

SLOVENSKÁ KOMISIA CHEMICKEJ OLYMPIÁDY

CHEMICKÁ OLYMPIÁDA

56. ročník, školský rok 2019/2020

Kategória EF

Domáce kolo

TEORETICKÉ ÚLOHY

ÚLOHY ZO VŠEOBECNEJ A FYZIKÁLNEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória EF – 56. ročník – školský rok 2019/2020

Domáce kolo

Ing. Daniel Vašš

Maximálne 15 bodov (b)

Úvod

Úlohy zo všeobecnej a fyzikálnej chémie kategórie junior sú v tomto školskom roku zamerané na výpočty týkajúce sa chemických výpočtov a výpočtov hmotnostných zlomkov. Druhá časť úloh je zameraná na výpočty ideálneho plynu pomocou stavovej rovnice. Úlohy pre seniorov sú zamerané na výpočty reakčného a latentného tepla. Tieto výpočty sú kombinované s jednoduchými chemickými výpočtami a premenou základných jednotiek. Riešenie úloh vyžaduje základnú znalosť názvoslovia anorganických zlúčenín a zápisu chemických rovníc. V zadaniach úloh sú uvedené názvy zlúčenín (bez vzorcov) a chemické rovnice sú zadané slovne.

Odporúčaná literatúra

1. A. Sirota, J. Kandráč: *Výpočty v stredoškolskej chémii*. 2. vyd., SNP, Bratislava, 1995.
2. J. Široká: *Chémia pre 1. ročník SPŠCH*, Príroda, Bratislava, 1997.
3. A. Mašlejová, A. Kotočová, I. Ondrejkočová, B. Papánková, D. Valigura: *Výpočty v anorganickej chémii*. Nakladateľstvo STU, Bratislava 2012.
4. J. Schlemmer, V. Valter: *Fyzikálna chémia pre priemyselné školy chemické*, Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry, Bratislava, 1957, kap. č. 10.
5. J. Gažo a kol.: *Všeobecná a anorganická chémia*, Alfa, Bratislava, 1981.
6. J. Kohout, M. Melník: *Anorganická chémia I, Základy anorganickej chémie*; Vydavateľstvo STU v Bratislave, 1997.
7. D. Valigura a kol.: *Chemické tabuľky*, Vydavateľstvo STU, Bratislava, 2004.
8. A. Sirota, E. Adamkovič: *Názvoslovie anorganických látok*, Metodické centrum v Bratislave, Bratislava, 2002.
9. B. Papánková, I. Ondrejkočová: *Používanie platných číslíc v chemických výpočtoch*, *Biológia, ekológia, chémia*, **2** (1998), str. 15 – 18.
10. Predošlé ročníky chemickej olympiády.

Úloha 1 (JUNIOR) (7,5 b)

Reakciou dusičnanu horečnatého s dihydrogénfosforečnanom amónnym v alkalickom prostredí amoniaku dochádza k zrážaniu nerozpustnej zlúčeniny fosforečnanu amónnohorečnatého.

- Napíšte rovnicu reakcie v stavovom tvare.
- Vypočítajte hmotnosť dihydrogénfosforečnanu amónneho potrebného na vyzrážanie 7,9 g fosforečnanu amónnohorečnatého.
- Vypočítajte obsah fosforu vo fosforečnane amónnohorečnatom v hmotnostných percentách.
- Uveďte aspoň tri bežné oxidačné čísla fosforu a k nemu zlúčeninu v danom oxidačnom stupni.

Úloha 2 (JUNIOR, SENIOR) (7,5 b)

Neznámy plyn sa nachádza sa v guli priemeru 30 cm o teplote 10°C a tlaku 253 544 Pa, plyn má hustotu 3,446 g.dm⁻³.

- Vypočítajte objem plynu.
- Vypočítajte mólovú hmotnosť uvedeného plynu.
- Na základe mólovej hmotnosti určite, o aký prvok sa jedná.

Úloha 3 (SENIOR) (7,5b)

Síra sa v súčasnosti priemyselne pripravuje reakciou sírovodíka s oxidom siričitým za uvoľnenia 2,1 MJ.mol⁻¹ tepla.

- Napíšte rovnicu reakcie.
- Vypočítajte množstvo tepla uvoľneného pri príprave 440 kg síry.
- Vypočítajte množstvo potrebnej chladiacej vody pre odvedenie reakčného tepla, ak sa voda ohrieva o 10°C a jej tepelná kapacita je 4,2 KJ.kg⁻¹.
- Uveďte aspoň dva zdroje síry, odkiaľ sa získava pre priemyselné použitie.

Údaje potrebné k riešeniu úloh

Značka prvku	mólová hmotnosť prvku [g mol ⁻¹]
P	30,974
O	15,999
N	14,007
H	1,0079
Mg	24,305
S	32,066

ÚLOHY Z ORGANICKEJ CHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória **EF** – 56. ročník – školský rok 2019/2020

Domáce kolo

Ing. Alena Olexová

Maximálne 10 bodov Doba riešenia:

Úvod

V 56. ročníku CHO sa budeme zaoberať karbonylovými zlúčeninami, ich názvoslovím, vlastnosťami a reaktivitou. Pozrieme sa aj na spôsoby ich prípravy a využitie ich reakcií v praxi. V jednotlivých kolách tohto ročníka CHO sa oboznámime s najjednoduchšími a najvýznamnejšími karbonylovými zlúčeninami.

Karbonylové zlúčeniny sú kyslíkaté deriváty uhľovodíkov s charakteristickou karbonylovou skupinou. Medzi tieto zlúčeniny radíme aldehydy a ketóny.

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

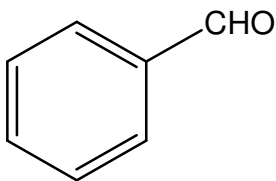
Odporúčaná literatúra

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, s. 147 – 164.
3. R. Kucler, J. Svoboda: *Organická chémia*, Alfa, Bratislava, 1969, s.163 – 182 a str.233.
4. J. Hohoš, M. Hrabovec: *Organická chémia pre 2. ročník SPŠ chemických*, Alfa, Bratislava, 1979, s. 203 – 227.
5. Súčasné učebnice organickej chémie používané na školách.

Úloha 1 (1,540 b)

Napíšte 2 názvy, ktoré možno použiť pre nasledujúce zlúčeniny:

- a) H-CHO
- b) OHC-CHO
- c) CH₂=CH-CHO
- d)



- e) CH₃-CO-CH₃

Úloha 2 (0,462 b)

Zoradte nasledujúce zlúčeniny podľa teploty ich varu. Začnite tou, ktorej teplota varu je najnižšia.

- a) etanol
- b) etán
- c) acetaldehyd

Úloha 3 (0,924 b)

Vyberte, ktoré z nasledujúcich tvrdení sú správne. Nesprávne tvrdenia opravte.

- a) Formaldehyd je za normálnych podmienok bezfarebná kvapalina.
- b) 40 % vodný roztok formaldehydu sa nazýva formalín.
- c) Nižšie aldehydy prenikavo zapáchajú. Naopak, vyššie aldehydy majú príjemnú vôňu a v prírode tvoria zložky vonných silíc.
- d) Najmenej reaktívnou karbonylovou zlúčeninou je metanál.

Úloha 4 (0,770 b)

V skúmavke máme niekoľko mililitrov etanolu. V oxidačnom plameni kahanca sme si rozohriali medenú valcovito zakrútenú sieťku. Rozpálenú medenú sieťku

niekoľkokrát ponoríme do etanolu v skúmavke. Zo skúmavky začne unikať štiplavo zapáchajúci plyn.

- Aká zapáchajúca látka uniká zo skúmavky?
- Napište rovnice reakcie, ktorá prebieha v skúmavke.

Úloha 5 (1,694 b)

Kyanhydrínová syntéza je dôležitá preparačná reakcia aldehydov s kyanovodíkom. Slúži na prípravu α -hydroxy kyselín. Pripravte kyselinu mliečnu z etanolu 3-krokovou syntézou s využitím kyanhydrínovej reakcie. V reakciách píšete aj vedľajšie produkty.

Úloha 6 (2,310 b)

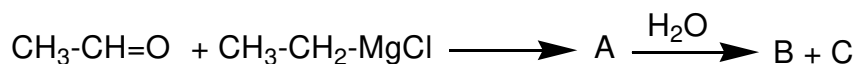
Acetón je bezfarebná, zapáchajúca a veľmi horľavá kvapalina. Používa sa ako organické rozpúšťadlo, pri výrobe plastov a veľmi často v organickej syntéze. Priemyselne sa acetón vyrába priamou oxidáciou propénu za katalytického pôsobenia chloridu paladnatého.

- Napište rovnicu priemyselnej prípravy acetónu oxidáciou propénu.
- Napište rovnicu prípravy acetónu oxidáciou propán-2-olu.
- Acetón tiež vzniká ako vedľajší produkt pri kuménovom spôsobe výroby fenolu. Napište rovnicu tejto reakcie.

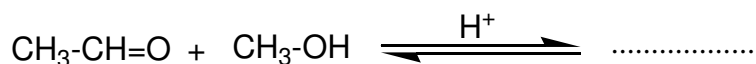
Úloha 7 (1,540 b)

Doplňte reakcie karbonylových zlúčenín:

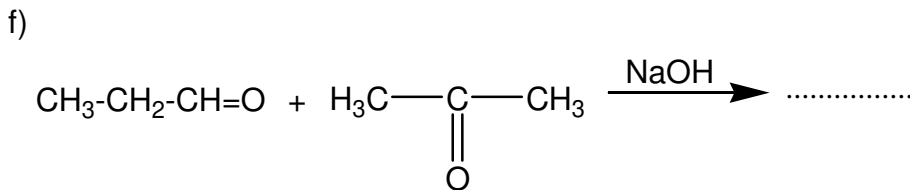
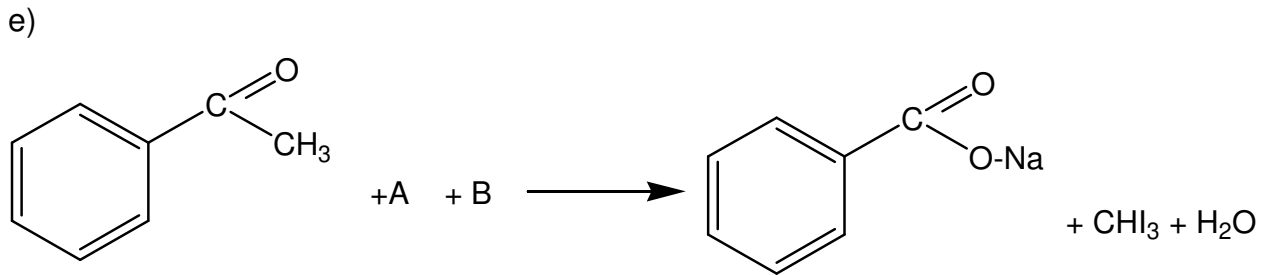
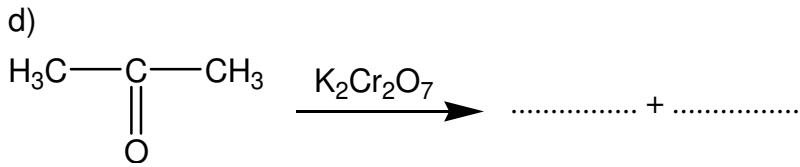
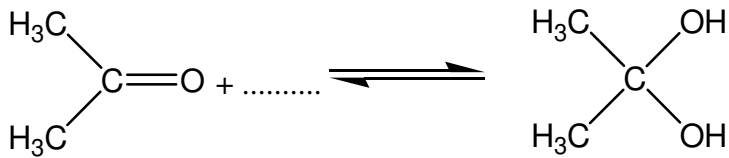
a)



b)

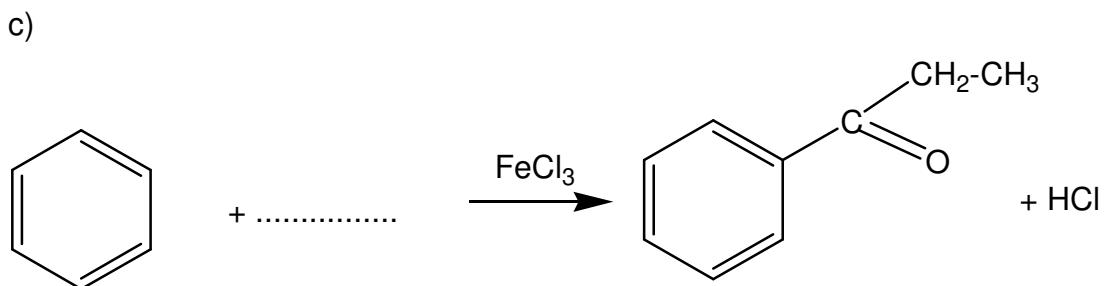
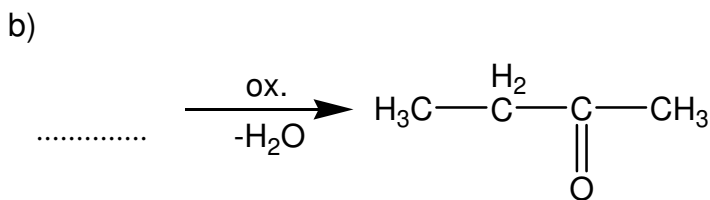
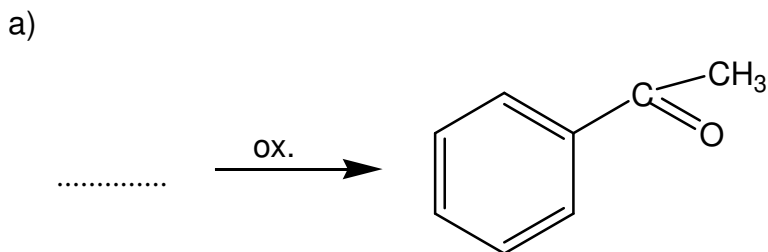


c)

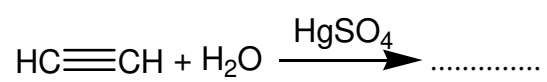


Úloha 8 (0,770 b)

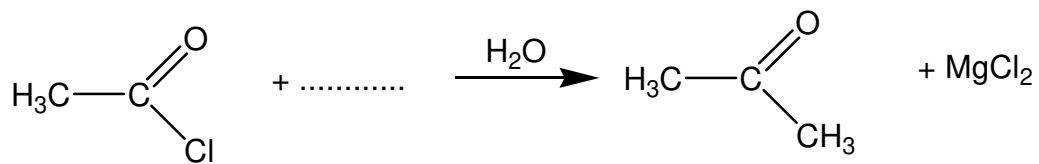
Doplňte reakcie prípravy karbonylových zlúčenín:



d)



e)



ÚLOHY Z CHÉMIE PRÍRODNÝCH LÁTKOK A BIOCHÉMIE

Chemická olympiáda – kategória EF – 56. ročník – školský rok 2019/2020

Domáce kolo

Mgr.Ladislav Blaško

Maximálne 15 bodov.

Úvod

V tomto ročníku sú úlohy z biochémie venované aminokyselinám z hľadiska výživy a ich premeny na špecializované produkty, primárnu štruktúru proteínov a metódy separácie aminokyselín.

Živé organizmy využívajú aminokyseliny (AK) na tvorbu peptidov a proteínov, ktoré majú rôzne fyziologické účinky. V súčasnosti sú predmetom výskumu cyklické peptidy, ktoré môžu fungovať ako hormóny, toxíny alebo antibiotiká. Niektoré aminokyseliny organizmy využívajú na odstraňovanie xenobiotík, alebo na syntézu iných potrebných látok pre správnu funkciu orgánov. V prírode je známe veľké množstvo aminokyselín, avšak iba 20 z nich je proteínogénnych. Niektoré organizmy majú vo svojich proteínoch ďalšie 2 aminokyseliny.

Z tohto počtu si niektoré AK človek nedokáže syntetizovať, nazývame ich esenciálne, alebo nenahraditeľné AK. Organizmus ich nevyhnutne potrebuje a preto ich musíme prijať v potrave. Esenciálne AK sú vzájomne nezastupiteľné. Nadbytočný príjem jednej esenciálnej AK nemôže kompenzovať nedostatok inej esenciálnej AK. Neesenciálne AK si organizmus vie vytvoriť vlastnými metabolickými dráhami.

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

Pre úspešné zvládnutie úloh je potrebné naštudovať hlavne tieto oblasti:

1. Proteínogénne aminokyseliny, ich názvy, trojpísmenové a jednopísmenové skratky, esenciálne aminokyseliny vo výžive človeka, premena aminokyselín na špecializované produkty. (JUNIOR)
2. Peptidová väzba, jej vznik a štruktúra, určenie izoeletrického bodu AK a peptidu, určenie náboja peptidu v závislosti od pH, metódy separácie AK

a peptidov (elektroforéza, chromatografia, princíp ionexov). (JUNIOR + SENIOR)

3. Určenie primárnej štruktúry peptidov. (SENIOR)

Poznámka: Pri riešení úloh použite potrebné údaje, ktoré sú uvedené v tabuľke 1 a 2 v prílohe.

Odporúčaná literatúra

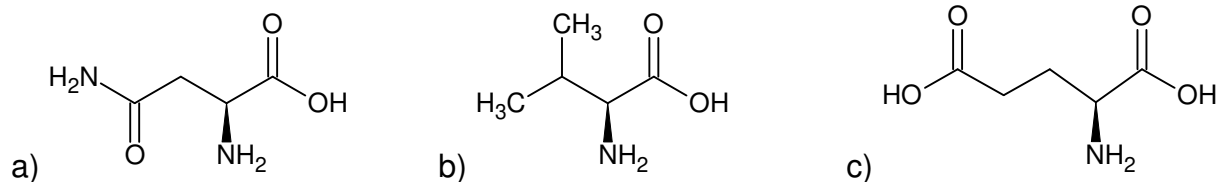
1. J. Kmeťová, M. Skoršepa, M. Vydrová: Chémia pre 3. ročník gymnázia so štvorročným štúdiom a 7. ročník gymnázia s osemročným štúdiom, Vydavateľstvo Matice slovenskej, Martin, 2011.
2. Z. Vodrážka: Biochemie, Nakladatelství Academia, Praha, 2007.
3. R. K. Murray a kol.: Harperova biochemie, 3. české vydání, H&H, 1998.
4. K. Barna: Úvod do lekárskej chémie, Vydavateľstvo Osveta, Martin, 1975.
5. 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 Vysvetlite, ako môže byť aminokyselina zásaditá.

1.2 Z aminokyselín vyberte tú, ktorá má najmenej polárny bočný reťazec a napíšte jej názov.



1.3 Nakreslite štruktúrny vzorec kyseliny glutámovej pri pH = 1.

1.4 Ku ktorej elektróde sa bude pri elektroforéze zmesi aminokyselín pohybovať leucín pri pH = 1? Svoje rozhodnutie vysvetlite.

Aminokyseliny, ktoré sú stavebnými zložkami proteínov, nazývame proteínogénne aminokyseliny.

1.5 Napíšte triviálny názov, štruktúrny vzorec, trojpísmenový kód, jednopísmenkový kód jednej zásaditej proteínogénnej aminokyseliny.

1.6 Kolagén je základnou stavebnou hmotou podporných tkanív (koža, chrupavka) a tvorí až 30% všetkých proteínov cicavcov. Skladá sa hlavne z glycínu, hydroxylyzínu, hydroxyprolínu a prolínu. Napíšte štruktúrny vzorec a trojpísmenovú skratku proteínogénnych aminokyselín, ktoré sa nachádzajú v kolagéne.

1.7 Z kolagénu jatočných zvierat sa vyrába želatína. Dnes je tendencia nahradiť v potravinárstve želatínu karagenanom (E407). Z hľadiska obsahu aminokyselín, má karagenan nulovú výživovú hodnotu. Vysvetlite prečo.

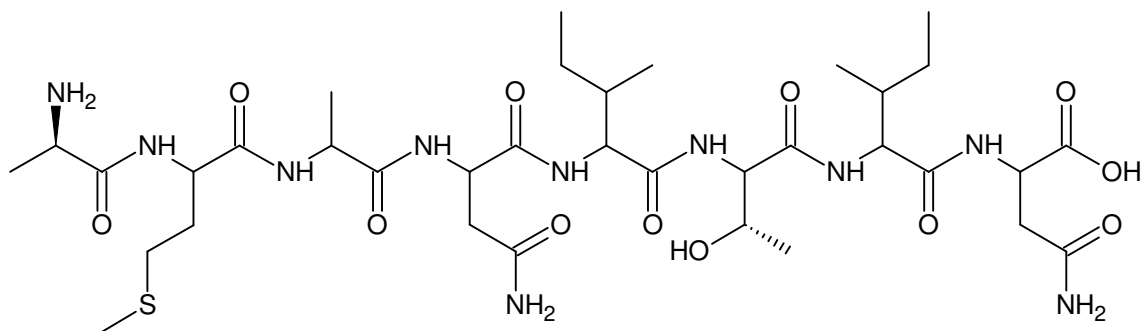
Okrem tvorby proteínov sa aminokyseliny podieľajú na detoxikačných procesoch v organizme. Významnú úlohu má glycín. Pomáha odstraňovať z organizmu odpadové látky, ktoré vznikli pri metabolizme, ale aj látky, ktoré sa dostali do organizmu v potrave.

1.8 V potravinách sa ako konzervačná látka používa kyselina benzoová (E210) a jej soli. Organizmus sa zbaví kyseliny benzoovej (aj iných aromatických karboxylových kyselín) reakciou s glycínom – glycínová kondenzácia. Napíšte reakčnú schému glycínovej kondenzácie a triviálny názov produktu.

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. Poznáme niekoľko oligopeptidov, ktoré majú jednoduchú štruktúru, ale silné fyziologické účinky.

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



2.2 Prepíšte uvedený oligopeptid jednopísmenovým symbolom aminokyselín. Objavíte názov cyklického prírodného toxínu, ktorý býva príčinou smrteľných otráv. Napíšte názov toxínu.

2.3 Ak nastane otvorenie cyklu, toxicita sa stráca. Pokúste sa vysvetliť, prečo bežná tepelná úprava nestačí na rozrušenie cyklu uvedeného toxínu.

Biologickú funkciu a vlastnosti peptidov a proteínov jednoznačne určuje primárna štruktúra, t.j. poradie aminokyselín v štruktúre. Pri určitej hodnote pH, ktoré označujeme ako izoelektrický bod pI , hodnoty kladného a záporného náboja v molekule AK sa vyrovnajú a molekula má výsledný náboj rovný nule. Ak má AK len dve disociovateľné skupiny, platí $pI = \frac{pK_1 + pK_2}{2}$. Pre každú aminokyselinu môžeme vypočítať hodnotu izoelektrického bodu pI a určiť počet elektricky nabitých skupín v závislosti od pH prostredia. Primárna štruktúra má teda vplyv aj na hodnotu izoelektrického bodu peptidov a na celkový elektrický náboj peptidu v závislosti od pH prostredia.

2.4 Reakciou glycínu a treonínu môžu vzniknúť dva dipeptidy. Dipeptid A a dipeptid B. Nakreslite ich vzorce.

2.5 Z pokusu sme získali dipeptid A. Zistili sme, že jeho izoelektrický bod je $pI = 6,38$. Napíšte jeho vzorec pomocou trojpísmenových symbolov aminokyselín.

2.6 Nakreslite vzorec dipeptidu A v izoelektrickom bode.

2.7 Vypočítajte izoelektrický bod dipeptidu B.

Úloha 3 (SENIOR) (7b)

Určenie primárnej štruktúry peptidov a proteínov je zložitý proces. 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 fenylyzotiokyanátom. Ak má polypeptidový reťazec do 70 aminokyselín môžeme jeho 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 enzýmy, hlavne trypsín, chymotrypsín, pepsín, stafylokokovú proteázu, alebo brómkyán. Tieto látky nám štiepia reťazec každý na inom, ale známom mieste. Získame rôzne fragmenty, ktorých zložením a prekrytím zistíme poradie aminokyselín.

Zo sliznice žalúdka bol izolovaný gastrín. Gastrín má viac funkcií. Podporuje sekréciu kyseliny chlórovodíkovej a pepsinogénu. Zabezpečuje tiež pohyblivosť steny žalúdka. Sekvencia peptidu je nasledovná:

Glu-Gly-Pro-Try-Leu-Glu-Glu-Glu-Glu-Glu-Ala-Tyr-Gly-Try-Met-Asp-Phe

- 3.1** Pôsobením brómkyánu vzniknú dva fragmenty. Napíšte názov aminokyselín, ktoré tvoria kratší fragment.
- 3.2** Určte počet fragmentov, ktoré vzniknú účinkom elastázy P1. Napíšte vzorec najdlhšieho fragmentu.
- 3.3** Aký účinok bude mať na uvedený peptid karboxypeptidáza B?
- 3.4** Po totálnej hydrolýze peptidu sa pri analýze zistila okrem aminokyselín aj prítomnosť amoniaku. Čo to znamená?

3.5 Na analýzu ste dostali peptid P. Je to heptapeptid zložený z aminokyselín Glu, Gly, Lys, Arg, Cys, Met, Tyr. Napíšte poradie aminokyselín v peptide P a zdôvodnite, ak viete, že

- Karboxypeptidáza C nemá na peptid nijaký účinok.
- Účinkom chymotrypsínu vzniká jeden heptapeptid, ktorý po Sangerovej reakcii poskytuje cysteín.
- Účinkom trypsinu vznikajú dva peptidy. Jeden tripeptid, ktorý po Sangerovej reakcii poskytuje kyselinu glutámovú a glycín. Druhý je tetrapeptid, ktorý po Sangerovej reakcii poskytne najskôr metionín a potom tyrozín.

Príloha

Tabuľka 1: Hodnoty pI a pK_A aminokyselín

Názov aminokyseliny	pI	pK_{A1} (α -COOH)	pK_{A2} (α -NH ₃ ⁺)	pK_{A3} (R)
Alanín	6,11	2,35	9,87	-
Cysteín	5,05	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
Chymotrypsín	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 TEORETICKÉ ÚLOHY Z PRAXE

Chemická olympiáda – kategória EF – 56. ročník – šk. rok 2019/2020

Domáce kolo

Ing.Martina Gánovská

Maximálne **20 pb = 10 bodov**

1 pb = 0,5b

Doba riešenia nie je limitovaná

Úvod

Všetci vieme, že voda je veľmi dôležitá pre život človeka. Hoci Slovensko má veľké zásoby vody a my môžeme piť vodu z vodovodu koľko nám hrdlo ráči, náš „moderný“ spôsob života nás pomaličky vedie do záhuby. Naše vody sú v mnohých oblastiach znečistené a pravidelne do nich unikajú viaceré toxíny, ktoré môžu poškodiť naše zdravie. Aby sme mohli zodpovedne využívať prírodné zdroje je veľmi dôležitá kontrola ich čistoty. Kontrolu čistoty vody na území Slovenskej republiky vykonáva Slovenský hydrometeorologický ústav. Sleduje kvalitu podzemných, ale aj povrchových vôd. Pokiaľ voda nemá požadované vlastnosti, je nutné ju upraviť, či už filtráciou, iónovou výmenou, dezinfekciou.

Odporúčaná literatúra:

1. L. Čermáková a kol.: Analytická chémia 1, ALFA, Bratislava, 1990,
2. M. Bartoš a kol.: Analytická chémia I, Univerzita Pardubice, 2004,
3. L. Jelínek a kol.: Destilační a separační metody v úpravě vody, VŠCHT Praha, 2008
4. M. Horáková, P.Lischke, A. Grünwald: Chemické a fyzikální metody analýzy vod, SNTL, Praha, 1989,

Úloha 1 (12pb)

Iónová výmena je vratný proces, pri ktorom sa „nežiadúce“ nabité častice z kontaminovanej vody vymieňajú za nabité častice z aktivovaného ionexu. Ionexy sú makromolekulové látky s dostatočnou pórovitosťou, ich základný skelet na povrchu nesie náboj. Delia sa na anexy – tie odstraňujú anióny a katexy – odstraňujúce kationy. Ionexy sa využívajú aj v analytickej chémii. Medzi základné separačné

metódy patrí ionexová chromatografia, ktorá sa využíva na delenie, ale aj na stanovenie jednotlivých druhov iónov, prípadne na ich prekoncentráciu.

Ionexy majú limitovanú kapacitu a po jej vyčerpaní je nutné ich regenerovať. Veličina, ktorá charakterizuje vlastnosti ionexov je výmenná kapacita Q . Výmenná kapacita vyjadruje látkové množstvo jednomocného iónu v mmol, ktoré je schopný vymeniť 1g suchého ionexu (špecifická kapacita), alebo 1 cm³ napučaného ionexu

(objemová kapacita).
$$Q_v = \frac{n(H^+)}{V} \left[\frac{mol}{l} \right]$$

Kapacitu ionexu je možné stanoviť napríklad nasledujúcim postupom: Napučaný ionex o objeme 10 cm³ sa preniesie do kolóny a nadbytočná kvapalina nad ionexom sa vypustí tak, aby hladina kvapaliny bola tesne nad hladinou ionexu. Následne sa prevedie katex do vodíkového cyklu pomocou HCl o $c = 1 \text{ mol.dm}^{-3}$ premývaním kolóny 1 – 2 kvapky za 1 sekundu a nadbytok kyseliny chlorovodíkovej sa vymyje demineralizovanou vodou do neutrálnej reakcie vytekajúceho roztoku. Takto pripravená kolóna sa naplní 150 cm³ chloridu zinočnatého o presnej koncentrácii 0,0495 mol.dm⁻³ a premyje sa 100 cm³ demineralizovanou vodou. Eluát sa zachytáva do 250 cm³ odmernej banky a pripraví sa zásobný roztok. Z neho sa následne odpipetuje 25 cm³ a stanoví sa látkové množstvo chloridu zinočnatého v eluáte s pridaním amoniakálneho tlmivého roztoku a indikátora eriochromová čerň T. Spotreba chelátónu 3 bola 4,7 cm³. Zachytený chlorid zinočnatý je ekvivalentný vodíkovým katiónom.

1.1 Nájdite v literatúre všeobecné rovnice vyjadrujúce priebeh iónovej výmeny na katexe a na anexe. Zapište rovnicu iónovej výmeny zinočnatých katiónov na silne kyslom katexe.

1.2 Na štandardizáciu chelátónu 3 je možné použiť zásobný roztok uhličitanu vápenatého CaCO₃ ($M = 100,087 \text{ g.mol}^{-1}$). Presne navážených 0,2109 g CaCO₃ sa rozpustí v malom množstve HCl, následne sa vypudí oxid uhličitý varom, po ochladení sa preniesie do odmernej banky s objemom 50 cm³ a doplní sa demineralizovanou vodou. Vypočítajte presnú koncentráciu

pripraveného uhličitanu vápenatého a zapíšte rovnicami reakciu, ktorá prebehne.

- 1.3 Z pripraveného zásobného roztoku uhličitanu vápenatého o presnej koncentrácii vypočítanej v úlohe 1.2 sa odpipetovalo 10 cm^3 do titračnej banky. Hydroxidom sodným sa upravilo pH na 12 a pridal sa indikátor murexid. Spotreba odmerného roztoku chelatónu 3 bola $8,5 \text{ cm}^3$. Zapíšte rovnicu štandardizácie a vypočítajte presnú koncentráciu chelatónu 3.
- 1.4 Zapíšte rovnicu stanovenia chloridu zinočnatého chelatometricky a vypočítajte jeho látkové množstvo v eluáte.
- 1.5 Vypočítajte objemovú kapacitu ionexu.
- 1.6 Pri nanosení chloridu zinočnatého na kolónu katexu a následnom premývaní demineralizovanou vodou podľa postupu v zadaní dochádza k výmene zinočnatých iónov a uvoľnení HCl do eluátu. Uvoľnenú kyselinu chlorovodíkovú je možné stanoviť alkalimetricky. Z pripraveného zásobného roztoku eluátu o objeme 250 cm^3 sa na stanovenie použilo 25 cm^3 . Roztok sa titroval hydroxidom sodným o $c = 0,1106 \text{ mol.dm}^{-3}$ na indikátor metyloranž, pričom spotreba bola $8,9 \text{ cm}^3$. Vypočítajte objemovú kapacitu Q a výsledky porovnajte. Zapíšte rovnicu stanovenia.
- 1.7 Koľko gramov chelatónu 3 ($M = 372,242 \text{ g.mol}^{-1}$) musíme navážiť na prípravu 1000 cm^3 zásobného roztoku, ktorého 1 ml zodpovedá 1 mg Zn ($M = 65,38 \text{ g.mol}^{-1}$)
- 1.8 Uhličitan vápenatý je potrebné rozpúšťať v kyseline chlorovodíkovej, pretože vo vode je nerozpustný. Vypočítajte, aký objem vody by bolo potrebné použiť na prípravu roztoku, ak by sme si navázili $0,2109 \text{ g CaCO}_3$ a hodnota $pK_s = 9,35$

Úloha 2 (8pb)

Základným ukazovateľom akosti povrchových vôd je ich kyslíkový režim. Do tejto skupinu ukazovateľov patrí stanovenie rozpusteného kyslíka, BSK_5 ,

oxidovateľnosti vody (CHSK) a niekedy aj stanovenie voľného sulfánu. Stanovenie rozpusteného kyslíka sa robí Winklerovou metódou jodometricky. Metóda je založená na stanovení rozpusteného kyslíka nepriamo, a to ako jódu titráciou odmerným roztokom tiosíranu sodného. Ako činidlá sa používajú dva zrážacie roztoky. Prvý sa pripraví rozpustením 206 g dihydrátu síranu manganatého v 500 cm³ vody, následným prefiltrovaním a doplnením po značku v odmernej banke s objemom 1000 cm³. Druhý roztok sa pripraví rozpustením 700 g KOH a 150 g KI v 500 cm³ vody a doplnením po značku v odmernej banke s objemom 1000 cm³.

Počas stanovenia prebiehajú nasledujúce reakcie:

Síran manganatý (zrážací roztok 1) reaguje s hydroxidom draselným (zrážací roztok 2) za vzniku hydroxidu manganatého (reakcia 1). Následne vzniknutý hydroxid manganatý v mierne alkalickom prostredí reaguje s rozpusteným kyslíkom za vzniku ekvivalentného množstva hydroxidu manganitého (reakcia 2). Hydroxid manganitý oxiduje v kyslom prostredí (H₂SO₄) jodid draselný (súčasť zrážacieho roztoku 2) na jód (reakcia 3). Vzniknuté ekvivalentné množstvo jódu sa stitruje odmerným roztokom tiosíranom sodným (reakcia 4).

Odmerný roztok tiosíranu sodného bol pripravený navážením vypočítaného množstva pentahydrátu tiosíranu sodného a rozpustením v demineralizovanej vode. Roztok bol kvantitatívne prenesený do 250 cm³ odmernej banky a doplnený po značku. Na jeho stabilizáciu bolo použité malé množstvo uhličitanu sodného. Pripravený roztok tiosíranu sodného sa štandardizoval na manganistan draselný, ktorého koncentrácia bola 0,0051 mol. dm⁻³. Na jednu titráciu bolo do jódovej banky odpipetované 25 cm³ pripraveného roztoku manganistanu draselného, roztok bol okyslený kyselinou sírovou a pridal sa 1g KI. Vylúčený jód sa stitroval odmerným roztokom tiosíranu sodného na škrobový maz. Spotreba tiosíranu sodného bola 26,5 cm³.

Stanovenie rozpusteného kyslíka ($M(O_2) = 32,00 \text{ g.mol}^{-1}$) sa robí nasledujúcim postupom: Do vzorky vody s objemom 100 cm³ sa pridá po 2 cm³ oboch zrážacích roztokov. Vzniknutá zrazenina sa nechá usadiť a následne sa rozpúšťa 2 cm³ kyseliny sírovej. Po úplnom rozpustení zrazeniny je potrebné ešte vzorku nechať stáť 5 minút v tme a následne sa titruje odmerným roztokom tiosíranu sodného do žltého sfarbenia. Po pridaní škrobového mazu sa dotitruje do odfarbenia. Spotreba odmerného roztoku bola 6,7 cm³

Poznámka: V jodometrii okrem tiosíranu sodného sa ako odmerný roztok používa aj jód. V oboch prípadoch sú to roztoky, ktorých presnú koncentráciu je potrebné zistiť štandardizáciou.

2.1 Zapíšte rovnice reakcií 1 – 4

2.2 Chemickou rovnicou zapíšte reakciu spôsobujúcu zakalenie tiosíranu sodného pri jeho stáť a vysvetlite použitie uhličitanu na stabilizáciu.

2.3 Zapíšte rovnicami reakcie štandardizácie a určte presnú koncentráciu tiosíranu sodného.

2.4 Na základe popísaného stanovenia vypočítajte hmotnostnú koncentráciu kyslíka ($\text{mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$) vo vzorke vody.

2.5 Vypočítajte návažok manganistanu draselného ($M = 158,03 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$), ktorý sme potrebovali na prípravu 250 cm^3 zásobného roztoku o koncentrácii $0,0051 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$.

2.6 Vypočítajte hmotnosť dihydrátu kyseliny šťaveľovej ($M = 126,02 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$) potrebnej na prípravu 250 cm^3 roztoku. Roztok má byť pripravený tak, aby sa na titráciu 25 cm^3 roztoku kyseliny šťaveľovej v prostredí kyseliny sírovej spotrebovalo 20 cm^3 manganistanu draselného o $c = 0,0051 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$. Zapíšte rovnicu štandardizácie.

2.7 Na prípravu zrážacieho roztoku 1 sa nepoužil dihydrátu síranu manganatého $M(\text{MnSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 187,1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ale tetrahydrát chloridu manganatého $M(\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}) = 197,91 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$. Vypočítajte návažok chloridu potrebný na prípravu zrážacieho roztoku s objemom 500 cm^3 o takej istej koncentrácii, akú má predpísaný zrážací roztok.

Odpoveďový hárok z doplnkových teoretických úloh

Škola			
Meno súťažiaceho			
Celkový počet pridelených bodov		Podpis hodnotiteľa	
Úloha 1.1	Všeobecné rovnice vyjadrujúce priebeh iónovej výmeny na katexe a na anexe. Rovnica iónovej výmeny zinočnatých katiónov na silne kyslom katexe.		
Úloha 1.2	Rovnica reakcie Výpočet presnej koncentrácie pripraveného uhličitanu vápenatého		
Úloha 1.3	Rovnica štandardizácie Výpočet presnej koncentráciu chelatónu 3		
Úloha 1.4	Rovnica stanovenia chloridu zinočnatého		

	Výpočet látkového množstvo chloridu zinočnatého v eluáte.
Úloha 1.5	Výpočet objemovej kapacity ionexu.
Úloha 1.6	Rovnica stanovenia. Výpočet hodnoty Q
Úloha 1.7	Výpočet návažku chelatónu 3
Úloha 1.8	Výpočet objemu vody

Úloha 2.1	Zápis reakcií
Úloha 2.2	Reakcia spôsobujúcu zakalenie tiosíranu sodného pri jeho státi. Vysvetlenie
Úloha 2.3	Rovnice reakcie štandardizácie Výpočet presnej koncentrácie tiosíranu sodného.
Úloha 2.4	Výpočet hmotnostnej koncentráciu kyslíka ($\text{mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$) vo vzorke vody.

Úloha 2.5	Výpočet návažku manganistanu draselného
Úloha 2.6	Výpočet hmotnosti dihydrátu kyseliny šťaveľovej
Úloha 2.7	Výpočet návažku tetrahydrátu chloridu manganatého

Autori: Ing.Daniel Vašš, Ing. Alena Dolanská, Mgr.Ladislav Blaško,
Ing.Elena Kulichová, Ing.Martina Gánovská

Recenzenti: Ing.Daniel Vašš, Ing.Alena Olexová, Ing.Juraj Malinčík
Mgr.Pavlína Gregorová., Ing. Martina Gánovská,
Ing.Anna Ďuricová, PhD.

Redakčná úprava: Ing.Ľudmila Glosová (vedúca autorského kolektívu)
Slovenská komisia Chemickej olympiády

Vydal: IUVENTA – Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2019