

SLOVENSKÁ KOMISIA CHEMICKEJ OLYMPIÁDY

CHEMICKÁ OLYMPIÁDA

60. ročník, školský rok 2023/2024

Kategória EF

Školské kolo

**RIEŠENIE A HODNOTENIE PRAKTICKÝCH
ÚLOH**

RIEŠENIA ÚLOH Z ANALYTICKEJ PRAXE

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

Školské kolo

Ing. Martina Gánovská

Maximálne 120 pb = 60 bodov

1 pb = 0,5b

Doba riešenia 360 minút

Bodové hodnotenie jednotlivých častí riešenia je uvedené v prehľadnej tabuľke:

Odporúčané bodové hodnotenie je orientačné a slúži na porovnanie súťažiacich pri ich výbere do celoštátneho kola:

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 horečnatých katiónov počet pomocných bodov = 7 – 0,25 % odchýlky stanovenia 7 pb Presnosť stanovenia vápenatých 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

Škola:		
Meno súťažiaciho:		
Celkový počet pridelených bodov:	Podpis hodnotiteľa:	
Úloha A		
Úloha A1.1	1pb	Výpočet hmotnosti pentahydrátu síranu meďnatého: $m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = c(\text{CuSO}_4) \times V(\text{CuSO}_4) \times M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})$ $= 0,08 \text{ mol dm}^{-3} \times 0,25 \text{ dm}^3 \times 249,7 \text{ g mol}^{-1} = 4,9940 \text{ g}$
Úloha A1.2	1 pb	Výpočet hmotnosti chelátónu 3 (Na_2EDTA): $m(\text{Na}_2\text{EDTA}) = c(\text{Na}_2\text{EDTA}) \times V(\text{Na}_2\text{EDTA}) \times M(\text{Na}_2\text{EDTA}) =$ $= 0,05 \text{ mol dm}^{-3} \times 0,5 \text{ dm}^3 \times 372,24 \text{ g mol}^{-1} = 9,3 \text{ g}$
		Navážená hmotnosť Na_2EDTA $m(\text{CH}_3) =$
Úloha A1.3	1 pb	Výpočet hmotnosti heptahydrátu síranu horečnatého: $m(\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = c(\text{MgSO}_4) \times V(\text{MgSO}_4) \times M(\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})$ $= 0,05 \text{ mol dm}^{-3} \times 0,05 \text{ dm}^3 \times 246,48 \text{ g mol}^{-1} = 0,6162 \text{ g}$
	0,5pb	Navážená hmotnosť MgSO_4 $m(\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) =$
	1 pb	Výpočet presnej koncentrácie zásobného roztoku: $c(\text{MgSO}_4) = \frac{m(\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})}{V(\text{MgSO}_4) \times M(\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})}$ $= \frac{m(\text{MgSO}_4)}{0,05 \text{ dm}^3 \times 246,48,1 \text{ g mol}^{-1}}$
Úloha A1.4	1 pb	Výpočet hmotnosti NaOH: $m(\text{NaOH}) = c(\text{NaOH}) \times V(\text{NaOH}) \times M(\text{NaOH})$ $= 0,1 \text{ mol dm}^{-3} \times 0,200 \text{ dm}^3 \times 40 \text{ g mol}^{-1} = 0,8 \text{ g}$
Úloha A1.5	1pb	Výpočet hmotnosti hydrogenftalanu draselného: $m(\text{C}_8\text{H}_5\text{O}_4\text{K}) = c(\text{C}_8\text{H}_5\text{O}_4\text{K}) \times V \times M(\text{C}_8\text{H}_5\text{O}_4\text{K}) =$ $= 0,1 \text{ mol dm}^3 \times 0,05 \text{ dm}^3 \times 204,22 \text{ g mol}^{-1} = 1,0211 \text{ g}$
	0,5pb	Navážená hmotnosť $\text{C}_8\text{H}_5\text{O}_4\text{K}$ $m(\text{C}_8\text{H}_5\text{O}_4\text{K}) =$
	1pb	Výpočet presnej koncentrácie zásobného roztoku: $c(\text{C}_8\text{H}_5\text{O}_4\text{K}) = \frac{m(\text{C}_8\text{H}_5\text{O}_4\text{K})}{V(\text{C}_8\text{H}_5\text{O}_4\text{K}) \times M(\text{C}_8\text{H}_5\text{O}_4\text{K})} = \frac{m(\text{C}_8\text{H}_5\text{O}_4\text{K})}{0,05 \text{ dm}^3 \times 204,22 \text{ g mol}^{-1}}$
Úloha A2.1	1,5pb	Spotreba odmerného roztoku chelátónu 3 : Za každú vykonanú titráciu 0,5pb max. 1,5 pb

		c(CuSO ₄) [mol dm ⁻³]																																												
		V _e	85	90	95	100	105	110	115	120																																				
		V _{sp}																																												
		c(CuSO ₄) [mol dm ⁻³]																																												
		V _e	125	130	135	140	145	150	155	160																																				
		V _{sp}																																												
		c(CuSO ₄) [mol dm ⁻³]																																												
		V _e	165	170	175	180	185	190	195	200																																				
		V _{sp}																																												
		c(CuSO ₄) [mol dm ⁻³]																																												
		Vyplnená tabuľka má obsahovať aspoň 20 trojíc údajov, posledných 5 hodnôt musí byť rovnakých, nie je nutné vyplniť celú tabuľku																																												
	2pb	Vzorový výpočet koncentrácie $c(\text{CuSO}_4)$ pre zvolený objem a spotrebu: $c(\text{CuSO}_4) = \frac{1 \times c(\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}) \text{ mol dm}^{-3} \times V_2(\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}) \text{ dm}^3}{0,005 \text{ dm}^3}$																																												
Úloha B1.4	5pb	<p>Graf (príloha)</p> <p>Z grafu odčítaný ekvivalentný objem V₄:</p> <p>Body sa pridelia za akýkoľvek vhodný graf s odčítaným ekvivalentným objemom</p> <div style="text-align: center;"> <p>$c \text{ Cu}^{2+} = f(V_{\text{el}})$</p> <table border="1"> <caption>Data points from the graph</caption> <thead> <tr> <th>V_{el} [cm³]</th> <th>c(Cu²⁺) [mol dm⁻³]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0.00</td></tr> <tr><td>10</td><td>0.00</td></tr> <tr><td>20</td><td>0.00</td></tr> <tr><td>30</td><td>0.00</td></tr> <tr><td>40</td><td>0.00</td></tr> <tr><td>50</td><td>0.00</td></tr> <tr><td>60</td><td>0.00</td></tr> <tr><td>70</td><td>0.01</td></tr> <tr><td>80</td><td>0.03</td></tr> <tr><td>90</td><td>0.08</td></tr> <tr><td>100</td><td>0.18</td></tr> <tr><td>110</td><td>0.38</td></tr> <tr><td>120</td><td>0.48</td></tr> <tr><td>130</td><td>0.50</td></tr> <tr><td>140</td><td>0.50</td></tr> <tr><td>150</td><td>0.50</td></tr> <tr><td>160</td><td>0.50</td></tr> </tbody> </table> </div>									V _{el} [cm ³]	c(Cu ²⁺) [mol dm ⁻³]	0	0.00	10	0.00	20	0.00	30	0.00	40	0.00	50	0.00	60	0.00	70	0.01	80	0.03	90	0.08	100	0.18	110	0.38	120	0.48	130	0.50	140	0.50	150	0.50	160	0.50
V _{el} [cm ³]	c(Cu ²⁺) [mol dm ⁻³]																																													
0	0.00																																													
10	0.00																																													
20	0.00																																													
30	0.00																																													
40	0.00																																													
50	0.00																																													
60	0.00																																													
70	0.01																																													
80	0.03																																													
90	0.08																																													
100	0.18																																													
110	0.38																																													
120	0.48																																													
130	0.50																																													
140	0.50																																													
150	0.50																																													
160	0.50																																													
Úloha B1.5	1pb	<p>Zápis rovnice iónovej výmeny</p> $2R - \text{SO}_3\text{H} + \text{Cu}^{2+} \rightarrow (\text{R} - \text{SO}_3)_2\text{Cu} + 2\text{H}^+$																																												

	2pb	Výpočet objemovej kapacity ionexu: $Q_v = \frac{z \times V_{\text{roztoku}} \text{ dm}^3 \times c_{\text{roztoku}} \text{ mol dm}^{-3}}{V_{\text{ionexu}} \text{ cm}^3} \times 1000 [\text{mmol} \cdot \text{cm}^{-3}]$ $Q_v = \frac{2 \times V_4 \text{ dm}^3 \times c_{\text{CuSO}_4} \text{ mol dm}^{-3}}{10 \text{ cm}^3} \times 1000 [\text{mmol} \cdot \text{cm}^{-3}]$
Úloha C		
Úloha C1.4	1pb	Zápis rovnice reakcie titrácie
		$\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$
	1,5pb	Spotreba odmerného roztoku NaOH: <i>Za každú vykonanú titráciu 0,5pb max. 1,5 pb</i>
0,5pb	Akceptovaná hodnota: V5(NaOH) <i>Hodnotí sa vylúčenie odľahlých hodnôt a výpočet priemeru</i>	
Úloha C1.5	2pb	Výpočet látkového množstva H ⁺ iónov v pipetovanom objeme: $n_{\text{H}^+} = c(\text{NaOH}) \text{ mol dm}^{-3} \times V_5(\text{NaOH}) \text{ dm}^3$
	1pb	Výpočet látkového množstva H ⁺ iónov v celom objeme vzorky: $n_{\text{H}^+} = c(\text{NaOH}) \text{ mol dm}^{-3} \times V_7(\text{NaOH}) \text{ dm}^3 \times \frac{250 \text{ cm}^3}{50 \text{ cm}^3} \times \frac{250 \text{ cm}^3}{25 \text{ cm}^3}$
Úloha C1.6	2pb	Nameraná hodnota pH eluátu:
		Akceptovaná hodnota pH:
	2pb	Výpočet koncentrácie a látkového množstva H ⁺ iónov v eluáte a v celom objeme vzorky: $c(\text{H}^+) = 10^{-\text{pH}}$ $n(\text{H}^+) = c(\text{H}^+) \text{ mol dm}^{-3} \times 0,25 \text{ dm}^3 \times \frac{250 \text{ cm}^3}{25 \text{ cm}^3}$
2pb	Porovnanie výsledkov – súťažiaci uvedú komentár	
Úloha C2	1pb	Zápis rovníc reakcie titrácie
		$\text{Mg}^{2+} + \text{H}_2\text{Y}^{2-} \rightarrow \text{MgY}^{2-} + 2\text{H}^+$ $\text{Ca}^{2+} + \text{H}_2\text{Y}^{2-} \rightarrow \text{CaY}^{2-} + 2\text{H}^+$
1,5pb	Spotreba odmerného roztoku chelátónu 3: <i>Za každú vykonanú titráciu 0,5pb max. 1,5 pb</i>	

	0,5pb	Akceptovaná hodnota: V6(CH3) <i>Hodnotí sa vylúčenie odľahlých hodnôt a výpočet priemeru</i>			
	2pb	Výpočet látkového množstva Ca ²⁺ a Mg ²⁺ v titrovanom podiele vzorky: $n_{Ca^{2+}, Mg^{2+}} = c(Na_2H_2Y) mol dm^{-3} \times V6(CH3) dm^3$			
	1 pb	Výpočet látkového množstva Ca ²⁺ , Mg ²⁺ vo vzorke: $n_{Ca^{2+}, Mg^{2+}} = c(Na_2H_2Y) mol dm^{-3} \times V6(CH3) dm^3 \times \frac{250 cm^3}{10 cm^3}$			
Úloha C3	1pb	Zápis rovnice reakcie titrácie $Ca^{2+} + H_2Y^{2-} \rightarrow CaY^{2-} + 2H^+$			
	1,5pb	Spotreba odmerného roztoku chelátónu 3: <i>Za každú vykonanú titráciu 0,5 pb max. 1,5 pb</i>			
	0,5pb	Akceptovaná hodnota: V7(CH3) <i>Hodnotí sa vylúčenie odľahlých hodnôt a výpočet priemeru</i>			
	2pb	Výpočet látkového množstva Ca ²⁺ v titrovanom podiele vzorky: $n_{Ca^{2+}} = c(Na_2H_2Y) mol dm^{-3} \times V7(CH3) dm^3$			
	1pb	Výpočet látkového množstva Ca ²⁺ vo vzorke: $n_{Ca^{2+}} = c(Na_2H_2Y) mol dm^{-3} \times V7(CH3) dm^3 \times \frac{250 cm^3}{10 cm^3}$ Výpočet hmotnosti Ca ²⁺ vo vzorke: $m_{Ca^{2+}} = c(Na_2H_2Y) mol dm^{-3} \times V7(CH3) dm^3 \times 40,08 \times \frac{250 cm^3}{10 cm^3}$			
Úloha C4.1	3pb	Výpočet látkového množstva a hmotnosti Mg ²⁺ vo vzorke: $n_{Mg^{2+}} = n_{Ca^{2+}, Mg^{2+}} mol - n_{Ca^{2+}} mol$ $m_{Mg^{2+}} = n_{Mg^{2+}} mol \times 24,35 g mol^{-1}$			
Úloha C4.2	3pb	Výpočet látkového množstva a hmotnosti Na ⁺ : $n_{H^+} = 2 \times n_{Ca^{2+}} + 2 n_{Mg^{2+}} + n_{Na^+}$ $n_{Na^+} = n_{H^+} - (2 \times n_{Ca^{2+}} + 2 n_{Mg^{2+}})$ $m_{Na^+} = n_{Na^+} mol \times 23 g mol^{-1}$			

Škola:		
Meno súťažiaceho:		
Celkový počet pridelených bodov:		Podpis hodnotiteľa:
Úloha D		
Úloha D1.1	0,5pb	$Pb^{2+} + H_2Y^{2-} \rightarrow PbY^{2-} + 2H^+$
	1pb	$c(PbSO_4) = \frac{m(PbSO_4)}{V(PbSO_4) \times M(PbSO_4)} = \frac{0,6721 \text{ g}}{0,1 \text{ dm}^3 \times 331,2 \text{ g mol}^{-1}}$ $= 0,0203 \text{ mol dm}^{-3}$
	1pb	$c(Na_2EDTA) = \frac{1 \times c(PbSO_4) \times V(PbSO_4)}{V(Na_2EDTA)} = \frac{0,0203 \text{ mol dm}^{-3} \times 0,01 \text{ dm}^3}{0,0087 \text{ dm}^3}$ $= 0,0233 \text{ mol dm}^{-3}$
Úloha D1.2	1pb	$Ca^{2+} + H_2Y^{2-} \rightarrow CaY^{2-} + 2H^+$ $Zn^{2+} + H_2Y^{2-} \rightarrow ZnY^{2-} + 2H^+$
Úloha D1.3	1 pb	Vypočítajte hmotnosť vápnika vo vzorke: $n(Ca^{2+}) = n(Na_2EDTA) - n(ZnSO_4)$ $n(Ca^{2+}) = \frac{0,0233 \text{ mol dm}^{-3} \times 0,05 \text{ dm}^3 - 0,0212 \text{ mol dm}^{-3} \times 0,0176 \text{ dm}^3}{0,02}$ $= 0,0396 \text{ mol dm}^{-3}$ $m(Ca^{2+}) = 0,0396 \text{ mol} \times 40,0 \text{ g mol}^{-1} = 0,0459 \text{ g} = 45,9 \text{ mg}$
Úloha D1.4	2pb	Pre spätnú titráciu je podmienkou, aby konštanta stability komplexu kovu, ktorého soľou sa titruje nadbytok chelátónu bola menšia ($\log\beta(ZnY^{2-}) = 10,2$) než konštanta stability komplexu stanovovaného kovu ($\log\beta(CaY^{2-}) = 10,7$) $\log\beta(MgY^{2-}) = 8,69$; ($\log\beta(PbY^{2-}) = 10,04$; Z uvedených kationov kovov by bolo vhodné použiť obidva
Úloha D2.1	1pb	Rovnica $CoCl_2 + Na_2H_2Y \rightarrow Na_2CoY + 2HCl$

<p>Úloha D2.2</p>	<p>3pb</p>	<p>Vypočítajte podmienenú konštantu stability</p> $\beta' = \frac{1}{\alpha(L) \times \alpha(M)} \times \beta(ML)$ $[H^+] = 10^{-pH}$ $\alpha(L) = 1 + \beta_1^H \times [H^+] + \beta_2^H \times [H^+]^2 + \beta_3^H \times [H^+]^3 + \beta_4^H \times [H^+]^4$ $= 1 + 2,19 \times 10^{10} \times 10^{-6} + 3,8 \times 10^{16} \times [10^{-6}]^2 + 2,19 \times 10^{19} \times [10^{-6}]^3 + 2,51 \times 10^{21} \times [10^{-6}]^4$ $= 5,99 \times 10^4$ $\alpha(M) = 1 + \beta_1^{OH} \times [OH^-] + \beta_2^{OH} \times [OH^-]^2$ $= 1 + 1,26 \times 10^4 \times 10^{-(14-6)} + 1,58 \times 10^9 \times 10^{-(14-6)^2}$ $= 1,0$ $\beta' = \frac{1}{\alpha(L) \times \alpha(M)} \times \beta(ML) = \frac{1}{5,99 \times 10^4 \times 1} \times 5,01 \times 10^{10} = 8,4 \times 10^5$ $\log \beta = 5,92$
<p>Úloha D2.3</p>	<p>2,5pb</p>	<p>v bode ekvivalencie má byť 99,9% koncentrácie pôvodného iónu viazané v komplexe</p> $c(ML_2) = 0,999 \times 0,1 \text{ mol dm}^{-3} = 9,9 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$ <p>v bode ekvivalencie môže byť teda 0,1 % koncentrácie iónov voľných</p> $c(L) = 2 \times 0,001 \times 0,1 \text{ mol dm}^{-3} = 2 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$ $c(M) = 0,001 \times 0,1 \text{ mol dm}^{-3} = 1 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$ $\beta = \frac{[ML]}{[L]^2 \times [M]} = \frac{9,9 \times 10^{-2}}{(2 \times 10^{-4})^2 \times 1 \times 10^{-4}} = 2,5 \times 10^{10}$ $\log \beta = \log 2,5 \times 10^{10} = 10,3$ <p>konštantu stability musí byť minimálne $2,5 \cdot 10^{10}$</p>
<p>Úloha D3.1</p>	<p>1,5pb</p>	<p>Výpočet hmotnosti hexahydrátu síranu nikelnatého:</p> $c = \frac{c_m \text{ g dm}^{-3}}{M \text{ g mol}^{-1}} = \frac{0,19 \text{ g dm}^{-3}}{58,69 \text{ g mol}^{-1}} = 3,24 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$ $m(NiSO_4 \cdot 7H_2O) = c(NiSO_4) \times V(NiSO_4) \times M(NiSO_4 \cdot 6H_2O)$ $= 3,23 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3} \times 2 \text{ dm}^3 \times 262,85 \text{ g mol}^{-1}$ $= 1,7033 \text{ g}$

Úloha D3.2	1pb	Výpočet koncentrácie $c(NiSO_4) = \frac{m(NiSO_4)}{V(NiSO_4) \times M(NiSO_4 \cdot 6H_2O)} = \frac{1,7257 \text{ g}}{2 \text{ dm}^3 \times 262,82 \text{ g mol}^{-1}} = 0,0033 \text{ mol dm}^{-3}$
Úloha D3.3	1pb	Rovnica iónovej výmeny $2R - SO_3H + Ni^{2+} \rightarrow (R - SO_3)_2Ni + 2H^+$
Úloha D3.4	1pb	Výpočet objemovej kapacity ionexu: $Q_v = \frac{z \times V_{roztoku} \text{ dm}^3 \times c_{roztoku} \text{ mol dm}^{-3}}{V_{ionexu} \text{ dm}^3}$ $Q_v = \frac{2 \times 1,7 \text{ dm}^3 \times 0,0033 \text{ mol dm}^{-3}}{0,01 \text{ dm}^3}$ $Q_v = 1,122 \text{ mol dm}^{-3}$
Úloha D3.5	0,5pb	Rovnica iónovej výmeny $R - SO_3H + Na^+ \rightarrow R - SO_3Na + H^+$
Úloha D3.6	1pb	Výpočet objemovej kapacity ionexu: $Q_v = \frac{1 \times V_{NaOH} \text{ dm}^3 \times c_{NaOH} \text{ mol dm}^{-3}}{0,002} \text{ [mol} \cdot \text{dm}^{-3}]$ $Q_v = \frac{1 \times 0,0243 \times 0,1023 \text{ mol dm}^{-3}}{0,002} = 1,24 \text{ [mol} \cdot \text{dm}^{-3}]$
Úloha D3.7	1pb	výrobca udáva $Q_v = 2,1 \text{ eq/l}$, čo pre Ni^{2+} katióny predsatvuje $1,05 \text{ mol dm}^{-3}$ ionexu hodnoty získané stanovením boli väčšie

Autor: Ing. Martina Gánovská,

Recenzenti: Ing. Elena Kulichová, Matúš Tomášik

Redakčná úprava: Ing. Anna Ďuricová, PhD.(vedúca autorského kolektívu)

Slovenská komisia Chemickej olympiády

Vydal: NIVAM, Bratislava 2024