: 302 + 352, 305 + 351 + 338, 310; H – 317, 318

$CuSO_4$ – P: 273, 302, 352, 305, 351, 338; H: 302, 319, 315, 410

$NiCl_2 \cdot 6 H_2O$ – P: 201, 260, 273, 304 + 341, 308, 310; H – 301 + 331, 315, 317, 334, 341, 350i, 360d, 372, 410; pre vodný roztok $NiCl_2$ nie sú uvádzané žiadne koncentračné obmedzenia s výnimkou H 410

$AgNO_3$ – P: 220, 273, 280, 351, 338, 301, 330, 331, 310; H: 272, 314, 410

NH_3 (vodný roztok) – P: 237, 280, 301 + 330 + 331, 305+351+338, 308 + 310; H – 290, 314, 335, 400

HCl (35 %) – H: 290, 314 ($w > 0,25$), 315 ($0,10 \leq w < 0,25$), 318 ($w > 0,25$), 335 ($w > 0,10$)

NaOH (vodný roztok) – H: 290; 314 ($w > 0,05$), H 315 ($0,005 \leq w < 0,02$), 318 ($w > 0,02$)

Vety P:

201 – Pred použitím sa oboznámte s osobitnými pokynmi.

260 – Nevdychujte prach.

273 – Zabráňte uvoľneniu do životného prostredia.

280 – Noste ochranné rukavice/ochranné okuliare.

302+352 – Pri kontakte s pokožkou: Umyte veľkým množstvom vody.

305+351+338 – Po zasiahnutí očí: opatrne niekoľko minút oplachujte vodou. Ak používate kontaktné šošovky a ak je to možné, odstráňte ich. Pokračujte vo vyplachovaní.

310 – Okamžite volajte toxikologické informačné centrum/lekára.

332+313 – Ak sa prejaví podráždenie pokožky: vyhľadajte lekársku pomoc/starostlivosť.

304+341 – Po vdýchnutí: ak nastanú ťažkosti s dýchaním, presuňte postihnutého na čerstvý vzduch a nechajte ho oddychovať v polohe, ktorá mu umožní pohodlné dýchanie.

308 + 310 – Po expozícii alebo podozrení z nej: Okamžite volajte toxikologické informačné centrum/lekára.

Vety H:

290 – Môže byť korozívny pre kovy.

301 + 331 – Toxický pri požití alebo vdýchnutí.

302 – Škodlivý po požití.

314 – Spôsobuje vážne poleptanie kože a poškodenie očí.

315 – Dráždi kožu.

317 – Môže vyvolať alergickú kožnú reakciu.

318 – Spôsobuje vážne poškodenie očí.

319 – Spôsobuje vážne podráždenie očí.

334 – Pri vdýchnutí môže vyvolať alergiu alebo príznaky astmy, alebo dýchacie ťažkosti.

335 – Môže spôsobiť podráždenie dýchacích ciest.

341 – Podozrenie, že spôsobuje genetické poškodenie.

350i – Vdychovanie môže spôsobiť rakovinu.

360d – Môže spôsobiť poškodenie nenarodeného dieťaťa.

372 – Spôsobuje poškodenie orgánov pri dlhšej alebo opakovanej expozícii (po vdýchnutí).

400 – Veľmi toxický pre vodné organizmy.

411 – Toxický pre vodné organizmy, s dlhodobými účinkami.