

CHEMICKÁ OLYMPIÁDA

62. ročník, školský rok 2025/26

Kategória A

Celoštátne kolo

RIEŠENIE A HODNOTENIE PRAKTICKÝCH ÚLOH



RIEŠENIE A HODNOTENIE PRAKTICKÝCH ÚLOH Z ANALYTICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 62. ročník – školský rok 2025/26
Celoštátne kolo

Rastislav Serbin

Maximálne 25 bodov (46 pomocných bodov), 1 pb = 0,5435 b
Doba riešenia: 150 minút

Návrh bodového hodnotenia (autorské riešenie):

Pridelia sa pomocné body (pb). Spolu celkovo 46 pb, ktoré sa prepočítajú na konečné body podľa vzťahu: 1 pb = 0,5435 b.

Pomocné body prideliť za riešenie (výpočet) uvedený vo vzorovom odpovedovom hárku, alebo za podobné riešenie vedúce k správnejmu výsledku.

Hodnotenie za presnosť: (max 3 pb x 2)

Akceptovaná hodnota je priemer/medián/zvolená hodnota po posúdení priebehu experimentu pre spotrebu titrantu (NaOH alebo MgSO₄):

- 2 alebo 3 výsledky, vhodne vybratá/vypočítaná hodnota, zhoda výsledkov pri opakovaní do 0,2 ml = 3 pb
- 2 alebo 3 výsledky, vhodne vybratá/vypočítaná hodnota, zhoda výsledkov pri opakovaní do 0,4 ml = 2 pb
- 2 alebo 3 výsledky, vhodne vybratá/vypočítaná hodnota, zhoda výsledkov pri opakovaní do 0,6 ml = 1 pb
- 1 výsledok, resp. 2 alebo 3 výsledky, zhoda výsledkov pri opakovaní > 0,6 ml = 0,5 pb

Hodnotenie za správnosť: (max 10 pb x 3)

Akceptovaná hodnota pre spotrebu titrantu (NaOH alebo MgSO₄) je zhodná s „master“ hodnotou:

- | | |
|---------------|---------------|
| ≤ 2 % = 10 pb | ≤ 8 % = 4 pb |
| ≤ 4 % = 8 pb | ≤ 10 % = 2 pb |
| ≤ 6 % = 6 pb | > 10 % = 0 pb |

ODPOVEĎOVÝ HÁROK – Autorské riešenie
(simulované údaje)

a) Údaje zo zadania

Objem koncentráту vzorky:	$V_0 = 25,00 \text{ cm}^3$
Hustota koncentrátu:	$\rho = 1,10 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$
Objem nariedenej (pracovnej) vzorky:	$V_{0zr} = 250,00 \text{ cm}^3$
	$c(\text{NaOH}) = 0,10 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$
	$c(\text{K}_3) = 0,1784 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$
	$A(\text{Zn}) = 65,38 \text{ g mol}^{-1}$
	$A(\text{Cr}) = 51,996 \text{ g mol}^{-1}$

b) Neutralizačná titrácia (katexová vetva)

Analyzovaný objem pracovnej (nariedenej) vzorky:	25 cm³
Celkový objem eluátu z katexu:	100 cm³
Titrovaný objem eluátu:	25 cm³
Spotreba 0,10 mol dm ⁻³ NaOH:	
V₁ = 16,00 cm ³	
V₂ = 15,90 cm ³	
V₃ = 16,10 cm ³	
V_{1akc.} = 16,00 cm ³	
Hodnotenie za presnosť:	(3 pb)
Hodnotenie za správnosť:	(10 pb)

c) Komplexometrické stanovenie

Titrovaný objem pracovnej vzorky:	25 cm³
Celkový objem pracovného roztoku po reakcii s K3:	100 cm³
Spotreba 0,05 mol dm ⁻³ MgSO ₄	
V₂₁ = 7,10 cm³	
V₂₂ = 6,90 cm³	
V₂₃ = 7,00 cm³	
V_{2akc.} = 7,00 cm³	
Hodnotenie za presnosť:	(3 pb)
Hodnotenie za správnosť:	(10 pb)

Úlohy, výpočty a otázky

1. Vypočítajte látkové množstvo a hmotnosť chrómu a zinku v celej vzorke.

Krok 1 – množstvo pridaného K3 a nezreagovaného K3 v titrovanej alikvote (komplexometrická vetva)

Pridané K3:

$$c(\text{K3}) = 0,1784 \text{ mol dm}^{-3}$$

$$V(\text{K3}) = 25,00 \text{ cm}^3$$

$$n(\text{K3})_{\text{celk}} = c \cdot V = 0,1784 \cdot 0,025 = 4,460 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

Po reakcii sa roztok doplnil na 100,00 cm³ a titrovala sa 25,00 cm³ alikvota, teda 1/4 celku:

$$n(\text{K3})_{\text{alikv}} = 4,460 \times 10^{-3} / 4 = 1,115 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

Nezreagovaný K3 sa stanovil spätnou titráciou Mg²⁺:

$$c(\text{Mg}^{2+}) = 0,05 \text{ mol dm}^{-3}$$

$$V_{2\text{akc.}}(\text{Mg}^{2+}) = 7,00 \text{ cm}^3$$

$$n(\text{Mg}^{2+})_{\text{alikv}} = 0,05 \cdot 0,007 = 3,5 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

Teda nezreagovaný K3 v alikvóte je $3,5 \times 10^{-4} \text{ mol}$

Krok 2 – zreagovaný K3 s kovmi v alikvot

$$n_{(\text{K3})\text{zreagované}} = n_{(\text{K3})\text{pridané}} - n_{(\text{K3})\text{nezreagované}}$$

$$n_{(\text{K3})\text{zreagované}} = 1,115 \times 10^{-3} - 3,5 \times 10^{-4}$$

$$n_{(\text{K3})\text{zreagované}} = 7,65 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

Keďže K3 reaguje s kovmi v pomere 1: 1:

$$n(\text{Zn}^{2+})_{\text{alíkv}} + n(\text{Cr}^{3+})_{\text{alíkv}} = 7,65 \times 10^{-4} \dots (1) \text{ prvá rovnica}$$

Krok 3 – bilancia z katexovej vetvy (neutralizačná titrácia)

$$c(\text{NaOH}) = 0,10 \text{ mol dm}^{-3}$$

$$V_{\text{akc.}}(\text{NaOH}) = 16,00 \text{ cm}^3$$

$$n(\text{OH}^-)_{\text{alíkv}} = 0,10 \cdot 0,016 = 1,6 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

Pri prechode cez katex (H^+ forma) platí:

$$2 n (\text{Zn}^{2+}) + 3 n (\text{Cr}^{3+}) = n(\text{H}^+)$$

Preto pre alikvotu:

$$2 n (\text{Zn}^{2+})_{\text{alíkv}} + 3 n (\text{Cr}^{3+})_{\text{alíkv}} = 1,6 \times 10^{-3} \dots (2) \text{ druhá rovnica}$$

Krok 4 – riešenie sústavy rovníc

$$(1) \quad n(\text{Zn}) + n(\text{Cr}) = 7,65 \times 10^{-4}$$

$$(2) \quad 2 n(\text{Zn}) + 3 n(\text{Cr}) = 1,6 \times 10^{-3}$$

Vynásobíme (1) dvomi:

$$2 n(\text{Zn}) + 2 n(\text{Cr}) = 1,530 \times 10^{-3}$$

Odčítame od (2):

$$n(\text{Cr})_{\text{alíkv}} = 1,600 \times 10^{-3} - 1,53 \times 10^{-3}$$

$$n(\text{Cr})_{\text{alíkv}} = 7,00 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

Dosadíme do (1):

$$n(\text{Zn})_{\text{alíkv}} = 7,650 \times 10^{-4} - 7,00 \times 10^{-5}$$

$$n(\text{Zn})_{\text{alíkv}} = 6,950 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

Krok 5 – prepočet na celú vzorku

Z postupnosti riedení vyplýva, že titrovaný objem predstavuje 1/40 pôvodného množstva vzorky, teda faktor zriedenia je $F_z = 40$.

$$n_{\text{celk}} = 40 \cdot n_{\text{alíkv}}$$

Zinok

$$n(\text{Zn}^{2+})_{\text{celk}} = 40 \cdot 6,95 \times 10^{-4} = 2,78 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

$$m(\text{Zn})_{\text{celk}} = n \cdot A(\text{Zn})$$

$$A(\text{Zn}) = 65,38 \text{ g mol}^{-1}$$

$$m(\text{Zn})_{\text{celk}} = 2,78 \times 10^{-2} \cdot 65,38 = 1,818 \text{ g}$$

Chróom

$$n(\text{Cr}^{3+})_{\text{celk}} = 40 \cdot 7,00 \times 10^{-5} = 2,8 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$m(\text{Cr})_{\text{celk}} = n \cdot A(\text{Cr})$$

$$A(\text{Cr}) = 51,996 \text{ g mol}^{-1}$$

$$m(\text{Cr})_{\text{celk}} = 2,8 \times 10^{-3} \cdot 51,996 = 0,146 \text{ g}$$

nie je nutné kontrolovať krok po kroku, prakticky za správny alebo približne správny výsledok n **po 3,5 pb** a za m **po 0,5 pb**

Hodnotenie:

(8 pb)

2. Vypočítajte hmotnostné zlomky zinku a chrómu v pôvodnom koncentráte 25 cm³ v hmotnostných %.

$$\rho = 1,10 \text{ g cm}^{-3}$$

$$V_0 = 25,00 \text{ cm}^3$$

$$m(\text{koncentrátu}) = \rho \cdot V = 1,1 \times 25,00 = 27,50 \text{ g}$$

$$w(\text{Zn}) = m(\text{Zn}) / m(\text{koncentrátu}) = 1,818 / 27,50 = 0,0661 \approx 6,61 \%$$

$$w(\text{Cr}) = m(\text{Cr}) / m(\text{koncentrátu}) = 0,146 / 27,50 = 0,00531 \approx 0,531 \%$$

Hodnotenie:

(3 pb)

3. Na základe pracovného postupu stručne popíšte všeobecný princíp tejto praktickej úlohy.

Vzorka obsahujúca ióny Zn^{2+} a Cr^{3+} sa analyzuje dvoma nezávislými metódami.

V katexovej vetve sa po prechode roztoku cez katex v H^+ forme vymenia katióny Zn^{2+} a Cr^{3+} za ióny H^+ . Množstvo uvoľnených H^+ sa následne stanoví neutralizačnou titráciou roztokom NaOH . Tým sa získa vzťah medzi látkovými množstvami oboch kovov.

V komplexometrickej vetve sa oba kovové ióny prevedú do komplexov s K_3 (komplexónom III). Nadbytok pridaného K_3 sa po reakcii stanoví spätnou titráciou roztokom MgSO_4 pri $\text{pH } 10$ za použitia indikátora eriochróm čerň T. Zo spotreby Mg^{2+} sa určí množstvo K_3 , ktoré reagovalo s kovmi.

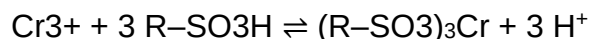
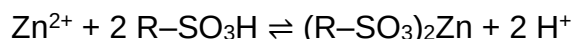
Z kombinácie výsledkov oboch stanovení (bilancia H^+ a bilancia K_3) sa vypočíta samostatne látkové množstvo Zn^{2+} a Cr^{3+} vo vzorke.

Hodnotenie:

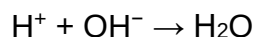
(2 pb)

4. Zapište chemické deje (rovnice), ktoré v rámci celého stanovenia prebiehali.

a) Iónová výmena na katexe (H^+ forma):



Neutralizácia:



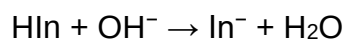
Platí:

$$2 n(\text{Zn}^{2+}) + 3 n(\text{Cr}^{3+}) = n(\text{H}^+)$$

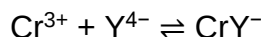
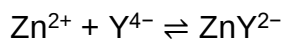
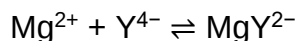
Indikácia (Tashiro):



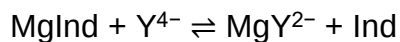
Pri titrácii:



Zmena farby z kyslej formy (fialová) na zásaditú formu (zelená).

b) Komplexometrická vetva (EDTA = Y⁴⁻):**Spätná titrácia:****Platí:**

$$n(\text{Zn}^{2+}) + n(\text{Cr}^{3+}) = n(\text{K3 pridané}) - n(\text{Mg}^{2+} \text{ spotrebované})$$

c) Indikácia (EBT):**Pri titrácii:**

Farebný prechod do stabilnej fialovej farby.

Body redukovať podľa uváženia, či opomenul dôležité, alebo menej dôležité kroky.

Hodnotenie:

(5 pb)

5. Načo bolo potrebné v kroku c) roztok vzorky s komplexónom 3 zohrievať, a načo pri tom bol potrebný acetátový pufor?

Zohrievanie teda urýchľuje kinetiku reakcie a pufor stabilizuje chemické prostredie počas komplexácie.

Hodnotenie:

(1 pb)

6. Prečo po pridaní amoniakálneho pufru v bode c) ešte pred pridaním indikátora EBt roztok zmenil farbu z fialovej do modrej?

Po pridaní amoniakálneho pufru sa pH roztoku zvýši približne na 10. Zvýšenie pH spôsobí zmenu protonačného stavu ligandu EDTA a zmenu rovnováh komplexov Cr(III), čím sa zmenia ich spektrálne vlastnosti.

Zmena farby z fialovej na modrú je teda dôsledkom zmeny pH a rovnovážneho stavu komplexu, nie prítomnosti indikátora.

Hodnotenie:

(1 pb)

RIEŠENIE A HODNOTENIE PRAKTICKÝCH ÚLOH Z ORGANICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória A – 62. ročník – školský rok 2025/26
Celoštátne kolo

Samuel Andrejčák, Peter Dudáš, Martin Puffler, Martin Putala

Maximálne 15 bodov

Úloha 1 (11,0 b)

Hmotnosť rekryštalizovaného produktu, vysušeného státím cez noc (7,0 b)

$m \leq 0,61 \text{ g}$	počet bodov = $7 \cdot m / 0,61 \text{ b}$
$0,61 \text{ g} \leq m \leq 0,80 \text{ g}$	plný počet bodov (7 b)
$0,80 \text{ g} \leq m \leq 1,06 \text{ g}$	počet bodov = $7 \cdot (1,06 - m) / 0,26 \text{ b}$
$m \geq 1,06 \text{ g}$	0 b

Poznámka: výťažok v kontrolnom experimente bol 0,67 g (52 %).

Kontrola teploty topenia (3,0 b)

Teplota topenia produktu: 119,1 – 121,8 °C (premerať pred súťažou, lit. 120,3 – 121,3°C)	
t.t. $\subset$ (117,2 °C, 122,4 °C)	plný počet bodov (3 b)
107,2 °C < začiatok t.t. < 117,2 °C	počet bodov = $3 \times (\text{t.t.} - 107,2) / 10 \text{ b}$

Tenkovrstvová chromatografia (1,0 b)

Označenie platničky	štart, cieľ, VL, P	4 x 0,10 b = 0,4 b
Vyvolanie platničky – R_F hodnoty		
R_F (VL)	$0,37 \leq R_F \leq 0,47$	0,3 b
	$0,32 \leq R_F < 0,37$	počet bodov = $0,3 - 6 \cdot (0,37 - R_F) \text{ b}$
	$0,47 \leq R_F < 0,52$	počet bodov = $0,3 - 6 \cdot (R_F - 0,47) \text{ b}$
R_F (produkt)	$0,67 \leq R_F \leq 0,77$	0,3 b
	$0,62 \leq R_F < 0,67$	počet bodov = $0,3 - 6 \cdot (0,67 - R_F) \text{ b}$
	$0,77 \leq R_F < 0,82$	počet bodov = $0,3 - 6 \cdot (R_F - 0,77) \text{ b}$

Poznámka: v kontrolnom experimente bola R_F (VL) = 0,42 a R_F (produkt) = 0,72.

Úloha 2 (0,6 b = 6 x 0,1 b)

za každé x, y, z, n 0,1 b

celkový sumárny vzorec 0,1 b

určenie molárnej hmotnosti 0,1 b

$$\begin{aligned}
 x : y : z : n &= w_x/A_rC : w_y/A_rH : w_z/A_rO : w_n/A_rN = \\
 &= 65,37/12 : 4,31/1 : 24,88/16 : 5,45/14 = \\
 &= 5,448 : 6,31 : 1,555 : 0,389 = 14 : 11 : 4 : 1
 \end{aligned}$$

Produkt A má molekulový vzorec $C_{14}H_{11}O_4N$ a molárnu hmotnosť $M = 257 \text{ g/mol}$.**Úloha 3 (1,7 b = 15 x 0,1 + 4 x 0,05 b)**

údaje z textu a vypočítaná M produktu: 4 x 0,05 = 0,2 b (žlté)

údaje vypočítané: 14 x 0,1 = 1,4 b (modré)

percentuálny výťažok: 1 x 0,1 = 0,1 b

nehodnotia sa vopred zadané hodnoty (zelené)

ak je v predošlej úlohe zle vypočítaná molárna hmotnosť, tak tu bez postihnutia bodov

	ekvivalent	n (mol)	M (g/mol)	m (g)	V (ml)	ρ (g/ml)
4-metylbenzoylchlorid	1,0	0,005	154	0,77	0,65	1,185
4-nitrofenol	1,0	0,005	139	0,7	–	–
Pyridín	1,0	0,005	79	0,39	0,40	0,982
produkt A (teor. výťažok)	1,0	0,005	257	1,29	–	–
izolované množstvo produktu (v gramoch):						
percentuálny výťažok produktu:						

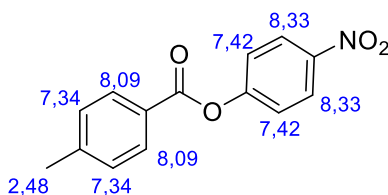
Úloha 4 (0,5 b = 1 x 0,1 + 2 x 0,2 b)

správne meranie vzdialenosti: 0,1 b

výpočet: 2 x 0,2 b

$$R_F = \frac{\text{vzdialenosť (štart – stred škvrny) v cm}}{\text{vzdialenosť (štart – cieľ) v cm}}$$

Úloha 5 (1,2 b = 12 x 0,1 b)



- Plný počet bodov aj za výmenu signálov 7,34 ppm s 7,42 ppm.

δ_{H} : 8,33 (d, 2H); 8,09 (d, 2H); 7,42 (d, 2H); 7,34 (d, 2H), 2,48 (s, 3H) ppm.

Absorpčné maximá v IČ spektre:

-NO₂ : 1550-1475 a 1360-1290 cm⁻¹

-COO- : 1750-1735 a 1300-1100 cm⁻¹

Autori: Mgr. Samuel Andrejčák, Peter Dudáš, Martin Puffler, doc. RNDr. Martin Putala, CSc., RNDr. Rastislav Serbin, PhD.

Recenzenti: doc. RNDr. Peter Magdolen, PhD., RNDr. Peter Troška, PhD., doc. Ing. Ján Reguli, CSc. (vedúci autorského kolektívu)

Slovenská komisia Chemickej olympiády

Vydal: NIVAM – Národný inštitút vzdelávania a mládeže, Bratislava 2026