

SLOVENSKÁ KOMISIA CHEMICKEJ OLYMPIÁDY

CHEMICKÁ OLYMPIÁDA

60. ročník, školský rok 2023/2024

Kategória D

Domáce kolo

**RIEŠENIE A HODNOTENIE TEORETICKÝCH
A PRAKTICKÝCH ÚLOH**

RIEŠENIE A HODNOTENIE TEORETICKÝCH ÚLOH

Chemická olympiáda – kategória D – 60. ročník – šk. rok 2023/24

Domáce kolo

Adriána Cisková, Jela Nociarová

Maximálne 60 bodov

Doba riešenia: časovo neobmedzená

Riešenie úlohy 1 Zlúčeniny horčíka a vápnika (25 b)

- a) 4b MgO, MgCl₂, MgS, MgCO₃, Mg(HCO₃)₂, MgSO₄, Mg(HSO₄)₂, MgF₂
CaO, CaCl₂, CaS, CaCO₃, Ca(HCO₃)₂, CaSO₄, Ca(HSO₄)₂, CaF₂

Hodnotenie: za každý uvedený vzorec 0,5 b (max. 4 b, hodnotí sa najviac 8 ľubovoľných vzorcov zlúčenín z horeuvedeného riešenia.)

- b) 4b

MgO – oxid horečnatý	CaO – oxid vápenatý
MgCl ₂ – chlorid horečnatý	CaCl ₂ – chlorid vápenatý
MgS – sulfid horečnatý	CaS – sulfid vápenatý
MgCO ₃ – uhličitan horečnatý	CaCO ₃ – uhličitan vápenatý
Mg(HCO ₃) ₂ – hydrogenuhličitan horečnatý	Ca(HCO ₃) ₂ – hydrogenuhličitan vápenatý
MgSO ₄ – síran horečnatý	CaSO ₄ – síran vápenatý
Mg(HSO ₄) ₂ – hydrogensíran horečnatý	Ca(HSO ₄) ₂ – hydrogensíran vápenatý
MgF ₂ – fluorid horečnatý	CaF ₂ – fluorid vápenatý

Hodnotenie: za každý uvedený názov 0,5 b (max. 4 b, hodnotí sa najviac 8 ľubovoľných názvov zlúčenín z horeuvedeného riešenia.)

- c) 1 b MgSO₄·7H₂O

1 b Síran horečnatý má vysokú hodnotu rozpustnosti oproti zvyšným zlúčeninám uvedených v tabuľke, čo znamená, že je vo vode rozpustný a preto ho nenájdeme v prírode vo vlhkom prostredí.

- d) 1 b Horká soľ *alebo* epsomská soľ *alebo* epsomit
Uznať ktorúkoľvek z uvedených možností.
- e) 1 b Hornina je zložená z minerálov a je to anorganická rôznorodá prírodnina. Z chemického hľadiska je to zmes látok.
Minerál je anorganická rovnorodá prírodnina a vo všetkých častiach má rovnaké zloženie, vnútornú stavbu a vlastnosti.
- f) 2 b Sadrovec – $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Kalcit – CaCO_3
Magnezit – MgCO_3
Aragonit – CaCO_3
- g) 1 b Sadrovec ako jediný so spomínaných minerálov nereaguje so zriedenou kyselinou chlorovodíkovou. Kalcit a aragonit reagujú aj za studena, magnezit reaguje po zahriatí.
 $\text{CaCO}_3 + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{MgCO}_3 + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{MgCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
Poznámka: stačí uviesť 1 chemickú rovnicu.
- h) Najprv vypočítame hmotnosť 250,0 ml roztoku kyseliny chlorovodíkovej s hmotnostným zlomkom $w = 0,05$:
 $\rho(5\% \text{ HCl}) = m(5\% \text{ HCl}) / V(5\% \text{ HCl})$
 $m(5\% \text{ HCl}) = \rho(5\% \text{ HCl}) \cdot V(5\% \text{ HCl})$
 $m(5\% \text{ HCl}) = 1025 \text{ g/dm}^3 \cdot 0,250 \text{ dm}^3$
2 b $m(5\% \text{ HCl}) = 256,25 \text{ g}$
- Potom vypočítame hmotnosť 36% roztoku HCl nepriamou úmerou:
- | | | |
|---|--------------------|---|
| ↑ | 0,05 256,25 g | ↓ |
| | 0,36 x g | |
- $x = 0,05 \cdot 256,25 \text{ g} / 0,36$
- 2 b $x = 35,59 \text{ g}$

Nakoniec vypočítame objem roztoku HCl pomocou hustoty:

$$\rho(\text{HCl}, 36\%) = m(\text{HCl}, 36\%) / V(\text{HCl}, 36\%)$$

$$V(\text{HCl, 36 \%}) = m(\text{HCl, 36 \%}) / \rho(\text{HCl, 36 \%})$$

$$V(\text{HCl, 36 \%}) = 35,59 \text{ g} / 1,180 \text{ g/cm}^3$$

2 b $V(\text{HCl, 36 \%}) = 30,20 \text{ cm}^3$

Akýkoľvek iný správny postup riešenia uznať za plný počet bodov.

- i) 1 b $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$ – hemihydrát síranu vápenatého
j) 1 b $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O} + 1,5 \text{H}_2\text{O}$
k) 2 b 1. 7,5 mólov vody
2. 27 g vody

Riešenie úlohy 2 Nepozorovateľné voľným okom (10 b)

- a) 0,5 b Mg – Ca
0,5 b O – S
0,5 b F – Cl
- b) 1,5 b Mg^{2+} , F^- , O^{2-}
- c) 1 b 1. ${}_{17}^{35}\text{Cl}^-$, ${}_{17}^{35}\text{Cl}$,
1,5 b 2. ${}_{17}^{35}\text{Cl}^-$, ${}_{20}^{40}\text{Ca}^{2+}$, ${}_{16}^{34}\text{S}^{2-}$
1,5 b 3. ${}_{17}^{35}\text{Cl}^-$, ${}_{17}^{35}\text{Cl}$, ${}_{16}^{34}\text{S}$

Hodnotenie: za každú uvedenú časticu 0,5 b

- d) 0,5 b 1. b)
0,5 b 2. a)
0,5 b 3. a)
0,5 b 4. c)
0,5 b 5. c)
0,5 b 6. a)

Riešenie úlohy 3 Pekný, užitočný a škodlivý vápenec (25 b)

- a) 2 b $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$
 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

- b) 1 b Kyslé dažde majú nízke pH a reagujú s vápencom.
Rozkladajú ho a tým spôsobujú rozpad vápencových pohorí alebo sôch.
- c) 0,5 b Koks je palivo, ktoré sa získava z čierneho uhlia zbaveného prchavých zložiek. Z chemického hľadiska ide o uhlík.
- d) 1,5 b Pálené vápno – CaO
Hasené vápno – Ca(OH)₂
Plynný vedľajší produkt – CO₂
Hodnotenie: za každý uvedený vzorec 0,5 b
- e) 1 b $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{CaO}$
- f) 1 b chemický rozklad, endotermická reakcia
- g) 1 b Oxid uhličitý je kyselinotvorný oxid a je súčasťou kyslých dažďov. Kyslé dažde spôsobujú vznik skleníkového efektu a globálne otepľovanie.
1 b B) menšie ako 7
- h) 1 b $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$
- i) 1 b Hydroxid vápenatý pôsobením oxidu uhličitého, ktorý sa nachádza vo vzduchu tvrdne, keďže vzniká uhličitan vápenatý, zatiaľ čo sa voda vyparuje.
1 b $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- j) 1 b bielenie, dezinfekcia stien, vápnenie kyslých pôd, výroba cukru a sódy
- k) 1 b $\text{Ca} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 + \text{H}_2$
1 b modré sfarbenie
- l) 0,5 b sodný kation, Na⁺
- m) 0,5 b CaCO₃
- n) 0,5 b Ca(HCO₃)₂ Mg(HCO₃)₂
- o) 1 b $\text{Ca(HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- p) 1 b CaSO₄ MgSO₄ CaCl₂ MgCl₂
- q) 1 b $\text{MgSO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{MgCO}_3$
 $\text{MgCl}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow 2\text{NaCl} + \text{MgCO}_3$
Uznať ľubovoľnú z horeuvedených rovníc.

r) 0,5 b Napríklad reakciou s kyselinou citrónovú alebo octom – vznikajú dobre rozpustné vápenaté soli.

s) $M(\text{Ca}^{2+}) = 40,1 \text{ g/mol}$

V 1 dm^3 odobratej vody sa nachádza 108 mg vápenatých katiónov, čo predstavuje látkové množstvo:

$$n(\text{Ca}^{2+}) = m(\text{Ca}^{2+})/M(\text{Ca}^{2+})$$

0,5 b $n(\text{Ca}^{2+}) = 0,108 \text{ g} / 40,1 \text{ g/mol}$

$$n(\text{Ca}^{2+}) = 0,00269 \text{ mol}$$

0,5 b Keďže toto množstvo je rozpustené v 1 dm^3 odobratej vody, koncentrácia je $c(\text{Ca}^{2+}) = 0,00269 \text{ mol/dm}^3 = 2,69 \text{ mmol/dm}^3$

Analogicky vypočítame $c(\text{Mg}^{2+})$:

$$M(\text{Mg}^{2+}) = 24,4 \text{ g/mol}$$

0,5 b $n(\text{Mg}^{2+}) = 0,015 \text{ g} / 24,4 \text{ g/mol}$

$$n(\text{Mg}^{2+}) = 0,00061 \text{ mol}$$

Keďže opäť je toto látkové množstvo rozpustené v 1 dm^3 vody,

0,5 b platí:

$$c(\text{Mg}^{2+}) = 0,00061 \text{ mol/dm}^3 = 0,61 \text{ mmol/dm}^3$$

t) Na určenie tvrdosti vody v nemeckých stupňoch potrebujeme poznať súčet koncentrácií vápenatých a horečnatých katiónov, vyjadrených v mmol/dm^3 :

$$c(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) =$$

0,5 b $= 2,69 \text{ mmol/dm}^3 + 0,61 \text{ mmol/dm}^3 = 3,30 \text{ mmol/dm}^3$

Môžeme použiť trojčlenku:

$$1 \text{ nemecký stupeň} \dots\dots\dots 0,1783 \text{ mmol/dm}^3$$

$$\underline{x \text{ nemeckých stupňov} \dots\dots\dots 3,30 \text{ mmol/dm}^3}$$

0,5 b $x = 3,30/0,1783 \cdot 1 = 18,5 \text{ nemeckých stupňov}$

Tvrdosť vody je približne $18,5$ nemeckých stupňov a voda je na

0,5 b základe tabuľky tvrdá.

- u) V 1 litri odobratej vody sa nachádza 108 mg vápenatých kationov a 15 mg horečnatých kationov.

Opäť môžeme použiť trojčlenku a informácie zo zadania:

1,00 g CaCO_3 obsahuje 0,40 g Ca^{2+}

x g CaCO_3 0,108 g Ca^{2+}

0,5b $x = 0,108 / 0,40 \cdot 1 = 0,270 \text{ g}$

Rovnako vypočítame aj hmotnosť vzniknutého MgCO_3 :

1,00 g MgCO_3 obsahuje 0,29 g Mg^{2+}

x g MgCO_3 0,015 g Mg^{2+}

0,5b $x = 0,015 / 0,29 \cdot 1 = 0,052 \text{ g}$

Celková hmotnosť vzniknutého vodného kameňa je teda:

0,5 b $0,270 \text{ g} + 0,052 \text{ g} = 0,322 \text{ g}$.

RIEŠENIE A HODNOTENIE PRAKTICKÝCH ÚLOH

Chemická olympiáda – kategória D – 60. ročník – školský rok 2023/2024

Domáce kolo

Jana Chrappová

Úloha 1: Príprava vápenatej soli kyseliny citrónovej (15 b)

Pracovný postup: (7 b)

- 1 b Váženie reaktantov.
- 1 b Príprava roztoku kyseliny citrónovej.
- 1 b Reakcia CaCO_3 s kyselinou citrónovou za studena.
- 1 b Zahrievanie a var reakčného systému.
- 1 b Dekantácia.
- 1 b Úprava filtračného papiera a správny postup pri filtrácii cez hladký filter.
- 1 b Vysušenie produktu.

Výsledky a pozorovanie: (2 b)

0,5 b Pozorovanie počas zahrievania: najprv sa uvoľňujú bublinky CO_2 , ktorý bol rozpustený v roztoku, potom sa vylúči biela zrazenina.

1 b Za zistenie hmotnosti produktu.

0,5 b Opis vzhľadu produktu: biela prášková látka.

Otázky: (6 b)

1. $m(\text{kys. citrónová}) = 3,10 \text{ g}$ $V(\text{H}_2\text{O}) = 60,0 \text{ cm}^3$ $\rho(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ g/cm}^3$

$$w(\text{kys. citrónová}) = \frac{m(\text{kys. citrónová})}{m(\text{roztok kys. citrónovej})}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = \rho(\text{H}_2\text{O}) \cdot V(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ g/cm}^3 \cdot 60 \text{ cm}^3 = 60 \text{ g} \quad \mathbf{1 \text{ b}}$$

$$m(\text{roztok kys. citrónovej}) = m(\text{kys. citrónová}) + m(\text{H}_2\text{O})$$

$$m(\text{roztok kys. citrónovej}) = 3,10 \text{ g} + 60 \text{ g} = 63,1 \text{ g} \quad \mathbf{1 \text{ b}}$$

$$w(\text{kys. citrónová}) = \frac{3,10 \text{ g}}{63,1 \text{ g}} = 0,0491 = 4,91 \% \quad \mathbf{1 \text{ b}}$$

2. Reakciou kyseliny citrónovej s CaCO_3 sa uvoľňuje CO_2 . 1 b

3. a) dekantácia 1 b

b) premytie zrazeniny na filtračnom papieri 1 b

Úloha 2: Rozpúšťanie kyseliny citrónovej a jej vápenatej soli (12 b)

Pracovný postup: (5 b)

1 b Váženie reaktantov.

1 b Príprava roztoku a zisťovanie či je rozpúšťanie kyseliny citrónovej vo vode exo- alebo endotermický dej.

1 b Rozpúšťanie citrónanu vápenatého v roztoku kyseliny citrónovej.

1 b Rozpúšťanie citrónanu vápenatého vo vode.

1 b Úprava filtračného papiera a správny postup pri filtrácii cez skladaný filter.

Rozpúšťanie kyseliny citrónovej (3 b)

1 b Teplota po rozpustení kyseliny citrónovej by mala klesnúť o 1 – 2 °C.

2 b Text: Pri príprave roztoku kyseliny citrónovej sa teplo spotrebuje, rozpúšťanie je endotermický dej.

Rozpúšťanie vápenatej soli kyseliny citrónovej (4 b)

Príklad vyplnenia tabuľky:

Kadička	pH	Zmeny pozorované počas rozpúšťania
A	3 - 4	Sol' sa rozpustí, vznikne číry roztok.
B	6	Sol' sa nerozpustí ani po minúte miešania.

3 b Za vyplnenie tabuľky.

1 b Vápenatá soľ kyseliny citrónovej sa v kyslom prostredí rozpúšťa lepšie ako vo vode.

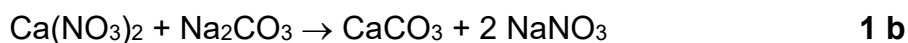
Úloha 3: Reakcie vápenatých a horečnatých zlúčenín (15 b)

2 b Za realizáciu skúmovkových reakcií.

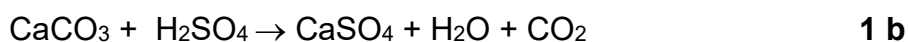
Reakcie s roztokom $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (5,5 b)

Za každé pozorovanie udeliť 0,5 b, za každú správnu reakciu udeliť 1 b. Reakciu považovať za správnu len ak má správne produkty a stechiometrické koeficienty. Ak koeficienty chýbajú, udeliť len 0,5 b.

Skúmovka I. vznik bielej zrazeniny **0,5 b**



Skúmovka A bublinky, zrazenina zmizne **0,5 b**



po prídavku etanolu: vznik bielej zrazeniny **0,5 b**

Skúmovke B bublinky, zrazenina zmizne **0,5 b**

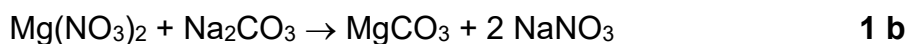


po prídavku etanolu: žiadna zmena **0,5 b**

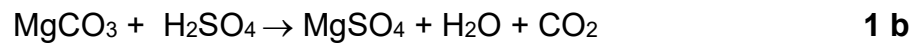
Reakcie s roztokom $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ (5,5 b)

Za každé pozorovanie udeliť 0,5 b, za každú správnu reakciu udeliť 1 b. Reakciu považovať za správnu len ak má správne produkty a stechiometrické koeficienty. Ak koeficienty chýbajú, udeliť len 0,5 b.

Skúmovka II. vznik bielej zrazeniny **0,5 b**



Skúmovka C bublinky, zrazenina zmizne **0,5 b**



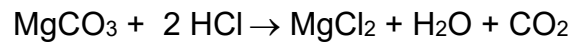
1 b

po prídavku etanolu: žiadna zmena

0,5 b

Skúmanke **D** bublinky, zrazenina zmizne

0,5 b



1 b

po prídavku etanolu: žiadna zmena

0,5 b

Otázka (2 b) :

a) síran vápenatý

1 b

b) uhličitan vápenatý, uhličitan horečnatý

1 b

Autori: RNDr. Jana Chrappová, PhD. (vedúca autorského kolektívu),

Mgr. Jela Nociarová, PhD., Bc. Adriana Cisková.

Recenzenti: RNDr. Marika Blaškovičová, Mgr. Ladislav Blaško

Redakčná úprava: RNDr. Jana Chrappová, PhD.

Slovenská komisia chemickej olympiády

Vydal: NIVaM – Národný inštitút vzdelávania a mládeže, Bratislava 2023