

CHEMICKÁ OLYMPIÁDA

60. ročník, školský rok 2023/2024

Kategória C

Domáce kolo

TEORETICKÉ ÚLOHY

ÚLOHY Z ANORGANICKEJ, VŠEOBECNEJ A ORGANICKEJ CHÉMIE

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

Domáce kolo

Anna Drozdíková, Jarmila Kmet'ová, Lenka Šikulíncová

Maximálne 60 bodov

Úvod

V príprave na chemickú olympiádu v kategórii C sa treba v tomto školskom roku zamerať na oblasti: Základné charakteristiky chemických látok (hmotnosť, relatívna atómová resp. molekulová hmotnosť, molárna hmotnosť). Základy názvoslovía anorganických a organických zlúčenín. Výpočty z chemických vzorcov a rovníc. Štruktúra atómov a iónov. Chemické reakcie a chemické rovnice. Síra a jej zlúčeniny. Oxidačno-redukčné reakcie. Názvoslovie, vlastnosti, použitie, základné reakcie a prípravy halogénderivátov (adíciou z alkénov, radikálovou substitúciou z alkánov).

Úloha 1 (20b)

Prvky a zlúčeniny majú nekonečné množstvo rôznych vlastností a majú tendenciu zachovať si energeticky najvýhodnejšiu štruktúru. Zmenou vonkajších podmienok, ako napríklad zvýšením tlaku, dodaním energie v sústave, môže dôjsť k zmenám v sústave, látky začnú reagovať a premieňať sa na nové látky (s energeticky výhodnejšou štruktúrou), prebieha chemická reakcia. **Chemické reakcie** sú teda deje, pri ktorých nastáva látková premena, prejavujúca sa v chemickom zložení látok, ako aj v ich chemickej štruktúre. Dnes už vieme, že podstatou chemickej reakcie je vzájomná reakcia – interakcia základných stavebných častíc reaktantov (atómy, molekuly, ióny) vedúca k spájaniu, oddeľovaniu či preskupovaniu atómových jadier spolu so zmenami rozloženia elektrónov, ktoré vedú k vzniku stabilnejších štruktúr. Zanikajú pôvodné chemické väzby reagujúcich látok a vznikajú nové chemické väzby chemickou reakciou vznikajúcich látok. Ak však nedochádza pri premenách látok k **chemickým zmenám** (väzby, štruktúra a pod.), neuskutočňuje sa **chemický dej**, hovoríme o **fyzikálnych zmenách** látok, o **fyzikálnom deji**. Medzi chemickými a fyzikálnymi zmenami látok je určitá súvislosť. Každá chemická zmena je spojená aj s fyzikálnymi zmenami.

Chemické reakcie sa zapisujú **chemickými rovnicami**, pre ktoré platí zákon zachovania hmotnosti, náboja a energie. Chemická rovnica zahŕňa kvalitatívnu aj kvantitatívnu stránku chemického deja. Pre úplnosť zápisu chemickej rovnice vypočítame **stechiometrické koeficienty**, ktoré v chemickej reakcii udávajú pomery látkových množstiev reaktantov a produktov. Stechiometrickými výpočtami riešime kvantitatívne vzťahy medzi reaktantmi a produktmi v chemickej reakcii. Rozlišujeme niekoľko zápisov chemických reakcií, predovšetkým stechiometrický, stavový, úplný iónový a skrátенý iónový.

1.1 Medzi chemické deje nepatrí:

- a) hnitie sena,
- b) topenie ľadu,
- c) fotosyntéza,
- d) hrdzavenie železa.

1.2 Existuje niekoľko klasifikácií chemických reakcií podľa rôznych kritérií. Uvedte, ako triedime chemické reakcie podľa:

- a) počtu fáz v reakčnej sústave,
- b) vonkajších zmien pri chemickej reakcii,
- c) mechanizmu chemickej reakcie (prenášajúcej častice).

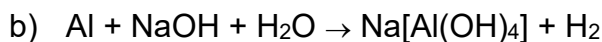
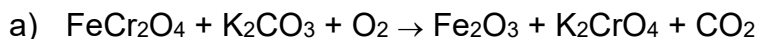
1.3 Klasifikujte uvedené chemické reakcie podľa kritérií v úlohe 1.2.

- a) $2\text{KNO}_3(\text{s}) \rightarrow 2\text{KNO}_2(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g})$
- b) $\text{Zn}(\text{s}) + 2\text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{ZnCl}_2(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$
- c) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2(\text{aq}) + 2\text{KI}(\text{aq}) \rightarrow \text{PbI}_2(\text{s}) + 2\text{KNO}_3(\text{aq})$
- d) $\text{FeSO}_4(\text{aq}) + 6\text{KCN}(\text{aq}) \rightarrow \text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6](\text{aq}) + \text{K}_2\text{SO}_4(\text{aq})$
- e) $8\text{Fe}(\text{s}) + \text{S}_8(\text{s}) \rightarrow 8\text{FeS}(\text{s})$
- f) $\text{HNO}_3(\text{aq}) + \text{NaOH}(\text{aq}) \rightarrow \text{NaNO}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- g) $2\text{H}_2\text{S}(\text{g}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + 2\text{SO}_2(\text{g})$

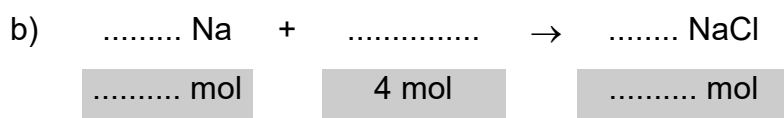
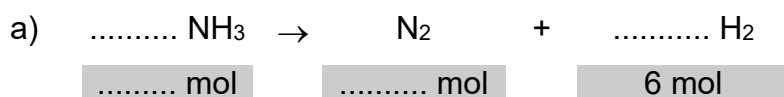
1.4 Napíšte chemickú rovnicu reakcie:

- a) kyseliny jodičnej s peroxidom vodíka, pri ktorej vzniká jód, kyslík a voda,
- b) azidu sodného s dusičnanom sodným, pri ktorej vzniká oxid sodný a dusík.

1.5 Vypočítajte stechiometrické koeficienty a reakčné schémy upravte na chemické rovnice.



1.6 Doplňte reakčné schémy na chemické rovnice. Pod reaktanty a produkty chemických rovníc doplňte hodnoty látkových množstiev, ktoré zodpovedajú stechiometrii chemickej rovnice.



1.7 Vypočítajte:

a) hmotnosť zinku potrebného na prípravu 10,0 litra vodíka za normálnych podmienok. $M(\text{Zn}) = 65,38 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

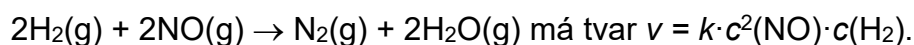
b) hmotnosť oxidu ortuťnatého, ktorý musíme rozložiť, aby vzniklo 3,20 g kyslíka.

$$M(\text{Hg}) = 200,59 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}; M(\text{O}) = 15,999 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}.$$

c) hmotnosť vzniknutého vodíka, ak zreaguje 40 g 25 % roztoku H_2SO_4 s horčíkom. $M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98,078 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(\text{H}_2) = 2,016 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

1.8 Napíšte stavový zápis reakcie uhličitanu vápenatého s kyselinou chlorovodíkovou.

1.9 Experimentálne zistená rýchlostná rovnica pre chemickú reakciu:



Uvedte hodnotu celkového poriadku reakcie a vypočítajte, koľkokrát sa zväčší rýchlosť reakcie, ak sa koncentrácia oxidu dusnatého v sústave zväčší trikrát a ostatné podmienky sa nezmenia.

Úloha 2 (20 b.)

Síra patrí medzi najznámejšie nekovové prvky. V periodickej sústave prvkov sa nachádza v 16. skupine, 3. perióde a vyznačuje sa vysokou reaktivitou. V prírode sa vyskytuje buď v čistom stave alebo je súčasťou minerálov vo forme síranov alebo sulfidov.

V čistom stave síra predstavuje tuhú kryštalickú látku, bez chuti a zápachu. Má svetložltú farbu, je nerozpustná vo vode a slabo vedie elektrický prúd.

Síra vytvára niekoľko alotropických modifikácií. Príčinou ich vzniku sú rôzne spôsoby viazania atómov síry do molekuly a zhlukovanie polyatomických molekúl síry do rôznych kryštalických a amorfných foriem. Najznámejšie kryštalické modifikácie sú kosoštvorcová (rombická) a monoklinická (jednoklonná). Obe sú tvorené ôsmymi atómami síry S_8 . Rozdiel spočíva v usporiadaní týchto atómov. Kosoštvorcová modifikácia predstavuje najstabilnejšiu a najbežnejšiu modifikáciu síry a vyskytuje sa pri teplote nižšej než $95,6\text{ }^\circ\text{C}$. Monoklinická modifikácia sa naopak vyskytuje pri teplote vyššej než $95,6\text{ }^\circ\text{C}$ a stabilná je po teplotu $118,9\text{ }^\circ\text{C}$, ktorá predstavuje bod topenia. Zahriatím kosoštvorcovej modifikácie nad teplotu $95,6\text{ }^\circ\text{C}$ dochádza k jej premene na monoklinickú modifikáciu. Prudkým ochladením roztavenej síry vzniká amorfná forma síry, konkrétne plastická síra. Ochladením pár síry vzniká žltý prášok zvaný sírny kvet. V zlúčeninách sa síra najčastejšie vyskytuje v oxidačných stupňoch $-II$, $+IV$, $+VI$. Chemickou reakciou síry s väčšinou kovov vznikajú zlúčeniny zvané sulfidy. Okrem kovov reaguje aj s niektorými nekovmi, napríklad vodíkom, s ktorým tvorí plynnú látku sulfán. Ďalšími významnými zlúčeninami síry sú oxidy, kyslíkaté kyseliny a ich soli a tiež zlúčeniny síry s halogénmi.

2.1 Vytvorte správne dvojice – k názvu horniny v prvom stĺpci priradte chemický vzorec z druhého stĺpca.

1.	galenit	A	$CuFeS_2$
2.	sfalerit	B	$BaSO_4$
3.	pyrit	C	PbS
4.	chalkopyrit	D	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$
5.	baryt	E	FeS_2
6.	sadrovec	F	$(Zn, Fe^{2+})S$

2.2 Napíšte vzorce zlúčenín.

- sulfid arzenitý
- tiosíran sodný
- siričitan draselný
- chlorid tionylu
- sírouhlík

2.3 Napíšte názvy zlúčenín a iónov.

- a) S^{2-}
- b) $H_2S_2O_7$
- c) S_2Cl_2
- d) SF_6
- e) $S_2O_3^{2-}$

2.4 Od sulfidu k medi

Jeden zo spôsobov získania medi je jej oddelenie z trojprvkového sulfidu - **minerálu A**, ktorý sa považuje za jej najbežnejší zdroj. Tento proces pozostáva z niekoľkých krokov. V prvom kroku sa minerál A musí kvôli prítomnosti ďalšieho kovu pražiť pri vysokej teplote za prítomnosti kyslíka (**reakčná schéma 1**). Chemickou reakciou vznikajú **produkty B – D**. V ďalšom kroku sa musí produkt B oddeliť od produktu C a to chemickou reakciou s oxidom kremičitým, pričom vzniká **produkt E (reakčná schéma 2)**. Zároveň dochádza k premene produktu C na sulfid **F**, v ktorom má meď oxidačný stupeň +I. Sulfid **F** sa v poslednom kroku praží pri vysokej teplote za prítomnosti kyslíka za vzniku produktu **G** a plynu **D (reakčná schéma 3)**.

Reakčná schéma 1: $\text{minerál A(s)} + O_2(g) \rightarrow \text{B(s)} + \text{C(s)} + \text{D(g)}$

Reakčná schéma 2: $\text{B(s)} + SiO_2(s) \rightarrow \text{E(s)}$

Reakčná schéma 3: $\text{F(s)} + O_2(g) \rightarrow \text{G(l)} + \text{D(g)}$

- a) Doplňte reakčné schémy 1 – 3 a upravte ich na chemické rovnice.
- b) Uveďte názvy látok A, C, E, F.

2.5 Znázornite elektrónové štruktúrne vzorce daných zlúčenín.

- a) H_2SO_4
- b) SO_3
- c) H_2S
- d) SO_2Cl_2

2.6 Určte polaritu molekúl a – d uvedených v úlohe 2.5

2.7 Vyberte správne tvrdenia.

- a) Zo skupiny oxidov, sulfidov a chloridov kovov sú najviac polárne molekuly chloridov kovov a najmenej sulfidy kovov.
- b) Oxid siričitý má len redukčné vlastnosti.
- c) Zlúčením síry a platiny vzniká príslušný sulfid.
- d) Koncentrovaná kyselina sírová má silné redukčné vlastnosti.

2.8 Doplňte text a riešte úlohy.

Kyselina sírová sa v minulosti pripravovala pražením minerálu pyritu za vzniku oxidu (A) a oxidu (B), ktorý je nebezpečný pre životné prostredie, pretože prispieva ku vzniku kyslých dažďov. Reakciou so vzdušným kyslíkom sa mení na oxid (C), a jeho reakciou s vodou vzniká kyselina (D).

Produkty vzniknuté pražením pyritu sa preto nemohli vypúšťať do ovzdušia, ale "odsírniť" a to napríklad použitím vápenca, ktorého vzorec je (E).

Ďalší oxid, ktorý sa podieľa na vzniku kyslých dažďov je oxid uhličitý, ktorý reaguje s vodou za vzniku kyseliny uhličitej.

Kyslé dažde sú v niektorých regiónoch sveta veľmi vážnym problémom. Negatívne ovplyvňujú život živých organizmov v riekach a jazerách, vegetáciu, ale tiež spôsobujú materiálne škody, napríklad poškodenie sôch zhotovených z mramoru obsahom vápenca a koróziu kovov.

- Rozhodnite, ktorá z kyselín uvedených v texte je silnejšia.
- Napište chemickú rovnicu praženia pyritu.
- Ako je uvedené vyššie v texte, kyslé dažde poškodzujú mramorové sochy s obsahom vápenca. Napište chemickú rovnicu reakcie kyseliny D s vápencom.
- Vypočítajte koľko gramov oxidu uhličitého sa uvoľní, ak 12 g vápenca reaguje s kyselinou D. $M(\text{CaCO}_3) = 100,09 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M(\text{CO}_2) = 44,01 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- Oxid siričitý sa pripravuje spaľovaním síry. Uveďte chemickú rovnicu prípravy oxidu siričitého. Vypočítajte koľko kilogramov síry je potrebných na výrobu 450 m³ oxidu siričitého. Molárny objem oxidu siričitého je 22,4 mol · dm⁻³. $M(\text{S}) = 32,1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Úloha 3 (20 b.)

Deriváty uhľovodíkov sú organické zlúčeniny, ktoré obsahujú okrem atómov uhlíka a vodíka ešte aspoň jeden iný atóm označovaný ako heteroatóm, napríklad halogén, síru, kyslík, dusík. Môžu obsahovať jednoduché alebo násobné väzby, ich reťazec môže byť lineárny alebo rozvetvený a môžu tiež vytvárať cyklické zlúčeniny. Heteroatóm vo veľkej miere ovplyvňuje fyzikálne a chemické vlastnosti danej zlúčeniny. V tomto ročníku sa zameriame na názvoslovie, vlastnosti a prípravu skupiny derivátov uhľovodíkov s názvom halogénderiváty. Majú široké využitie v praxi, napriek

tomu, že mnohé z nich patria k látkam, ktoré môžu poškodzovať zdravie človeka alebo prostredie, v ktorom žijeme.

Vyriešte nasledujúce úlohy týkajúce sa halogénderivátov:

3.1 Zakrúžkujte správne tvrdenia o halogénderivátoch:










- a) V ich molekule sa nachádza aspoň jeden atóm halogénu.
- b) Vinylchlorid je karcinogénny plyn.
- c) Väzba uhlík halogén je nepolárna.
- d) Chlórmetán je za bežných podmienok plyn.
- e) Freóny nepatria medzi halogénderiváty uhľovodíkov.
- f) Elektrónový pár väzby uhlík – halogén je posunutý bližšie k halogénu.
- g) Chloroform je prchavá kvapalina.
- h) Teflón sa vyrába polymerizáciou tetrafluóreténu.

3.2 K systémovým názvom halogénderivátov priradte triviálne názvy.

Triviálny názov	Systémový názov
teflón	tetrachlórmetán
vinylchlorid	trijómetán
chloroform	polytetrafluóretén
chlorid uhličitý	chlóretén
jodoform	trichlórmetán

3.3 K nasledujúcim halogénderivátom priradte piktogramy, ktoré ich charakterizujú:

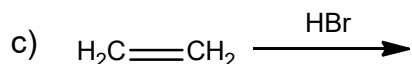
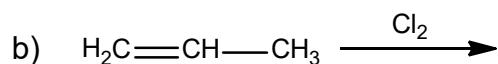
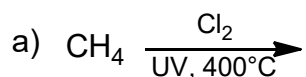
vinyl chlorid, tetrachlórmetán, teflon, chloroform

a) 	b) 	c) 	d) 
e) 	f) 	g) 	h) 
i) 			

3.4 Do tabuľky doplňte chýbajúce údaje – názov alebo racionálny vzorec:

názov	vzorec
	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{Cl}$
brómetén	
	$\text{H}_3\text{C} - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{Cl}$
fluórcyklopentán	
3, 4-dichlórhept-2-én	
	$\begin{array}{c} \text{Cl} \\ \\ \text{H}_3\text{C} - \text{C} - \text{Br} \\ \\ \text{F} \end{array}$
2-bróm-2,4-dichlórhexán	
	$\begin{array}{ccccccc} \text{H}_3\text{C} & - & \text{CH}_2 & & \text{CH}_3 & & \\ & & & & & & \\ & & \text{C} & - & \text{C} & - & \text{CH} = \text{CH}_2 \\ & & & & & & \\ \text{H}_3\text{C} & - & \text{CH}_2 & & \text{Cl} & & \end{array}$

3.5 Doplňte reakčné schémy:



3.6 Napíšte reakčnú schému reakcie butánu s chlóróm. Napíšte všetky vznikajúce organické produkty, označte ten, ktorého vzniká viac a vysvetlite prečo.

3.7 Akým číslom sú označované obaly vyrobené z PVC? Kde sa obaly z PVC používajú? Prečo je zakázané používanie PVC na obaly potravín?

3.8 Mnoho halogénderivátov pri úplnej oxidácii zhorí na oxid uhličitý, vodu a halogénovodík.

a) Aký objem halogénovodíka vznikne pri zhorení 2 mólov chlórmetánu?

b) Vypočítajte objem kyslíka, ktorý je potrebný na úplné zhorenie 2,5 dm³ chlórmetánu za normálnych podmienok.

Odporúčaná literatúra

1. G. I. Brown: Úvod do anorganické chemie, 1. vyd., SNTL, Praha, 1982
2. J. Gažo a kol.: Všeobecná a anorganická chémia, 3. vyd., Alfa, Bratislava, 1981
3. J. Heger, I. Hnát, M. Putala: Názvoslovie organických zlúčenín. 1. vyd., SPN, Bratislava, 2004
4. J. Kandráč, A. Sirota: Výpočty v stredoškolskej chémii, 2. vyd., SPN, Bratislava, 1995
5. J. Kmeťová a kol.: Chémia pre 1. ročník gymnázia so štvorročným štúdiom a 5. ročník gymnázia s osemročným štúdiom, 1. vyd., EXPOL PEDAGOGIKA, Bratislava, 2010
6. G. Ondrejovič a kol.: Anorganická chémia, Alfa, Bratislava, 1993
7. M. Prokša, J. Tatierysky, A. Drozdíková: Anorganická chémia, 1. vyd., SPN, Bratislava, 2009
8. J. Reguli, M. Linkešová, J. Slanicay: Pôvod názvov chemických prvkov, 1. vyd., FCHPT STU, Bratislava, 2001.

9. P. Silný, M. Prokša: Chemické reakcie a ich zákonitosti, 1. vyd., SPN, Bratislava, 2006
10. A. Sirota, E. Adamkovič: Názvoslovie anorganických látok, 1. vyd., SPN, Bratislava, 2003
11. J. Vacík a kol.: Chémia pre 1. ročník gymnázií, 5. vyd., SPN, Bratislava, 1994
12. H. Vicenová, M. Ganajová: Chémia pre 9. ročník základnej školy a 4. ročník gymnázia s osemročným štúdiom, 1. vyd., EXPOL PEDAGOGIKA, Bratislava, 2012

Autori: PaedDr. Anna Drozdíková, PhD. (vedúca autorského kolektívu), doc. RNDr. Jarmila Kmeťová, PhD., Mgr. Lenka Šikulíncová, PhD.

Recenzenti: PaedDr. Dana Kucharová, PhD., RNDr. Beata Vranovičová, PhD.

Redakčná úprava: PaedDr. Anna Drozdíková, PhD.

Slovenská komisia Chemickej olympiády

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