

RIEŠENIA ÚLOH Z ANALYTICKEJ PRAXE

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

Študijné kolo

Martina Gánovská

Maximálne 120 pb = 60 bodov	1 pb = 0,5b
Doba riešenia nie je obmedzená	

Poznámky k realizácii študijnej časti súťaže:

Riešenie úloh študijného kola nie je časovo obmedzené, preto odporúčame úlohy riešiť na niekoľkých cvičeniach, podľa ich zamerania, použitých metód a použitej techniky.

Bodové hodnotenie jednotlivých častí riešenia je uvedené v prehľadnej tabuľke:

Odporúčané bodové hodnotenie je orientačné a slúži na porovnanie súťažiacich pri ich výbere do školského 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 odpovedňovom 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 železitých katiónov počet pomocných bodov = 7 – 0,25 % odchýlky stanovenia 7 pb Presnosť stanovenia horečnatých 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 súťažiacého:		
Celkový počet pridelených bodov:	Podpis hodnotiteľa:	
Úloha A		
Úloha A1.1	1 pb	Výpočet hmotnosti hexahydrátu chloridu železitého: $m(FeCl_3 \cdot 6H_2O) = c(FeCl_3) \times V(FeCl_3) \times M(FeCl_3)$ $= 0,06 \text{ mol dm}^{-3} \times 0,25 \text{ dm}^3 \times 270,3 \text{ g mol}^{-1} = 4,0545 \text{ g}$
	0,5pb	Navážená hmotnosť $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ $m(FeCl_3) =$
Úloha A1.2	1pb	Výpočet hmotnosti chelatónu 3 (Na_2EDTA): $m(Na_2EDTA) = c(Na_2EDTA) \times V(Na_2EDTA) \times M(Na_2EDTA) =$ $= 0,05 \text{ mol dm}^{-3} \times 0,5 \text{ dm}^3 \times 372,21 \text{ g mol}^{-1} = 9,3 \text{ g}$
Úloha A1.3	1 pb	Výpočet hmotnosti uhličitanu vápenatého: $m(CaCO_3) = c \times V \times M(CaCO_3)$ $= 0,05 \text{ mol dm}^{-3} \times 0,1 \text{ dm}^3 \times 100,1 \text{ g mol}^{-1} = 0,5005 \text{ g}$
	0,5pb	Navážená hmotnosť $CaCO_3$ $m(CaCO_3) =$
	1 pb	Zápis chemickej reakcie, ktorá prebehla pri príprave štandardného roztoku: $CaCO_3 + 2H^+ \rightarrow Ca^{2+} + CO_2 + H_2O$ Výpočet presnej koncentrácie Ca^{2+} v zásobnom roztoku: $c(Ca^{2+}) = \frac{m(CaCO_3)}{V \times M(CaCO_3)} = \frac{m(CaCO_3)}{0,05 \text{ dm}^3 \times 100,1 \text{ g mol}^{-1}}$
Úloha A1.4	1pb	Výpočet objemu NaOH: $V = \frac{c \times V \times M}{w \times \rho} = \frac{0,1 \text{ mol dm}^{-3} \times 0,200 \text{ dm}^3 \times 40 \text{ g mol}^{-1}}{0,4 \times 1,43 \text{ g cm}^{-3}} = 1,4 \text{ cm}^3$
Úloha A1.5	1pb	Výpočet hmotnosti dihydrátu kyseliny šľaveľovej: $m(H_2C_2O_4) = c(H_2C_2O_4) \times V(H_2C_2O_4) \times M(H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O) =$ $= 0,05 \text{ mol dm}^{-3} \times 0,1 \text{ dm}^3 \times 126,07 \text{ g mol}^{-1} = 0,6304 \text{ g}$
	0,5pb	Navážená hmotnosť $H_2C_2O_4$ $m(H_2C_2O_4) =$
	1pb	Výpočet presnej koncentrácie zásobného roztoku: $c(H_2C_2O_4) = \frac{m(H_2C_2O_4)}{V(H_2C_2O_4) \times M(H_2C_2O_4)} = \frac{m(H_2C_2O_4)}{0,1 \text{ dm}^3 \times 126,07 \text{ g mol}^{-1}}$
Úloha A2.1	1,5pb	Spotreba odmerného roztoku chelatónu 3 : Za každú vykonanú titráciu 0,5pb max. 1,5 pb

		$c(\text{FeCl}_3)$ [mol dm ⁻³]								
		V_e	45	50	55	60	65	70	75	80
		V_{sp}								
		$c(\text{FeCl}_3)$ [mol dm ⁻³]								
		V_e	85	90	95	100	105	110	115	120
		V_{sp}								
		$c(\text{FeCl}_3)$ [mol dm ⁻³]								
		V_e	125	130	135	140	145	150	155	160
		V_{sp}								
		$c(\text{FeCl}_3)$ [mol dm ⁻³]								
		V_e	165	170	175	180	185	190	195	200
		V_{sp}								
		$c(\text{FeCl}_3)$ [mol dm ⁻³]								
		Vyplnená tabuľka má obsahovať aspoň 20 trojíc údajov, posledných 5 hodnôt musí byť rovnakých, nie je nutné vyplniť celú tabuľku								
	1,5pb	<p>Vzorový výpočet koncentrácie $c(\text{FeCl}_3)$ pre zvolený objem a spotrebu:</p> $c(\text{FeCl}_3) = \frac{1 \times c(\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}) \text{ mol dm}^{-3} \times V(\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}) \text{ dm}^3}{0,005 \text{ dm}^3}$								

Úloha B1.4	5pb	<p>Graf (príloha)</p> <p>Z grafu odčítaný ekvivalentný objem V_4:</p> <p>Body sa pridelia za akýkoľvek vhodný graf s odčítaným ekvivalentným objemom</p> <div data-bbox="416 365 1378 992" style="text-align: center;"> <p style="text-align: center;">$c=f(V_{el})$</p> </div>					
Úloha B1.5	0,5pb	hmotnosť frity $m_f =$	$m_f =$				
	0,5pb	hmotnosť frity so suchým ionexom $m =$	$m =$				
	0pb	hmotnosť suchého ionexu $m =$	$m =$				
Úloha B1.6	1pb	Zápis rovnice iónovej výmeny $3R - SO_3H + Fe^{3+} \rightarrow (R - SO_3)_3Fe + 3H^+$					
	1,5pb	Výpočet hmotnostnej kapacity ionexu: $Q_m = \frac{3 \times V_4 dm^3 \times c_{FeCl_3} mol dm^{-3}}{m g} \times 1000 [mmol \cdot g^{-1}]$					
Úloha B2.2	1pb	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	Spotreba odmerného roztoku NaOH: <i>Za každú vykonanú titráciu 0,5pb max. 1,5 pb</i> <table border="1" data-bbox="405 1865 1390 1917" style="width: 100%; height: 23px;"> <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: $V_5(NaOH)$: <i>Hodnotí sa vylúčenie odľahlých hodnôt a výpočet priemeru</i>					

	1,5pb	<p>Výpočet objemovej kapacity ionexu:</p> $Q_v = \frac{z \times V_{\text{roztoku}} \text{dm}^3 \times c_{\text{roztoku}} \text{mol dm}^{-3}}{V_{\text{ionexu}} \text{cm}^3} \times 1000 [\text{mmol} \cdot \text{cm}^{-3}]$ $Q_v = \frac{1 \times V_{5\text{NaOH}} \text{dm}^3 \times c_{\text{NaOH}} \text{mol dm}^{-3}}{5 \text{cm}^3} \times 1000 [\text{mmol} \cdot \text{cm}^{-3}]$							
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: V6(NaOH) <i>Hodnotí sa vylúčenie odľahlých hodnôt a výpočet priemeru</i>								
Úloha C1.7	6pb	Tabuľka nameraných hodnôt objemu NaOH pridávaného počas konduktometrickej titrácie a vodivosti:							
		$V_{(\text{NaOH})}$							
		$\kappa [\text{mS cm}^{-1}]$							
		$V_{(\text{NaOH})}$							
		$\kappa [\text{mS cm}^{-1}]$							
		$V_{(\text{NaOH})}$							
		$\kappa [\text{mS cm}^{-1}]$							
		Body sa pridelia za realizáciu konduktometrickej titrácie. Vyplnená tabuľka má obsahovať aspoň 15 dvojíc údajov, nie je nutné vyplniť celú tabuľku							

Úloha C1.8	5pb	Konduktometrická titračná krivka a odčítanie ekvivalentného bodu (napr. obrázok)				
		<div style="text-align: center;"> <p>konduktometrická titračná krivka</p> </div>				
		Z grafu odčítaný ekvivalentný objem $V7(\text{NaOH})$:				
Úloha C1.9		Výpočet látkového množstva H^+ iónov v pipetovanom objeme: $n_{\text{H}^+} = c(\text{NaOH}) \text{mol dm}^{-3} \times V7(\text{NaOH}) \text{dm}^3$				
	2pb	Výpočet látkového množstva H^+ iónov v celom objeme vzorky: $n_{\text{H}^+} = c(\text{NaOH}) \text{mol dm}^{-3} \times V7(\text{NaOH}) \text{dm}^3 \times \frac{250 \text{ cm}^3}{50 \text{ cm}^3} \times \frac{250 \text{ cm}^3}{25 \text{ cm}^3}$				
Úloha C2	0pb	Zápis rovnice reakcie titrácie $\text{Fe}^{3+} + \text{H}_2\text{Y}^{2-} \rightarrow \text{FeY}^- + 2\text{H}^+$				
	1,5pb	Spotreba odmerného roztoku chelatónu 3: <i>Za každú vykonanú titráciu 0,5pb max. 1,5 pb</i>				
		<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> </table>				
	0,5pb	Akceptovaná hodnota: $V8(\text{CH3})$ <i>Hodnotí sa vylúčenie odľahlých hodnôt a výpočet priemeru</i>				
1pb	Výpočet látkového množstva Fe^{3+} v titrovanom podiele vzorky: $n_{\text{Fe}^{3+}} = c(\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}) \text{mol dm}^{-3} \times V8(\text{CH3}) \text{dm}^3$					

		<p>Výpočet látkového množstva Fe^{3+} vo vzorke:</p> $n_{Fe^{3+}} = c(Na_2H_2Y) mol dm^{-3} \times V_8(CH_3) dm^3 \times \frac{250 cm^3}{10 cm^3}$ <p>Výpočet hmotnosti Fe^{3+} vo vzorke:</p> $m_{Fe^{3+}} = c(Na_2H_2Y) mol dm^{-3} \times V_8(CH_3) dm^3 \times 55,8 g mol^{-1} \times \frac{250 cm^3}{10 cm^3}$
Úloha C3	1pb	<p>Zápis rovnice reakcie titrácie</p> $Mg^{2+} + H_2Y^{2-} \rightarrow MgY^{2-} + 2H^+$
	1,5pb	<p>Spotreba odmerného roztoku chelátónu 3:</p> <p><i>Za každú vykonanú titráciu 0,5pb max. 1,5 pb</i></p>
	0,5pb	<p>Akceptovaná hodnota: $V_9(CH_3)$</p> <p><i>Hodnotí sa vylúčenie odľahlých hodnôt a výpočet priemeru</i></p>
	1pb	<p>Výpočet látkového množstva Mg^{2+} v titrovanom podiele vzorky:</p> $n_{Mg^{2+}} = c(Na_2H_2Y) mol dm^{-3} \times V_8(CH_3) dm^3$
	1,5pb	<p>Výpočet látkového množstva Mg^{2+} vo vzorke:</p> $n_{Mg^{2+}} = c(Na_2H_2Y) mol dm^{-3} \times V_8(CH_3) dm^3 \times \frac{250 cm^3}{25 cm^3}$ <p>Výpočet hmotnosti Mg^{2+} vo vzorke:</p> $m_{Mg^{2+}} = c(Na_2H_2Y) mol dm^{-3} \times V_8(CH_3) dm^3 \times 24,3 g mol^{-1} \times \frac{250 cm^3}{25 cm^3}$
Úloha C4	2pb	<p>Výpočet látkového množstva Na^+:</p> $n_{H^+} = 3 \times n_{Fe^{3+}} + 2 n_{Mg^{2+}} + n_{Na^+}$ $n_{Na^+} = n_{H^+} - (3 \times n_{Fe^{3+}} + 2 n_{Mg^{2+}})$ $m_{Na^+} = n_{Na^+} mol \times 23 g mol^{-1}$

Škola:		
Meno súťažiaceho:		
Celkový počet pridelených bodov:		Podpis hodnotiteľa:
Úloha D		
Úloha D1.1	1 pb	Rovnica reakcie rozpúšťania hliníka kyselinou chlorovodíkovou $2Al + 6HCl \rightarrow 2AlCl_3 + 3H_2$
Úloha D1.2	1pb	Rovnice reakcií, ktoré prebiehajú pri stanovení $Al^{3+} + H_2Y^{2-} \rightarrow AlY^- + 2H^+$ $Zn^{2+} + H_2Y^{2-} \rightarrow ZnY^{2-} + 2H^+$
Úloha D1.3	1 pb	Výpočet koncentrácie síranu zinočnatého: $c(ZnSO_4) = \frac{m(ZnSO_4)}{V(ZnSO_4) \times M(ZnSO_4 \cdot 7H_2O)} = \frac{1,5236 \text{ g}}{0,1 \text{ dm}^3 \times 287,56 \text{ g mol}^{-1}} = 0,053 \text{ mol dm}^{-3}$
Úloha D1.4	1pb	Výpočet hmotnosti hliníka vo vzorke: $n(Al^{3+}) = n(Na_2EDTA) - n(ZnSO_4)$ $n(Al^{3+}) = 0,0485 \text{ mol dm}^{-3} \times 0,05 \text{ dm}^3 - 0,053 \text{ mol dm}^{-3} \times 0,0144 \text{ dm}^3 = 0,0016618 \text{ mol}$ $m(Al^{3+}) = 0,0017 \text{ mol} \times 26,98 \text{ g mol}^{-1} = 0,0459 \text{ g} = 45,9 \text{ mg}$
Úloha D1.5	1pb	Výpočet hrúbky hliníkového obalu: $d = \frac{V}{S}$ $V = \frac{m}{\rho} = \frac{0,0459 \text{ g}}{2,7 \text{ g cm}^{-3}} = 0,017 \text{ cm}^3$ $d = \frac{V \text{ cm}^3}{S \text{ cm}^2} = \frac{0,017 \text{ cm}^3}{25 \text{ cm}^2} = 0,00068 \text{ cm} = 6,8 \mu\text{m}$
Úloha D1.6	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 ($\log\beta(AlY^-) = 16,13$) $\log\beta(MgY^{2-}) = 8,69$; ($\log\beta(CuY^{2-}) = 18,8$; $(\log\beta(PbY^{2-}) = 18$; ($\log\beta(FeY^-) = 21,1$ Z uvedených kationov kovov by bolo vhodné použiť ešte Mg^{2+}
Úloha D2.1	1pb	Zápis rovnice iónovej výmeny $R - SO_3H + Na^+ \rightarrow R - SO_3Na + H^+$

Úloha D2.2	1pb	<p>Výpočet koncentrácie a látkového množstva H⁺ iónov v eluáte</p> $c(H^+) = 10^{-pH}$ $c(H^+) = 10^{-1,7} = 1,9 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$ $n(H^+) = c(H^+) \text{ mol dm}^{-3} \times 0,1 \text{ dm}^3 = 1,9 \times 10^{-3} \text{ mol}$
	1pb	<p>Výpočet hmotnosti NaCl</p> $m(Na^+) = n(H^+) \times M = 1,9 \times 10^{-3} \times 58,4 = 0,1 \text{ g}$
Úloha D3.1	1,5pb	<p>V bode ekvivalencie má byť 99,9% koncentrácie pôvodného iónu viazané v komplexe.</p> $c(ML) = 0,999 \times 0,01 \text{ mol dm}^{-3} = 9,9 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$ <p>v bode ekvivalencie môže byť teda 0,1 % koncentrácie iónov voľných</p> $c(L) = 0,001 \times 0,01 \text{ mol dm}^{-3} = 1 \times 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$ <p>keďže v komplexe je ligand s katiónom kovu v stechiometrickom pomere 1:1</p> $c(M) = 0,001 \times 0,01 \text{ mol dm}^{-3} = 1 \times 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$ $\beta = \frac{[ML]}{[L] \times [M]} = \frac{9,9 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{-5} \times 1 \times 10^{-5}} = 9,9 \times 10^7$ $\log \beta = \log(9,9 \times 10^7) = 8$ <p>konštanta stability musí byť minimálne 10⁸</p>
Úloha D3.2	1,5pb	$\beta' = \frac{1}{\alpha(L) \times \alpha(M)} \times \beta(ML)$ <p>pre pH =5</p> $\alpha(L) = 1 + K_1^H \times [H^+] + K_1^H \times K_2^H \times [H^+]^2$ $\alpha(M) = 1 + K_1^{OH} \times [OH^-] + K_1^{OH} \times K_2^{OH} \times [OH^-]^2$ $[H^+] = 10^{-pH}$ $\alpha(L) = 1 + 4,76 \times 10^7 \times 10^{-5} + 4,76 \times 10^7 \times 3,12 \times 10^4 \times (10^{-5})^2 = 626$ $\alpha(M) = 1 + 1,26 \times 10^4 \times 10^{-(14-5)} + 1,26 \times 10^4 \times 7,85 \times 10^6 \times (10^{-(14-5)})^2 = 1$ $\beta' = \frac{1}{\alpha(L) \times \alpha(M)} \times \beta(ML) = \frac{1}{626 \times 1} \times 8,7 \times 10^9 = 1,4 \times 10^7$

	1,5pb	pre pH =12 $\alpha(L) = 1 + K_1^H \times [H^+] + K_1^H \times K_2^H \times [H^+]^2$ $\alpha(M) = 1 + K_1^{OH} \times [OH^-] + K_1^{OH} \times K_2^{OH} \times [OH^-]^2$ $[H^+] = 10^{-pH}$ $\alpha(L) = 1 + 4,76 \times 10^7 \times 10^{-12} + 4,76 \times 10^7 \times 3,12 \times 10^4 \times (10^{-12})^2 = 1$ $\alpha(M) = 1 + 1,26 \times 10^4 \times 10^{-(14-12)} + 1,26 \times 10^4 \times 7,85 \times 10^6 \times (10^{-(14-12)})^2 = 9,89 \times 10^6$ $\beta' = \frac{1}{\alpha(L) \times \alpha(M)} \times \beta(ML) = \frac{1}{1 \times 9,89 \times 10^6} \times 8,7 \times 10^9 = 8,8 \times 10^2$
	0,5pb	Komplex je stabilnejší pri pH 5
Úloha D4.1	1pb	Zápis rovníc stanovenia: $Mg^{2+} + H_2Y^{2-} \rightarrow MgY^{2-} + 2H^+$ $Ca^{2+} + H_2Y^{2-} \rightarrow CaY^{2-} + 2H^+$
Úloha D4.2	1pb	Výpočet tvrdosti vody : $c_{Ca^{2+}, Mg^{2+}} = \frac{1 \times c(Na_2H_2Y) \text{ mol } dm^{-3} \times V(Na_2H_2Y) dm^3}{V_{vody}} \times 1000$ $= \frac{0,0511 \text{ mol } dm^{-3} \times 0,0042 dm^3}{0,1} \times 1000 = 2,15 \text{ mmol } dm^{-3}$ $TV = 1 \times c(Na_2H_2Y) \text{ mol } dm^{-3} \times V(Na_2H_2Y) dm^3 \times M(CaO) g \text{ mol}^{-1} =$ $0,0511 \text{ mol } dm^{-3} \times 0,0042 dm^3 \times 56 g \text{ mol}^{-1} = 12^\circ N$
Úloha D4.3	1pb	Iónová výmena na ionexe $2R - SO_3Na + Ca^{2+} \rightarrow (R - SO_3)_2Ca + 2H^+$ $2R - SO_3Na + Mg^{2+} \rightarrow (R - SO_3)_2Mg + 2H^+$

<p>Úloha D4.4</p>	<p>2pb</p>	<p> $n = 2,15 \text{ mmol dm}^{-3} = 2,15 \times 10^{-3} \text{ mol Ca}^{2+} \text{ a Mg}^{2+} = n \times z$ $= 2,15 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 2 = 4,3 \times 10^{-3} \text{ eq v } 1 \text{ dm}^3 \text{ vody}$ </p> <p>Kapacita katexu je 2,1 eq v 1dm³ ionexu</p> <p>v kolóne je 1,5 kg suchého ionexu, čo je 1,76 dm³ napučaného ionexu</p> <p>kolóna má teda kapacitu $2,1 \times 1,76 = 3,7 \text{ eq}$</p> <p>môžeme zmäkčiť 860 dm³ vody</p>
-------------------------------------	-------------------	---