

SLOVENSKÁ KOMISIA CHEMICKEJ OLYMPIÁDY

CHEMICKÁ OLYMPIÁDA

62. ročník, školský rok 2025/2026

Kategória EF

Domáce kolo

RIEŠENIE A HODNOTENIE ÚLOH Z PRAXE

RIEŠENIA ÚLOH Z PRAXE

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

Domáce kolo

Matúš Tomášik

Maximálne 100 pomocných bodov = 50 bodov

1 pb = 0,5 b

Doba riešenia: bez časového obmedzenia

Bodové hodnotenie jednotlivých častí riešenia

Odporúčané bodové hodnotenie je orientačné a slúži na porovnanie súťažiacich pri ich výbere do ďalšieho súťažného kola.

Počet bodov	Časť riešenia
15 pb	Hodnotenie všeobecných zručností a laboratórnej techniky: 5 pb bezpečnosť a ochrana pri práci, hygiena práce v chemickom laboratóriu 5 pb time management práce (rozvrhnutie časového fondu na jednotlivé úkony, vhodná voľba poradia riešenia úloh) 5 pb technika práce v laboratóriu (príprava roztokov, diferenčné váženie, meranie objemu kvapalín, úprava vzoriek, technika titrácie, kolorimetrické stanovenie koncentrácie, práca so zeolitom)
75 pb	Riešenie úloh v odpovedovom hárku zohľadňujúce vykonané operácie, správnosť výpočtov a vyhodnotenie dosiahnutých výsledkov. Body sa udelia na základe autorského riešenia úloh. V prípade, ak súťažiaci uvedie spôsob riešenia odlišný, aký je uvedený v autorskom riešení, ale toto riešenie je principiálne správne, body sa mu udelia v plnom rozsahu.
10 pb	Presnosť stanovenia: 5 pb Presnosť stanovenia koncentrácie Cu^{2+} iónov vo vzorke pred úpravou na zeolite počet pomocných bodov = 5 – 0,25 % odchýlky stanovenia 5 pb Presnosť stanovenia koncentrácie Cr^{3+} iónov vo vzorke pred úpravou na zeolite počet pomocných bodov = 5 – 0,25 % odchýlky stanovenia
100 pb	Celková suma bodov

AUTORSKÉ RIEŠENIE ODPOVEĎOVÉHO HÁRKA Z PRAXE

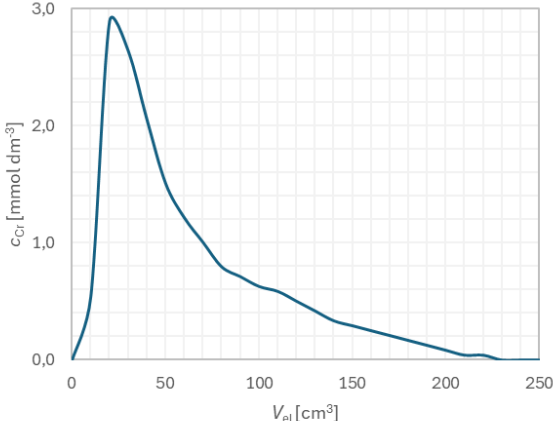
Chemická olympiáda – kategória EF – 62. ročník – šk. rok 2025/2026

Študijné kolo

Škola:			
Meno súťažiacего:			
Počet pridelených bodov:		Podpis hodnotiteľa:	
Úloha A			
A1.1.	1 pb	Výpočet hmotnosti pentahydrátu síranu meďnatého ($M_r(\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}) = 249,68$): $m_{\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}} = c_R \cdot V_R \cdot M_{\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}} = 0,1 \text{ mol dm}^{-3} \cdot 0,1 \text{ dm}^3 \cdot 249,68 \text{ g mol}^{-1} = 2,4968 \text{ g}$	
A1.2.	1 pb	Výpočet hmotnosti chelatónu 3 ($M_r(\text{Na}_2\text{EDTA} \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 372,242$): $m_{\text{Na}_2\text{EDTA}} = c_R \cdot V_R \cdot M_{\text{Na}_2\text{EDTA}} = 0,1 \text{ mol dm}^{-3} \cdot 0,2 \text{ dm}^3 \cdot 372,242 \text{ g mol}^{-1} = 7,4448 \text{ g}$	
A1.3.	1 pb	Výpočet potrebného objemu roztoku chelatónu 3 ($c = 0,1 \text{ mol dm}^{-3}$): $V_{\text{OR1}} = \frac{c_{\text{OR2}} \cdot V_{\text{OR2}}}{c_{\text{OR1}}} = \frac{0,005 \text{ mol dm}^{-3} \cdot 0,1 \text{ dm}^3}{0,1 \text{ mol dm}^{-3}} \cdot 1000 = 5,0 \text{ cm}^3$	
A1.4.	1 pb	Výpočet potrebného objemu 40 %-ného roztoku hydroxidu sodného ($M_r(\text{NaOH}) = 39,997$; $\rho(40\% \text{ NaOH}) = 1,4299 \text{ g cm}^{-3}$): $V_{40\% \text{ NaOH}} = \frac{c_{\text{OR}} \cdot V_{\text{OR}} \cdot M_{\text{NaOH}}}{\rho_{40\% \text{ NaOH}} \cdot w_{40\% \text{ NaOH}}} = \frac{0,1 \text{ mol dm}^{-3} \cdot 0,2 \text{ dm}^3 \cdot 39,997 \text{ g mol}^{-1}}{1,4299 \text{ g cm}^{-3} \cdot 0,4} = 1,4 \text{ cm}^3$	
A1.5.	1 pb	Výpočet hmotnosti uhličitanu vápenatého ($M_r(\text{CaCO}_3) = 100,09$): $m_{\text{CaCO}_3} = c_{\text{ST}} \cdot V_{\text{ST}} \cdot M_{\text{CaCO}_3} = 0,05 \text{ mol dm}^{-3} \cdot 0,1 \text{ dm}^3 \cdot 100,09 \text{ g mol}^{-1} = 0,5005 \text{ g}$	
	0,5 pb	Navážená hmotnosť CaCO_3	$m(\text{CaCO}_3) =$
	1 pb	Výpočet presnej koncentrácie štandardného roztoku Ca^{2+} : $c_{\text{ST}} = \frac{m_{\text{CaCO}_3}}{M_{\text{CaCO}_3} \cdot V_{\text{ST}}} = \frac{m_{\text{CaCO}_3}}{100,09 \text{ g mol}^{-1} \cdot 0,1 \text{ dm}^3} = \dots \text{ mol dm}^{-3}$	
A1.6.	1 pb	Výpočet hmotnosti pentahydrátu tiosíranu sodného ($M_r(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}) = 248,17$): $m_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}} = c_{\text{OR}} \cdot V_{\text{OR}} \cdot M_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}} = 0,05 \text{ mol dm}^{-3} \cdot 0,2 \text{ dm}^3 \cdot 248,17 \text{ g mol}^{-1} = 2,4817 \text{ g}$	
A1.7.	0,5 pb	Navážená hmotnosť KIO_3	$m(\text{KIO}_3) =$
	1 pb	Výpočet presnej koncentrácie štandardného roztoku KIO_3 ($M_r(\text{KIO}_3) = 214,001$): $c_{\text{KIO}_3} = \frac{m_{\text{KIO}_3}}{M_{\text{KIO}_3} \cdot V_{\text{ST}}} = \frac{m_{\text{KIO}_3}}{214,001 \text{ g mol}^{-1} \cdot 0,2 \text{ dm}^3} = \dots \text{ mol dm}^{-3}$	
A2.1.	1,5 pb	Spotreba odmerného roztoku chelatónu 3: <i>Hodnotí sa 3 x titrácia à 0,5 pb (max. 1,5 pb)</i>	

	0,5 pb	Akceptovaná hodnota $V_{OR}(\text{Na}_2\text{EDTA}) =$ <i>Hodnotí sa vylúčenie odľahlých hodnôt a výpočet aritmetického priemeru.</i>			
	1 pb	Zápis stechiometrickej rovnice deja prebiehajúceho pri štandardizácii: $\text{Ca}^{2+} + \text{H}_2\text{Y}^{2-} \rightarrow 2 \text{H}^+ + \text{CaY}^{2-}$			
	1 pb	Výpočet presnej koncentrácie odmerného roztoku chelátónu 3: $c_{OR} = c_{ST} \cdot \frac{V_{ST}}{V_{OR}} = c_{ST} \cdot \frac{0,02 \text{ dm}^3}{V_{OR}} = \dots \text{ mol dm}^{-3}$			
A2.2.	1,5 pb	Spotreba odmerného roztoku hydroxidu sodného: <i>Hodnotí sa 3 x titrácia à 0,5 pb (max. 1,5 pb)</i>			
	0,5 pb	Akceptovaná hodnota $V_{OR}(\text{NaOH}) =$ <i>Hodnotí sa vylúčenie odľahlých hodnôt a výpočet aritmetického priemeru.</i>			
	2 pb	Zápis stechiometrických rovníc dejov prebiehajúcich pri stanovení: $\text{Cu}^{2+} + \text{H}_2\text{Y}^{2-} \rightarrow 2 \text{H}^+ + \text{CuY}^{2-}$ $\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$			
	1 pb	Výpočet presnej koncentrácie zásobného roztoku meďnatej soli: $c_{\text{Cu}^{2+}} = \frac{1}{2} \cdot c_{\text{NaOH}} \frac{V_{\text{NaOH}}}{V_{\text{Cu}^{2+}}} = \frac{1}{2} \cdot c_{\text{NaOH}} \frac{V_{\text{NaOH}}}{0,01 \text{ dm}^3} = \dots \text{ mol dm}^{-3}$			
A2.3.	1,5 pb	Spotreba odmerného roztoku tiosíranu sodného: <i>Hodnotí sa 3 x titrácia à 0,5 pb (max. 1,5 pb)</i>			
	0,5 pb	Akceptovaná hodnota $V_{OR}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}) =$ <i>Hodnotí sa vylúčenie odľahlých hodnôt a výpočet aritmetického priemeru.</i>			
	2 pb	Zápis stechiometrických rovníc dejov prebiehajúcich pri štandardizácii: $\text{IO}_3^- + 5 \text{I}^- + 6 \text{H}^+ \rightarrow 3 \text{I}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}$ $\text{I}_2 + 2 \text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow 2\text{I}^- + 2 \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$			
	1 pb	Výpočet presnej koncentrácie odmerného roztoku tiosíranu sodného: $c_{OR} = 6 \cdot c_{ST} \cdot \frac{V_{ST}}{V_{OR}} = c_{ST} \cdot \frac{0,05 \text{ dm}^3}{V_{OR}} = \dots \text{ mol dm}^{-3}$			
Úloha B					
B1.1.	1 pb	Odčítané parametre Langmuirovej adsorpčnej izotermy pre adsorpciu Cu^{2+} :			
		$a_{\text{Cu}^{2+}, \text{max}}$ [mmol g ⁻¹]	0,21 – 0,22	$K_{\text{Cu}^{2+}}$ [dm ³ mmol ⁻¹]	0,10
		<i>Každý údaj à 0,5 pb (max. 1 pb)</i>			
B2.1.	1 pb	Odčítané parametre Langmuirovej adsorpčnej izotermy pre adsorpciu Cr^{3+} :			
		$a_{\text{Cr}^{3+}, \text{max}}$ [mmol g ⁻¹]	0,42 – 0,44	$K_{\text{Cr}^{3+}}$ [dm ³ mmol ⁻¹]	0,05
		<i>Každý údaj à 0,5 pb (max. 1 pb)</i>			

B3.1.	0,5 pb	Porovnanie parametrov adsorpčnej izotermy pre adsorpciu Cu^{2+} z čistého roztoku a za prítomnosti Cr^{3+} iónov : <i>Maximálne naadsorbované množstvo Cu^{2+} sa v prítomnosti Cr^{3+} zníži na hodnotu približne $0,15 \text{ mmol g}^{-1}$. Pri praktickom použití to bude mať dopad na celkové množstvo Cu^{2+} iónov, ktoré by bolo možné na zeolit naviazať.</i>								
	0,5 pb	Porovnanie parametrov adsorpčnej izotermy pre adsorpciu Cr^{3+} z čistého roztoku a za prítomnosti Cu^{2+} iónov : <i>Maximálne naadsorbované množstvo Cr^{3+} sa v prítomnosti Cu^{2+} významne zníži. V praxi to znamená, že Cr^{3+} ióny sa síce na zeolit viazať budú, no celkové množstvo, ktoré sme schopní takto odstrániť sa rapídne zníži.</i>								
Úloha C										
C1.1.	0,5 pb	Navážená hmotnosť zeolitu				$m_{\text{zeolit}} =$				
C1.2.	2 pb	Objem eluátu, $V_{\text{el}} [\text{cm}^3]$		Čas, $\tau [\text{s}]$		Objemový prietok, $\dot{V}_{\text{el}} [\text{cm}^3 \text{ min}^{-1}]$				
		1.								
		2.								
		3.								
		Priemerná hodnota:								
	Každý vyplnený údaj à 0,2 pb (max. 2 pb)									
	0,5 pb	Vzorový výpočet objemového prietoku mobilnej fázy v kolóne: $\dot{V}_{\text{el}} = \frac{V_{\text{el}}}{\tau} = \dots \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$								
C1.3.	1 pb	Výpočet potrebného objemu zásobného roztoku Cu^{2+} ($c = 0,1 \text{ mol dm}^{-3}$) na prípravu zriedeného roztoku: $V_{\text{zás., Cu}^{2+}} = \frac{c_{\text{Cu}^{2+}, \text{zried.}} \cdot V_{\text{zried., Cu}^{2+}}}{c_{\text{Cu}^{2+}, \text{zás.}}} = \frac{0,05 \text{ mol dm}^{-3} \cdot 0,05 \text{ dm}^3}{0,1 \text{ mol dm}^{-3}} \cdot 1000 = 25 \text{ cm}^3$								
	1 pb	Výpočet presnej koncentrácie zriedeného zásobného roztoku Cu^{2+} : $c_{\text{Cu}^{2+}, \text{zried.}} = c_{\text{Cu}^{2+}, \text{zás.}} \cdot \frac{V_{\text{zás., Cu}^{2+}}}{V_{\text{zried., Cu}^{2+}}} = c_{\text{Cu}^{2+}, \text{zás.}} \cdot \frac{0,025 \text{ dm}^3}{0,05 \text{ dm}^3} = \dots \text{ mol dm}^{-3}$								
C1.6.	1 pb	Výpočet presnej koncentrácie zriedeného zásobného roztoku Cu^{2+} : $c_{\text{Cu}^{2+}, \text{zr.}} = c_{\text{zás., Cu}^{2+}} \cdot \frac{V_{\text{zás.}}}{V_{\text{zr.}}} = c_{\text{zás., Cu}^{2+}} \cdot \frac{25 \text{ cm}^3}{100 \text{ cm}^3} = \dots \text{ mol dm}^{-3}$								
	3 pb	Banka č.	Blank	1	2	3	4	5	6	7
		Zriedený roztok $\text{Cu}^{2+} [\text{cm}^3]$	0	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0
		Amoniak (1:1) $[\text{cm}^3]$	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
		Koncentrácia $\text{Cu}^{2+} [\text{mmol dm}^{-3}]$								
		$A_{590\text{nm}} [-]$	0,000							
	Každý vyplnený údaj à 0,2 pb (max. 3 pb)									
	0,5 pb	Vzorový výpočet koncentrácie ľubovoľného kalibračného roztoku: $c_{\text{KR, Cu}^{2+}} = c_{\text{Cu}^{2+}, \text{zr.}} \cdot \frac{V_{\text{pip.}}}{V_{\text{KR}}} = c_{\text{Cu}^{2+}, \text{zr.}} \cdot \frac{V_{\text{pip.}}}{0,025 \text{ dm}^3} \cdot 1000 = \dots \text{ mmol dm}^{-3}$								

C2.2.	2,5 pb	Objem eluenta [cm ³]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	
		A _{540nn} [–]	0,000	0,013	0,069	0,063	0,049	0,036	0,029	0,024	0,019	0,017	
		Koncentrácia Cr ³⁺ v eluáte [mmol dm ⁻³]	0	0,544	2,890	2,639	2,052	1,508	1,215	1,005	0,796	0,712	
		Objem eluenta [cm ³]	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	
		A _{540nn} [–]	0,015	0,014	0,012	0,010	0,008	0,007	0,006	0,005	0,004	0,003	
		Koncentrácia Cr ³⁺ v eluáte [mmol dm ⁻³]	0,628	0,586	0,503	0,419	0,335	0,293	0,251	0,209	0,168	0,126	
		Objem eluenta [cm ³]	200	210	220	230	240	250					
		A _{540nn} [–]	0,002	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000					
		Koncentrácia Cr ³⁺ v eluáte [mmol dm ⁻³]	0,084	0,042	0,042	0	0	0					
	Každý vyplnený údaj à 0,1 pb (max. 2,5 pb)												
0,5 pb	Vzorový výpočet koncentrácie Cr ³⁺ v ľubovoľnom podiele eluátu: $c_{Cr^{3+}, eluát} = \frac{A}{k} \cdot \frac{25}{2} \cdot \frac{50}{0,5} = \frac{A}{29,844 \text{ dm}^3 \text{ mmol}^{-1}} \cdot \frac{25}{2} \cdot \frac{50}{0,5} = \dots \text{ mmol dm}^{-3}$												
C2.3.	4 pb	Priložená elučná krivka pre Cr ³⁺ ióny: 											
	0,5 pb	Odcítaný retenčný objem					V _{R2} = 22 cm ³						
C2.4.	1 pb	Vypočítané eluované množstvo Cu ²⁺					n _{Cr³⁺ eluované} = 0,171 mmol						
	1 pb	Výpočet % eluovaného množstva Cr ³⁺ : $\text{eluované \% Cr}^{3+} = \frac{n_{Cu^{2+}, eluované}}{c_{Cr^{3+}, zás.} \cdot V_{pipetované}} \cdot 100 \% = \frac{0,171 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{0,0498 \text{ mol dm}^{-3} \cdot 0,005 \text{ dm}^3} \cdot 100 \% = 68,7 \%$											
C3.1.	1 pb	Zdôvodnenie: <i>Uvedie sa krátke slovné zdôvodnenie a porovnanie retenčných objemov pre elúciu Cu²⁺ a Cr³⁺ zo zeolitu. Ďalším faktorom ovplyvňujúcim separáciu týchto iónov je tzv. chvostovanie pík, čo je rozmytie píku na konci v dôsledku pomalej elúcie z pórov adsorbenta. Píky jednotlivých kovov sa budú prekrývať, a teda ich separácia bude sťažená až nemožná.</i>											
C3.2.	1 pb	Porovnanie % eluovaného množstva a afinity: <i>Uvedie sa krátke slovné porovnanie. Eluované množstvo kovu s vyššou afinitou bude menšie v porovnaní s eluovaným množstvom kovu s nižšou afinitou v dôsledku pevnejších interakcií medzi iónmi kovu a stacionárnou fázou.</i>											

Úloha D				
D1.2.	1,5 pb	Spotreba odmerného roztoku tiosíranu sodného: <i>Hodnotí sa 3 x titrácia à 0,5 pb (max. 1,5 pb)</i>		
	0,5 pb	Akceptovaná hodnota $V_{OR}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}) =$ <i>Hodnotí sa vylúčenie odľahlých hodnôt a výpočet aritmetického priemeru.</i>		
D1.3.	1 pb	Zápis stechiometrických rovníc dejov prebiehajúcich pri stanovení Cu^{2+} : $2 \text{Cu}^{2+} + 4 \text{I}^- \rightarrow 2 \text{CuI} + \text{I}_2$ $\text{I}_2 + 2 \text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow 2 \text{I}^- + 2 \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$		
	1 pb	Výpočet koncentrácie Cu^{2+} v pôvodnej vzorke odpadovej vody pred úpravou na zeolite: $c_{\text{Cu}^{2+}, \text{vz.}} = c_{OR} \cdot \frac{V_{OR}}{V_{ST}} = c_{OR} \cdot \frac{V_{OR}}{0,02 \text{ dm}^3} = \dots \text{ mol dm}^{-3}$		
D2.8.	1,5 pb	Spotreba odmerného roztoku chelatónu 3 ($c = 0,005 \text{ mol dm}^{-3}$): <i>Hodnotí sa 3 x titrácia à 0,5 pb (max. 1,5 pb)</i>		
	0,5 pb	Akceptovaná hodnota $V_{OR}(\text{Na}_2\text{EDTA}) =$ <i>Hodnotí sa vylúčenie odľahlých hodnôt a výpočet aritmetického priemeru.</i>		
D2.9.	1 pb	Výpočet koncentrácie Cr^{3+} v pôvodnej vzorke odpadovej vody pred úpravou na zeolite: $c_{\text{Cr}^{3+}, \text{vz.}} = c_{OR} \cdot \frac{V_{OR}}{V_{ST}} \cdot \frac{100}{10} = c_{OR} \cdot \frac{V_{OR}}{0,02 \text{ dm}^3} \cdot \frac{100}{10} = \dots \text{ mol dm}^{-3}$		
D4.1.	1,5 pb	Spotreba odmerného roztoku chelatónu 3 ($c = 0,005 \text{ mol dm}^{-3}$): <i>Hodnotí sa 3 x titrácia à 0,5 pb (max. 1,5 pb)</i>		
	0,5 pb	Akceptovaná hodnota $V_{OR}(\text{Na}_2\text{EDTA}) =$ <i>Hodnotí sa vylúčenie odľahlých hodnôt a výpočet aritmetického priemeru.</i>		
D4.2.	1 pb	Výpočet koncentrácie Cr^{3+} v eluáte po úprave vzorky na zeolite: $c_{\text{Cr}^{3+}, \text{eluát}} = c_{OR} \cdot \frac{V_{OR}}{V_{ST}} = c_{OR} \cdot \frac{V_{OR}}{0,02 \text{ dm}^3} = \dots \text{ mol dm}^{-3}$		
	1 pb	Výpočet naadsorbovaného množstva Cr^{3+} : $a_{\text{Cr}^{3+}} = \frac{c_{\text{Cr}^{3+}, \text{vz.}} \cdot V_{\text{pipetované}} - c_{\text{Cr}^{3+}, \text{eluát}} \cdot V_{\text{eluát}}}{m_{\text{adsorbent}}} = \frac{c_{\text{Cr}^{3+}, \text{vz.}} \cdot 0,025 \text{ dm}^3 - c_{\text{Cr}^{3+}, \text{eluát}} \cdot 0,1 \text{ dm}^3}{m_{\text{adsorbent}}}$ $= \dots \text{ mmol g}^{-1}$		
D4.3.	1 pb	Porovnanie predpokladu a experimentálnych dát: <i>Uvedie sa krátke slovné porovnanie predpokladu vychádzajúceho z adsorbovaného množstva Cr^{3+} v prítomnosti Cu^{2+} odčítaného z viaczožkovej adsorpčnej izotermy z úlohy B3 a skutočného naadsorbovaného množstva Cr^{3+}.</i>		

AUTORSKÉ RIEŠENIE DOPLNKOVÝCH ÚLOH Z PRAXE

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

Študijné kolo

Matúš Tomášik

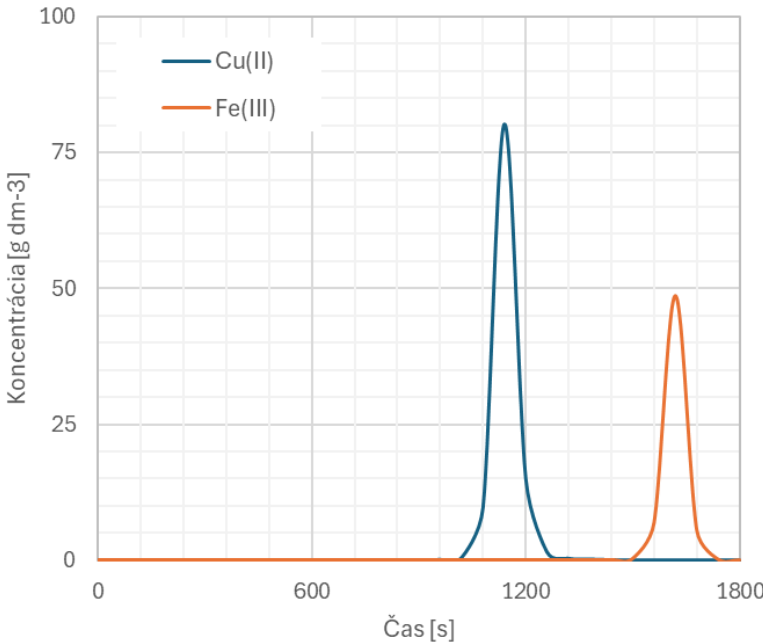
Maximálne 20 pomocných bodov = 10 bodov

1 pb = 0,5 b

Doba riešenia: bez časového obmedzenia

Poznámka k hodnoteniu: V prípade, ak súťažiaci uvedie spôsob riešenia odlišný, ako je uvedený v autorskom riešení, ale toto riešenie je principiálne správne, body sa mu udelia v plnom rozsahu podľa nižšie uvedenej tabuľky.

Škola:		
Meno súťažiaceho:		
Počet pridelených bodov:		Podpis hodnotiteľa:
Úloha 1		
1.1.	0,5 pb	Zápis stechiometrickej rovnice deja prebiehajúceho pri štandardizácii: $\text{Pb}^{2+} + \text{H}_2\text{Y}^{2-} \rightarrow 2 \text{H}^+ + \text{PbY}^{2-}$
	1 pb	Výpočet koncentrácie štandardného roztoku $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$: $c_{\text{ST}} = \frac{m_{\text{Pb}(\text{NO}_3)_2}}{M_{\text{Pb}(\text{NO}_3)_2} \cdot V_R} = \frac{1,6494 \text{ g}}{331,2 \text{ g mol}^{-1} \cdot 0,1 \text{ dm}^3} = 0,0498 \text{ mol dm}^{-3} \text{ (0,5 pb)}$ Výpočet presnej koncentrácie odmerného roztoku chelatónu 3: $c_{\text{OR}} = c_{\text{ST}} \cdot \frac{V_{\text{ST}}}{V_{\text{OR}}} = 0,0498 \text{ mol dm}^{-3} \cdot \frac{0,01 \text{ dm}^3}{0,0098 \text{ dm}^3} = 0,0508 \text{ mol dm}^{-3} \text{ (0,5 pb)}$
1.2.	0,5 pb	Zápis stechiometrickej rovnice stanovenia Fe^{3+} : $\text{Fe}^{3+} + \text{H}_2\text{Y}^{2-} \rightarrow 2 \text{H}^+ + \text{FeY}^-$
	2 pb	Výpočet celkového pridaného množstva odmerného roztoku chelatónu 3: $n_{\text{OR}} = c_{\text{OR}} \cdot V_{\text{OR}} = 0,0508 \text{ mol dm}^{-3} \cdot 0,02 \text{ dm}^3 = 1,016 \text{ mmol (0,5 pb)}$ Výpočet nezreagovaného množstva odmerného roztoku chelatónu 3: $n_{\text{OR,nadbytok}} = c_{\text{ST}} \cdot V_{\text{ST}} = 0,0498 \text{ mol dm}^{-3} \cdot 0,0144 \text{ dm}^3 = 0,717 \text{ mmol (0,5 pb)}$ Výpočet koncentrácie Fe^{3+} v pôvodnej vzorke: $c_{\text{Fe}^{3+}} = \frac{n_{\text{OR,zreag.}}}{V_{\text{vzorka}}} = \frac{n_{\text{OR}} - n_{\text{OR,nadbytok}}}{V_{\text{vzorka}}} = \frac{1,016 \cdot 10^{-3} \text{ mol} - 0,717 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{0,01 \text{ dm}^3} = 0,0299 \text{ mol dm}^{-3} \text{ (1 pb)}$

1.3.	1 pb	Vysvetlenie: Tiomočovina tvorí s Cu^{2+} komplex, čím sa zabraňuje reakcii medzi chelatónom 3 a Cu^{2+} iónmi. Ak by sme Cu^{2+} ióny netienili, tie by interferovali stanovenie Fe^{3+} a stanovená koncentrácia Fe^{3+} by bola vyššia, ako je v skutočnosti.	
Úloha 2			
2.1.	3 pb	Priložená elučná krivka pre Cu^{2+} a Fe^{3+}: 	
2.2.	1 pb	$t_{R,\text{Cu}^{2+}} = 1140 \text{ s}$	$t_{R,\text{Fe}^{3+}} = 1620 \text{ s}$
		Každý vyplnený údaj à 0,5 pb.	
	2 pb	Výpočet retenčných objemov pre Cu^{2+} a Fe^{3+}: $V_{R,\text{Cu}^{2+}} = \dot{V} \cdot t_{R,\text{Cu}^{2+}} = 2 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1} \cdot \frac{1140}{60} \text{ min} = 38 \text{ cm}^3 \text{ (1 pb)}$ $V_{R,\text{Fe}^{3+}} = \dot{V} \cdot t_{R,\text{Fe}^{3+}} = 2 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1} \cdot \frac{1620}{60} \text{ min} = 54 \text{ cm}^3 \text{ (1 pb)}$	
		$V_{R,\text{Cu}^{2+}} = 38 \text{ cm}^3$	$V_{R,\text{Fe}^{3+}} = 54 \text{ cm}^3$
2.3.	1 pb	Výpočet eluovaného množstva Cu^{2+}: Eluované množstvo Cu^{2+} možno v aplikácii MS Excel vypočítať napríklad lichobežníkovou metódou. Každá použitá metóda vedúca k správnomu výsledku je správna. $n_{\text{Cu}^{2+}} = 3,392 \text{ mmol}$	
	1 pb	Výpočet eluovaného množstva Fe^{3+}: Eluované množstvo Fe^{3+} možno v aplikácii MS Excel vypočítať napríklad lichobežníkovou metódou. Každá použitá metóda vedúca k správnomu výsledku je správna. $n_{\text{Fe}^{3+}} = 2,204 \text{ mmol}$	

2.4.	1 pb	Výpočet koncentrácie Cu^{2+} v pôvodnom roztoku: $c_{\text{Cu}^{2+}} = \frac{n_{\text{Cu}^{2+}}}{V_{\text{vzorka}}} = \frac{3,392 \text{ mmol}}{5 \text{ cm}^3} = 0,6784 \text{ mol dm}^{-3}$
	1 pb	Výpočet koncentrácie Fe^{3+} v pôvodnom roztoku: $c_{\text{Fe}^{3+}} = \frac{n_{\text{Fe}^{3+}}}{V_{\text{vzorka}}} = \frac{2,204 \text{ mmol}}{5 \text{ cm}^3} = 0,4408 \text{ mol dm}^{-3}$
Úloha 3		
3.1.	1 pb	Výpočet celkovej koncentrácie ťažkých kovov v pôvodnej vzorke: $c_{\text{Pb}^{2+}} = \frac{0,073 \text{ g dm}^{-3}}{207,2 \text{ g mol}^{-1}} = 0,352 \text{ mmol dm}^{-3}$ $c_{\text{Cr}^{3+}} = \frac{0,283 \text{ g dm}^{-3}}{51,996 \text{ g mol}^{-1}} = 5,443 \text{ mmol dm}^{-3}$ $c_{\text{As}^{3+}} = \frac{0,250 \text{ g dm}^{-3}}{74,922 \text{ g mol}^{-1}} = 3,337 \text{ mmol dm}^{-3}$ $c_{\text{Hg}^{2+}} = \frac{0,022 \text{ g dm}^{-3}}{200,59 \text{ g mol}^{-1}} = 0,109 \text{ mmol dm}^{-3}$ $c_{\text{celk.}} = \sum_i c_i = (0,352 + 5,443 + 3,337 + 0,109) \text{ mmol dm}^{-3} = 9,241 \text{ mmol dm}^{-3}$ Každý vypočítaný údaj à 0,2 pb.
3.2.	1 pb	Výpočet teoretického množstva uvoľnených H^+ iónov: <i>Pre jednotlivé ióny ťažkých kovov sa vychádzajúc zo vzťahu $n_{\text{H}^+} = z_i \cdot c_i \cdot V_{\text{vzorka}}$ vypočíta teoretické uvoľnené množstvo H^+:</i> $\text{Pb}^{2+}: n_{\text{H}^+} = 2 \cdot 0,352 \text{ mmol dm}^{-3} \cdot 0,05 \text{ dm}^3 = 0,035 \text{ mmol}$ $\text{Cr}^{3+}: n_{\text{H}^+} = 3 \cdot 5,443 \text{ mmol dm}^{-3} \cdot 0,05 \text{ dm}^3 = 0,816 \text{ mmol}$ $\text{As}^{3+}: n_{\text{H}^+} = 3 \cdot 3,337 \text{ mmol dm}^{-3} \cdot 0,05 \text{ dm}^3 = 0,501 \text{ mmol}$ $\text{Hg}^{2+}: n_{\text{H}^+} = 2 \cdot 0,109 \text{ mmol dm}^{-3} \cdot 0,05 \text{ dm}^3 = 0,011 \text{ mmol}$ $n_{\text{H}^+, \text{teor.}} = \sum_i n_{\text{H}^+, i} = (0,035 + 0,816 + 0,501 + 0,011) \text{ mmol} = 1,363 \text{ mmol}$ Každý vypočítaný údaj à 0,2 pb.
3.3.	3 pb	Výpočet celkovej koncentrácie ťažkých kovov vo vzorke po úprave na zeolite: $c_{\text{H}^+, \text{eluát}} = 10^{-\text{pH}} = 10^{-2,21} = 0,0062 \text{ mol dm}^{-3} \text{ (0,5 pb)}$ $n_{\text{H}^+, \text{real.}} = c_{\text{H}^+, \text{eluát}} \cdot V_{\text{eluát}} = 0,0062 \text{ mol dm}^{-3} \cdot 0,2 \text{ dm}^3 \cdot 1000 = 1,240 \text{ mmol (1 pb)}$ $\%_{\text{zachytené}} = \frac{n_{\text{H}^+, \text{real.}}}{n_{\text{H}^+, \text{teor.}}} \cdot 100 \% = \frac{1,240 \text{ mmol}}{1,363 \text{ mmol}} \cdot 100 \% = 90,9 \% \text{ (0,5 pb)}$ Celková koncentrácia ťažkých kovov po úprave vzorky na zeolite: $c_{\text{celk., po úprave}} = c_{\text{celk.}} \cdot (1 - \%_{\text{zachytené}}) = 9,241 \text{ mmol dm}^{-3} \cdot (1 - 0,909) = 0,924 \text{ mmol dm}^{-3}$ Odpoveď: S použitým množstvom zeolitu je možné požadovaný koncentračný limit dosiahnuť. (1 pb)

Autor: Bc. Matúš Tomášik,

Recenzenti: Ing. Martina Gánovská, Ing. Elena Kulichová,

Redakčná úprava: Anna Ďuricová, (vedúca autorského kolektívu)

Slovenská komisia Chemickej olympiády

Vydal: NIVAM, Bratislava 2025