

ÚLOHY Z PRAXE

Chemická olympiáda – kategória EF – 62. ročník – šk. rok 2025/2026

Celoštátne kolo

Matúš Tomášik

Maximálne 100 pomocných bodov = 50 bodov
--

Doba riešenia: 300 minút + 15 minút na prečítanie zadania

Ťažké kovy ako meď, zinok a chróm patria medzi najvýznamnejšie anorganické polutanty povrchových vôd v oblastiach ťažby a spracovania ropy. Do vodných tokov sa dostávajú buď priamo v dôsledku únikov a havárií, alebo nepriamo prostredníctvom vypúšťania technologických vôd. Ich prítomnosť v povrchových vodách predstavuje závažný ekologický problém. Aj veľmi nízke koncentrácie ťažkých kovov majú negatívny vplyv na vodné organizmy, narúšajú potravinové reťazce a zapríčiňujú kumuláciu toxických látok v telách vodných živočíchov. Meď spolu so zinkom patria medzi esenciálne stopové prvky, avšak ich zvýšená koncentrácia pôsobí nepriaznivo na živé organizmy. Zvýšená koncentrácia medi pôsobí toxicky na vodné organizmy, poškodzuje žiabre rýb, narúša reprodukciu planktonických organizmov a môže viesť až k ich úhynu. Zinok pri jeho nadbytku spôsobuje poruchy metabolizmu, inhibíciu rastu rias, a u živočíchov môže dôjsť k poškodeniu tráviaceho a nervového systému. Chróm patrí medzi najnebezpečnejšie kontaminanty. Zatiaľ čo Cr^{III} je relatívne netoxický, Cr^{VI} sa vyznačuje vysokou toxicitou, mutagenitou a karcinogenitou, pričom už v stopových množstvách negatívne vplýva na vodnú faunu a flóru. Odstraňovanie ťažkých kovov z povrchových vôd je preto nevyhnutné pre ochranu ekosystémov a životného prostredia.

V praktickej časti celoštátneho kola chemickej olympiády sa budeme venovať stanoveniu koncentrácie meďnatých, zinočnatých a chromitých iónov v odpadových vodách vznikajúcich pri ťažbe ropy a odstraňovaniu týchto kovov prostredníctvom iónovej výmeny s využitím prírodného zeolitu v H^+ cykle.

Náplňou úloh celoštátneho kola je:

- *alkalimetricky stanoviť kapacitu prírodného zeolitu v H^+ cykle,*
- *stanoviť koncentráciu ťažkých kovov v modelovej vzorke odpadovej vody,*
- *aplikovať prírodný zeolit v H^+ cykle pri odstraňovaní ťažkých kovov z modelovej vzorky odpadovej vody a stanoviť efektivitu tohto procesu.*

*Pozn.: Pred samotnou realizáciou práce je potrebné si dôkladne prečítať celé zadanie a vhodne si zvoliť poradie riešenia jednotlivých úloh (time management). Na prečítanie zadania a rozvrhnutie postupu práce máte k dispozícii **15 minút**, ktoré sa **nepočítajú do celkového času** na riešenie úloh.*

K dispozícii sú nasledovné chemické látky a roztoky:

- prírodný zrnitý zeolit ZeoAqua v Na⁺ forme (klinoptilolit, zrnitostná frakcia 1–2,5 mm), dodaný spoločnosťou ZeoCem, a.s., Bystré, Slovenská republika,
- odmerný roztok chelátónu 3 ($c = 0,05 \text{ mol dm}^{-3}$),
- odmerný roztok hydroxidu sodného ($c = 0,02 \text{ mol dm}^{-3}$),
- odmerný roztok tiosíranu sodného ($c = 0,05 \text{ mol dm}^{-3}$),
- tuhý oxid zinočnatý, p.a.,
- tuhý hydrogenftalan draselný, p.a.,
- roztok kyseliny chlorovodíkovej (1:3),
- roztok kyseliny chlorovodíkovej ($c = 0,1 \text{ mol dm}^{-3}$),
- tuhý chlorid sodný, p.a.,
- roztok kyseliny sírovej ($c = 2 \text{ mol dm}^{-3}$),
- tuhý jodid draselný, p.a.,
- roztok tiosíranu sodného ($w = 0,05$),
- tuhý hexametyléntetraamín (urotropín), p.a.,
- roztok manganistanu draselného ($c = 0,01 \text{ mol dm}^{-3}$),
- tuhá kyselina askorbová, p.a.,
- koncentrovaný roztok amoniaku, p.a.,
- amoniakálny tlmivý roztok NH₄OH/NH₄Cl (pH 10),
- acetátový tlmivý roztok CH₃COOH/CH₃COONa,
- tuhý citran amónny, p.a.,
- indikátor škrobový maz,
- roztok indikátora tymolftaleín,
- roztok indikátora fenolftaleín,
- roztok indikátora brómtymolová modrá,
- tuhý indikátor eriochrómová čerň T,
- tuhý indikátor xylenolová oranž.

Tab. 1 Identifikácia nebezpečnosti použitých látok a zmesí podľa nariadenia (ES) č. 1272/2008 (CLP).

Názov chemikálie	H vety	P vety
Zeolit ZeoAqua	Látka nespĺňa kritériá pre klasifikáciu v súlade s nariadením č. 1272/2008/ES.	
Chelátón 3, roztok	H290, H315, H319	P280, P302+P352, P305+P351+P338
Hydroxid sodný, roztok	H290, H314	P280, P303+P361+P353, P305+P351+P338, P310
Tiosíran sodný, roztok	Zmes nespĺňa kritériá pre klasifikáciu v súlade s nariadením č. 1272/2008/ES.	
Oxid zinočnatý	H410	P273, P391, P501
Hydrogenftalan draselný	Látka nespĺňa kritériá pre klasifikáciu v súlade s nariadením č. 1272/2008/ES.	
Kyselina chlorovodíková, roztok	H290, H314, H335	P280, P303+P361+P353, P304+P340, P305+P351+P338, P310
Chlorid sodný	Látka nespĺňa kritériá pre klasifikáciu v súlade s nariadením č. 1272/2008/ES.	
Kyselina sírová, roztok	H290, H314	P280, P301+P330+P331, P303+P361+P353, P305+P351+P338, P308+P311
Jodid draselný	H372	P270
Hexametyléntetraamín (urotropín)	H228, H317	P210, P280, P333+P313
Manganistan draselný, roztok	H411	P273, P391, P501
Kyselina askorbová	Látka nespĺňa kritériá pre klasifikáciu v súlade s nariadením č. 1272/2008/ES.	
Amoniak, roztok	H290, H314, H335, H410	P273, P280, P303+P361+P353, P305+P351+P338, P310
Amoniakálny tlmivý roztok (NH ₄ OH/NH ₄ Cl)	H302, H314, H400	P273, P280, P310
Acetátový tlmivý roztok (CH ₃ COOH/CH ₃ COONa)	Zmes nespĺňa kritériá pre klasifikáciu v súlade s nariadením č. 1272/2008/ES.	
Citran amónny	H315, H319, H335	P261, P280, P302+P352, P304+P340, P305+P351+P338
Škrobový maz	Zmes nespĺňa kritériá pre klasifikáciu v súlade s nariadením č. 1272/2008/ES.	
Tymolftaleín, roztok	Zmes nespĺňa kritériá pre klasifikáciu v súlade s nariadením č. 1272/2008/ES.	
Fenolftaleín, roztok	H225	P210, P233
Brómtymolová modrá, roztok	Zmes nespĺňa kritériá pre klasifikáciu v súlade s nariadením č. 1272/2008/ES.	
Eriochrómová čerň T	Látka nespĺňa kritériá pre klasifikáciu v súlade s nariadením č. 1272/2008/ES.	
Xylenolová oranž	Látka nespĺňa kritériá pre klasifikáciu v súlade s nariadením č. 1272/2008/ES.	

Úloha A: Príprava roztokov a stanovenie ich presnej koncentrácie

Úloha A1: Príprava roztokov

- A1.1. Vypočítajte množstvo chelatónu 3 potrebné na prípravu 100 cm^3 odmerného roztoku o približnej koncentrácii $c = 0,05\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$. Odmerný roztok máte pripravený.
- A1.2. Riedením roztoku chelatónu 3 pripraveného v bode A1.1. pripravte 50 cm^3 odmerného roztoku chelatónu 3 s koncentráciou blízkou $c = 0,005\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$.
- A1.3. Vypočítajte hmotnosť oxidu zinočnatého potrebnú na prípravu 50 cm^3 štandardného roztoku Zn^{2+} s koncentráciou $c = 0,05\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$. Roztok pripravte podľa nasledovného postupu: S analytickou presnosťou navážte vypočítané množstvo ZnO a pomocou malého množstva deionizovanej vody návažok kvantitatívne prenesť do 100 cm^3 vysokej kadičky. K návažku pridávajte po kvapkách za stáleho miešania zriedený roztok kyseliny chlorovodíkovej (1:3) do úplného rozpustenia tuhej látky. Vzniknutý roztok kvantitatívne preveďte do 50 cm^3 odmernej banky, doplňte deionizovanou vodou po značku a zhomogenizujte. Vypočítajte presnú koncentráciu štandardného roztoku.
- A1.4. Vypočítajte objem roztoku hydroxidu sodného ($c = 0,1\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$) potrebný na prípravu 100 cm^3 odmerného roztoku s koncentráciou blízkou $c = 0,02\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$. Odmerný roztok máte pripravený.
- A1.5. Vypočítajte množstvo hydrogenftalanu draselného potrebné na prípravu 50 cm^3 štandardného roztoku s koncentráciou $c = 0,02\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$. Roztok pripravte a vypočítajte jeho presnú koncentráciu.
- A1.6. Vypočítajte množstvo pentahydrátu tiosíranu sodného potrebné na prípravu 100 cm^3 odmerného roztoku o približnej koncentrácii $c = 0,05\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$. Odmerný roztok so známou koncentráciou máte pripravený.

Úloha A2: Stanovenie presnej koncentrácie odmerných roztokov

- A2.1. Do titračnej banky pipetujte $10,0\text{ cm}^3$ štandardného roztoku Zn^{2+} pripraveného v úlohe A1.3. Prídavkom 10 cm^3 amoniakálneho tlmivého roztoku ($\text{NH}_4\text{OH}/\text{NH}_4\text{Cl}$) upravte pH na hodnotu 10. Pridajte malé množstvo indikátora eriochrómová čerň T a titrujte odmerným roztokom chelatónu 3 o približnej koncentrácii $c = 0,05\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ z fialového do modrého sfarbenia. Vykonajte potrebný počet paralelných stanovení. Vypočítajte presnú koncentráciu odmerného roztoku chelatónu 3.
- A2.2. Do titračnej banky pipetujte $10,0\text{ cm}^3$ štandardného roztoku hydrogenftalanu draselného pripraveného v úlohe A1.5., pridajte pár kvapiek indikátora tymolftaleín, a titrujte odmerným roztokom hydroxidu sodného do modrého sfarbenia. Vykonajte potrebný počet paralelných stanovení. Vypočítajte presnú koncentráciu odmerného roztoku hydroxidu sodného.

Úloha B: Stanovenie kapacity prírodného zeolitu v H^+ cykle

Pri práci so zeolitmi je možné, podobne ako v prípade klasických ionexov, voliť medzi Na^+ a H^+ formou. Z praktického hľadiska sa v laboratórnych podmienkach častokrát uprednostňuje H^+ cyklus, nakoľko indikácia a stanovenie uvoľneného množstva protónov H^+ sú jednoducho realizovateľné prostredníctvom acidobázických titrácií alebo potenciometricky.

Úloha B1: Prevedenie zeolitu do H^+ cyklu

- B1.1. Do suchej kadičky odvážte s presnosťou na 2 desatinné miesta približne 1 g zeolitu v Na^+ forme. Presnú hmotnosť zeolitu zapíšte do odpovedového hárka.
- B1.2. Zeolit premyte dvakrát po 25 cm³ deionizovanej vody. Vodu opatrne zlievajte do výlevky tak, aby nedošlo k stratám zeolitu.
- B1.3. Zeolit následne premyte jedenkrát 25 cm³ kyseliny chlorovodíkovej ($c = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$) a nechajte stáť približne 30 minút za občasného miešania.
- B1.4. Po uplynutí predpísaného času opatrne zlejte roztok kyseliny nad zeolitom do výlevky a premyte ešte dvakrát po 25 cm³ deionizovanej vody.

Úloha B2: Stanovenie iónovýmienej kapacity zeolitu alkalimetricky

- B2.1. Pomocou 50 cm³ deionizovanej vody kvantitatívne preneste zeolit v H^+ cykle pripravený v úlohe B1 do titračnej banky. Pridajte približne 2 g tuhého chloridu sodného, premiešajte, a nechajte stáť približne 10 minút. Pridajte pár kvapiek indikátora brómtymolová modrá a titrujte odmerným roztokom hydroxidu sodného o približnej koncentrácii $c = 0,02 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ do modrého sfarbenia. Vykonajte potrebný počet paralelných stanovení.
- B2.2. Zapíšte rovnicu prebiehajúcej iónovej výmeny a vypočítajte iónovúmennú kapacitu zeolitu.

Úloha C: Znižovanie koncentrácie ťažkých kovov v odpadovej vode s použitím zeolitu

Úloha C1: Stanovenie koncentrácie Cu^{2+} iónov vo vzorke pred úpravou na zeolite

- C1.1. Vzorke odpadovej vody je pripravená v odmernej banke s objemom 250 cm³. Doplníte banku po značku deionizovanou vodou a roztok zhomogenizujete.
- C1.2. Z roztoku vzorky pipetujte na jódometrické stanovenie Cu^{2+} 20,0 cm³ do jódovej banky, pridajte 5 cm³ roztoku kyseliny sírovej ($c = 2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$) a 2 g tuhého jodidu draselného. Titrujte odmerným roztokom tiosíranu sodného o približnej koncentrácii 0,05 mol dm⁻³ do vyjasnenia roztoku. Pridajte 5,0 cm³ škrobového mazu a dotitrujte do odfarbenia roztoku. Vykonajte potrebný počet paralelných stanovení a namerané hodnoty zapíšte do odpovedového hárka.
- C1.3. Vypočítajte koncentráciu Cu^{2+} iónov v pôvodnej vzorke.

Úloha C2: Stanovenie koncentrácie Zn^{2+} iónov vo vzorke pred úpravou na zeolite

- C2.1. Na chelátometrické stanovenie zinočnatých iónov pipetujte do titračnej banky $20,0 \text{ cm}^3$ zo zásobného roztoku vzorky. Roztok v banke zriedte približne na objem 50 cm^3 deionizovanou vodou, a po kvapkách pridávajte 5 %-ný roztok tiosíranu sodného do postupného pridania približne 10 cm^3 tohto roztoku. Upravte pH na hodnotu 5 – 6 prídavkom tuhého hexametyléntetraamínu (urotropínu), pridajte malé množstvo tuhého indikátora xylenolová oranž, a titrujte odmerným roztokom chelatónu 3 o približnej koncentrácii $c = 0,05 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ z červenofialového do žltého sfarbenia. Vykonajte potrebný počet paralelných stanovení.
- C2.2. Vypočítajte koncentráciu Zn^{2+} v pôvodnej vzorke.

Úloha C3: Stanovenie koncentrácie Cr^{3+} iónov vo vzorke pred úpravou na zeolite

- C3.1. Pred stanovením koncentrácie Cr^{3+} je potrebné vzorku zriediť. Z roztoku vzorky odpadovej vody pipetujte $10,0 \text{ cm}^3$ do 100 cm^3 odmernej banky. Banku doplňte po značku deionizovanou vodou a zhomogenizujte.
- C3.2. Na stanovenie pipetujte do vhodnej kadičky $20,0 \text{ cm}^3$ zriedeného roztoku vzorky, pridajte $20,0 \text{ cm}^3$ roztoku manganistanu draselného s koncentráciou $0,01 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, $2,0 \text{ cm}^3$ acetátového tlmivého roztoku a nechajte 20 minút stáť pri laboratórnej teplote.
- C3.3. Pripravte aparatúru na jednoduchú filtráciu cez hladký filter. Po uplynutí predpísaného času reakčné zmesi prefiltrujte.
- C3.4. Zachytený oxid manganičitý na filtri niekoľkokrát premyte deionizovanou vodou a odstráňte zvyšky nezreagovaného manganistanu draselného.
- C3.5. Filter so zachyteným MnO_2 preneste do titračnej banky, pridajte malé množstvo tuhej kyseliny askorbovej a približne $25,0 \text{ cm}^3$ deionizovanej vody. Obsah banky miešajte dovtedy, kým sa všetok MnO_2 nerozpustí.
- C3.6. Po úplnom rozpustení oxidu manganičitého pridajte $2,0 \text{ cm}^3$ koncentrovaného roztoku amoniaku a $5,0 \text{ cm}^3$ amoniakálneho tlmivého roztoku (pH 10).
- Pozn.: S koncentrovaným amoniakom pracujte v digestore!*
- C3.7. Roztok v banke rýchlo zahrejte na približne 60°C , pridajte asi $0,5 \text{ g}$ citranu amónneho, malé množstvo tuhého indikátora eriochrómová čerň T, a titrujte odmerným roztokom chelatónu 3 o približnej koncentrácii $0,005 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ z fialového do modrého sfarbenia.
- C3.8. Vykonajte potrebný počet paralelných stanovení a vypočítajte koncentráciu Cr^{3+} v pôvodnej vzorke.

Úloha C4: Úprava vzorky odpadovej vody na zeolite v H^+ cykle

- C4.1. Naplňte kolónu zeolitom podľa nasledovného postupu: Navážte približne 10 gramov zeolitu frakcie $1,0\text{--}2,5 \text{ mm}$ s presnosťou na dve desatinné miesta. Hmotnosť použitého zeolitu zapíšte do odpovedového hárka. Dno kolóny (byrety) vysteľte malým množstvom

vaty a návažok kvantitatívne preneste do kolóny. Kolónu preveďte do H^+ cyklu postupným premývaním približne 50 cm^3 roztoku kyseliny chlorovodíkovej ($c = 0,1\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$). Kyselinu nechajte kolónou pretekať prietokom približne $1\text{ cm}^3\cdot\text{min}^{-1}$. Premývanie kyselinou ukončíte, keď eluát bude vykazovať kyslé pH (pH eluátu kontrolujte pomocou pH papierika). Následne kolónu premývajte deionizovanou vodou do neutrálnej reakcie eluátu. Pri premývaní dbajte na to, aby nedošlo k rozvíreniu náplne kolóny a nevznikli v nej žiadne vzduchové dutiny.

C4.2. Do pripravenej kolóny naneste $5,0\text{ cm}^3$ roztoku vzorky obsahujúceho Cu^{2+} , Zn^{2+} a Cr^{3+} ióny. Vzorku nechajte kolónou pretekať prietokom približne $1\text{ cm}^3\cdot\text{min}^{-1}$. Kolónu následne premývajte deionizovanou vodou do neutrálnej reakcie eluátu. Eluát zachytávajte do 200 cm^3 odmernej banky a po ukončení premývania doplňte po značku deionizovanou vodou a zhomogenizujte.

Úloha C5: Stanovenie uvoľnenej kyseliny a účinnosti čistenia odpadovej vody

C5.1. Na stanovenie uvoľnenej kyseliny pipetujte zo zásobného roztoku eluátu do titračnej banky $50,0\text{ cm}^3$, pridajte pár kvapiek indikátora fenolftaleín a titrujte odmerným roztokom hydroxidu sodného s koncentráciou $c = 0,02\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ do ružového sfarbenia. Vykonajte potrebný počet paralelných stanovení.

C5.2. Vypočítajte celkové látkové množstvo H^+ , ktoré je ekvivalentné množstvu prítomných iónov kovov v pipetovanom objeme vzorky.

C5.3. Vypočítajte skutočné uvoľnené množstvo H^+ na základe alkalimetrického stanovenia.

C5.4. Porovnajte teoretické a skutočné množstvo uvoľnených H^+ . Koľko % celkového množstva iónov ťažkých kovov sa odstránilo zo vzorky odpadovej vody úpravou na zeolite?

ODPOVEĎOVÝ HÁROK Z PRAXE

Chemická olympiáda – kategória EF – 62. ročník – šk. rok 2025/2026

Celoštátne kolo

Súťažné číslo:		
Počet pridelených bodov:		Podpis hodnotiteľa:
Úloha A		
A1.1.	Výpočet hmotnosti chelátónu 3 ($M_r(\text{Na}_2\text{EDTA} \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 372,242$):	
A1.2.	Výpočet potrebného objemu roztoku chelátónu 3 ($c = 0,05 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$):	
A1.3.	Výpočet hmotnosti oxidu zinočnatého ($M_r(\text{ZnO}) = 81,38$):	
	Navážená hmotnosť ZnO	$m(\text{ZnO}) =$
	Výpočet presnej koncentrácie štandardného roztoku Zn^{2+} :	
A1.4.	Výpočet potrebného objemu roztoku hydroxidu sodného ($c = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$):	
A1.5.	Výpočet hmotnosti hydrogenftalanu draselného ($M_r(\text{C}_8\text{H}_5\text{O}_4\text{K}) = 204,22$):	
	Navážená hmotnosť $\text{C}_8\text{H}_5\text{KO}_4$	$m(\text{C}_8\text{H}_5\text{O}_4\text{K}) =$

	Výpočet presnej koncentrácie štandardného roztoku hydrogenftalanu draselného:			
A1.6.	Výpočet hmotnosti pentahydrátu tiosíranu sodného ($M_r(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}) = 248,17$):			
A2.1.	Spotreba odmerného roztoku chelatónu 3:			
	Akceptovaná hodnota $V_{\text{OR}}(\text{Na}_2\text{EDTA}) =$			
	Zápis stechiometrickej rovnice deja prebiehajúceho pri štandardizácii:			
	Výpočet presnej koncentrácie odmerného roztoku chelatónu 3:			
A2.2.	Spotreba odmerného roztoku hydroxidu sodného:			
	Akceptovaná hodnota $V_{\text{OR}}(\text{NaOH}) =$			
	Zápis stechiometrickej rovnice deja prebiehajúceho pri štandardizácii:			
	Výpočet presnej koncentrácie odmerného roztoku hydroxidu sodného:			
Úloha B				
B1.1.	Navážená hmotnosť zeolitu:			
B2.1.	Spotreba odmerného roztoku hydroxidu sodného:			
B2.2.	Zápis rovnice iónovej výmeny:			

	Vypočítaná iónovymenná kapacita zeolitu, Q [$\text{mmol}\cdot\text{g}^{-1}$]:			
	Priemerná hodnota, Q [$\text{mmol}\cdot\text{g}^{-1}$] =			
	Vzorový výpočet iónovymennej kapacity zeolitu pre ľubovoľné stanovenie:			
Úloha C				
C1.2.	Spotreba odmerného roztoku tiosíranu sodného:			
	Akceptovaná hodnota $V_{\text{OR}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3\cdot 5\text{H}_2\text{O})$ =			
	Zápis stechiometrických rovníc dejov prebiehajúcich pri stanovení:			
C1.3.	Výpočet koncentrácie Cu^{2+} vo vzorke odpadovej vody:			
C2.1.	Spotreba odmerného roztoku chelatónu 3:			
	Akceptovaná hodnota $V_{\text{OR}}(\text{Na}_2\text{EDTA})$ =			
C2.2.	Výpočet koncentrácie Zn^{2+} vo vzorke odpadovej vody:			
C3.7.	Spotreba odmerného roztoku chelatónu 3:			
	Akceptovaná hodnota $V_{\text{OR}}(\text{Na}_2\text{EDTA})$ =			

C3.8.	Výpočet koncentrácie Cr^{3+} vo pôvodnej vzorke odpadovej vody:		
C4.1.	Navážená hmotnosť zeolitu	$m_{\text{zeolit}} =$	
C5.1.	Spotreba odmerného roztoku hydroxidu sodného:		
	Akceptovaná hodnota $V_{\text{OR}}(\text{NaOH}) =$		
C5.2.	Výpočet teoretického uvoľneného množstva H^+ :		
C5.3.	Zápis stechiometrickej rovnice prebiehajúcej pri stanovení:		
	Výpočet skutočného uvoľneného množstva H^+ :		
C5.4.	Výpočet efektivity odstraňovania ťažkých kovov na zeolite v H^+ cykle:		

DOPLNKOVÉ ÚLOHY Z PRAXE

Chemická olympiáda – kategória EF – 62. ročník – šk. rok 2025/2026

Celoštátne kolo

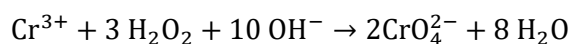
Matúš Tomášik

Maximálne 20 pomocných bodov = 10 bodov

Doba riešenia: 60 minút

Úloha 1: Jodometrické stanovenie chromitých iónov v povrchových vodách

Princíp jodometrického stanovenia chromitých iónov spočíva v alkalicknej oxidácii Cr^{3+} iónov na Cr^{6+} v prítomnosti peroxidu vodíka. Prebiehajúci dej možno zapísať rovnicou v tvare:



Na vlastné stanovenie sa do titračnej banky pipetovalo 20,0 cm³ vzorky vody, pridalo sa 5 cm³ 3 %-ného roztoku H_2O_2 a 10 cm³ roztoku NaOH. Zmes sa zahriala do varu. Po ukončení zahrievania sa odstránil nadbytok peroxidu vodíka, pridalo sa 5 cm³ roztoku kyseliny chlorovodíkovej, 1 g tuhého jodidu draselného a zmes sa titrovala odmerným roztokom tiosíranu sodného o približnej koncentrácii $c = 0,001 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ na indikátor škrobový maz. Priemerná spotreba odmerného roztoku na stanovenie bola $V_{\text{ST}} = 6,7 \text{ cm}^3$.

- 1.1. Zapíšte stechiometrické rovnice dejov prebiehajúcich pri stanovení.
- 1.2. Vypočítajte presnú koncentráciu odmerného roztoku tiosíranu sodného, ktorý sa štandardizoval na jodičnan draselný. Štandardný roztok KIO_3 sa pripravil rozpustením presne 0,1428 g jodičnanu v deionizovanej vode a doplnením objemu na 200 cm³ v odmernej banke. Zo štandardného roztoku sa na stanovenie do jódovej banky pipetovalo 50,0 cm³, pridali sa približne 2 g jodidu draselného a roztok sa okyslil prídavkom 5 cm³ roztoku kyseliny sírovej. Roztok sa titroval odmerným roztokom tiosíranu sodného o približnej koncentrácii $c = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ do slabozltého sfarbenia, a po prídavku 10 cm³ škrobového mazu sa dotitroval do odfarbenia. Priemerná spotreba odmerného roztoku na štandardizáciu bola $V_{\text{SP}} = 11,8 \text{ cm}^3$. Zapíšte stechiometrické rovnice dejov prebiehajúcich pri štandardizácii.
- 1.3. Vypočítajte obsah chromitých iónov vo vzorke v mg·dm⁻³, ak sa na titráciu použil 100-násobne zriedený odmerný roztok tiosíranu sodného pripraveného v bode 1.2.
- 1.4. Chróm sa ako polutant môže vyskytovať vo viacerých oxidačných stavoch. Aký je rozdiel medzi Cr^{3+} a Cr^{6+} z hľadiska toxicity pre živé organizmy?

$M_r(\text{KIO}_3) = 214,001$; $A_r(\text{Cr}) = 51,996$

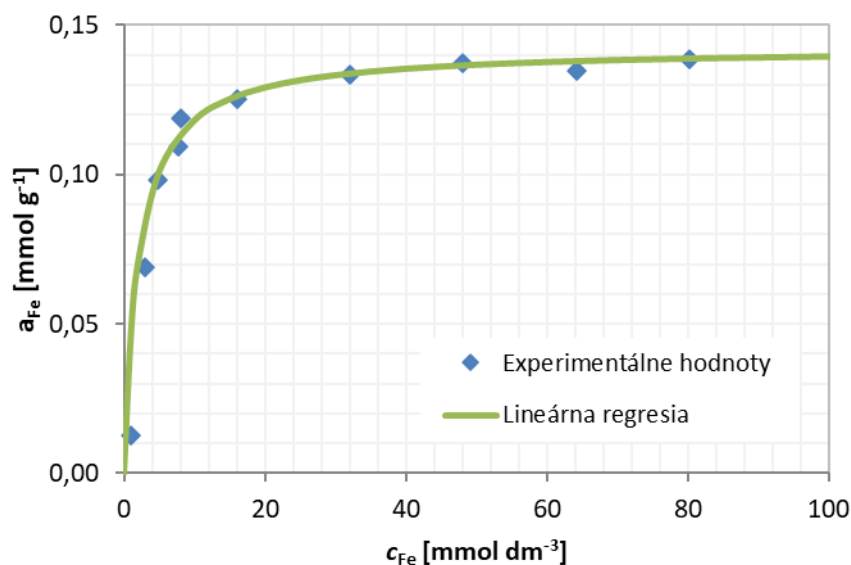
Úloha 2: Chromatografická separácia nikelnatých a kobaltnatých iónov

Kobalt sa v prostredí kyseliny chlorovodíkovej s koncentráciou $c = 12 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ viaže na anexe ako chlórkomplex, zatiaľ čo nikel prechádza do eluátu. Kobalt sa následne selektívne eluuje kyselinou chlorovodíkovou s koncentráciou $c = 2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$. Koncentrácia jednotlivých kovov v elutáte sa stanoví chelátometricky. Na chromatografickú separáciu sa do kolóny pipetovalo $10,0 \text{ cm}^3$ vzorky obsahujúcej nikelnaté a kobaltnaté ióny.

- 2.1. Prvý eluát obsahujúci nikelnaté ióny sa odparil takmer do sucha. Odparok sa zriedil deionizovanou vodou a po úprave pH roztokom amoniaku sa titroval odmerným roztokom chelatónu 3 s koncentráciou $c = 0,0408 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ na murexid. Spotreba odmerného roztoku chelatónu 3 bola $V_{\text{SP1}} = 6,9 \text{ cm}^3$. Zapište rovnicu stanovenia nikelnatých iónov. Vypočítajte koncentráciu nikelnatých iónov v pôvodnej vzorke.
- 2.2. Odparok z druhého eluátu sa zriedil deionizovanou vodou a v nadbytku sa pridalo $10,0 \text{ cm}^3$ odmerného roztoku chelatónu 3 s koncentráciou $c = 0,0408 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$. pH roztoku sa upravilo pomocou roztoku hydroxidu sodného a po prídavku $0,5 \text{ g}$ tuhého hexametyléntetraamínu (urotropínu) sa zmes titrovala štandardným roztokom dusičnanu olovnatého s koncentráciou $c = 0,0508 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ na xylenolovú oranž. Spotreba štandardného roztoku bola $V_{\text{SP2}} = 5,1 \text{ cm}^3$. Zapište stechiometrické rovnice dejov prebiehajúcich pri stanovení a vypočítajte presnú koncentráciu kobaltnatých iónov v pôvodnej vzorke.
- 2.3. Aký je vplyv pH na účinnosť chromatografickej separácie ťažkých kovov na anexe?

Úloha 3: Úprava povrchových vôd na prírodnom zeolite

V povrchových vodách v okolí ropného vrtu boli namerané koncentrácie železitých iónov presahujúce limity stanovené legislatívou. Jednou z možností, ako železité ióny z vody odstrániť je adsorpcia na prírodnom zeolite. V rámci štúdia možností znižovania koncentrácie Fe^{3+} v povrchových vodách bola nameraná adsorpčná izoterma pre adsorpciu železitých iónov na prírodnom zeolite, ktorá je zobrazená v grafe na Obr. 1.



Obr. 1 Adsorpčná izoterma pre adsorpciu Fe^{3+} na prírodnom zeolite pri 25 °C.

- 3.1. Určte maximálne naadsorbované množstvo Fe^{3+} odčítaním z adsorpčnej izotermy.
- 3.2. V povodí rieky Escravos v štáte Delta v Nigérii bola nameraná koncentrácia železitých iónov $c = 0,878 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Limitná koncentrácia Fe^{3+} v povrchových vodných tokoch stanovená WHO je $0,03 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Úpravňa vody má k dispozícii kolónu objemu 50 m^3 naplnenú prírodným zeolitom. Vypočítajte celkovú kapacitu kolóny, ak budeme uvažovať iba prítomnosť železitých iónov v povrchovej vode. Synná hustota zeolitu je $\rho_s = 900 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.
- 3.3. Vypočítajte, aký dlhý čas bude trvať, kým sa úplne vyčerpá kapacita zeolitu v kolóne, ak sa voda do kolóny privádza s objemovým prietokom $50 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, pričom nebudeme predpokladať prítomnosť iných iónov, a zanedbáme vplyv ďalších faktorov?

$$A_r(\text{Fe}) = 55,845$$

ODPOVEĎOVÝ HÁROK K DOPLNKOVÝM ÚLOHÁM Z PRAXE

Chemická olympiáda – kategória EF – 62. ročník – šk. rok 2025/2026

Celoštátne kolo

Súťažné číslo:	
Počet pridelených bodov:	Podpis hodnotiteľa:
Úloha 1	
1.1.	Zápis stechiometrických rovníc dejov prebiehajúcich pri stanovení:
1.2.	Zápis stechiometrických rovníc dejov prebiehajúcich pri štandardizácii:
	Výpočet presnej koncentrácie odmerného roztoku tiosíranu sodného:
1.3.	Výpočet obsahu chromitých iónov vo vzorke:
1.4.	Odpoveď:

Úloha 2		
2.1.	Zápis stechiometrickej rovnice deja prebiehajúceho pri stanovení:	
	Výpočet koncentrácie Ni^{2+} v pôvodnej vzorke po úprave na anexe:	
2.2.	Zápis stechiometrických rovníc dejov prebiehajúcich pri stanovení:	
	Výpočet koncentrácie Co^{2+} v pôvodnej vzorke po úprave na anexe:	
2.3.	Odpoveď:	
Úloha 3		
3.1.	Odčítané maximálne naadsorbované množstvo Fe^{3+} :	
	$a_{\text{Fe}^{3+},\text{max}}$ [mmol·g ⁻¹]	
3.2.	Výpočet celkovej kapacity náplne kolóny:	
3.3.	Výpočet času potrebného na nasýtenie zeolitu:	