

**SLOVENSKÁ KOMISIA CHEMICKEJ OLYMPIÁDY**

---

# **CHEMICKÁ OLYMPIÁDA**

**59. ročník, školský rok 2022/2023**

**Kategória EF**

**Domáce kolo**

**TEORETICKÉ ÚLOHY**

# ÚLOHY ZO VŠEOBECNEJ A FYZIKÁLNEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória EF – 59. ročník – školský rok 2022/2023

## Domáce kolo

Ing. Daniel Vašš

Maximálne <b>15 bodov(b)</b>
------------------------------

## Úvod

Úlohy z všeobecnej a fyzikálnej chémie (Juniori) sú v tomto školskom roku zamerané na základné premeny jednotiek SI sústavy, chemické výpočty, zápis chemických rovníc a prepočty hmotnostných a objemových percent látok. Spoločné úlohy sú zamerané na stavovú rovnicu ideálneho plynu a s ňou súvisiace prepočty. Úlohy pre Seniorov sú zamerané entalpické výpočty. Nutnosťou pre úspešné riešenie úloh je poznanie názvoslovía anorganických a organických zlúčenín.

## Odporúčaná literatúra

1. A. Sirota, J. Kandráč: *Výpočty v stredoškolskej chémii*. 2. vyd., SNP, Bratislava, 1995.
2. J. Schlemmer, V. Valter: *Fyzikálna chémia pre priemyselné školy chemické*, Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry, Bratislava, 1957, kap. č. 7.
3. D. Valigura a kol.: *Chemické tabuľky*, Vydavateľstvo STU, Bratislava, 2004.
4. Predošlé ročníky chemickej olympiády.
5. Internetové zdroje

## Úloha 1 JUNIOR(7,5 b)

Termickým rozkladom oranžovej kryštalickej látky dochádza k vzniku plyných produktov a oxidu chromitého, ktorý používa ako zelený pigment. Táto reakcia býva často prezentovaná ako takzvaná „chemická sopka“.

- a) Napíšte rovnicu reakcie v stavovom tvare.
- b) Vypočítajte hmotnosť oranžovej kryštalickej látky, ak vzniklo 48,6g oxidu chromitého.
- c) Vypočítajte hmotnostný zlomok chrómu v oxide chromitom.

- d) Reakcia je exotermická alebo endotermická? Svoje tvrdenie zdôvodnite.  
e) Reakcia je oxidačno-redukčná, ktoré prvky menia svoj oxidačný stupeň?

### Úloha 2 SENIOR, JUNIOR ( 7,5 b)

Máme neznámy plyn nachádzajúci sa vo valci priemeru 30 cm a výške 54cm s teplotou 400°C, tlakom 57 kPa, ktorý má hustotu 2,043 g.dm<sup>-3</sup>.

- a) Vypočítajte objem plynu.  
b) Vypočítajte mólovú hmotnosť uvedeného plynu.  
c) Na základe mólovej hmotnosti určite o aký prvok sa jedná.  
d) Ktoré dve vlastnosti plynovzohľadňuje stavová van der Waalsova rovnica?

### Úloha 3 SENIOR ( 7,5 b)

Zmes plynov o mólovom zložení 14% kyslíka, 61% dusíka a xenónu je potrebné ohriať z teploty -11°C na 249°C. Látkové množstvo zmesi je 25,2 mol a jednotlivé tepelné kapacity plynov sú: dusík 1040 J.kg<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>, kyslík 918J.kg<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>a xenón 158,3 J.kg<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>.

- a) Vypočítajte teplo potrebné na ohriatie uvedenej zmesi plynov.  
b) Akým spôsobom sa v priemysle oddeľujú zmesi plynov, ako napríklad vzduch? Opíšte tento proces, pričom uveďte tri základné fyzikálno-chemické deje pri tomto procese.

### Údaje potrebné k riešeniu úloh

Značka prvku	mólová hmotnosť prvku [g mol <sup>-1</sup> ]
Cr	51,996
O	15,999
Xe	131,293
N	14,007
H	1,008

# ÚLOHY Z ORGANICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória EF – 59. ročník – školský rok 2022/2023

## Domáce kolo

Ing. Alena Olexová

Maximálne 10 bodov (b)
------------------------

### Úvod

V 59. ročníku chemickej olympiády sa budeme zaoberať hydroxykarboxylovými kyselinami, ich názvoslovím, fyzikálnymi a chemickými vlastnosťami. Hydroxykarboxylové kyseliny sú veľmi rozšírené a bežne sa vyskytujú v prírode. Prírodné, našli si uplatnenie aj v priemysle a to v potravinárskom a chemickom či dokonca v medicíne. Pri riešení tohtoročnej chemickej olympiády sa spolu pozrieme na známe hydroxykyseliny, ich využitie a prípravu.

Tip: Úlohy jednotlivých kôl na seba nadväzujú. Pred riešením vyšších kôl je preto vhodné si zopakovať úlohy z kôl predošlých.

### Odporúčaná literatúra

1. Š. Poláček, J. Puškáš: Chemické názvoslovie a základné chemické výpočty, Príroda, Bratislava, 2009.
2. J. Široká: Chémia pre 2. ročník SPŠCH, Proxima Press, Bratislava, 2010.
3. R. Kucler, J. Svoboda: Organická chémia, Alfa, Bratislava, 1969.
4. J. Hohoš, M. Hrabovec: Organická chémia pre 2. ročník SPŠ chemických, Alfa, Bratislava, 1979.
5. Súčasné učebnice organickej chémie používané na školách.
6. Voľne dostupné informácie na internete.

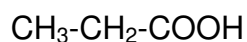
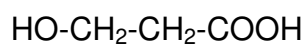
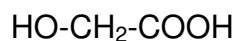
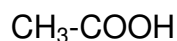
### Úloha 1 (1,2 b) Názvoslovie

Doplňte tabuľku.

Vzorec	Systémový názov	Triviálny názov
?	?	Kyselina jablčná
$\begin{array}{c} \text{HOOC}-\text{C}-\text{C}-\text{COOH} \\   \quad   \\ \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$	?	?
?	Kyselina 2-hydroxypropán-1,2,3-trikarboxylová	?

### Úloha 2 (0,8 b) Chemické vlastnosti

Zoradte nasledujúce kyseliny podľa ich ochoty odštiepiť vodík z karboxylovej skupiny. Začnite najmenej kyslou.



### Úloha 3 (0,8 b) Fyzikálne vlastnosti

Určte, ktoré z nasledujúcich tvrdení o hydroxykarboxylových kyselinách sú pravdivé a ktoré sú nesprávne.

- Najčastejšie sú to tuhé kryštalické látky.
- Sú menej kyslé ako im zodpovedajúce nesubstituované karboxylové kyseliny.
- Neviažu vlhkosť z prostredia.
- Sú vo vode lepšie rozpustné než im zodpovedajúce nesubstituované karboxylové kyseliny.

#### Úloha 4 (1,6 b) Vlastnosti a využitie

Priradte správne tvrdenia k jednotlivým kyselinám.

- A) kyselina citrónová
- B) kyselina salicylová
- C) kyselina galová
- D) kyselina jablčná
- E) kyselina acetylsalicylová
- F) kyselina vínna

1. Je známa pod názvom acylpyrín.
2. Nachádza sa v orechoch a listoch čajovníka.
3. Vďaka tejto kyseline a jej reakcii s  $\text{PCl}_5$  bol objavený Waldenov obrat.
4. Nemá centrum chiralít, preto nie je opticky aktívna.
5. Možno ju získať z citrónovej šťavy.
6. Pri zahrievaní odštiepuje  $\text{CO}_2$  za vzniku pyrogalolu.
7. Táto kyselina a jej soli majú bakteriostatický a protireumatický účinok.
8. Vo svojej molekule má dva asymetrické uhlíky.

#### Úloha 5 (1,4 b) Kyselina salicylová

Kyselina salicylová je veľmi dôležitou súčasťou organických syntéz, využíva sa ale aj v analytickej chémii pri kolorimetrických a komplexometrických stanoveniach. Najvýznamnejšie uplatnenie kyseliny salicylovej je v medicíne, kde majú jej soli široké spektrum použitia.

Priemyselne sa kyselina salicylová vyrába Kolbeho syntézou z fenolu. Pripravte kyselinu salicylovú z fenolu Kolbeho syntézou.

#### Úloha 6 (1 b) Kyselina galová

Kyselina galová sa nachádza v orechoch, dubovej kôre, čajových lístkoch i iných rastlinách. Reakciou so železnatými soľami sa používala na výrobu atramentu.

V prvej polovici 19. storočia sa využívala ako fotografická vývojka. V súčasnosti sa využíva na konzervovanie železných predmetov – redukuje koróziu, lebo na povrchu kovu vytvorí čiernu nerozpustnú vrstvu, ktorá zabraňuje ďalšej oxidácii.

1. Nakreslite kyselinu galovú.

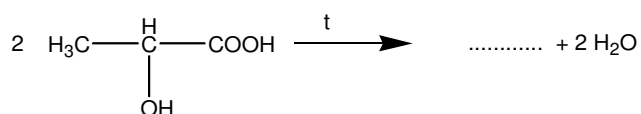
2. Napíšte jej systémový názov.

3. Odštiepením oxidu uhličitého z kyseliny galovej vzniká pyrogalol, ktorý sa používa na meranie kyslíka pri plynových analýzach a farbenie tkanín. Napíšte rovnicu tejto reakcie.

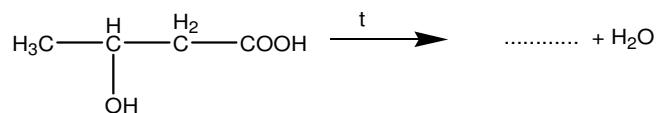
### Úloha 7 (1,6 b) Zahrievanie hydroxykarboxylových kyselín

Doplňte rovnice:

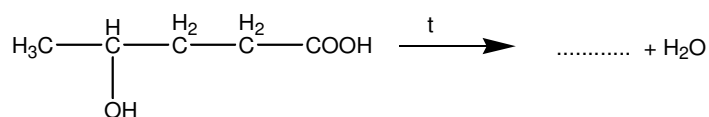
a)



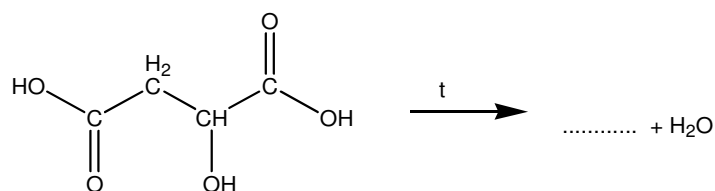
b)



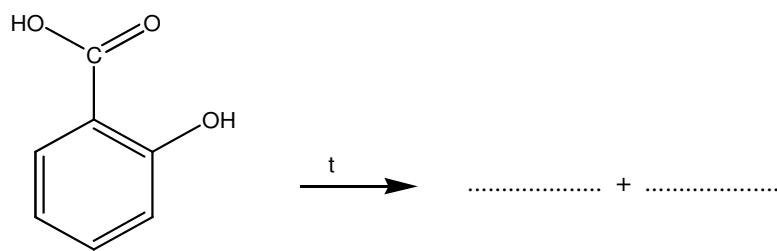
c)



d)



e)



f) Uveďte, ktoré z predchádzajúcich reakcií predstavujú medzimolekulárnu a intramolekulárnuesterifikáciu.

### Úloha 8 (1,6 b) Syntéza

Pripravte z kyseliny salicylovej trinitrofenol. Uveďte všetky produkty, medziprodukty a reakčné podmienky a reakciu vyčíslite.



# ÚLOHY Z CHÉMIE PRÍRODNÝCH LÁTKOK A BIOCHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória EF – 59. ročník – školský rok 2022/2023

## Domáce kolo

Ladislav Blaško

Maximálne 15 bodov.
---------------------

### Úvod

V tomto ročníku chemickej olympiády sú úlohy z biochémie venované vlastnostiam aminokyselín a ich premene na fyziologicky účinné látky, dôkazovým reakciám aminokyselín a bielkovín, primárnu a sekundárnu štruktúru proteínov a metódy separácie aminokyselín.

Živé organizmy využívajú aminokyseliny na tvorbu peptidov a proteínov, ktoré majú rôzne fyziologické účinky. Niektoré aminokyseliny organizmy využívajú ako východiskové zlúčeniny na syntézu látok potrebných pre správnu funkciu orgánov. Poznáme veľké množstvo aminokyselín, avšak iba 20 z nich je proteinogénnych. Niektoré organizmy majú vo svojich proteínoch ďalšie 2 aminokyseliny.

Pre pochopenie funkcie peptidov a proteínov v organizme je potrebné poznať ich štruktúru. Prvým krokom riešenia štruktúry proteínu je určenie poradia aminokyselín v polypeptidovom reťazci. Tento proces sa tiež nazýva riešenie primárnej štruktúry.

Pre úspešné zvládnutie úloh je potrebné naštudovať hlavne tieto oblasti:

1. Proteinogénne aminokyseliny, ich názvy, trojpísmenové, jednopísmenové skratky a vlastnosti, dôkazové reakcie aminokyselín, proteínov a bielkovín. (JUNIOR)
2. Peptidová väzba, jej vznik a štruktúra, určenie izoelektrického bodu aminokyselín a peptidov, určenie náboja peptidov v závislosti od pH, metódy separácie aminokyselín a peptidov. (JUNIOR + SENIOR)
3. Určenie primárnej štruktúry peptidov. Biosyntéza fyziologicky účinných látok z aminokyselín. (SENIOR)

Poznámka 1: Pri riešení úloh použite potrebné konštanty aminokyselín, ktoré sú uvedené v tabuľke 1 v prílohe.

## Odporúčaná literatúra

1. J. Kmeťová, M. Skoršepa, M. Vydrová: Chémia pre 3. ročník gymnázia so štvorročným štúdiom a 7. ročník gymnázia s osemročným štúdiom, Vydavateľstvo Matice slovenskej, Martin, 2011.

(učebnica je dostupná vo formáte pdf na [www.eaktovka.sk](http://www.eaktovka.sk) po bezplatnej registrácii)

2. Z. Vodrážka: Biochemie, NakladatelstvíAcademia, Praha, 2007.
3. R. K. Murray a kol.: Harperovabiochemie, 3. české vydání, H&H, 1998.
4. K. Barna: Úvod do lekárskej chémie, Vydavateľstvo Osveta, Martin, 1975.
5. Sedlák, Danko, Varhač, Paulíková, Podhradský: Praktické cvičenia z biochémie, UPJŠ Košice, 2020

(skriptá sú dostupné na internete vo formáte pdf na

<https://unibook.upjs.sk/img/cms/2020/tip/prakticke-cvicenia-z-biochemie.pdf> )

6. Učebnice podľa vlastného výberu a dostupnosti, hodnoverné internetové zdroje.

## Úloha 1 (JUNIOR, 7b)

Aminokyseliny môžeme deliť podľa viacerých kritérií. Podľa štruktúry ich rozdeľujeme na alifatické, aromatické a heterocyklické. Iné delenie sa zakladá na fyzikálno-chemických vlastnostiach. Podľa toho delíme aminokyseliny na kyslé, zásadité, na aminokyseliny s nepolárnym zvyškom a s polárnym zvyškom.

**1.1** Napíšte triviálny názov, štruktúrny vzorec, trojpísmenový a jednopísmenový kód proteinogénnej aminokyseliny, ktorá má dva chirálne uhľíky a nepolárny uhľovodíkový zvyšok.

**1.2** Valín a leucín majú približne rovnakú hodnotu izoelektrického bodu. Vysvetlite prečo.

**1.3** Napíšte triviálny názov a nakreslite štruktúrny vzorec jednej kyslej proteinogénnej aminokyseliny.

Ľudský vlas rastie priemernou rýchlosťou 15 cm za rok. Vlas je tvorený keratínom. Keratín patrí medzi fibrilárne bielkoviny nerozpustné vo vode a v roztokoch solí. Sekundárna štruktúra keratínu je  $\alpha$ -helix. Priemerne sú tri závitov  $\alpha$ -helixu tvorené jedenástimi aminokyselinovými zvyškami. Dĺžka troch závitov  $\alpha$ -helixu je 1,62 nm.

**1.4** Vypočítajte rýchlosť syntézy peptidových väzieb za jednu sekundu.

Väčšina dôkazových reakcií aminokyselín a bielkovín je založená na reakcii postranného reťazca aminokyseliny s príslušným činidlom.

K roztoku octanu olovnatého pridávame roztok hydroxidu sodného, kým sa vzniknutá zrazenina práve nerozpustí. Do roztoku pridáme pár kvapiek roztoku vajcového bielka a zahrejeme. V prípade pozitívnej reakcie zmes sčernie - vylúči sa látka A.

**1.5** Ktorý prvok nachádzajúci sa v aminokyselíne uvedeným pokusom dokážeme?

**1.6** Ktoré aminokyseliny poskytujú uvedenú reakciu?

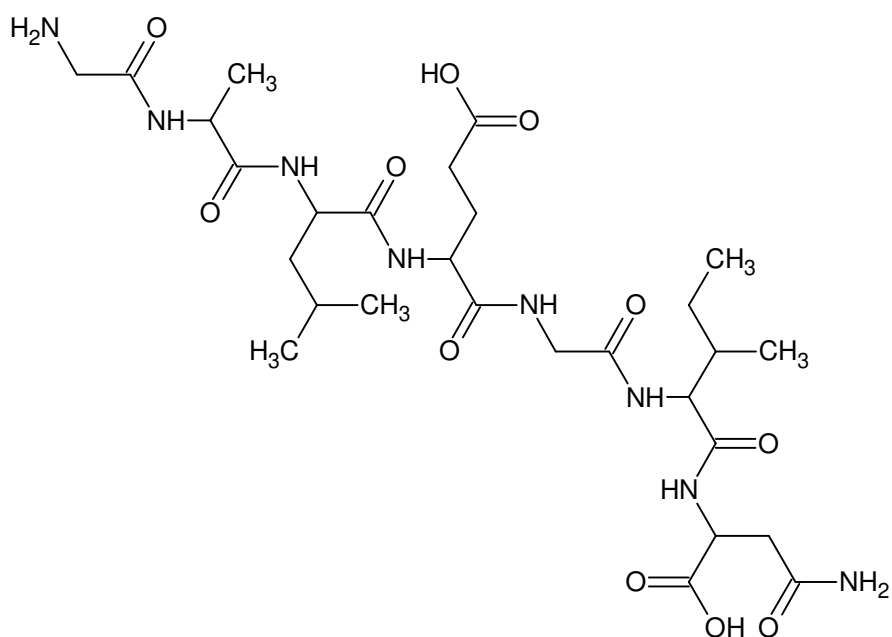
**1.7** Vysvetlite princíp uvedenej dôkazovej reakcie.

**1.8** Napíšte vzorec látky A. Skráteným iónovým zápisom napíšte vznik látky A.

## Úloha 2 (JUNIOR + SENIOR, 8b)

Najdôležitejšou reakciou aminokyselín je vznik peptidov. Vznikajú kondenzáciou karboxylovej funkčnej skupiny jednej aminokyseliny a aminoskupinou druhej aminokyseliny za odštiepenia vody. Vo vzniknutom peptide má prvá aminokyselina voľnú  $-NH_2$  skupinu a posledná má voľnú  $-COOH$  skupinu.

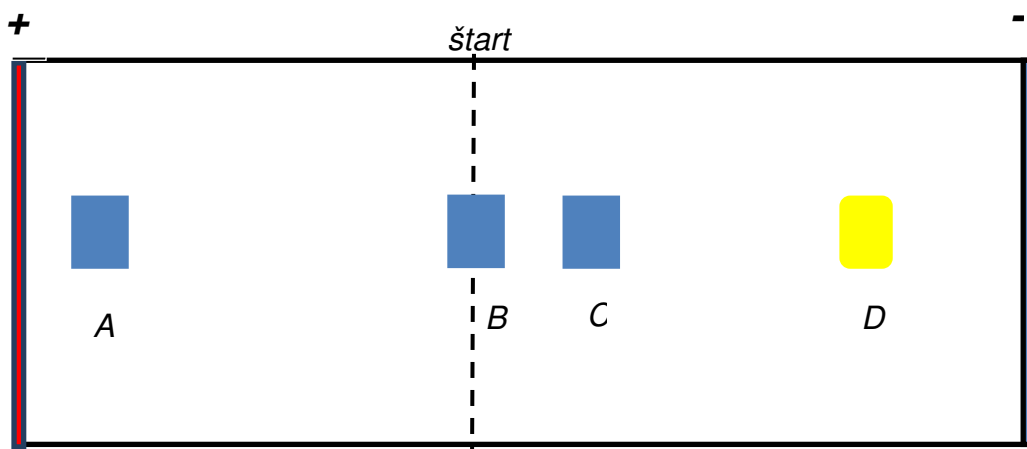
**2.1** Napíšte triviálne názvy aminokyselín, z ktorých je zložený oligopeptid na obrázku:



**2.2** Prepíšte uvedený oligopeptid jednopísmenovým symbolom aminokyselín. Objavíte názov účinnej látky, ktorá sa nachádza v rastline Jastrabina lekárska. Vňať tejto rastliny je súčasťou antidiabetických čajov.

**2.3** Prepíšte uvedený oligopeptid trojpísmenovým symbolom aminokyselín a napíšte triviálny názov poslednej aminokyseliny oligopeptidu.

Peptid Glu-Pro-Cys-Phe sme pôsobením kyseliny chlór vodíkovej,  $c(\text{HCl}) = 6 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  úplne hydrolyzovali. Následne sme pH zmesi upravili na  $\text{pH} = 5$ . Zmes sme podrobili elektroforéze a aminokyseliny sme zviditeľnili roztokom ninhydrínu. Získali sme nasledovný záznam.



**2.4** K písmenám A, B, C, D priradíte triviálne názvy kyselín.

**2.5** Vysvetlite, prečo aminokyselina B zostala aj po elektroforéze na štarte.

**2.6** Vysvetlite, prečo je aminokyselina C blízko pri štarte.

**2.7** Nakreslite štruktúrny vzorec aminokyseliny B pri  $\text{pH} = 5$ .

Čiastočnou hydrolyzou prírodného hodvábu sme získali zmes dvoch peptidov.

Peptid A: Gly-Ser-Gly-Ala

Peptid B: Ser-Gly-Ala-Gly

Peptidy chceme rozdeliť. pH zmesi sme preto upravili na  $\text{pH} = 1$  a zmes sme naniesli na katexovú kolónu.

**2.8** Zistíte náboj peptidu A a peptidu B pri  $\text{pH} = 1$ . Uvedte postup riešenia.

**2.9** Ktorý peptid sa zachytí na kolóne? Podarí sa nám zmes peptidov pri  $\text{pH} = 1$  rozdeliť?

### Úloha 3 (SENIOR, 7b)

Určenie primárnej štruktúry peptidov a proteínov je zložitý proces. Zatiaľ nepoznáme univerzálne použiteľný postup. Pri určovaní primárnej štruktúry peptidu obyčajne používame nasledovný postup:

1. Izolácia peptidu, stanovenie jeho molekulovej hmotnosti, zistenie počtu reťazcov a prítomnosti disulfidových väzieb.
2. Určenie obsahu jednotlivých aminokyselín.
3. Selektívne štiepenie peptidu na menšie fragmenty, izolácia a analýza fragmentov, zistenie koncovkej –C a –N aminokyseliny.
4. Rekonštrukcia poradia aminokyselín v peptide, vyriešenie primárnej štruktúry.

Na určenie N-koncových aminokyselín môžeme použiť Sangerovu metódu s dinitrofluórbenzénom, alebo dansylchloridom, alebo Edmanovu metódu s fenylizotiokyanátom. Ak má polypeptidový reťazec do 70 aminokyselín môžeme ich primárnu štruktúru zistiť použitím automatizovaných sekvenátorov. Zariadenie využíva Edmanovu metódu a postupne odštiepuje aminokyseliny z peptidu od N-konca.

Štiepenie peptidov na C-koncoch sa uskutočňuje enzýmami karboxypeptidázou A a karboxypeptidázou B. Metódu, ktorá by bola analogická Edmanovej metóde, ale od C-konca nepoznáme.

Ak analyzujeme dlhší peptidový reťazec je potrebné ho rozštiepiť na kratšie úseky, tieto izolovať a identifikovať. Používame rôzne enzýmy, hlavne trypsín, chymotripsín, pepsín, termolizín, alebo brómkyán. Tieto látky nám štiepia reťazec každý na inom, ale známom mieste. Získame rôzne fragmenty, ktorých zložením a prekrytím zistíme poradie aminokyselín.

Poznámka 2: Pri riešení úloh využite tabuľku 2 v prílohe.

Z prírodného materiálu bol izolovaný peptid X. Je to hexapeptid zložený z aminokyselín Gly, Lys, Met, Pro, Phe, Val.

Účinkom karboxypeptidázy C vznikne pentapeptid a aminokyselina, ktorá sa ninhydrínom sfarbí na žlt.

Chymotripsín nemá na peptid nijaký účinok.

Účinkom brómkyánu vzniknú dva tripeptidy. Tripeptid A po Sangerovej reakcii poskytne valín. Tripeptid B po Sangerovej reakcii poskytne glycín.

**3.1** Napíšte a zdôvodnite poradie aminokyselín v peptide X.

Karnitín je zlúčenina potrebná pri metabolizme tukov. Zabezpečuje prenos mastných kyselín s dlhým reťazcom do mitochondrií. V organizme človeka sa karnitín tvorí z aminokyselín lyzín a metionín.

V prvom kroku biosyntézy enzým metyltransferáza preniesie tri metylové skupiny z troch molekúl metionínu na koncový dusík lyzínu a vznikne tak zlúčenina Y. Účinkom enzýmu hydroxyláza sa na tretí uhlík zlúčeniny Y naviaže hydroxylová skupina a vznikne zlúčenina Z. Pôsobením enzýmu lyáza vznikne zo zlúčeniny Z glycín a zlúčenina C. Zlúčenina C je aldehyd. Pôsobením enzýmu dehydrogenáza na zlúčeninu C, vznikne zlúčenina D. Triviálny názov zlúčeniny D je butyrobetaín. Pôsobením enzýmu  $\beta$ -hydroxyláza a naviazaním hydroxylovej skupiny na tretí uhlík vznikne karnitín.

**3.2** Napíšte štruktúrne vzorce zlúčenín Y, Z, C, D, glycín, karnitín, metionín, lyzín.

**3.3** Vo vzorci karnitínu označte ★chirálny uhlík.

## Príloha

Tabuľka 1: Hodnoty pI a pK<sub>A</sub> aminokyselín

Názov aminokyseliny	pI	pK <sub>A1</sub> (α-COOH)	pK <sub>A2</sub> (α-NH <sub>3</sub> <sup>+</sup> )	pK <sub>A3</sub> (R)
Alanín	6,11	2,35	9,87	-
Cysteín	5,00	1,92	10,70	8,37
Kyselina asparágová	2,85	1,99	9,90	3,90
Kyselina glutámová	3,15	2,10	9,47	4,07
Fenylalanín	5,49	2,20	9,31	-
Glycín	5,97	2,34	9,60	-
Histidín	7,60	1,80	9,33	6,04
Izoleucín	6,05	2,32	9,76	-
Lyzín	9,60	2,16	9,06	10,54
Leucín	6,01	2,33	9,74	-
Metionín	5,74	2,13	9,28	-
Asparagín	5,41	2,14	8,72	-
Prolín	6,30	1,95	10,64	-
Glutamín	5,65	2,17	9,13	-
Arginín	10,76	1,82	8,99	12,48
Serín	5,68	2,19	9,21	-
Treonín	6,53	2,63	10,43	-
Valín	6,00	2,39	9,74	-
Tryptofán	5,89	2,46	9,41	-
Tyrozín	5,64	2,20	9,21	10,46

Tabuľka 2: Štiepiace enzýmy a činidlá

Enzým/činidlo	Štiepi
Karboxypeptidáza A	Z voľného C-konca peptidu všetky AK okrem arginínu, lyzínu a prolínu, ak predposlednou AK nie je prolín
Karboxypeptidáza B	Z voľného C-konca peptidu arginín, lyzín, ak predposlednou AK nie je prolín
Karboxypeptidáza C	Z voľného C-konca peptidu všetky AK
Brómkyán	Peptidový reťazec na C-strane metionínu
Chymotripsín	Peptidový reťazec na C-strane fenylalanínu, tyrozínu a tryptofánu (nesmie za nimi nasledovať prolín)
Trypsín	Peptidový reťazec na C-strane lyzínu a arginínu (nesmie za nimi nasledovať prolín)
Elastáza P1	Peptidový reťazec na C-strane alanínu, glycínu, serínu a valínu (nesmie za nimi nasledovať prolín)
Termolyzín	Peptidový reťazec na N-strane izoleucínu, metionínu, fenylalanínu, tryptofánu, tyrozínu, valínu (pred nimi nesmie byť prolín)
Pepsín	Peptidový reťazec na N-strane leucínu, fenylalanínu, tryptofánu a tyrozínu (pred nimi nesmie byť prolín)

## DOPLNKOVÉ ÚLOHY Z PRAXE

Chemická olympiáda – kategória EF – 59. ročník – šk. rok 2022/2023

### Domáce kolo

Ing. Anna Ďuricová, PhD.

Maximálne 20 pb = 10 bodov

1 pb = 0,5b

Doba riešenia nie je limitovaná

### Úvod

V tomto ročníku doplnkových úloh z analytickej chémie sa budeme orientovať na stanovenie slabých kyselín, prepočtom koncentračných vyjadrení stanovovaných látok v spojení s praktickými činnosťami úpravy a riedenia vzoriek.

Silu kyseliny určuje schopnosť jej molekuly alebo iónu odštiepiť protón, Čím ľahšie sa protón odštiepi, tým je kyselina silnejšia. Mierou posúdenia sily kyseliny je disociačná konštanta  $K_A$ :

$K_A > 10^{-2}$  charakterizuje silné kyseliny

$K_A = 10^{-4} - 10^{-2}$  stredne silné kyseliny

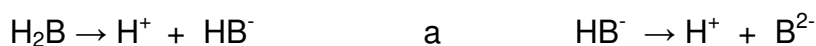
$K_A < 10^{-4}$  slabé kyseliny

Podobne sa posudzujú slabé zásady.

Slabé kyseliny nie sú vo vodnom roztoku celkom disociované, preto je koncentrácia  $H_3O^+$  vždy menšia ako koncentrácia príslušnej slabej kyseliny. Pri titrácii slabých kyselín je bod ekvivalencie pri  $pH > 7$ , presne sa vypočíta, ak je známa  $pK_A$  príslušnej kyseliny a jej začiatočná koncentrácia. Indikátor sa volí podľa vypočítaného  $pT$  tak, aby spĺňal podmienku vhodnosti funkčnej oblasti a farebnej zmeny.

Niektoré osobitosti alkalimetrických stanovení slabých kyselín sa uplatňujú, ak je kyselina prchavá ( $H_2SO_3$ ,  $H_2CO_3$ ), ak  $pK_A > 7$  ( $H_3BO_3$ ), alebo ak kyseliny nie sú rozpustné vo vode.

V roztoku, napr. dvojsýtnej kyseliny  $H_2B$  sa ustávajú dve rovnováhy



s príslušnými hodnotami disociačných konštánt  $K_1$  a  $K_2$ :



$$K_1 = \frac{[H^+] \cdot [HB^-]}{[H_2B]} K_2 = \frac{[H^+] \cdot [B^{2-}]}{[HB^-]}$$

Ak je rozdiel medzi hodnotami disociačných konštánt dostatočne veľký ( $pK_2 - pK_1 \geq 4$ ), je možno presne titrovať viacsýtnu kyselinu do jednotlivých stupňov. Titračný exponent  $pT$  (pH bodu ekvivalencie) je daný vzťahom

$$pT_1 = 0,5 \cdot (pK_1 + pK_2) \quad \text{a} \quad pT_2 = 0,5 \cdot (pK_2 + pK_3),$$

napr. pre kyselinu fosforečnú je  $pK_1 = 2,12$ ,  $pK_2 = 7,20$  a  $pK_3 = 11,9$ .

Pri menšom rozdiel v disociačných konštantách je zmena  $pH$  v okolí bodu ekvivalencie mierna a stanovenie nie je presné.

Kyselina fosforečná má široké použitie - nachádza sa v hnojivách, kŕmnych zmesiach pre zvieratá, v mydle, leštidlách, farbách a ďalších nepotravinárskych výrobkoch. Do sladených nápojov sa pridáva, aby zaistila kyslejšiu a štiplavejšiu chuť. Zároveň zabráňuje množeniu baktérií v tekutinách obsahujúcich cukor. Z týchto dôvodov je použitá aj v Coca-Cole.

Zaujímavosti o tomto nápoji, aj keď nie veľmi potešujúce, sú napríklad:

- Aktívnou zložkou Coca-Coly je kyselina fosforečná s  $pH$  2,8. Táto chemikália rozpustí kovový klinec za štyri dni. Preprava koncentráту Coca-Coly v cisternách preto vyžaduje špeciálne odolné materiály.
- Distribútori Coly ju už 20 rokov používajú na čistenie motorov svojich nákladných automobilov.

Koncentračné vyjadrenia výsledkov stanovenia môžu byť:

1. koncentrácia látkového množstva (molárna koncentrácia) :

$$c = \frac{n_A}{V_{\text{roztoku}}} \quad (\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3})$$

2. hmotnostná koncentrácia:

$$c_m = \frac{m_A}{V_{\text{roztoku}}} \quad (\text{g} \cdot \text{dm}^{-3} = \text{g} \cdot \text{l}^{-1} = \text{g/l})$$

3. hmotnostné percento:

$$w\% = \frac{m_A}{m_{\text{roztoku}}} \cdot 100$$

Na prepočet jednotlivých koncentrácií možno použiť tieto vzťahy:

$$c = \frac{\rho \cdot w}{M_A} \quad (\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3})$$

$$c_m = \rho \cdot w = c \cdot M_A \quad (\text{g} \cdot \text{dm}^{-3})$$

kde:  $\rho$  je hustota roztoku ( $\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$ )

$w$  je hmotnostný zlomok látky (-)

$M_A$  je molárna hmotnosť látky ( $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ )

Pri úprave a riedení vzoriek sa používa faktor zriedenia. Ak máme napríklad vzorku upravenú na objem  $100 \text{ cm}^3$  a na stanovenie použijeme z nej objem  $10 \text{ cm}^3$ , tak faktor zriedenia je pomer zriedeného a pipetovaného objemu:  $f_{zr} = \frac{V_{zr}}{V_{pip}} = \frac{100}{10} = 10$

čo znamená, že výsledok stanovenia je potrebné 10 x zväčšiť, aby sme dostali koncentráciu pôvodnej vzorky.

### Odporúčaná literatúra

1. Glosová, L., Ďuricová, A.: Chemické a ekonomické výpočty, Expol Pedagogika, s.r.o., 2007, ISBN 978-80-8091-049-5
2. Garaj, J. a kol.: Analytická chémia, Alfa SNTL, Bratislava, 1987.
3. Čermáková, L. a kol.: Analytická chémia 1, 2. vydanie, Bratislava ALFA, 1990
4. Súčasné učebnice analytickej chémie používané na školách.
5. Voľne dostupné informácie na internete.

## Úloha 1 (8 pb)

Boli analyzované 3 vzorky s obsahom kyseliny octovej.

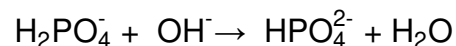
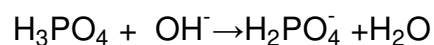
1.1 Prvá vzorka mala koncentráciu 8 hm.%, jej objem bol upravený destilovanou vodou v odmernej banke na 250 cm<sup>3</sup>, na analýzu sa pipetovalo 10 cm<sup>3</sup> a použil sa odmerný roztok KOH s koncentráciou 0,25 mol.dm<sup>-3</sup>. **Zistite objem spotrebovaného roztoku KOH.** Hustota pôvodnej vzorky bola 1009,3 g.dm<sup>-3</sup>.

1.2 Druhá vzorka má koncentráciu 40,2 g/l a bola analyzovaná rovnakým odmerným roztokom KOH. Koncentrácia odmerného roztoku je totožná s koncentráciou pri analýze prvej vzorky, spotreba odmerného roztoku je však 3 x väčšia. **Aký bol objem pôvodnej vzorky č.2?**

1.3 Tretia vzorka vznikla zmiešaním prvých dvoch, objem zmiešanej vzorky bol doplnený do 250 cm<sup>3</sup> v odmernej banke, pipetovaný objem na analýzu 25 cm<sup>3</sup>. Vypočítajte mólovú koncentráciu zmiešanej vzorky, ak bola stitrovaná potenciometrickou titráciou odmerným roztokom NaOH s koncentráciou 0,1 mol.dm<sup>-3</sup>. Bod ekvivalencie titračnej krivky bol pri  $V_{\text{NaOH}} = 25,2 \text{ cm}^3$ . **Aká bola molárna koncentrácia tretej zmiešanej vzorky pred jej zriedením? V akom objemovom pomere boli zmiešané vzorky 1 a 2?**

## Úloha 2 (6 pb)

Kyselina fosforečná (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) je trojsýtne kyselina, ale vo vodnom prostredí ju titrujeme len do dvoch stupňov:



2.1 Pri titracii do prvého stupňa bola vzorka s objemom 10 cm<sup>3</sup> odvážená, hmotnosť bola 10,3 g. Potom bola kvantitatívne prenesená do 100 cm<sup>3</sup> odmernej banky a na titráciu sa z nej odpipetovalo 10 cm<sup>3</sup>. Spotreba na indikátor Tashiro bola 10,5 cm<sup>3</sup>, koncentrácia NaOH 0,1070 mol.dm<sup>-3</sup>.

2.2 Pri titracii do druhého stupňa sa pipetovalo zo zásobného roztoku vzorky 5 cm<sup>3</sup> a titrovalo sa tým istým odmerným roztokom NaOH ako v prvom stupni na indikátor tymolftaleín. Spotreba NaOH bola 10,75 cm<sup>3</sup>.

**Vypočítajte obsah  $H_3PO_4$  vo vzorke pre obidve titrácie. Výsledok vyjadrite molárnou koncentráciou, hmotnostnou koncentráciou v g/l, v mg/100 mla v hm.%.**

2.3 Ak bola vzorka pripravená zo  $16 \text{ cm}^3$  85 % (hm.)  $H_3PO_4$  s hustotou  $1,689 \text{ g.cm}^{-3}$  v objeme  $200 \text{ cm}^3$ , ktorá z titrácií je presnejšia?

**Vypočítajte všetky tri koncentrácie a pri hm.% použite:**

$\rho_{\text{zriedeného roztoku}} \sim 1000 \text{ g.cm}^{-3}$ ).

### Úloha 3 (6 pb)

Stanovenie živín v pôde sa robí vo výluhu Mehlich III. Ten obsahuje fluorid amónny pre zvýšenie rozpustnosti rôznych foriem fosforu viazaných na Fe a Al. V roztoku je prítomná aj  $NH_4NO_3$  ovplyvňujúci desorpciu K, Mg a Ca. Kyslá reakcia vylúhovacieho roztoku sa dosiahne prídavkom  $CH_3COOH$  a  $HNO_3$ . Vylúhovací roztok dobre modeluje prístupnosť živín z pôdy pre rastliny.

V agronomických kritériách pre obsah živín ornej pôdy nájdeme hodnoty pre stredne ťažké pôdy:

Obsah	koncentrácia ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )		
	fosfor	Draslík	horčík
nízky	do 50	do 130	do 110
vyhovujúci	51 – 85	131 – 200	111 – 175
dobrý	86 – 125	201 – 300	176 – 255
vysoký	126 – 165	301 – 400	256 – 340
veľmi vysoký	nad 165	nad 400	nad 340

Analyzovaná pôda mala nízky obsah živín: 45 mg P, 100 mg K a 100 mg Mg v 1 kg pôdy.

Katka si z nej zakladala kvetinový kútik a potrebovala túto pôdu zúrodniť pre svoje kvetinky.

- Určte aké množstvá živín je potrebné dodať do pôdy.
- Určte aké množstvo P, K, Mg dodáte do pôdy pri predpísanom dávkovaní v prvom a druhom prípravku.
- Určte ako upraviť dávkovanie hnojiva, aby boli dodané potrebné množstvá živín.
- Určte, ktorý hnojivový prípravok bude pre zlepšenie pôdnej kondície lacnejší, pre 1 kg zeminy.

Známe údaje:

1.přípravok – tuhé hnojivo – 500 g (cena 4,50 €) –  
dávkovanie 10 g hnojiva na 10 litrov vody.

Obsah živín:  $P_2O_5$  10 hm.%,  $K_2O$  20 hm.%,  $MgO$  4 hm.%

2.přípravok – tekuté hnojivo – 500 ml (cena 2 €) –  
dávkovanie 10 ml rozpustiť v 2 litroch vody.

Obsah živín:  $P_2O_5$  45 g/l,  $K_2O$  55 g/l,  $MgO$  1,5 g/l.

Uvažujte, že dobrý obsah živín je 100 mg P, 250 mg K a 200 mg Mg v 1 kg zeminy.

**Odpoveďový hárok z doplnkových úloh z praxe**

Škola			
Meno súťažiaceho			
Celkový počet pridelených bodov		Podpis hodnotiteľa	
<b>Úloha 1</b> <b>časť 1.1</b>			
<b>časť 1.2</b>			

<b>časť 1.3</b>	
<b>Úloha 2 časť 2.1</b>	

<b>časť 2.2</b>	
<b>časť 2.3</b>	



<b>Úloha 3</b>	

--	--

---

Autori: Ing.Daniel Vašš, Ing. Alena Olexová, Mgr.Ladislav Blaško,  
Ing.Martina Gánovská, Ing.Anna Ďuricová, PhD.

Recenzenti: Ing.Daniel Vašš, Ing.Alena Olexová, Ing.Juraj Malinčík  
Ing. Jozef Urban, Ing. Martina Gánovská,

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

Slovenská komisia Chemickej olympiády

Vydal: IUVENTA – Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2023