

SLOVENSKÁ KOMISIA CHEMICKEJ OLYMPIÁDY

CHEMICKÁ OLYMPIÁDA

60. ročník, školský rok 2023/2024

Kategória EF

Celoštátne kolo

**RIEŠENIE A HODNOTENIE PRAKTICKÝCH
ÚLOH**

RIEŠENIA ÚLOH Z ANALYTICKEJ PRAXE

Chemická olympiáda – kategória E,F – 60. ročník – šk. rok 2023/2024

Celoštátne kolo

Martina Gánovská

Maximálne 100 pb = 50 bodov	1 pb = 0,5b
Doba riešenia: 300 minút	

Bodové hodnotenie jednotlivých častí riešenia je uvedené v prehľadnej tabuľke:

Počet bodov	Časť riešenia
10 pb	Hodnotenie všeobecných zručností a laboratórnej techniky: 4 pb dodržanie zásad bezpečnosti a hygieny práce v laboratóriu 6 pb laboratórna technika (príprava roztokov, úprava vzoriek, technika titrácie, práca s ionexom)
70 pb	Riešenie úloh v odpovedovom hárku zohľadní vykonané operácie, správnosť výpočtov, znalosť chemických dejov a pod. Body sa pridelia podľa autorského riešenia úloh.
20 pb	Presnosť stanovenia: 7 pb Presnosť stanovenia koncentrácie zinočnatých katiónov počet pomocných bodov = 7 – 0,25 % odchýlky stanovenia 7 pb Presnosť stanovenia meďnatých katiónov počet pomocných bodov = 7 – 0,25 % odchýlky stanovenia 6 pb Presnosť stanovenia sodných katiónov 6- 0,25% odchýlky stanovenia
100 pb	Spolu

Autorské riešenie úloh odpoved'ového hárku z analytickej PRAXE

Štartovné číslo súťažiacého:					
Celkový počet pridelených bodov:	Podpis hodnotiteľa:				
Úloha A					
Úloha A1.1	<p>Výpočet hmotnosti chelátónu 3 (Na₂EDTA):</p> $m(\text{Na}_2\text{EDTA}) = c(\text{Na}_2\text{EDTA}) \times V(\text{Na}_2\text{EDTA}) \times M(\text{Na}_2\text{EDTA}) =$ $= 0,05 \text{ mol dm}^{-3} \times 0,5 \text{ dm}^3 \times 372,24 \text{ g mol}^{-1} = 9,3 \text{ g}$				
Úloha A1.2	<p>Výpočet hmotnosti uhličitanu vápenatého:</p> $m(\text{CaCO}_3) = c \times V \times M(\text{CaCO}_3)$ $= 0,05 \text{ mol dm}^{-3} \times 0,05 \text{ dm}^3 \times 100,1 \text{ g mol}^{-1} = 0,2503 \text{ g}$				
	<p>1pb Navážená hmotnosť CaCO₃ $m(\text{CaCO}_3) =$</p>				
	<p>1pb Zápis chemického deja: $\text{CaCO}_3 + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$</p> <p>$n(\text{CaCO}_3) = n(\text{Ca}^{2+})$</p>				
	<p>1pb Výpočet presnej koncentrácie zásobného roztoku:</p> $c = \frac{m(\text{CaCO}_3)}{V \times M(\text{CaCO}_3)} = \frac{m(\text{CaCO}_3)}{0,05 \text{ dm}^3 \times 100,1 \text{ g mol}^{-1}}$				
Úloha A1.3	<p>Výpočet objemu NaOH:</p> $V = \frac{c \times V \times M}{w \times \rho} = \frac{0,1 \text{ mol dm}^{-3} \times 0,200 \text{ dm}^3 \times 40 \text{ g mol}^{-1}}{0,4 \times 1,43 \text{ g cm}^{-3}} = 1,4 \text{ cm}^3$				
Úloha A1.4	<p>Výpočet hmotnosti hydrogénftalanu draselného:</p> $m(\text{C}_8\text{H}_5\text{O}_4\text{K}) = c(\text{C}_8\text{H}_5\text{O}_4\text{K}) \times V \times M(\text{C}_8\text{H}_5\text{O}_4\text{K}) =$ $= 0,1 \text{ mol dm}^3 \times 0,05 \text{ dm}^3 \times 204,22 \text{ g mol}^{-1} = 1,0211 \text{ g}$				
	<p>1pb Navážená hmotnosť C₈H₅O₄K $m(\text{C}_8\text{H}_5\text{O}_4\text{K}) =$</p>				
	<p>1pb Výpočet presnej koncentrácie zásobného roztoku:</p> $c(\text{C}_8\text{H}_5\text{O}_4\text{K}) = \frac{m(\text{C}_8\text{H}_5\text{O}_4\text{K})}{V(\text{C}_8\text{H}_5\text{O}_4\text{K}) \times M(\text{C}_8\text{H}_5\text{O}_4\text{K})} = \frac{m(\text{C}_8\text{H}_5\text{O}_4\text{K})}{0,05 \text{ dm}^3 \times 204,22 \text{ g mol}^{-1}}$				
Úloha A2.1	<p>3pb Spotreba odmerného roztoku chelátónu 3 :</p> <p><i>Za každú vykonanú titráciu 1pb max. 3 pb</i></p> <table border="1" style="width: 100%; height: 20px; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> </table>				
	<p>1pb Akceptovaná hodnota: $V_1(\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y})$:</p> <p><i>Hodnotí sa vylúčenie odľahlých hodnôt a výpočet priemeru</i></p>				
	<p>1pb Zápis chemickej reakcie, ktorá prebehla pri štandardizácii:</p>				
<p>$\text{Ca}^{2+} + \text{Na}_2\text{H}_2\text{Y} \rightarrow \text{Na}_2\text{CaY} + 2\text{H}^+$</p>					

	1pb	Výpočet presnej koncentrácie odmerného roztoku CH3: $n(Na_2H_2Y) = 1 \times n(Ca^{2+})$ $c(Na_2H_2Y) = \frac{1 \times c(Ca^{2+}) \times V}{V1(Na_2H_2Y)}$
Úloha A2.2	3pb	Spotreba odmerného roztoku NaOH: <i>Za každú vykonanú titráciu 1pb max. 3 pb</i>
	1pb	Akceptovaná hodnota: $V2(NaOH)$ <i>Hodnotí sa vylúčenie odľahlých hodnôt a výpočet priemeru</i>
	1pb	Zápis chemickej reakcie, ktorá prebehla pri štandardizácii: $C_8H_5O_4K + NaOH \rightarrow C_8H_4O_4KNa + H_2O$
	1pb	Výpočet koncentrácie NaOH: $c(NaOH) = \frac{1 \times c(C_8H_5O_4K) \times V(C_8H_5O_4K)}{V2(NaOH)}$ Body sa pridelia za akýkoľvek správny výpočet
Úloha B		
Úloha B1.1	4pb	Spotreba odmerného roztoku NaOH: <i>Za každú vykonanú titráciu 1pb max. 4 pb</i>
		Akceptovaná hodnota: $V3(NaOH)$: <i>Hodnotí sa vylúčenie odľahlých hodnôt a výpočet priemeru</i>
Úloha B1.2	2pb	Zápis rovnice iónovej výmeny $R - SO_3H + Na^+ \rightarrow R - SO_3Na + H^+$
	1pb	Zápis rovnice stanovenia H^+ $H^+ + NaOH \rightarrow Na^+ + H_2O$
	2pb	Výpočet objemovej kapacity ionexu: $Q_v = \frac{z \times V_{roztoku} dm^3 \times c_{roztoku} mol dm^{-3}}{V_{ionexu} cm^3} \times 1000 [mmol . cm^{-3}]$ $Q_v = \frac{1 \times V3_{NaOH} dm^3 \times c_{NaOH} mol dm^{-3}}{5 cm^3} \times 1000 [mmol . cm^{-3}]$
Úloha C		
Úloha C1.4	1pb	Zápis rovnice reakcie titrácie $HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$
	3pb	Spotreba odmerného roztoku NaOH: <i>Za každú vykonanú titráciu 1pb max. 3 pb</i>

	1pb	Akceptovaná hodnota: V4 (NaOH) <i>Hodnotí sa vylúčenie odľahlých hodnôt a výpočet priemeru</i>				
Úloha C1.5		Výpočet látkového množstva H ⁺ iónov v pipetovanom objeme: $n_{H^+} = c(NaOH)mol\ dm^{-3} \times V4(NaOH)dm^3$				
	4pb	Výpočet látkového množstva H ⁺ iónov v celom objeme vzorky: $n_{H^+} = c(NaOH)mol\ dm^{-3} \times V4(NaOH)dm^3 \times \frac{250\ cm^3}{50\ cm^3} \times \frac{250\ cm^3}{25\ cm^3}$				
Úloha C1.6		Nameraná hodnota pH eluátu:				
	3pb	<table border="1" style="width: 100%;"><tr><td style="width: 25%;"></td><td style="width: 25%;"></td><td style="width: 25%;"></td><td style="width: 25%;"></td></tr></table>				
		Akceptovaná hodnota pH:				
3pb	Výpočet koncentrácie a látkového množstva H ⁺ iónov v eluáte a v celom objeme vzorky: $c(H^+) = 10^{-pH}$ $n(H^+) = c(H^+)mol\ dm^{-3} \times 0,25\ dm^3 \times \frac{250\ cm^3}{25\ cm^3}$					
	2pb	Porovnanie výsledkov – žiaci uvedú komentár				
Úloha C2	1pb	Zápis rovnice reakcie titrácie $Zn^{2+} + H_2Y^{2-} \rightarrow ZnY^{2-} + 2H^+$				
	3pb	Spotreba odmerného roztoku chelatónu 3: <i>Za každú vykonanú titráciu 1pb max. 3 pb</i>				
		<table border="1" style="width: 100%;"><tr><td style="width: 25%;"></td><td style="width: 25%;"></td><td style="width: 25%;"></td><td style="width: 25%;"></td></tr></table>				
1pb	Akceptovaná hodnota: V5 (CH3) <i>Hodnotí sa vylúčenie odľahlých hodnôt a výpočet priemeru</i>					
	1pb	Výpočet látkového množstva Zn ²⁺ v titrovanom podiele vzorky: $n_{Zn^{2+}} = c(Na_2H_2Y)mol\ dm^{-3} \times V5(CH3)dm^3$				

		<p>Výpočet látkového množstva Zn^{2+} vo vzorke:</p> $n_{Zn^{2+}} = c(Na_2H_2Y) mol dm^{-3} \times V_5(CH_3) dm^3 \times \frac{250 cm^3}{10 cm^3}$ <p>Výpočet hmotnosti Zn^{2+} vo vzorke:</p> $m_{Zn^{2+}} = c(Na_2H_2Y) mol dm^{-3} \times V(CH_3) dm^3 \times 65,3 g mol^{-1} \times \frac{250 cm^3}{10 cm^3}$
Úloha C3	1pb	Zápis rovníc reakcií titrácie
		$Zn^{2+} + H_2Y^{2-} \rightarrow ZnY^{2-} + 2H^+$ $Cu^{2+} + H_2Y^{2-} \rightarrow CuY^{2-} + 2H^+$
	3pb	Spotreba odmerného roztoku chelátónu 3:
		<i>Za každú vykonanú titráciu 1pb max. 3 pb</i>
	1pb	Akceptovaná hodnota: $V_6(CH_3)$ <i>Hodnotí sa vylúčenie odľahlých hodnôt a výpočet priemeru</i>
	2pb	Výpočet látkového množstva Zn^{2+} a Cu^{2+} v titrovanom podiele vzorky: $n_{Zn^{2+}, Cu^{2+}} = c(Na_2H_2Y) mol dm^{-3} \times V(CH_3) dm^3$
2pb	Výpočet látkového množstva Zn^{2+} a Cu^{2+} vo vzorke: $n_{Zn^{2+}, Cu^{2+}} = c(Na_2H_2Y) mol dm^{-3} \times V(CH_3) dm^3 \times \frac{250 cm^3}{10 cm^3}$	
Úloha C4.1	3pb	<p>Výpočet látkového množstva a hmotnosti Cu^{2+} vo vzorke:</p> $n_{Cu^{2+}} = n_{Cu^{2+}, Zn^{2+}} mol - n_{Zn^{2+}} mol$ $m_{Cu^{2+}} = n_{Cu^{2+}} mol \times 63,54 g mol^{-1}$
Úloha C4.2	3pb	<p>Výpočet látkového množstva a hmotnosti Na^+:</p> $n_{H^+} = 2 \times n_{Zn^{2+}} + 2 n_{Cu^{2+}} + n_{Na^+}$ $n_{Na^+} = n_{H^+} - (2 \times n_{Cu^{2+}} + 2 n_{Zn^{2+}})$ $m_{Na^+} = n_{Na^+} mol \times 23 g mol^{-1}$

Štartovné číslo súťažiaceho:

Celkový počet pridelených bodov:

Podpis hodnotiteľa:

Úloha D

Úloha D1.1	2 pb	Rovnice reakcie pri príprave zásobného roztoku CaCl_2 s štandardizácie
		$\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
		$\text{Ca}^{2+} + \text{H}_2\text{Y}^{2-} \rightarrow \text{CaY}^{2-} + 2\text{H}^+$
		Výpočet koncentrácie CaCO_3 $c(\text{CaCO}_3) = \frac{m(\text{CaCO}_3)}{V(\text{CaCO}_3) \times M(\text{CaCO}_3)} = \frac{0,1810 \text{ g}}{1 \text{ dm}^3 \times 100,1 \text{ g mol}^{-1}} = 0,0018 \text{ mol dm}^{-3}$
		Výpočet koncentrácie chelatónu 3 $c(\text{Na}_2\text{EDTA}) = \frac{1 \times c(\text{CaCO}_3) \times V(\text{CaCO}_3)}{V(\text{Na}_2\text{EDTA})} = \frac{0,0018 \text{ mol dm}^{-3} \times 0,01 \text{ dm}^3}{0,0161 \text{ dm}^3} = 0,0011 \text{ mol dm}^{-3}$
Úloha D1.2	1,5pb	$\text{Al}^{3+} + \text{H}_2\text{Y}^{2-} \rightarrow \text{AlY}^- + 2\text{H}^+$
		$\text{Fe}^{3+} + \text{H}_2\text{Y}^{2-} \rightarrow \text{FeY}^- + 2\text{H}^+$
		$\text{Pb}^{2+} + \text{H}_2\text{Y}^{2-} \rightarrow \text{PbY}^{2-} + 2\text{H}^+$
Úloha D1.3	2 pb	Vypočítajte látkové množstvo Al^{3+} a Fe^{3+} vo vzorke: $n(\text{Al}^{3+}, \text{Fe}^{3+}) = n(\text{Na}_2\text{EDTA}) - n(\text{PbSO}_4)$ $n(\text{Al}^{3+}, \text{Fe}^{3+}) = \frac{0,0011 \text{ mol dm}^{-3} \times 0,025 \text{ dm}^3 - 0,00098 \text{ mol dm}^{-3} \times 0,0045 \text{ dm}^3}{0,02 \text{ dm}^3} = 1,1545 \text{ mmol dm}^{-3}$ $n(\text{Fe}^{3+}) = n(\text{Na}_2\text{EDTA}) - n(\text{PbSO}_4)$ $n(\text{Fe}^{3+}) = \frac{0,0011 \text{ mol dm}^{-3} \times 0,025 \text{ dm}^3 - 0,00098 \text{ mol dm}^{-3} \times 0,0047 \text{ dm}^3}{0,02 \text{ dm}^3} = 1,1447 \text{ mmol dm}^{-3}$ $n(\text{Al}^{3+}) = n(\text{Al}^{3+}, \text{Fe}^{3+}) - n(\text{Fe}^{3+}) = 1,1545 \text{ mmol dm}^{-3} - 1,1447 \text{ mmol dm}^{-3} = 0,0098 \text{ mmol dm}^{-3}$ $m(\text{Al}^{3+}) = n(\text{Al}^{3+}) \times Ar(\text{Al}^{3+}) = 0,0098 \times 26,9 = 0,26 \text{ mg dm}^{-3}$ $m(\text{Fe}^{3+}) = n(\text{Fe}^{3+}) \times Ar(\text{Fe}^{3+}) = 1,1447 \times 55,8 = 63,87 \text{ mg dm}^{-3}$

Úloha D1.4	1pb	Pre spätnú titráciu je podmienkou, aby konštanta stability komplexu kovu, ktorého soľou sa titruje nadbytok chelátónu bola menšia ($\log\beta(PbY^{2-}) = 10,2$) než konštanta stability komplexu stanovovaného kovu ($\log\beta(FeY^-) = 21$); ($\log\beta(AlY^-) = 16$)
Úloha D1.5	0,5pb	Na základe konštánt stability - Al ³⁺ tvorí stabilnejší komplex s fluoridom ($\log\beta = 19,8$) ako s EDTA ($\log\beta = 16,13$).
Úloha D2.1	1pb	Výpočet koncentrácie $c(Fe^{2+}) = \frac{m g}{V dm^3 \times M g mol^{-1}} = \frac{0,0650 g}{0,25 dm^3 \times 278,01 g mol^{-1}} = 9,35 \times 10^{-4} mol dm^{-3}$
Úloha D2.2	1pb	Rovnica vzniku komplexu $Fe^{2+} + 3Phe \rightarrow [Fe(Phe)_3]^{2+}$
Úloha D2.3	2,5pb	Konštanta stability vzniknutého komplexu koncentrácia Fe ²⁺ v zriedenom roztoku $c_1(Fe^{2+}) = \frac{c_2 \times V_2}{V_1} = \frac{9,35 \times 10^{-4} mol dm^{-3} \times 0,002 dm^3}{0,05 dm^3}$ $= 3,7 \times 10^{-5} mol dm^{-3}$ koncentrácia 1,10 - fenentrolínu v zriedenom roztoku $c_1(Phe) = \frac{c_2 \times V_2}{V_1} = \frac{9,972 \times 10^{-3} mol dm^{-3} \times 0,0005 dm^3}{0,05 dm^3}$ $= 9,972 \times 10^{-5} mol dm^{-3}$ $[Fe^{2+}] = c_1(Fe^{2+}) - c([Fe(Phe)_3]^{2+})$ $= 3,7 \times 10^{-5} mol dm^{-3} - 3,1 \times 10^{-5} mol dm^{-3}$ $= 0,6 \times 10^{-5} mol dm^{-3}$ $[Phe] = c_1(Phe) - 3 \times c([Fe(Phe)_3]^{2+})$ $= 9,972 \times 10^{-5} mol dm^{-3} - 3 \times 3,1 \times 10^{-5} mol dm^{-3}$ $= 6,72 \times 10^{-6} mol dm^{-3}$ $\beta = \frac{[Fe(Phe)_3]^{2+}}{[Phe]^3 \times [Fe^{2+}]} = \frac{3,1 \times 10^{-5}}{(0,6 \times 10^{-5})^3 \times 3,39 \times 10^{-4}} = 4,2 \times 10^{14}$ $\log\beta = \log 4,2 \times 10^{14} = 14,6$
Úloha D3.1	1pb	Zápis rovníc stanovenia: $Fe^{3+} + H_2Y^{2-} \rightarrow FeY^- + 2H^+$

	2pb	<p>Výpočet koncentrácie Fe³⁺</p> $c_{Fe^{3+}} = \frac{1 \times c(Na_2H_2Y) mol \, dm^{-3} \times V(Na_2H_2Y) dm^3}{V_{vody}} \times 1000$ $= \frac{0,0021 mol \, dm^{-3} \times 0,005 dm^3}{0,05} \times 1000$ $= 0,2100 \, mmol \, dm^{-3}$ $m_{Fe^{3+}} = c_{Fe^{3+}} \times Ar(Fe) = 0,2100 \, mmol \, dm^{-3} \times 55,84 \, g \cdot mol^{-1}$ $= 11,73 \, mg \, dm^{-3}$
Úloha D3.3	1pb	<p>Iónová výmena na katexe</p> $3R - SO_3Na + Fe^{3+} \rightarrow (R - SO_3)_3Fe + 3Na^+$
Úloha D3.4	1pb	Objem eluátu: 11,3 cm ³
Úloha D3.5	2pb	<p>Vypočítajte objemovú kapacitu ionexu, výsledok porovnajte s deklarovanou kapacitou výrobcu.</p> $Q_v = \frac{3 \times V dm^3 \times c \, mol \, dm^{-3}}{0,01 dm^3} \, [mol \cdot dm^{-3}]$ $Q_v = \frac{3 \times 0,0113 dm^3 \times 0,2100 \, mol \, dm^{-3}}{0,01 dm^3} = 0,712 \, [mol \cdot dm^{-3}]$ <p>výrobca deklaruje 2,1 eq/l, čo je v prepočte na Fe³⁺ ióny 0,7 mol čo je približne rovnaké ako sme zistili stanovením</p>
Úloha D3.6	0,5pb	<p>V kolóne je 11 dm³ čo bude stačiť na ionovú výmenu</p> $0,712 \times 11 = 7,832 \, mol \, Fe^{3+}$ <p>voda podľa výpočtu obsahuje 0,21 mmol dm⁻³, vypočítaných 7,832 mol by bolo v objeme 37295 dm³ vody, čo je 37,3 m³.</p>

<p>Úloha D3.7</p>	<p>Výpočet koncentrácie CH₃</p> $c = \frac{m}{V \times M} = \frac{0,3814g}{381,37 g mol^{-1} \times 0,1dm^3} = 0,01 mol mol^{-1}$ <p>v bode ekvivalencie má byť 99,9% koncentrácie pôvodného iónu viazané v komplexe</p> $c(ML) = 0,999 \times 0,01mol dm^{-3} = 9,9 \times 10^{-3}mol dm^{-3}$ <p>v bode ekvivalencie môže byť teda 0,1 % koncentrácie iónov voľných</p> $c(L) = 0,001 \times 0,01mol dm^{-3} = 1 \times 10^{-5}mol dm^{-3}$ <p>keďže v komplexe je ligand s katiónom kovu v stechiometrickom pomere 1:1</p> $c(M) = 0,001 \times 0,01mol dm^{-3} = 1 \times 10^{-5}mol dm^{-3}$ $\beta = \frac{[ML]}{[L] \times [M]} = \frac{9,9 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{-5} \times 1 \times 10^{-5}} = 9,9 \times 10^7$ $\log \beta = \log 9,9 \times 10^7 = 8$ <p>konštanta stability musí byť minimálne 10⁸</p>
-------------------------------------	---