

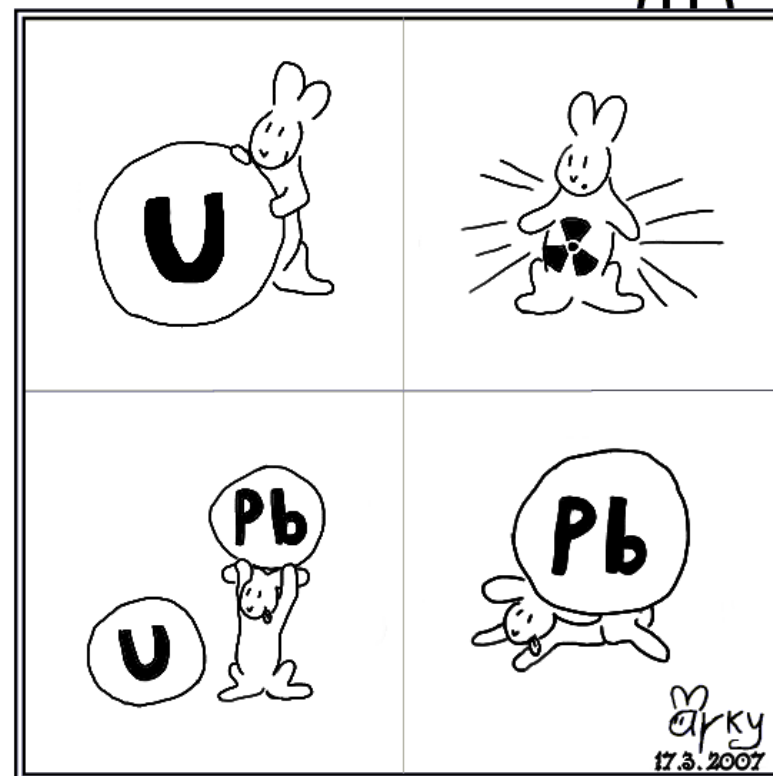


Korespondenční Seminář Inspirovaný Chemickou Tematikou

ročník 5, série 4

2006/2007

Zajíček chemik



Poslední metodou konzervace jsou biologické metody, při nichž se potraviny chrání před mikrobiální zkažou tím, že se podrobí působení jiných, neškodných mikroorganismů. Typickými příklady jsou kysané mléčné výrobky a kvašené alkoholické nápoje (alkohol je, jak známo, buněčný jed, ale některé organismy jej snášejí i ve vyšších koncentracích).

Pokus

Lámala jsem si hlavu, jaký jednoduchý domácí experiment vám přichystat pro tuto sérii, a nakonec zvítězil tento: Zkuste si jednoduchou esterifikací připravit některou ovocnou nebo jinou libě vonící esenci. Možná namítáte, že doma nemáte vše potřebné, ale jistě jste zadobře s vaším vyučujícím chemie, který vaše bádání podpoří. Ale kdyby náhodou ne, snad vám utkví v paměti, proč se ryba podává pokapaná citrónem nebo jiné zajímavosti.

Závěr

Pokud se mi podařilo ukázat vám potraviny očima chemika a přesvědčit vás o tom, že se jedná o neobyčejně pestrý a zajímavý obor, pak byl účel tohoto seriálu splněn. Jistě jsem mnohé opomenula a mnohé zmínila jen povrchně, ale nechtěla jsem vás vysílit vyčerpávajícím encyklopedickým textem.

Vám, kteří jste trpělivě četli až sem, děkuji za pozornost a doufám, že vám čtení seriálu dalo tolik, kolik mně přineslo jeho vymyšlení. Další dík patří všem recenzentům za výbornou spolupráci, a zejména pak Krápníkovi za ilustrační obrázky a Ritchiemu za chemické vzorce.

Literatura

1. Internetová encyklopedie Wikipedia (<http://en.wikipedia.org/wiki/>)
2. Obecná potravinářská technologie, J. Čepička a kol, skripta VŠCHT Praha, 1999
3. Biochemistry, Voet J., Voet D., New York, 2000



Korespondenční seminář probíhá pod záštitou
Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy
Hlavova 2030
128 43 Praha 2

Milí příznivci chemie i ostatních přírodovědných oborů!

Právě držíte v rukou zadání úloh Korespondenčního Semináře Inspirovaného Chemickou Tematikou, KSICHTu. Už pátým rokem pro vás, středoškolačky, KSICHT připravují studenti Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy, Vysoké školy chemicko-technologické a Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity.

Jak KSICHT probíhá?

Korespondenční seminář je soutěž, při níž si vy, řešitelé KSICHTu, dopisujete s námi, autory, a naopak. Vy nám pošlete řešení zadaných úloh, my vše opravíme, ohodnotíme a zašleme vám je zpátky s přiloženým autorským řešením a pěti úlohami nové série. To všechno se za celý školní rok čtyřikrát zopakuje.

Jak se můžete stát řešiteli KSICHTu?

Není nic jednoduššího! Nejprve se *zaregistrujte*¹ a pak pošlete na adresu **KSICHT, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Hlavova 2030, 128 43 Praha 2** (nebo v elektronické podobě na ksicht@natur.cuni.cz) řešení dále uvedených úloh.

Pokud nemáte přístup k Internetu, napište nám s řešením na zvláštní papír *jméno a příjmení, kontaktní adresu, e-mail, školu*, na níž studujete, a *ročník* (studenti víceletých gymnázií, uveďte prosím ročník čtyřletého gymnázia, který je ekvivalentní tomu vašemu).

Anketa

Anketu z minulé série vyplnilo 27 řešitelů, kterým děkujeme. Letošní noví řešitelé se s KSICHTem seznámili přibližně stejně často ve škole, na Běstvině, nebo na Internetu. V loňském ročníku se vám nejvíce líbil „Aspirin“, těsně za ním skončily úlohy „Domino“, „Myjete se?“, „Osmisměrka“ a „Zajímavý

¹<http://ksicht.natur.cuni.cz/prihlaska>

protokol“, které získaly shodný počet hlasů. Z letošních tří sérií se vám nejvíce líbila „Sudoku“, o druhé a třetí místo se dělí „Patero bílých prášků“ a „Objev struktury DNA“.

Úlohy byste většinou chtěli takové, jaké souvisí s každodenním životem a které se týkají novinek ve výzkumu a laboratoři. V jiných typech úloh jste zmínili snad všechna možná odvětví chemie, takže se pokusíme tuto rozmanitost dodržet. Je třeba si ale uvědomit, že každý má jiné záliby a že to, co se líbí jednomu, se nemusí líbit druhému. Věříme, že z nabízených úloh vás aspoň jedna potěší a že ty, které nepotěšily vás, potěší někoho jiného.

V KSICHTí brožurce si nejčastěji čtete zadání (89 %) a řešení (78 %), shodně jsou v oblíbě úvodníček a komiks (74 %), pak následuje seriál (70 %) a úvodní informace (37 %). Je tedy vidět, že máme i řešitele, kteří zadání nečtou!

V příštím ročníku bude vycházet seriál o detektivní chemii. Tento návrh od vás obdržel 83 bodů. Nanočástice zlata získaly 66 bodů a fluorovaná chemie 59 bodů. Jako poslední skončila nukleární magnetická rezonance s 58 body.

Závěrem mnohokrát děkujeme za vaše děkovné dopisy. Budeme se i nadále snažit vést KSICHT k vaší spokojenosti.

Soustředění KSICHTu

Od 11. do 15. června se v Praze na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy uskuteční soustředění KSICHTu. Na programu budou přednášky z různých oblastí chemie a práce v laboratoři. Laboratorní úlohy se budeme snažit sestavit tak, aby si na své přišel jak začátečník, tak i zkušený chemik. Samozřejmě nebudou chybět ani hry na odreagování a večerní program. Ubytování bude hrazeno.

Máme kapacitu pro 30 účastníků, pokud se vás přihlásí víc, bude rozhodovat počet bodů. Máte-li zájem, určitě se přihlašte, bez ohledu na to, kolik máte bodů.

Pokud se chcete soustředění zúčastnit, vyplňte prosím co nejdříve formulář² na webových stránkách KSICHTu. Podrobnosti o soustředění zveřejníme na odkazované stránce v květnu, kdy vás rovněž budeme informovat e-mailem.

KSICHT na Internetu

Na nových webových stránkách KSICHTu³ naleznete brožurku ve formátu PDF a rovněž aktuální informace o připravovaných akcích.

²<http://ksicht.natur.cuni.cz/akce-ksichtu/3>

³<http://ksicht.natur.cuni.cz>

Napadlo vás někdy, proč se při zavařování nechávají sklenice chladnout víčkem dolů? Při ochlazení sklenice klesá tlak ve vzduchové bublině a je tedy třeba zabránit tomu, aby se dovnitř nasál vzduch a došlo k vyrovnání tlaků. Pokud sklenice stojí při chladnutí víčkem nahoru, není drženo dostatečnou silou a může dojít k jeho podfouknutí a tedy vniknutí nesterilního vzduchu dovnitř, v obráceném případě k tomu ale nedochází.



Atraktivní technikou sterilace je použití vysokoenergetického nebo elektro nového záření. Jejím rozšíření v potravinářské technologii však brání (mimo jiné) skutečnost, že ionizující záření poškozuje nutričně cenné látky a dochází k měknutí potravin, vzniku nežádoucích pachutí a dokonce možnému vzniku zdravotně závadných látek. Podobně nevhodná je i sterilace chemická.

Tepelná sterilace se doplňuje s dalšími metodami zvyšujícími odolnost potravin proti mikrobům. *Osmoanabióza* spočívá ve zvýšení osmotického tlaku kapalně složky potravin nad míru snesitelnou mikrobům. Při tomto postupu se přebytečná voda odstraní odpařováním, vymrazováním nebo membránovou dialýzou oproti koncentrovanému roztoku jiné látky (obvykle cukru nebo soli). Osmotický tlak můžeme také zvýšit proslazováním nebo prosolováním potravin, což se obvykle kombinuje s přísadou jiných chemických konzervantů. *Anoxie*, neboli odstranění kyslíku, zcela potlačí rozvoj aerobních mikrobů, a provádí se buď vakuovým balením potravin, nebo nahrazením vzduchu inertní atmosférou.

Chemické a biologické metody konzervace

Dalším typem konzervace je použití *chemických látek*. U nás jsou v současné době povoleny kyselina benzoová, sorbová, mravenčí, oxid siričitý a některé estery kyseliny 4-hydroxybenzoové. Obtížně definovatelným typem chemické konzervace je i uzení.

V různé míře fungují jako konzervační činidla biogenní organické kyseliny, nejúčinnější látkou z této skupiny je ocet, slabší působení má kyselina mléčná a další kyseliny. Tyto další kyseliny však nemají kromě snížení pH žádné další antimikrobiální účinky. Nicméně, i ocet se kombinuje s dalšími konzervačními zálky.

Fytoncidy a antibiotika jsou látky, které si vytvářejí živé organismy (rostliny, resp. plísně nebo jiné houby) na obranu proti infekcím. Použití antibiotik naráží na omezení co do jejich toxicity a současného uplatnění v lékařství a používá se snad jediné *nisin*, produkovaný *Streptomyces natalensis*. Oproti tomu fytoncidy jsou přirozenou součástí různých druhů koření (skořice, hořčice, koriandru...) a zeleniny (křenu, česneku, cibule...).



Všechny tyto reakce probíhají ve vodném prostředí, takže historicky nejstarším způsobem konzervace potravin bylo *sušení* a *mražení* (tato metoda byla po dlouhou dobu poněkud limitována klimatickými podmínkami).

Dalším řešením je vyloučit, nebo aspoň omezit přístup vzduchu (vakuové balení nebo balení potravin do speciálních obalů). Oxidaci je také možno omezit přidáním látek, které se oxidují ochotněji než ty obsažené v potravinách, které chceme konzervovat¹². Takovým látkám se říká *antioxidanty* a jsou to například tokoferoly, kyselina askorbová (vitamín C), estery kyseliny gallové a další látky. Další možností je podpořit oxidaci těch látek, u kterých to „nevadí“: do některých obalů se přidávala glukosaoxidasa, která katalyzovala vyvázání kyslíku na glukosu.

Enzymy je také možné inaktivovat-denaturovat tepelným záhřevem na krátkou dobu a vysokou teplotu. Je třeba ale mít na paměti, že při zvyšování teploty po nějakou dobu aktivita enzymu naopak roste, a proto by cílové teploty mělo být dosaženo pokud možno rychle.

Mikrobní změny

Druhou příčinou nežádoucích pochodů v potravinách jsou rozličné mikroorganismy a jejich metabolity. Původcem mohou být plísně, kvasinky nebo bakterie.

Tyto skupiny mikrobů se liší ve svých nárocích pro život a tomu odpovídají i způsoby, jak se proti nim bránit. Kvasinky a plísně vyžadují kyslík, takže nenapadají potraviny balené vakuově nebo v inertní atmosféře. Tvoří však odolné spory. Bakterie se ve svých požadavcích na kyslík liší, ale obecně nesnáší kyselé prostředí (pH menší než 4). Některé mohou tvořit spory.

První ochranou potravin před mikrobiální zkažkou je důkladné mechanické očištění (pevných surovin) nebo filtrace (kapalných surovin, např. ovocných šťáv) přes membránové filtry. U mléka, kde filtrace nepřipadá v úvahu (zamyslete se, proč), se přistupuje k *baktofugaci*, odstředování při 9000 g.

Dalším krokem je *tepelná inaktivace* mikrobů a jejich spor. Pro konzervaci ovoce a nakládané zeleniny stačí krátkodobý záhřev na teplotu 60–70 °C, který usmrtí plísně a kvasinky, případně jejich spory. Protože je pH těchto potravin kyselé, přirozeně nepodporuje rozvoj bakterií. Potraviny, které nejsou tak výrazně kyselé, je potřeba sterilizovat dlouhodobějším záhřevem na teploty kolem 120 °C, aby se zničily i bakterie. Pověšimněte si také, že působením vysoké teploty při sterilaci dojde k denaturaci většiny enzymů, které by se mohly na rozkladných procesech podílet.

¹²Mají tedy v daných podmínkách poněkud nižší redoxní potenciál, než mají ty složky, které chceme konzervovat.

Pokud máte dotaz k úloze, můžete se zeptat přímo autora na e-mailové adrese ve tvaru jmeno.prijmeni@ksicht.natur.cuni.cz. Jestliže má úloha více autorů, pište prvnímu uvedenému.

Na Internetu sídlí také diskusní fórum Nerozpuštěný křeček⁴. Tématem hovoru nebývá vždy jen chemie. Proto neváhejte a připojte se do diskuse.

Informace o došlém řešení

Máte starosti, zdali k nám vaše řešení dorazilo? Potom je tady pro vás služba KSICHTu! Napište nám, že máte zájem využívat tuto službu, a až nám dojde vaše řešení, pošleme vám e-mail.

Errata

Oprava menší chyby v zadání úlohy Neurosteroidy – sloučenina 1 má sumární vzorec $C_{30}H_{40}O_4$, čemuž odpovídají i jiná hmotnostní procenta elementárního složení.

Opravené podoby brožurek naleznete vždy na webu KSICHTu jako PDF.

Termín odeslání 4. série

Série bude ukončena **30. dubna 2007**. Vyřešené úlohy je třeba odeslat nejpozději v tento den (rozhoduje datum poštovního razítka či datum poštovního serveru).

⁴<http://www.hofyland.cz>

Úvodníček

Milé řešitelky a milí řešitelé!

Stejně tak jako každý rok i letos už to přišlo! Ano, je to tak. Jaro je tu. Pravda, letos ho tu máme již od začátku února, ale o to více je si ho možno užít. A že si ho také někteří jedinci užívají. Stačí si zajít do přírody. Zde v Praze například na Petřín... Na druhou stranu nejen jarními námluvami živ je organismus. Správná mladá intelektuální mysl totiž potřebuje vhodnou duševní stravu. Stejně tak i dostatek pohybu, pravidelný spánek, vyrovnané rodinné prostředí a harmonické vztahy s okolím.

Duševní stravy se vám dostane v této sérii opravdu mnoho. To ano. Ostatní zmíněné věci vám však zaručit nemůžeme. Naopak je spíše pravděpodobné, že díky našim úlohám v nejbližších dnech strávíte hodiny a hodiny shrbení nad knihami, totálně vyčerpání únavou z probdělých nocí a hádkami s rodiči, jestli smíte či nesmíte rozbít kuchyňský teploměr kvůli ověření amalgamové úlohy.

Co se týče rozvracení citového života, zde bude především záležet na tom, zda váš přítel či přítelkyně bude nadšená vašim neustálým hloubáním nad možnostmi izolace lanolinu z ovčí vlny. Inu, nejsou to moc pěkné vyhlídky. Nebuďte však smutní. Domnívám se, že celkově pozitivní dopad informací obsažených našich úlohách tyto drobné problémy zdaleka přehluší.

Tak například: Dozvíte se, jaký má podle Josefa Švejka vliv pouštění větrů na globální oteplování. Zjistíte, proč některá Ěčka chutnají lépe lehce osmažená, kdežto jiná je třeba podusit s organickými kyselinami obsaženými v potravinách. Vypátráte, zda má Nad'a ráda Vika i přes jeho utajovanou alergii na ovčí vlnu a jestli je lepší rtuť z rozbitého teploměru kontrolovaně zneškodnit a nebo si ji raději uschovat v lahvičce do nejbližší návštěvy zubaře.

I přes to všechno jsme se rozhodli jít ještě dále a osobně dohlédnout a napravit kritický stav nahlášených jedinců během našeho jarního výletu a později i červnového soustředění. Všichni jste srdečně zváni!

Přeji mnoho příjemných zážitků během řešení a na výletě ahoj!

Honza Havlík

Nežádoucí změny potravin

Tyto pochody lze rozdělit na mikrobiální (které jsou způsobeny různými bakteriemi, kvasinkami nebo plísněmi) a nemikrobiální (biochemické změny).

Nemikrobiální změny potravin

Ustálený stav, který se udržuje v živých buňkách a tkáních, se po smrti naruší a systém spěje spontánními reakcemi do rovnováhy. Produkty těchto reakcí obvykle nejsou žádoucí a snižují kvalitu potravin. Jaké reakce konkrétně probíhají záleží na typu potravin, ale mají některé společné rysy:

- Porušení integrity buněk způsobí vylití lytických enzymů z lysosomů a ty následně degradují různé složky buněk. Jedná se především o proteasy, které štěpí bílkoviny na kratší peptidy, a nukleasy degradující nukleové kyseliny. Proteolýza je žádoucí pro křehnutí masa, ale jinak se jedná o děje nevídané.
- Barviva a obecně látky obsahující konjugované dvojnásobné vazby se snadno oxidují účinkem vzdušného kyslíku. Příkladem může být hnědnutí ovoce na vzduchu. To je zapříčiněno oxidací přítomných anthokyanů, resp. jejich glykosidů, tríslovin a dalších látek. Podobným jevem je oxidace hemoglobinu na methemoglobin ve svalové tkáni.
- Glukosa je po vyčerpání redukováných koenzymů NAD^+ a FADH_2 metabolizována anaerobně na kyselinu mléčnou, která snižuje pH prostředí. Polysacharidy mohou podléhat částečné hydrolyze a vzniklé nižší sacharidy chutnají sladce, což znáte u pozdních brambor časné zjara¹¹ nebo u semen připravených na klíčení.
- Tuky se mohou oxidovat nebo podléhat hydrolyze a zmýdelňování, např. z mléčného tuku (másla) se hydrolyzou uvolní ostře zapáchající kyselina máselná.

Enzymatické rozklady probíhají daleko rychleji při pokojové teplotě než ve chladu a oxidace může být snadno iniciována volnými radikály vzniklými působením UV záření (jako jedné ze složek slunečního světla), proto choulostivé potraviny „skladujte v chladnu a temnu“.

¹¹U brambor však dochází současně k dýchání, tedy *aerobní* oxidaci glukosy, a proto brambory jen ztrácejí na objemu odparem vody a metabolizováním škrobu, ale nejsou kyselé, spíše nasládlé.

- zvýšení jejich nutriční hodnoty (vitamíny, nenasycené mastné kyseliny, stopové prvky)
- zlepšení kvality a prodloužení trvanlivosti (konzervační látky, antimikrobiální látky)
- zlepšení nebo usnadnění procesu přípravy potravin (směsi na nakládání masa)
- úprava vzhledu a sensorických vlastností

V současné době se používá přes 2888 aditiv⁹, přičemž drtivou většinu tvoří koření a látky jako kypřící prášek, kyseliny citronová a fosforečná, umělá sladidla a přírodní a přírodně identická barviva a aroma. Pro aditiva se vžil název „éčka“, správněji „E kódy“, což jsou čísla používaná v Evropě pro povolená aditiva¹⁰.

Éčka

Chemicky pestrou skupinu aditiv tvoří látky používané pro zlepšení nebo udržení textury potravin. *Emulgátory* zabraňují vyloučení tukové a vodné fáze ze směsi, a jsou to tedy látky s amfifilní povahou. *Stabilizátory* zvyšují stabilitu směsí heterogenních látek obecně, patří sem například látky bránící tvorbě krystalků ledu ve zmrzlině (karaginan). *Zahušťovadla* vynikají svou schopností vázat vodu, příkladem mohou být látky přidávané do nízkotučných jogurtů, které zabraňují vyloučení syrovátky (želatina, škrob), nebo pektin, který se používá při výrobě marmelád. Jako *protihrudkující látky* se přidávají některé anorganické soli, např. hliníkokřemičitan sodný.

Barviva mohou být přírodní, např. β -karoten, chlorofyl, karamel, nebo umělá, která jsou však nejčastěji odvozená od přírodních. Stejně tak aroma bývají většinou přírodní látky nebo jejich deriváty.

Mezi látky zvýrazňující nebo regulující chuť patří různá koření, sladidla (vedle sacharidů je to nejčastěji aspartam), kyseliny (citronová, octová, fosforečná, mléčná, jablečná...) a regulátory kyselosti (neboli pufrý; obecně sodné soli výše zmíněných slabých kyselin nebo kyseliny uhličitě), aroma a další látky. Zvýrazňovače chuti zostrují vnímání ostatních chutí, takovou vlastnost má např. glutamát, který se s oblibou používá v čínské kuchyni a jehož chuť se popisuje jako umami. Také malé množství chloridu sodného poněkud zvýrazňuje ostatní chuť, o čemž nás poučuje i jedna známá česká pohádka – Sůl nad zlato.

Konzervačním látkám se budu věnovat dále v samostatné kapitole.

⁹<http://www.answers.com/topic/food-additive>

¹⁰Státy mimo Evropu často používají jen číselné označení a ne vždy mají odpovídající E kód, protože tyto látky nemusí být v Evropě povolené.

Zadání úloh 4. série 5. ročníku KSICHTU

Úloha č. 1: Osmisměrka

8 bodů

Autoři: Michal Řezanka, Pavel Řezanka a Markéta Zajícová

Y	N	I	T	K	E	P	N	I	S	O	R	H	T	Y	R	E	Z	E
J	I	M	Á	A	S	P	A	R	T	A	M	É	N	A	A	L	P	
S	R	T	R	A	B	I	X	L	I	H	Z	Á	G	T	T	O	O	R
O	T	Y	T	M	O	Č	O	V	I	N	A	A	Á	E	L	T	2	
R	X	N	I	E	T	U	L	5	D	A	0	U	L	,	Y	I	B	
T	E	E	C	A	R	V	I	U	I	N	S	L	M	D	V	Y	N	A
H	D	T	L	U	O	S	E	1	E	A	A	E	A	T	5	N	R	
O	O	O	Y	0	K	Í	Y	,	G	K	X	T	Á	T	T	A	G	
F	L	R	H	Y	K	R	L	P	L	A	T	Ř	M	R	H	I	M	O
E	K	A	T	Í	C	Í	O	Y	R	L	A	Á	O	E	T	N	N	
N	Y	K	E	L	A	T	P	G	O	A	L	K	K	A	V	E	5	
Y	C	0	I	3	O	L	Z	L	K	A	Y	K	D	N	N	O		
L	-	B	R	Ř	R	E	Y	Y	Y	A	P	R	A	O	I	P	I	
F	A	E	T	P	Z	Č	H	C	E	N	C	N	É	R	B	L	B	
E	T	H	Y	L	M	E	T	H	Y	L	C	E	L	U	L	O	S	A
N	E	Y	A	L	L	Š	E	L	A	K	Y	R	B	I	A	E		
O	B	T	M	I	U	L	M	B	E	N	T	O	N	I	T	K	G	Á
L	O	T	U	N	I	S	I	N	O	R	Z	Y	N	D	E	4	7	
1	M	A	E	3	D	2	2	A	L	O	R	E	C	Y	L	G		

Sdělovací prostředky na nás dennodenně útočí informacemi o škodlivosti tzv. Éček. Co jsou ale tyto látky zač? To se dozvíte při řešení této úlohy.

1. Každému číslu z tabulky 1 přiřaďte název (vždy jednoslovný) a ten potom zaškrtněte v osmisměrce. Pokud pro dané Éčko existuje více názvů, uveďte ten, který je v osmisměrce. Osmisměrku nám posílat nemusíte, stačí, když nám napíšete číslo Éčka (seřaďte je vzestupně) a k němu příslušný název.
2. Nevyskrtnuté znaky (včetně mezer apod.) tvoří tajenku. Napište ji.
Upozornění: Písmeno CH považujte za dva znaky, tzn. za C a H!
3. Seřazení Éček v Tabulce 1 není náhodné. Podle čeho jsou tedy seřazena?

- I v samotné tajence se vyskytují čísla ěček. Napište jejich názvy a možné použití.
- V jaké vyhlášce jsou definovány podmínky použití látek přídatných (neboli ěček)?



JÍDLA BYLO VÝBORNÉ.

Dokončení vtipu je uvedeno v tajence.

Poř.	Ěčko	Poř.	Ěčko	Poř.	Ěčko	Poř.	Ěčko
1	E175	10	E927b	18	E421	26	E952
2	E941	11	E160a	19	E163	27	E900
3	E939	12	E558	20	E122	28	E474
4	E938	13	E904	21	E310	29	E459
5	E951	14	E127	22	E553b	30	E231
6	E406	15	E234	23	E410	31	E1103
7	E559	16	E407	24	E1505	32	E1200
8	E161b	17	E440	25	E957	33	E465
9	E422						

Tabulka 1: Čísla ěček vyskytujících se v osmisměrce

Velmi pestrou skupinou jsou pak heterocyklické dusíkaté látky označované jako **alkaloidy**. Setkáme se s nimi v různých typech bylin a koření a mnohé z nich jsou zodpovědné za hořké tóny chutí. Jedná se však o biologicky aktivní látky, které ovlivňují fyziologii, takže se až na výjimky jako potravinářská aditiva neuplatňují.

Princip vnímání vůní a chutí (jemný nástin)

Schopnost vnímat chemické látky ve svém okolí a reagovat na jejich koncentrační gradient mají i primitivní organismy, avšak rozpoznávají jen několik málo typů látek. U vyšších živočichů se pak vyvinuly specializované buňky, které měly schopnost citlivě reagovat na různé chemické podněty, a tyto buňky daly základ specializovaným smyslovým orgánům, *chemoreceptorům*. Vnímání chuti a vůně má společný princip, ale liší se citlivostí, dosahem, v chemickém charakteru rozpoznávaných látek a počtem různých sloučenin, na které reagují.

Vnímání vůní a chutí založeno na jednoduchých principech: nejprve se molekula takové látky naváže na bílkovinný receptor vně buňky, která se na její vnímání specializuje. Tato interakce se promítne do prostorového uspořádání molekuly receptoru a dojde k mírné změně jeho tvaru. Receptor zasahuje i dovnitř buňky, a tak se tato konformační změna přenesne i na molekuly, které se vážou v buňce, některá vazebná místa zaniknou a naopak se vytvoří jiná. Molekuly zodpovědné za šíření signálu uvnitř buňky mají buď enzymatickou aktivitu, nebo schopnost ji modulovat (v tomto případě mluvíme o tzv. „druhých poslech“). Původní podnět je tedy velmi *rychle a specificky* rozšířen a vyvolá příslušnou reakci. Tou je změna membránového potenciálu smyslové buňky, vytvoření nervového vzruchu, který se v mozku vyhodnotí jako smyslový vjem.

Abych byla přeci jen trochu konkrétnější – proteiny zodpovědné za přenos signálu z receptoru do buňky jsou takzvané *G-proteiny*: písmeno G je odvozeno od toho, že se na proteiny této skupiny váže GTP⁸ nebo GDP jako allosterické faktory (ovlivňující jeho vlastnosti a enzymatickou aktivitu). V roli druhého posla zde figuruje cyklický adenosinmonofosfát (cAMP). Pro více informací již laskavý čtenář zajisté sáhne sám do literatury.

Potravinářská aditiva

Jako *potravinářská aditiva* se označují látky, které se přidávají do potravin za účelem zlepšení následujících vlastností:

⁸Guanosintrifosfát, GTP, a guanosindifosfát, GDP, jsou podobné jako ATP a ADP nukleosidfosfáty. GTP a ATP se řadí mezi energeticky bohaté látky, protože jejich hydrolyzou se uvolní výrazné množství energie.

Seriál – Chemie v kuchyni IV

Autor: Helena Handrková

V tomto díle dokončím to, co jsem započala v díle minulém, pokusím se vám objasnit princip vnímání chuti a vůně. S dalšími sensoricky aktivními látkami se seznámíte v úloze „Víme, co jíme“, kterou pro vás připravila Petra Ménová. Zastavím se tedy u dalších sensoricky aktivních látek a potravinářských aditiv, které jsou mimo rámec této úlohy. Naši exkursi chemií potravin zakončím principem jejich zkázy a metodami konzervace potravin.

Sensorické vlastnosti potravin (II)

Sensoricky aktivní látky s hydrofilním charakterem

Zatímco vůni, aroma potravin určují převážně těkavé nepolární látky, chuti vnímáme spíše látky polární, rozpuštěné ve vodě. Vnímáme čtyři základní chutě (slanou, sladkou, kyselou a hořkou), ke kterým se řadí ještě chuť umami (těžko popsateľná chuť po masovém bujónu nebo koření maggi) a chuť palčivá⁷, kterou vnímáme skrze receptory bolesti.

Obecně platí, že nízkomolekulární látky jsou těkavější než jejich těžší homology. Avšak u menších polárních látek se více projevují mezimolekulové interakce (elektrostatické síly a vodíkové můstky), které drží molekuly pohromadě a těkavost naopak snižují. Polárních aromatických složek potravin je tedy méně než nepolárních.



Z této skupiny mají bezpochyby největší význam **estery**, které tvoří typicky vonící složky obsažené v rozličných druzích ovoce. Více se o nich dozvíte díky úloze Petry Ménové.

Za zmínku dále stojí jednoduché **aminy**. Trimethylamin je základní složkou typického pachu ryby, který je (podle druhu ryby a dalších faktorů) doprovázen dalšími aminy dotvářejícími výsledné aroma. Ryby se obvykle servírují pokapané citronem, protože obsažená kyselina citronová protonizuje tyto aminy a tím výrazně omezuje jejich těkavost a tedy neutralizuje jejich pach.

Také si nelze nevsimnout některých jednoduchých **organických kyselin** octové a máselné nebo mléčné, které jsou produkty mikrobiálního metabolismu nebo nežádoucích oxidačních procesů. Jako koření se používá jen ocet, ten kvalitnější se vyrábí z vína a ten obyčejný kvašením sacharidů na vhodném substrátu. Alkoholy se jako aromatické látky neuplatňují, i když mají také charakteristickou vůni.

⁷o které jste se mohli dovědět více např. v úloze „Princip palčivé chuti“

Úloha č. 2: Vik – velký umělec organických syntéz

8 bodů

Autor: Iva Voleská

„Už jsem se bála, že vůbec nepřijdeš,“ řekla Edita s očividným úsilím, aby v tom neoznámil ani mikrogram výtky, nýbrž naopak tuna láskyplné blahovůle.

„Vy jste se bála taky?“ zeptal se Vik Nadi.

„Ano, když jste tak dlouho nešel?“

„To protože svítí sluníčko. Až bude pršet, napracuji si to. Vy děláte každý den stejně?“

„To je snad normální, ne?“ řekla Nadi a ostražitě.

„Ale snad dost únavné, ne?“ opáčil Vik.

„Vik má úplně pravdu,“ zasáhla Edita rychle, „a pak, Vik není nějaký řadový chemik, ale velký umělec organických syntéz a za hodinu vymyslí víc než třeba já za půl roku.“

„Vidím, že budeš ode mne něco chtít,“ řekl Vik nevzrušeně Editě, otevřel ledničku a začal pokojně snídat mléko a poslední jogurt z Prahy.

„Jen úplně docela jenom nepatrnou maličkost,“ usmála se Edita a jala se horlivě předvádět své lanolinové kaše, pasty a medy, produkty to vesměs odporné už na pohled.

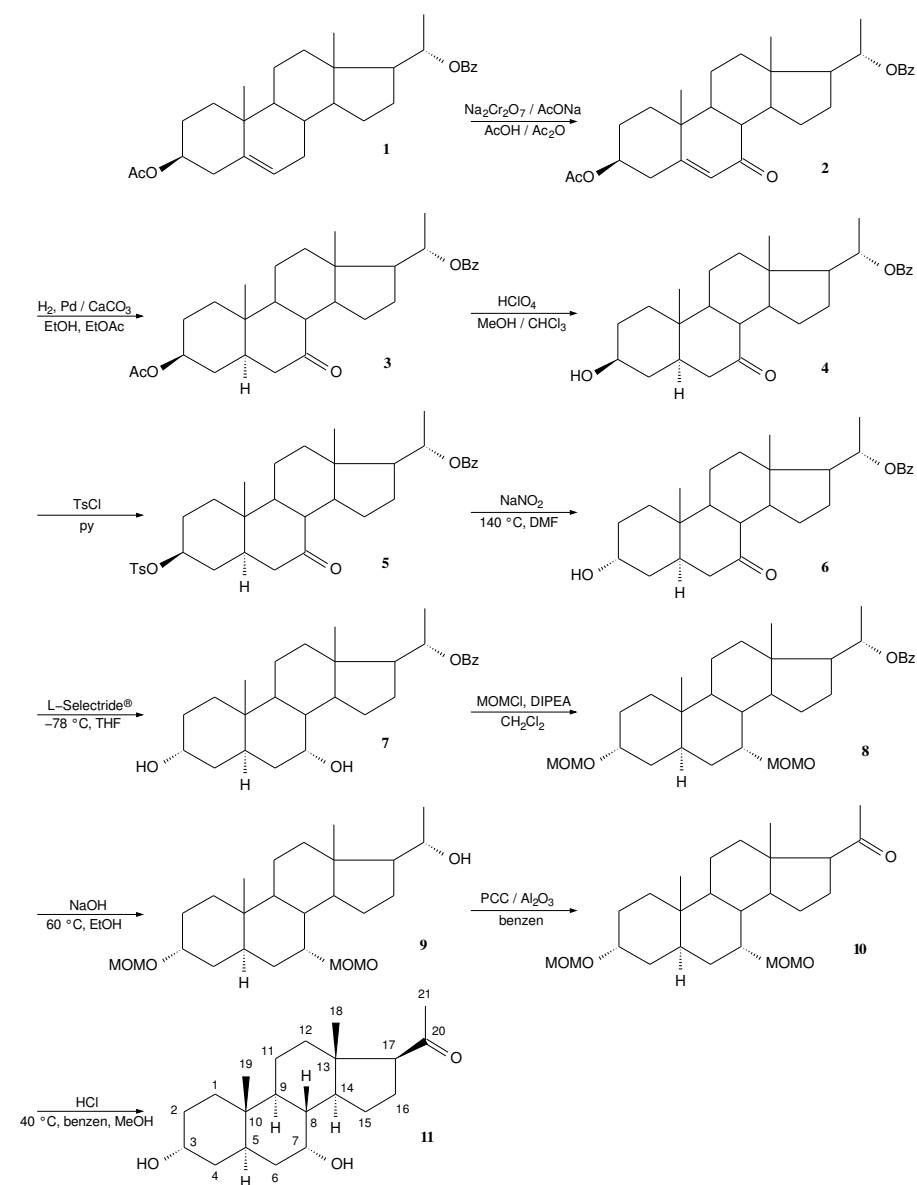
Ještě než dosnídal, pochopil Vik Editinu nesnáz. Měla za úkol z lanolinu, odpadajícího při praní ovčí vlny, izolovat látku X.

1. Z kterého románu je ukázka a kdo je jeho autorem?
2. Identifikujte látku X a uhlovodík, od kterého jsou látky tohoto typu odvozeny. Nakreslete i struktury obou látek. (Nápověda: Látky jsou součástí lipidových dvojvrstev a v organismu vzniká v posledním kroku biosyntézy z lanosterolu na membránách endoplasmatického retikula). Houby obsahují strukturně podobnou látku Y. Jakou? Která z těchto dvou látek (X a Y) má větší molekulovou hmotnost?
3. Pomocí čeho byla látka v románu izolována (Z)?
4. Z obsahuje mimo jiné látky A, B a C.
 - (a) Při zahřívání látky A s hydroxidem sodným a vápenatým vzniká nejjednodušší uhlovodík (reakce 1).
 - (b) Látky B se snadno rozkládá (reakce 2). Co by bylo vhodné použít jako katalyzátor reakce 2 a co jako její inhibitor? Látky B se vyrábí oxidací 2-alkylantrahydrochinonu kyslíkem za teploty asi 35 °C, tlaku 500 kPa a paladia jako katalyzátoru (reakce 3).

- (c) Látka *C* vzniká při dvoustupňové syntéze. Prvním krokem je reakce ethan-1,2-diolu s ethylenoxidem (reakce 4a), ve druhém vznikající molekula reaguje s kyselinou chlorovodíkovou při teplotě 500 °C za vzniku *C* (reakce 4b).

Látky *A*, *B* a *C* pojmenujte a napište jejich vzorce. Dále uveďte reakce 1–4b.

5. *Z* obsahuje také kyselinu peroxyoctovou, která má pK_A 8,20. Určete pH roztoku této kyseliny (a), je-li její koncentrace $0,01 \text{ mol dm}^{-3}$ a koncentraci kyseliny octové (b) v mol dm^{-3} o stejném pH. pK_A kyseliny peroxyoctové je o 3,50 větší než pK_A kyseliny octové. Považujte oba roztoky za ideální. Která z kyselin je silnější a proč?
6. Předpokládejte, že máte podobný úkol – rozpustit *X*. Jaké vlastnosti (obecně) by mělo mít požadované rozpouštědlo (např. typ látky, fyzikální vlastnosti)? Předpokládejte, že rozpouštění chcete provádět v průmyslovém měřítku).



Obrázek 1: Reakční schéma přípravy derivátů pregnanolonu

Úloha č. 5: Neurosteroidy**14 bodů**

Autor: Michal Řezanka

1. Viz reakční schéma.
2. Písmena α a β v názvosloví steroidů popisují stereochemii na jednotlivých atomech uhlíku. Substituent je α , pokud směřuje pod rovinu steroidu (čárkovaná vazba), a β , pokud směřuje nad rovinu steroidu (plný klínek). K absolutní konfiguraci toto označení nemá žádný vztah. α může být stejně dobře R jako S ; podobně i β .
3. Viz reakční schéma.
4. Při tvorbě úlohy jsem vycházel z článku popisujícím předkládanou syntézu [1]. Část syntézy jsem měl za úkol provést v rámci odborné praxe na ÚOCHB AVČR (Ústav organické chemie a biochemie). Reakce jdou za sebou v tomto sledu:

Allylová oxidace na uhlíku 7, hydrogenace na 5α derivát (ke vzniku druhého izomeru nedochází ze sterických důvodů), hydrolýza acetylu, ochránění hydroxyly, nukleofilní substituce a hydrolýza za změny konfigurace na stereogenním centru, selektivní redukce ketonu na 7α derivát (ke vzniku druhého izomeru nedochází ze sterických důvodů), ochránění hydroxylů methoxymethyly, hydrolýza benzoylu (tato esterová vazba je nestálá v zásaditém prostředí, na rozdíl od ostatních použitých chránicích skupin, které jsou nestálé v prostředí kyselém), oxidace alkoholu na keton na uhlíku 20 mírným oxidačním činidlem a konečná hydrolýza methoxymethylů za vzniku kýženého produktu.

5. (a) Singlet u 2,02 ppm je signál methylové skupiny z hydrolyzovaného acetylu, singlet u 2,45 ppm je methyl z tosyly, signály mezi 7 a 8 ppm jsou vodíky na benzenovém jádře tosyly, signál u 3,83 ppm je vodík na uhlíku číslo 7, signály s hodnotou vyšší než 5 ppm zmizely, jelikož byl odhydrolyzován benzoyl s vodíky mezi 7,4 a 8,1 ppm.
(b) 1709 cm^{-1} je absorpční pás C=O na uhlíku 7, 1699 cm^{-1} je absorpční pás C=O na uhlíku 20.

Literatura

1. Chodounská H.; Kasal A. *Collect Czech Chem. Commun.* **1998**, *63*, 1543–1548

Otázka 1 – 1 bod, otázka 2 – 1 bod, otázka 3 – 10,5 bodu a otázka 4 – 1,5 bodu. Celkem 14 bodů.

Úloha č. 3: Amalgámy**9 bodů**

Autor: Radek Matuska

Začneme příhodou, která se mi nedávno stala. Na přednášce mi zvoní telefon, a když jej zvednu, do sluchátka se mi ozve zoufalý kamarád, co právě rozbil teploměr, a že jestli proboha nevím, co s tím, aby se u něj doma všichni neotrávili. . . Abych to neprotahoval, tak vás teď nechám mluvit za mě, protože jistě tušíte, co bude vaším úkolem.



1. Zkuste vysvětlit, proč je třeba vylitou rtuť zneškodnit, přestože je známo několik případů, kdy si sebevrazi podali rtuť nitrozilně a přežili.
2. Rovněž zkuste vysvětlit, proč se neotrávili sebevrazi popsaní v předchozí otázce.
3. Vysvětlíte pojem amalgám a popište schématem obecně vznik sodíkového amalgámu. Je tvorba sodíkového amalgámu reakcí exotermní, nebo endotermní? Jak byste to zdůvodnili? Způsob zápisu amalgámu si zvolte nejlépe M/Hg. (Pokud se nejedná o vyloženě stechiometrickou sloučeninu!)
4. Ještě se chvíli zdržíme u sodíkového amalgámu a pak se konečně pustíme do té rozlité rtuti. . . Jednoduše popište, jak to vypadá se skupenstvím sodíkového amalgámu v závislosti na jeho složení (tedy v závislosti poměru Na : Hg).
5. Pokuste se najít způsob, kterým by se dala vylitá rtuť odstranit. (Odpověď nehledejte jen v názvu úlohy!) Najděte alespoň dva způsoby, jejichž použitelnost zdůvodněte schématem i slovně.
Nápověda: Jeden způsob využívá výhodných vlastností určitého amalgámu. Při zápisu rovnice uvažujte jenom reakci „nertuťového“ kovu a stechiometrii 1:1.
6. Vypočtete, kolik gramů každé z výše zjištěných látek je třeba ke zneškodnění rtuti z obyčejného teploměru, ve kterém byla rtuť ve válcové nádobce o vnitřním poloměru 2 mm a výšce 1,0 cm a rtuť v kapiláře teploměru o vnitřním průměru 0,20 mm vystoupala k $22\text{ }^{\circ}\text{C}$. Stupnice byla dělena od $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ po $1,0\text{ mm}$ na $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, proluka mezi nádobkou na rtuť a stupnicí je $0,50\text{ cm}$. Hustota rtuti je $\rho_{\text{Hg}} = 13,58\text{ g cm}^{-3}$ při $22\text{ }^{\circ}\text{C}$.
7. Jak jistě víte, rtuť v teploměru tuhne zhruba při $-38\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tuto nepříjemnou vlastnost lze částečně (až do $-58\text{ }^{\circ}\text{C}$) odstranit rovněž použitím jistého amalgámu. Zkuste najít jakého.

To, co jsme teď provedli, však zcela jistě není jediné využití amalgámů. Určitě si pamatujete na zubní plomby z dětství. Ty jsou rovněž tvořeny amalgámem – a ne tak ledajakým. Zkusme si tedy povědět něco o dentálních amalgámech.

8. Jaké vlastnosti by měl mít takový dentální amalgám, aby byl vůbec použitelný v lékařství? Zkuste najít alespoň tři takové aspekty.
9. Kdo poprvé použil dentální plomby na bázi amalgámů? Ve kterém roce to bylo?
10. Běžné amalgámy jsou směsí jednoho dílu rtuti a jednoho dílu (obé hmotnostní) směsi zlata, stříbra a mědi. Předpokládejme nyní pro jednoduchost, že poměr $Au : Ag : Cu = 1 : 1 : 1$ (hm.) a zubař pro naši plombu použije 3,12 g amalgámu. Vypočítejte, kolik gramů zlata a rtuti nám tak vpraví do organismu.
11. Buďme nyní trochu skrblicí a pokusme se zjistit, jak by se daly ony drahé kovy z dentálního amalgámu dostat ryzí bytí ve směsi (Au, Ag, Cu). Stručně se vyjádřete k tomuto způsobu získávání a jeho zdravotních aspektech.

Poměrně zajímavým využitím tvorby amalgámu je výroba hydroxidu sodného elektrolýzou roztoku chloridu sodného za použití rtuťové elektrody jako katody. Je to poměrně významná průmyslová výroba a měli bychom se jí tedy zaobírat trochu více.

12. Napište, jaká reakce probíhá primárně na katodě i anodě při elektrolýze roztoku chloridu sodného. Na katodě uvažujte i reakci se rtuť.
13. Zabrousíme trochu do historie: Jak se obvykle nazýval (a dnes ještě někdy stále nazývá) roztok chloridu sodného?
14. Pokud jste odpověděli na otázku 12 správně, určitě se nedivíte, proč nám žádný hydroxid nevznikl, přestože jsme ho vyráběli. Napište tedy, jak vzniká hydroxid sodný z primárního produktu reakce na katodě.

Po dosazení (9) do (8) a drobných úpravách postupně dostaneme

$$K_B = \frac{\alpha[\text{OH}^-]}{c - [\text{BH}^+]} = \frac{\alpha[\text{OH}^-]}{c - \alpha c} = [\text{OH}^-] \frac{\alpha}{1 - \alpha} \quad (10)$$

Výraz pro iónový produkt vody K_w ($\approx 1 \cdot 10^{-14}$ pre 20 °C)

$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] \quad (11)$$

upravíme a dosadíme do (10)

$$K_B = \frac{K_w}{[\text{H}_3\text{O}^+]} \frac{\alpha}{1 - \alpha} \quad (12)$$

a po drobných úpravách dostaneme výraz pre výpočet α

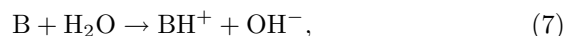
$$\alpha = \left(1 + \frac{K_w}{K_B[\text{H}_3\text{O}^+]} \right)^{-1} \quad (13)$$

Pretože rovnice (8) a (11) platia všeobecne, musí rovnica (13) platiť nielen pre roztok čistej báze, ale aj obecně pre tlmivý roztok. Zo zadania vieme, že $[\text{H}_3\text{O}^+] = 3,16 \cdot 10^{-8}$ a $K_B = 2,0 \cdot 10^{-6}$. Po dosadení číselných hodnôt do rovnice (13) dostaneme $\alpha \approx 86\%$.

- (b) Možností je samozrejme viac. Prvá z nich je klasické zmiešanie vypočítaných množstiev roztokov TRIS a HCl, doplnenie sústavy do definovaného objemu a následná kontrola pH takto vzniknutého roztoku. V praxi by bolo možné pripraviť tento tlmivý roztok aj „titráciou“ daného množstva roztoku TRIS roztokom HCl (alebo naopak) za súčasného intenzívneho miešania a merania pH. „Titrácia“ sa ukončí v okamihu dosiahnutia požadovanej hodnoty pH.
- (c) Z rohovky sa počas nosenia KŠ cez deň vyplavujú proteíny a iné sploďiny látkovej premeny jej buniek. Podstatná časť týchto látok je z priestoru medzi rohovkou a KŠ vyplavovaná slzami. Malá časť sa však adsorbuje na vnútornom povrchu KŠ. Jednou z funkcií čistiaceho roztoku je chemická denaturácia a následná desorbcia týchto proteínov. Oba tieto deje možno výrazne urýchliť fyzikálnou cestou – ultrazvukom. Vo voľnom roztoku sa desorbcia uskutočňuje len pomocou difúzie. Po zapnutí ultrazvuku pristupuje k difúzii aj ďalšia možnosť látkového toku – konvekcia. Desorbcia sa tým urýchluje.

Otázky 1a–1d po 0,5 bodu, otázky 2a a 2b po 1,5 bodu, otázky 2c a 2d po 1 bodu, otázky 3a a 3b po 0,5 bodu, otázka 4a – 1,5 bodu, otázka 4b – 0,5 bodu a otázka 4c – 1 bod. Celkom 11 bodů.

- (b) Analogicky ako v (a), po dosadení číselných hodnôt zo zadania dostaneme výsledok $3,9 \cdot 10^{19}$ molekúl. Prísun kyslíka do rohovky bez KŠ je teda asi 3krát vyšší.
- (c) Rozptylky sú v strede tenké a na okraji hrubé, u spojok je to práve naopak. Okrajová časť rohovky sa priamo nezúčastňuje refrakčnej činnosti oka, pretože sa pod ňou nachádza dúhovka plniaca funkciu optickej clony. Naopak stredná časť rohovky odpovedá oblasti zorničky a teda sa lom svetla priamo zúčastňuje. Navyše majú okrajové časti rohovky ešte jednu možnosť výživy – krvné riečište z očného bielka. Podstatná je teda hlavne difúzia v strednej časti rohovky, ktorá je vyššia, keď je centrálna oblasť KŠ tenšia. Z hľadiska výživy sú teda výhodnejšie rozptylky.
- (d) Súvisí to so znížením rýchlosti difúzie kyslíka do rohovky. Očný bielok v okolí rohovky na to reaguje zvýšeným prekrvením, aby sa zachoval dostatočný prísun kyslíka a konštantná úroveň metabolizmu buniek rohovky.
3. (a) Index lomu čistej vody je vždy menší ako index lomu pevnej časti materiálu KŠ. Zvyšovaním obsahu vody v KŠ sa jej index lomu teda znižuje.
- (b) Je to hlavne dostatočná mechanická odolnosť (pevnosť v tlaku a ťahu) a nezávislosť tvaru materiálu na drobnej zmene pH a osmolarity slz. Dôležitý je aj konštantný obsah vody v KŠ. Zmena obsahu vody by spôsobila zmenu indexu lomu a teda aj zmenu optickej mohutnosti KŠ, čo je v praxi nežiadúce. V neposlednej rade je podstatná aj dobrá zrnitosť, pohyblivosť v oku a biokompatibilita materiálu KŠ s tkanivom rohovky.
4. (a) V čistej vode reaguje TRIS (= B) podľa rovnice



ktorú možno charakterizovať konštantou zásaditosti K_B

$$K_B = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]} \quad (8)$$

Asociačný stupeň (rovný podielu protonizovanej formy TRIS v roztoku) je

$$\alpha = \frac{[BH^+]}{c} \quad (9)$$

Úloha č. 4: Víme, čo jíme

Autor: Petra Ménová

11 bodů

Naši výživu zajišťují základní složky potravin – bílkoviny, sacharidy a lipidy. Kromě toho musí potrava obsahovat nezbytné vitamíny, minerální látky a také nestrávitelnou vlákninu, důležitou pro fyziologickou aktivitu zažívacího traktu. Do mnoha potravin se přidávají nejrozličnější chemické sloučeniny pro zlepšení chuti, vůně, vzhledu, ale také za účelem konzervace a větší odolnosti vůči oxidaci vzdušným kyslíkem.



1. K okyselení potravin slouží celá řada organických kyselin, především kyselina octová, citronová, vinná, jablečná, mléčná. Nakreslete jejich vzorce a označte hvězdičkou asymetrické uhlíky. Kolik existuje kyselin vinných (podle stereochemie na asymetrických uhlících)? Nakreslete je. Co je to kyselina hroznová?
2. Všechny kyseliny z otázky 1 se přirozeně vyskytují v ovoci, bez problémů se vstřebávají a také se snadno metabolizují. Jejich nadměrná konzumace však může poškodit zubní sklovinu. Hlavní anorganickou složkou skloviny je látka *A*. Používáním zubní pasty s fluorem dochází ke změnám ve složení skloviny, z látky *A* vzniká látka *B*. Napište vzorce látek *A* a *B* a obě látky pojmenujte triviálními názvy. Jsou rozpustné ve vodě? Která nich je méně rozpustná? Co se s látkami *A* a *B* stane v kyselém prostředí (budete-li si například dopřávat kilogram citrusů denně)? Jak tato změna ovlivní jejich rozpustnost?
3. Aromata se používají k dodání vůně potravinám i nápojům. Mají různou chemickou povahu, nejrozšířenější jsou estery karboxylových kyselin. Napište vzorce rumové, banánové, hruškové a ananasové esence. Aby esterifikace probíhala rychleji, přidávají se do reakční směsi katalyzátory. Při výrobě rumové esence se nejčastěji používá kyselina sírová. Odvoďte mechanismus této kyselého katalyzované esterifikace a vysvětlete funkci kyseliny sírové jako katalyzátoru.
4. Benzenové deriváty představují další skupinu aromatických substancí. Po čem voní benzaldehyd a methylantranilát? Nakreslete také jejich vzorce. Která jedovatá anorganická látka voní podobně jako benzaldehyd?
5. Eugenol, látka sama o sobě aromatická, může být využita k syntéze dalších aromatických sloučenin – vanilinu. Dvojná vazba eugenolu se nejprve posune do konjugace účinkem koncentrovaného KOH. Fenolická skupina takto

získaného isoeugenolu se ochráni acetyláci. Nenasycený řetězec se zoxiduje dichromanem draselným. Nakonec se hydrolyzou získá cílový produkt – vanilin.

Napište vzorec eugenolu a zjistěte, v jakém koření je obsažen.

Pomocí reakčních schémat vyjádřete výše popsanou syntézu vanilinu.

6. Nezaměnitelné vůně skořice se dá dosáhnout přidáním kyseliny skořicové nebo jejího aldehydu. Ten se připravuje aldolovou kondenzací benzaldehydu s acetaldehydem. Kyselina skořicová se vyrábí tzv. Perkinovou syntézou – zahříváním benzaldehydu s acetanhydridem.

Popište obě reakce reakčními schématy a uveďte, zda je pro jejich provedení nutná kyselá nebo bazická katalýza.

7. Diallyldisulfid je součástí silice česneku kuchyňského, z něhož byl také izolován jako jedna z prvních sloučenin obsahujících nenasycený uhlovodíkový zbytek. Pokuste se zjistit, proč se tento zbytek nazývá právě allyl. Malá nápověda: Správný chemik vidí i za hranice svého oboru.

Jak byste připravili diallyldisulfid z allylthiolu a jak byste z něho získali zpět allylthiol?

8. Z hořkých látek se jako přísady do potravin nejvíce uplatňují sloučeniny ze skupiny alkaloidů a chmelových pryskyřic. Vyjmenujte tři hořké alkaloidy (jsou obsaženy v kávě, čaji, toniku) a dvě skupiny hořkých látek obsažených v chmelu (tzv. α - a β - hořké kyseliny).

Hořký alkaloid obsažený v toniku se používá na léčbu jedné vážné choroby, jaké?

Úloha č. 4: Kontaktné šošovky

11 bodů

Autor: Viliam Kolivoška

- Týmto slávnym učencom bol Leonardo da Vinci.
 - Prvým materiálom použitým na výrobu KŠ bolo paradoxne sklo. Buď to teda sklo čisté, prípadne zakrivená sklenená trubica naplnená vodou. Samozrejme, že znášanosť takýchto KŠ bola veľmi malá a sklo bolo postupne nahradené celuloidom a neskôr samozrejme aj rozličnými modernejšími materiálmi.
 - Vynálezcom je akademik Otto Wichterle.
 - Čočka.
- (a) I. Fickov zákon

$$\frac{1}{S} \frac{dn}{dt} = -D \frac{c_{in} - c_{out}}{L} \quad (1)$$

si upravíme na tvar

$$n = \frac{DSt}{L} (c_{out} - c_{in}). \quad (2)$$

Koncentráciu O_2 v atmosfére c_{out} si vyjadríme zo stavovej rovnice pre ideálny plyn

$$c_{out} = \frac{n_{O_2}}{V} = \frac{p_{O_2}}{RT} \quad (3)$$

a po využití Daltonovho zákona dostaneme

$$c_{out} = \frac{p_{atm} x_{O_2}}{RT}, \quad (4)$$

kde p_{atm} je atmosférický tlak a x_{O_2} je molový zlomok kyslíka vo vzduchu. Po dosadení (4) do (2) a vynásobením oboch strán vzniknutej rovnice Avogadrovou konštantou N_A dostaneme rovnicu pre výpočet počtu molekúl kyslíka N

$$N = \frac{N_A DSt}{L} \left(\frac{p_{atm} x_{O_2}}{RT} - c_{in} \right). \quad (5)$$

Po dosadení číselných hodnôt zo zadania dostávame (pri $T = 308$ K a $p_{atm} = 101325$ Pa)

$$N = \frac{6,022 \cdot 10^{23} \cdot 1,56 \cdot 10^{-9} \cdot 1,33 \cdot 10^{-4} \cdot 16 \cdot 3600}{0,5 \cdot 10^{-3}} \cdot \left(\frac{101325 \cdot 0,21}{8,314 \cdot 308} - 7,5 \right) = 1,2 \cdot 10^{19} \text{ molekúl}. \quad (6)$$

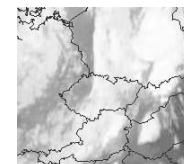
Otázka 1 – 0,5 bodu, otázka 2 – 1 bod, otázka 3 – 1 bod, otázka 4 – 1,6 bodu, otázka 5 – 2,1 bodu, otázka 6 – 1,2 bodu, otázka 7 – 0,5 bodu, otázka 8 – 1 bod, otázka 9 – 2,1 bodu. Celkem 11 bodů.

Úloha č. 5: Švejkoviny atmosféry

11 bodů

Autor: Karel Berka

Do poklidu starého domu potichu zpívaly svůj duet paličky pletení občas přerušované zašustěním novin. „Už jste to slyšela, paní Štruncová? Prej se naše Matička Země zahřívá. Nějaký větry prej pouštíme do tej, no, atmosféry a teď konc se nám to mstí.“ Švejk se zamyslel. „Znal jsem kdysi jednoho...“



1. Dokončete Švejkovo vyprávění. Koho znal tentokrát? Nejnápaditější odpověď dostane bodový bonus.

Opustíme teď na chvíli Švejka a začneme se věnovat atmosféře jako takové. Atmosféra je plynný obal Země (viz Tabulka 1), který nám poslední dobou provádí pěkné švejkoviny.

Pro nízké molární koncentrace plynů se zavádí jednotky **ppm** (parts per million, „částic na milion částic celkem“, tj. 10^{-6}), **ppb** (parts per billion, pozor jde o americký billion, tedy naši miliardu 10^{-9}) a **ppt** (parts per trillion). Pro ilustraci si můžete představit ppm jako jednu kapičku inkoustu ve 150 litrech vody.

Aby byla situace nepřehlednější, občas se emisní limity vyjadřují v jednotkách $\mu\text{g m}^{-3}$ a některé látky, například reaktivní radikály, mohou mít koncentrace dokonce tak malé, že se k jejich vyjadřování používají jednotky **molekula cm^{-3}** .

majoritní látky	zastoupení	minoritní látky	zastoupení
dusík	78,084 %	oxid uhličitý	350 ppm
kyslík	20,946 %	neon	18,18 ppm
argon	0,900 %	methan	1,7 ppm
voda	0–4 %	ozon	0,040 ppm

Tabulka 1: Složení atmosféry planety Země – suchý vzduch v 0 m. n. m. při 25 °C; vzduch může navíc obsahovat až 4 % vodní páry

2. Uveďte alespoň tři funkce, které atmosféra plní.
3. V ČR máme dva cílové limity pro přízemní ozon: 60 ppm a $80 \mu\text{g m}^{-3}$. Který z nich je určen pro ochranu zdraví (přísnější) a který pro ochranu

vegetace (volnější)? Doložte výpočtem.⁵

4. Koncentrace OH radikálu v zemské troposféře je zhruba 10^6 molekul cm^{-3} . Vyjádřete tuto koncentraci v jednotkách ppt.

To, že počasí dělá poslední dobou samé švejkoviny, souvisí s urychlováním proměnlivostí chování atmosféry. V atmosféře se netvoří rovnovážné směsi, jako je tomu většinou v laboratoři, a ke slovu o jejím složení se dostává chemická kinetika.

Vezměme si třeba obecnou reakci



Rychlost reakce v je definována jako časový úbytek reaktantu (A, B) nebo přírůstek produktu (C, D) normovaný na jeden mol reakčního obrátu. To zní vznešeně, ale v podstatě se jedná jen o podělení úbytku (přírůstku) stechiometrickým koeficientem (a, b, c, d) dané látky.

$$v = -\frac{1}{a} \frac{d[A]}{dt} = -\frac{1}{b} \frac{d[B]}{dt} = \frac{1}{c} \frac{d[C]}{dt} = \frac{1}{d} \frac{d[D]}{dt} \quad (2)$$

Reakční rychlost elementární reakce⁶ závisí hlavně aktuálních koncentracích výchozích látek a také na teplotě, což vyjadřuje tzv. rychlostní rovnice

$$v = k[A]^a[B]^b, \quad (3)$$

kde k je teplotně závislá rychlostní konstanta a v hranatých závorkách se ukrývají okamžité koncentrace reaktantů umocněné jejich stechiometrickým koeficientem. Závislost na teplotě vyjadřuje tzv. Arrheniův vztah

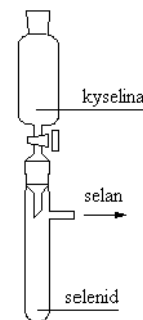
$$k = A e^{-\frac{E_a}{RT}}, \quad (4)$$

kde A je tzv. předexponenciální faktor, $R = 8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ je univerzální plynová konstanta, T je termodynamická teplota vyjadřovaná v Kelvinech a E_a je aktivační energie reakce vyjádřená v J mol^{-1} .

Exponenty v rovnici (3) se označují jako **dílčí řády reakce** k danému reaktantu a jejich součet dává **celkový řád reakce**, což je hlavní rychlostní klasifikační kritérium elementárních reakcí. Nejběžnější rozřazení ukazuje Tabulka 2.

⁵Není-li řečeno jinak, předpokládejte, že je atmosféra tvořena směsí ideálních plynů chovajícím se podle stavové rovnice $pV = nRT$, kde p je tlak, V je objem vzorku, n je celkové látkové množství. Po celou dobu se v této úloze pohybujeme v troposféře, což je nejnižší vrstva atmosféry, pro kterou můžete předpokládat standardní podmínky, tj. teplotu 25°C a tlak 101325 Pa . Pro jednoduchost předpokládejte, že vzduch je suchý.

⁶Elementární reakce je taková, kterou již nelze rozepsat do elementárnějších kroků. Jak už to bývá, většina reakcí je složitější.



Obrázek 1: Ostwaldova zkumavka

6. (a) Sáhne po oxidu seleničitém.
 (b) Velmi silným oxidačním činidlem je kyselina selenová, respektive obecně sloučeniny selenu v oxidačním stavu VI. Jak již bylo řečeno, kyselina selenová je schopná rozpouštět zlato, v přítomnosti chloridových iontů i platinu.
7. Jedná se o vrstvičku amorfního selenu.
8. Stručně řečeno fotovodivý materiál je takový materiál, který při změně intenzity osvětlení mění své vodivé vlastnosti (jak to vypadá v praxi, najdete v následující odpovědi).
9. Kopie vzniká zhruba takto: Nejprve dojde k nabití optického válce. Poté se prosvítí kopírovaný dokument, který se takto celý převede na otáčející se válec – kde je dokument pokryt textem, tam žádné světlo neprojde a náboj na příslušném místě válce se nezmění; kde je pouze čistý papír, tam dopadne světlo i na válec a v těchto místech dojde k fotoelektrickému výboji, tj. náboj v daném místě se sníží. Částice pigmentu se pomocí svého nosiče (většinou polymer) schopného elektrostatické interakce s nabitými místy válce přichytí právě na ta místa, která odpovídají původnímu textu. Poté jsou z válce přeneseny (stále společně s nosičem) na papír. Takto vzniklá kopie ještě musí projít přes píčku, kde se barva „zapeče“ do papíru – termicky se odstraní polymerní nosič a na papíře zůstává jen pigment (určitě jste si všimli, že papír je po vyjetí z kopírky teplý). A je to, kopie je na světě. Dodám ještě, že po pořízení kopie dochází ještě k očištění válce od zbytků toneru a k vybití případného zbytkového náboje, teprve poté může začít nový cyklus.

Úloha č. 3: Užitečný vynález**11 bodů**

Autor: Václav Kubát

1. Naším tajemným prvkem je selen.
2. Tyto minerály nejsou příliš důležité, protože selen se vyrábí z „odpadních“ produktů jiných, průmyslově významnějších výrob (převážně z anodových kalů po elektrolytické rafinaci mědi – selenidy doprovázejí sulfidy v příslušných horninách), takže tyto minerály samotné netěžíme.
Odpovědi typu „protože jsou tyto minerály vzácné“ jsem částečně uznával, ale je potřeba si uvědomit, že to není úplná odpověď, protože pokud by nebyla efektivnější možnost získávání selenu, využívalo by se pravděpodobně těchto, byť vzácných, minerálů.
3. Elementární selen i jeho sloučeniny jsou látky toxické, svými účinky se podobají sloučeninám arsenu, těkavé sloučeniny jsou ještě nebezpečnější (třeba selan je výrazně toxičtější než HCN). Na druhou stranu ve stopovém množství je selen biogenní prvek a jeho nedostatek způsobuje poruchy imunitního systému (v organismu funguje jako antioxidant).
4. Samozřejmě že má další použití, jeho fotovodivých vlastností se kromě kopírek využívá i ve fotobuňkách a dalších „fotopřístrojích“, dále se používá k odbarvování či obarvování skla (malé množství selenu způsobí odbarvení skla, přídavek většího množství zbarví sklo růžově až červeně), do některých polovodičových součástek, v menší míře pak jako legovací přísada do ocelí, při zpracování kaučuku nebo ve farmaceutickém průmyslu.
5. Nejjednodušší by bylo připravit selan reakcí nějakého selenidu (např. železnatého) s minerální kyselinou (např. chlorovodíkovou):



Principem této reakce je vytěsnění slabší kyseliny (tedy selanu) z její soli silnější kyselinou (tj. kyselinou chlorovodíkovou).

Reakci by bylo vhodné provést v Ostwaldově zkumavce (= odsávací zkumavka opatřená příkapávací baňkou). Nákres aparatury vidíte na obrázku. Tato aparatura je analogická Kippovu přístroji, který většina z vás uváděla a který jsem samozřejmě uznával jako správnou možnost, ale je svojí velikostí lépe přizpůsobena toxicitě vznikajícího selanu (přeci jenom běžný Kippův přístroj je příliš velký pro přípravu takto nebezpečného plynu).

Podobnou možností je hydrolýza vhodného selenidu, třeba hlinitého.

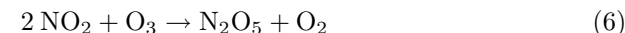
řád reakce	rychlostní rovnice	integrovaná rovnice v linear. tvaru	poločas reakce
0	$v = k$	$[\text{A}]_t = [\text{A}]_0 - kt$	$t_{1/2}(\text{A}) = [\text{A}]_0/2k$
1	$v = k[\text{A}]$	$\ln[\text{A}]_t = \ln[\text{A}]_0 - kt$	$t_{1/2}(\text{A}) = \ln 2/k$
2	$v = k[\text{A}]^2$	$[\text{A}]_t^{-1} = [\text{A}]_0^{-1} + kt$	$t_{1/2}(\text{A}) = 1/k[\text{A}]_0$

Tabulka 2: Přehled rychlostních rovnic a poločasů reakce pro jednotlivé řády reakce

V atmosférické chemii se používá i tzv. střední doba života $\tau(\text{A})$, což je doba, po kterou jedna molekula A průměrně existuje, aniž by podstoupila reakci a tím „zemřela“. Pro reakci prvního řádu je doba života

$$\tau(\text{A}) = \frac{1}{k}. \quad (5)$$

A teď trocha kinetické hudby. Předpokládejte, že následující reakce se chová jako elementární:



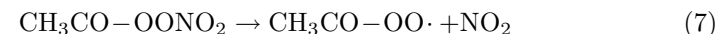
5. Jaký je řád této reakce?
6. Kolikrát se zvýší reakční rychlost, pokud zvýšíme koncentraci NO_2 třikrát a koncentraci O_3 šestkrát?

Když Švejk mluví o „zanášení atmosféry větry“, hovoří v podstatě o smogu. Toto slovo použil poprvé John Evelyn v 17. století jako kombinaci kouře „smoke“ a mlhy „fog“. V literatuře se zmiňují dva typy smogu, tzv. londýnský (uhelný) a losangeleský (automobilový).

Londýnský smog pochází ze spalování nekvalitního uhlí s velkým podílem síry. Do ovzduší se pak uvolňuje velká množství oxidu siřičitého a prachových částic.

Losangeleský smog obsahuje oxidy dusíku, které za pomoci fotochemických reakcí se světlem vytvářejí další toxické látky, jako například přízemní ozon nebo PAN (peroxoacetylitrát), který slouží jako přechodný rezervoár oxidů dusíku.

Molekula PAN (peroxoacetylitrát, $\text{CH}_3\text{CO}-\text{OONO}_2$ vzniká z NO_2 a peroxoacetylového radikálu. PAN je pro člověka dráždivý, je fytotoxický a mutagení. PAN se zpětně rozpadá na NO_2 a peroxoacetylový radikál dle rovnice:



Tato reakce je nesmírně teplotně závislá. Závislost má tvar

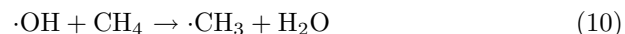
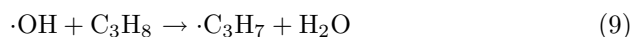
$$k = 1,58 \cdot 10^{16} \exp(-112,5 \text{ kJ mol}^{-1}/RT) [\text{s}^{-1}]. \quad (8)$$

7. Oba tyto typy smogu vytvářejí tzv. kyselá deště. Odhadněte, zda a případně jakými kyselinami se od sebe tyto smogy liší.

8. Jaká je rychlostní konstanta reakce pro teploty 0°C a 25°C a jaké jsou při obou těchto teplotách střední doby života PAN?

9. Kde se tedy vyskytuje nejvíc PAN? V Norsku, v Německu, v Nigérii, nebo to nelze určit? Zdůvodněte svou odpověď jednou větou.

Jednou z nejčastějších reaktivních látek je OH radikál, který v troposféře reaguje rychle se sloučeninami obsahujícími vodík.



Rychlostní konstanty mají hodnotu $k_{\text{C}_3\text{H}_8} = 1,1 \cdot 10^{-12} \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1} \text{ molekul}^{-1}$ a $k_{\text{CH}_4} = 6,3 \cdot 10^{-16} \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1} \text{ molekul}^{-1}$. Protože se koncentrace OH radikálu pohybují kolem $10^6 \text{ molekul cm}^{-3}$, probíhají však tyto reakce jako podle prvního řádu.

10. (a) Spočítejte efektivní rychlostní konstanty pseudoprvního řádu pro jednotlivé reakce.

Nápověda: Pomohou vám jednotky.

(b) Za předpokladu, že se uhlovodíky z atmosféry odstraňují jen těmito reakcemi, vypočítejte střední dobu života uhlovodíků v atmosféře. Který z nich vydrží déle?

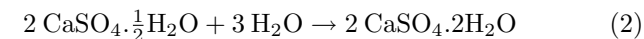
Potřebné údaje

$$M(\text{suchého vzduchu}) = 28,97 \text{ g mol}^{-1}$$

$$M(\text{O}_3) = 48 \text{ g mol}^{-1}$$

• Sádra: $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$

– smíšená s nevelkým množstvím vody hydratuje a posléze na vzduchu tuhne na bílou hmotu:



– nereaguje se slabými kyselinami (octová, citronová)

– barví plamen cihlově červeně

• Škrob: $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$

– nerozpustný ve studené vodě, za tepla tvoří gel označovaný jako škrobový maz

– škrobový maz se barví roztokem jódové tinktury fialově; jód tvoří s amylosou složité komplexy

• Jedlá soda: NaHCO_3

– dobře rozpustná ve vodě i za studena

– pH roztoku je slabě zásadité, což lze poznat pomocí roztoku řepné nebo jiné přírodní šťávy, která se barví do modrofialova

– kyselinami (citronovou nebo octovou) se rozkládá na CO_2 (jak bylo popsáno výše)

Odpovědi nejsou a ani nemohou být zcela vyčerpávající, protože jste se k úloze postavili s velikou fantazií. Bodovány jsou tedy i všechny další správné důkazy.

2. Odpověď na poslední otázku je u každého vzorku jiná a máte ji proto uvedenou ve svém opraveném řešení.

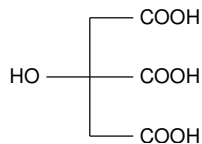
Za chemický vzorec každého analytu po 0,1 bodu. Za správný popis alespoň dvou nezávislých experimentů, které vedly k jednoznačné identifikaci každé z pěti látek, maximálně 0,9 bodu. Za určení přiloženého vzorku 1 bod. Celkem 6 bodů.

Úloha č. 2: Patero bílých prášků**6 bodů**

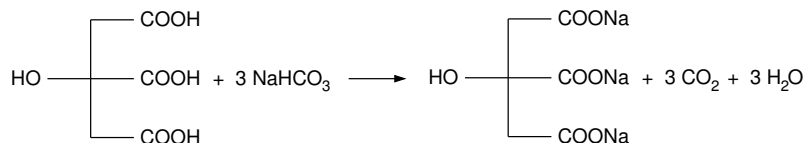
Autor: Helena Handrková

1. Látky je možné od sebe rozpoznat na základě následujících fyzikálních vlastností a chemických reakcí:

- **Citronová kyselina:**



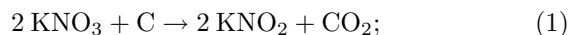
- dobře rozpustná ve vodě i za studena
- kyselé pH lze rozpoznat pomocí šťávy z červené řepy, ostružin, borůvek, višně nebo jiných přírodnin, které se barví více do červeněna
- kyselina také reaguje s uhličitany a hydrogenuhličitany za vývinu CO_2 ; roztok kyseliny citronové s jehlou sodou, práškem do pečiva nebo s vodním kamenem šumí



Poznámka: Pokud látky reagují v jiném stechiometrickém poměru, může vznikat pouze disodná nebo monosodná sůl. Vodní kámen obsahuje uhličitán vápenatý, reakce je podobná.

- **Sanitr: KNO_3**

- dobře rozpustný ve vodě i za studena, s teplotou jeho rozpustnost ve vodě prudce roste a ochotně tvoří přesycený roztok, ze kterého se po ochlazení vylučují jehlicovité krystalky
- pH roztoku je neutrální
- látka barví plamen fialově
- jeho oxidační vlastnosti dokládá např. jeho prudká reakce s drveným aktivním („živočišným“) uhlím po zahřátí:



tuto reakci můžete použít jako základ pro přípravu salónních bengálských ohňů, místo aktivního uhlí lze použít i jiná redukční činidla (např. cukr)

Řešení úloh 3. série 5. ročníku KSICHTu**Úloha č. 1: Skrývačka****6 bodů**

Autoři: Karel Berka, Sabína Čujová, Jan Havlík, Hana Medová, Jana Spáčilová a Pavla Spáčilová

Doufám, že Vám dalo vyhledávání prvků dostatečně zabrat. Řešení otázek 1–3 je shrnuto v Tabulce 1, odpověď na otázku 4 je uvedena v Tabulce 2.

Poznámka autora: Chtěl bych se omluvit některým řešitelům, kterým jsem při opravování latinských názvů vyrobil drobný zmatek v jejich řešeních. Při opravování jsem původně čerpal z dostupné literatury a Wikipedie. Později jsem ale zjistil, že názvosloví latinských názvů je v literatuře nekonzistentní a zdroj od zdroje se liší. Po konzultaci s prof. Karpenkem (historik chemie) jsem se rozhodl ve sporných případech uznávat všechny běžně rozšířené varianty latinských názvů. Dříve opravená řešení proto musela být znovu přebodována.

Za správně doplněný český, latinský, anglický název, popis a příklad použití bylo u každého prvku uděleno 0,25 bodu. Za každý špatný, či chybějící údaj bylo strženo 0,05 bodu. Minimálně bylo však za každý prvek uděleno 0,1 bodu za podmínky, že řešitel našel alespoň český název prvku.

Český název	Latinský název	Anglický název	Popis
Astat	Astatium	Astatine	radioaktivní kov
Baryum	Baryum i Barium	Barium	nažloutlý stříbrný kov
Bor	Borum	Boron	šedočerné nebo žluté krystaly
Brom	Bromum	Bromine	hnědočervená kapalina
Cer	Cerium	Cerium	stříbrně bílý kov
Cín	Stannum	Tin	stříbrně bílý kov nebo šedé krystalky
Einsteinium	Einsteinium	Einsteinium	radioaktivní kov
Chlor	Chlorum	Chlorine	žlutozelený plyn
Jod	Iodum	Iodine	tmavě fialové krystaly
Kobalt	Cobaltum	Cobalt	stříbrně šedý kov
Měď	Cuprum	Copper	červený kov
Neon	Neon(um)	Neon	bezbarvý atomární plyn
Nikl	Niccolum	Nickel	stříbrný kov
Niob	Niobium	Niobium (Columbium)	stříbrně šedý kov
Olovo	Plumbum	Lead	stříbrně šedý kov
Platina	Platinum	Platinum	svítivě šedý kov
Titan	Titanium	Titanium	ocelově šedý kov
Uran	Uranium	Uranium	stříbrný kov
Vanad	Vanadium	Vanadium	svítivě šedý kov
Vodík	Hydrogenium	Hydrogen	bezbarvý plyn
Xenon	Xenon(um)	Xenon	bezbarvý atomární plyn
Zinek	Zincum	Zinc	namodrale stříbrný kov
Zlato	Aurum	Gold	žlutý kov
Železo	Ferrum	Iron	stříbrně šedý kov

Tabulka 1: Názvy jednotlivých prvků a jejich popis

Prvek	Příklady možného použití
Astat	radioterapie a vědecké účely
Baryum	do skla, barev a jako kontrastní látka
Bor	polovodiče, výroba skel, glazury
Brom	oxidační činidlo, ve fotografii
Cer	slitiny, oxidační činidlo, odbarvovač skla
Cín	bronzy, folie, varhanové píšťaly
Einsteinium	pouze vědecké účely např. příprava vyšších transuranů
Chlor	dezinfekce, bělení, chlorace
Jod	dezinfekce, barviva, léčiva
Kobalt	magnety, pigmenty, radioterapie
Měď	vodiče elektřiny, mince, destilační přístroje
Neon	výbojky, lasery
Nikl	magnety, mince, ochrana proti korozi
Niob	supravodiče, jaderné reaktory, slitiny
Olovo	baterie, skla, glazury, projektily
Platina	katalyzátory, šperky, palivové články
Titan	pigmeny, protetika, slitiny, letadla, tenisové rakety
Uran	projektily, jaderné palivo, jaderné zbraně
Vanad	slitiny, supravodiče, katalyzátory
Vodík	hydrogenace, výroba amoniaku, methanolu a HCl
Xenon	osvětlovací technika, anestetikum, oxidační činidla
Zinek	galvanizace, baterie, pigmenty
Zlato	klenotnictví, ochrana proti korozi, léčiva
Železo	ocele, katalyzátory, barviva

Tabulka 2: Praktické použití jednotlivých prvků