



Korespondenční Seminář Inspirovaný Chemickou Tematikou

ročník 5, řešení série 4

2006/2007



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 řešení úloh Korespondenčního Semináře Inspirovaného Chemickou Tematikou, KSICHTu. Už pátým rokem pro vás, středoškoláky, 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 dalšího ročníku KSICHTu?

Není nic jednoduššího! Počínaje 1. červencem se budete moci přihlásit do dalšího ročníku KSICHTu vyplněním krátké *přihlášky*¹ na webových stránkách. Pokud chcete dostat tištěnou brožurku s první sérií šestého ročníku KSICHTu domů, přihlašte se prosím do 23. září. Kdybyste to náhodou nestihli, tak si brožurku se zadáním úloh budete moci stáhnout z našich webových stránek, kde bude zveřejněna ve formátu PDF. Chtěli bychom vás upozornit, že přihlášení přes webový formulář je nutnou podmínkou proto, abyste se mohli stát řešiteli KSICHTu. Řešení zaslaná nepřihlášenými řešiteli nebudou opravována.

KSICHT na Internetu

Na webových stránkách KSICHTu² naleznete brožurky ve formátu PDF a rovněž aktuální informace o připravovaných akcích. Během léta očekávejte fotogalerii z akcí pořádaných v uplynulším ročníku.

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

²<http://ksicht.natur.cuni.cz>

Na Internetu sídlí také diskusní fórum Nerozpuštěný křeček³. Tématem hovoru nebývá vždy jen chemie. Proto neváhejte a připojte se do diskuse.

Errata

Přinášíme opravu drobných chyb, které utekly před našimi ostrážními zraky a dostaly se do brožurky čtvrté série.

Čtvrtá úloha „Víme, co jíme“ byla hodnocena celkem 14 body. V zadání páté úlohy „Švejkoviny atmosféry“ čtvrté otázky byla uvedena koncentrace 106 molekul cm^{-3} , správně má být $1 \cdot 10^6$ molekul cm^{-3} . Omlouváme se Pavlu Hozákovi, že jsme mu opomněli připsat o jeden bod více za úlohu „Patero bílých prášků“, chybu jsme již napravili.

Opravené podoby brožurek naleznete vždy na webu KSICHTu jako PDF.

Poděkování

Na závěr nám nezbyvá než se s vámi všemi rozloučit. Děkujeme vám za vaši přízeň a těšíme se na setkání v dalším ročníku. Mezitím naplno užívejte prázdnin. Autoři.

³<http://www.hofyland.cz>

Úvodníček

Drazí Ksichtáci!

Poslední úlohy byly obodovány, poslední body započítány. V této sérii vás již nebudeme nutit řešit žádné zapeklité příklady. Tento sešitek totiž obsahuje pouze autorská řešení a pak také to hlavní, na co již nejspíše netrpělivě čekáte. Výslednou bodovací listinu za tento rok. Opět se odehrálo velké finálové klání o čelní místa v tabulce, neboť bodový rozdíl byl často velmi těsný. Sluší se snad již pouze vyjádřit srdečné gratulace vítězům a ostatním zúčastněným poděkovat za jejich pečlivé celoroční řešení, protože nejde o to vyhrát, ale hlavně se u řešení pobavit a tu a tam i něco pochytit. Proto bychom chtěli vám všem vyjádřit velký dík za snahu, píli a oddanost KSICHTu. Věříme, že se v příštím roce opět nad úlohami s chemickou tematikou setkáme. A pokud máte právě po maturitě, a domníváte se, že by vám na vysoké škole bylo bez KSICHTu smutno, nabízíme vám místo mezi autory a organizátory. Neváhejte a dejte nám vědět! Uplatnění máme pro každého, neboť pracovní náplní organizátora KSICHTu není zdaleka jen chemie, ale i mnoho dalších zajímavých věcí.

Na závěr bych chtěl ještě vzpomenout velmi povedený výlet v Brně, v rámci kterého se nám spolu s účastníky povedlo prozkoumat nepřístupné části Dukovan, sestrojít protiradiační oblek do deště, sepsat několik epicko-lyrických veršovaných dramát a shlédnout tajemná lesní světélka. No, a pokud vám byl i tento výlet málo, můžete se s námi všemi znovu setkat 11.–15. června v rámci soustředění na PřF UK. Všem ostatním, které již nebudu mít příležitost vidět osobně, přeji příjemně prožité prázdniny a povedené vysvědčení.

Honza Havlík

Řešení úloh 4. série 5. ročníku KSICHTu**Úloha č. 1: Osmisměrka****8 bodů**

Autoři: Michal Řezanka, Pavel Řezanka a Markéta Zajícová

1. Názvy ěček jsou uvedeny v tabulce 1.

Číslo	Název	Číslo	Název
E122	azorubin	E474	cukroglyceridy
E127	erythrosin	E553 b	talek
E160 a	karoteny	E558	bentonit
E161 b	lutein	E559	kaolin
E163	anthokyany	E900	dimethylpolysiloxan
E175	zlato	E904	šelak
E231	orthofenylfenol	E927 b	močovina
E234	nisin	E938	argon
E310	propylgallát	E939	helium
E406	agar	E941	dusík
E407	karagenan	E951	aspartam
E410	karubin	E952	cyklamáty
E421	mannitol	E957	thaumatin
E422	glycerol	E1103	invertasa
E440	pektiny	E1200	polydextrozy
E459	beta-cyklodextrin	E1505	triethylcitrát
E465	ethylmethylcelulosa		

Tabulka 1: Názvy ěček vyskytujících se v osmisměrce

Za každé ěčko 0,15 bodu, celkem tedy 4,95 bodu.

2.



JÍDLO BYLO VÝBORNÉ, ZEJMÉNA STABILIZÁTOR E250, BARVIVO E150, KYPRÍCÍ LÁTKA E503
A DOBRĚ PROPEČENÉ BYLY I EMULGÁTORY E471 A E322.

3. Ěčka jsou seřazena podle počtu výsledků vyhledávače Google na česky psaných stránkách.
- 4.
- E250 – dusitan sodný – stabilizátor, konzervant
 - E150 – karamel – barvivo
 - E503 – uhličitan amonný – kypřící látka, regulátor kyselosti
 - E471 – mono- a diglyceridy mastných kyselin – emulgátor, stabilizátor
 - E322 – lecitiny – antioxidant, emulgátor
5. Podmínky použití látek přídatných jsou uvedeny ve vyhlášce 304/2004 Sb. a jejich pozdějších změnách (například 152/2005 Sb. a 431/2005 Sb.).

Literatura

1. <http://ecka.zbynekmlcoch.cz/seznamecek.htm>
2. Státní zemědělská a potravinářská inspekce – webové stránky⁴

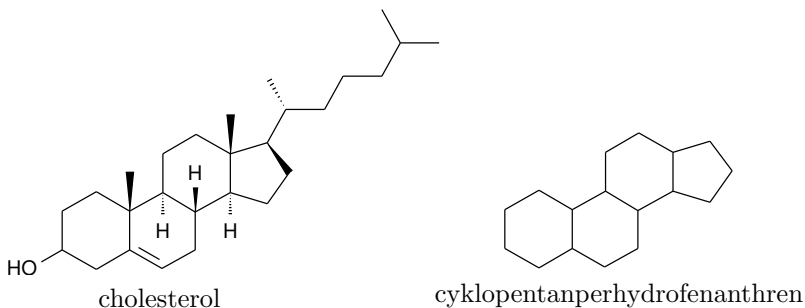
Otázka 1 – 4,95 bodu, otázka 2 – 0,75 bodu, otázka 3 – 0,4 bodu, otázka 4 – 1,5 bodu a otázka 5 – 0,4 bodu. Celkem 8 bodů.

⁴http://www.szpi.gov.cz/news_files/files/2/DOE2D8BB-2161-4DF4-97F8-81E22524F106.pdf

Úloha č. 2: Vik – velký umělec organických syntéz**8 bodů**

Autor: Iva Voleská

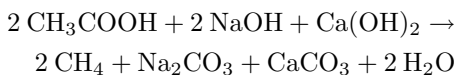
- Román, z něhož byla ukázka, se jmenuje Mladý muž a bílá velryba, autorem je Vladimír Páral.
- Látka *X* je cholesterol, který je derivátem cyklopentanperhydrofenanthrenu. Látka *Y* je ergosterol, vyšší molekulovou hmotnost má ergosterol (*Y*).



- Látka *X* byla v románu získána pomocí Chlorexu (Chlorex 600).

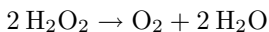
- (a) látka *A*: kyselina octová – CH_3COOH

reakce 1:



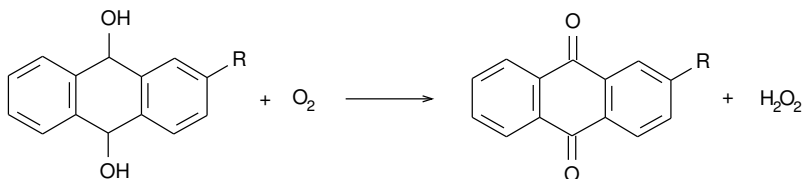
- (b) látka *B*: peroxid vodíku – H_2O_2

reakce 2:



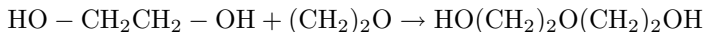
Jako katalyzátor by bylo možné použít kyselinu sírovou, jako inhibitor močovinu.

reakce 3:

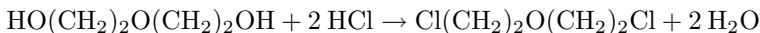


(c) látka C: bis(2-chlorethyl)ether – $\text{Cl}(\text{CH}_2)_2\text{O}(\text{CH}_2)_2\text{Cl}$

reakce 4a:



reakce 4b:



5. (a) pH kyseliny peroxyoctové

$$K_A = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{perAc}^-]}{[\text{HperAc}]} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{0,01 - [\text{H}_3\text{O}^+]} = 6,3 \cdot 10^{-9} \quad (1)$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 7,93 \cdot 10^{-6} \quad \sim \quad \text{pH} = 5,10 \quad (2)$$

(b) koncentrace kyseliny octové o stejném pH

$$K_A = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{Ac}^-]}{[\text{HAc}]} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{c - [\text{H}_3\text{O}^+]} = 2,0 \cdot 10^{-5} \quad (3)$$

$$c = 1,09 \cdot 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3} \quad (4)$$

Silnější je kyselina octová, protože má nižší $\text{p}K_A$. U peroxyacetátového aniontu nedochází ke konjugaci narozdíl od acetátového aniontu.

6. Rozpouštědlo by mělo být kapalné, nepolární (rozpuštěnost cholesterolu), netoxické, nehořlavé, nevýbušné, chemicky a tepelně stabilní, mělo by mít vyšší bod varu, mělo by být levné (ekonomické hledisko) a dostupné.

Otázka 1 – 0,25 bodu, otázka 2 – 1,5 bodu, otázka 3 – 0,25 bodu, otázka 4 – 3 body, otázka 5 – 2 body a otázka 6 – 1 bod. Celkem 8 bodů.

Úloha č. 3: Amalgámy**9 bodů**

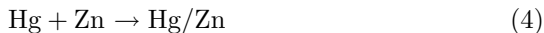
Autor: Radek Matuška

1. Rtuť již při pokojové teplotě poměrně zřetelně těká a její páry jsou velmi jedovaté. Samotná elementární rtuť v kapalně podobě je prakticky „neškodná“. Jedovatost rtuťových par spočívá především v jejich snadné oxidovatelnosti na sloučeniny typu Hg^{II} , které jsou extrémně toxické.
2. Jak bylo řečeno v předchozí odpovědi, na rtuti jsou jedovaté především její ionty. Pokud si dostatečně obratně podáme rtuť a nezemřeme např. na zástavu srdce, rtuť nemá v krvi důvod se rozpouštět. Může tak tedy v krevním řečišti zůstat i několik let nepovšimnuta.
3. Jako amalgámy označujeme skupinu látek (od slitin přes intermetalické fáze až po víceméně dobře definované sloučeniny), které jsou většinou velmi měkké nebo až kapalné. To je předurčuje k vysokému praktickému využití. Sodíkový amalgám vzniká obecně podle rovnice (1), při stechiometrickém smísení probíhá reakce (2).



Reakce je exotermní a rtuť při ní může dokonce začít vřít. Je to způsobeno vznikem poměrně stabilní sloučeniny popsané rovnicí (2). Při reakci se uvolňuje teplo příslušné této stabilizaci.

4. Při smísení stechiometrického množství sodíku a rtuti vzniká amalgám složený NaHg_2 , který tvoří pevnou houbovitou hmotu. V nadbytku rtuti měkne a rozpouští se za vzniku nestechiometrického amalgámu Na/Hg .
5. Vylitou rtuť zneškodníme nejlépe tak, že ji posypeme sírou nebo použijeme amalgám Zn/Hg ve formě tyčinek. Se sírou se tvoří sulfid rtuťnatý (3), který je téměř nejedovatý a pevný, tudíž se dá poměrně bezpečně odstranit. Se zinkem v Zn/Hg vzniká nestechiometrický amalgám přímo v tyčince (4).



6. Nejprve je třeba zjistit objem rtuti, který byl vylit. Teploměr si můžeme myslet jako dva válce o objemech V_1 a V_2 . Pro celkový objem tedy bude zřejmě platit

$$V = V_1 + V_2 = \pi r_1^2 v_1 + \pi r_2^2 v_2. \quad (5)$$

Výška válce, který představuje kapilára, je $v_2 = (22 + 30) \cdot 2 \cdot 0,1 + 0,5 = 10,9$ cm. Po dosazení do (5) máme $V = \pi \cdot 0,2^2 \cdot 1 + \pi \cdot 0,01^2 \cdot 10,9 = 0,1291$ cm³. To odpovídá $m = \rho \cdot V = 0,1291 \cdot 13,58 = 1,753$ g rtuti.

K jejímu zneškodnění je třeba buď ekvimolární množství síry, nebo zinku.

$$n_{\text{Hg}} = n_{\text{S/Zn}} \Rightarrow m_{\text{S/Zn}} = M_{\text{S/Zn}} \frac{m_{\text{Hg}}}{M_{\text{Hg}}} \quad (6)$$

Po dosazení dostaneme pro jednotlivé prvky následující výsledky:

$$m_{\text{S}} = 32,066 \cdot \frac{1,753}{200,59} = 0,280 \text{ g} \quad (7)$$

$$m_{\text{Zn}} = 65,39 \cdot \frac{1,753}{200,59} = 0,571 \text{ g} \quad (8)$$

7. Jedná se o amalgám thallia Tl/Hg.

8. Amalgám by měl být zdravotně nezávadný (neměl by uvolňovat žádné škodlivé látky), měl by dostatečně rychle i pomalu tuhnout (aby se dal vytvarovat, ale aby potom byl co nejdříve připraven k použití) a při tuhnutí by nemělo docházet k velkým objemovým změnám (aby nedošlo k vypadnutí plomby nebo naopak k prasknutí zubu).

9. Byl to francouzský dentista Auguste Taveau. V roce 1828 použil první zubní plomby na bázi slitiny rtuti a stříbra.

10. Jde v podstatě jen o to, rozdělit hmotnost amalgámu v tom správném poměru. Rtuť tvoří hmotnostně celou polovinu hmotnosti amalgámu (3/6), takže rtuť bude $m_{\text{Hg}} = 1/2 \cdot 3,12 = 1,56$ g. Zlata je v amalgámu 1/6 hm., takže bude $m_{\text{Au}} = 1/6 \cdot 3,12 = 0,52$ g.

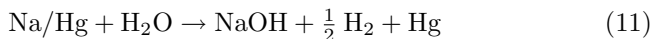
11. Šlo by to poměrně jednoduše zahřátím amalgámu na 300 °C. Tato metoda však není příliš výhodná vzhledem k množství drahých kovů a jedovatosti rtuťových par, jakož i nepříjemnostem, které vzniknou zahříváním ústní dutiny na takovou teplotu.

12. Primární děje probíhají podle následujících rovnic:



13. Solanka.

14. Jedná se o pomalý rozklad vzniklého sodíkového amalgámu vodou podle rovnice:



Na závěr bych se chtěl všem řešitelům omluvit za nevhledné opravení, ale pomíchaly se mi verze řešení, podle kterých jsem opravoval, a musel jsem přebodovat.

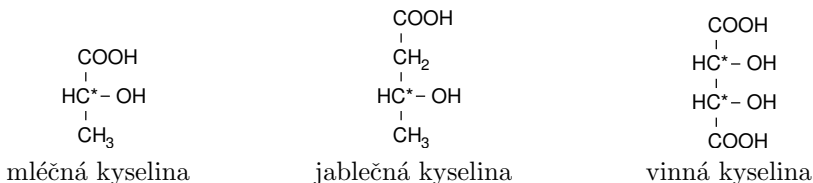
Otázka 1 – 0,6 bodu, otázka 2 – 0,62 bodu, otázka 3 – 0,8 bodu, otázka 4 – 0,4 bodu, otázka 5 – 0,8 bodu, otázka 6 – 1,4 bodu, otázka 7 – 0,7 bodu, otázka 8 – 1,5 bodu, otázka 9 – 0,2 bodu, otázka 10 – 0,8 bodu, otázka 11 – 0,4 bodu, otázka 12 – 0,4 bodu, otázka 13 – 0,1 bodu a otázka 14 – 0,3 bodu. Celkem 9 bodů.

Úloha č. 4: Víme, co jíme

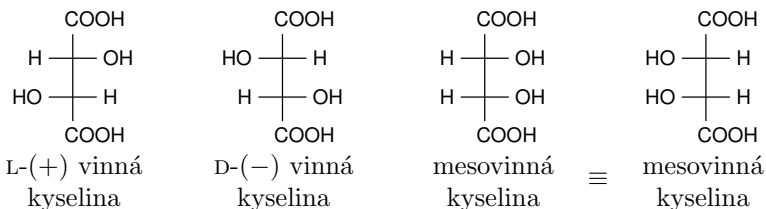
14 bodů

Autor: Petra Ménová

1.



Kyselina vinná má dva asymetrické uhlíky, teoreticky by měla vytvářet čtyři stereoizomery, jeden z nich má však rovinu symetrie, a je proto neštěpitelný na dva enantiomery. Celkem tedy existují tři kyseliny vinné – pravotočivá, levotočivá a mesovinná:



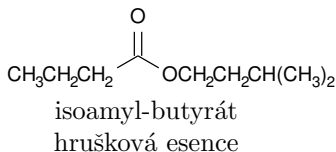
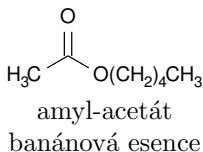
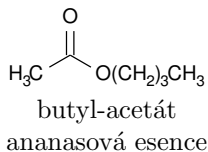
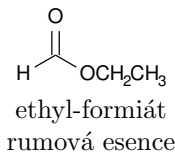
Z důvodu existence roviny symetrie je poslední uvedený vzorec identický s předchozím, oba lze navzájem přivést ke krytí otočením o 180° v rovině nákresny.

Kyselina hroznová je racemická kyselina vinná, tzn. ekvimolární směs kyseliny (+) vinné a (-) vinné.

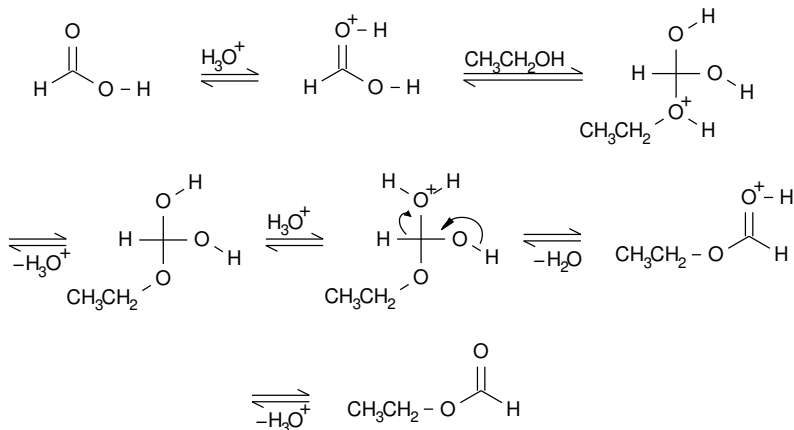
2. *A* – hydroxyapatit, $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$
B – fluoroapatit, $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$

Ani *A* ani *B* nejsou rozpustné ve vodě, resp. se rozpouštějí jen nepatrně. Fluoroapatit je méně rozpustný než hydroxyapatit. V kyselém prostředí dochází k jejich částečné přeměně na kyselinu fosforečnou, která je ve vodě dobře rozpustná. Tím dochází k již zmíněnému porušení zubní skloviny.

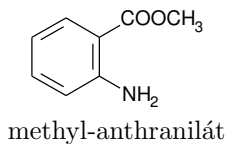
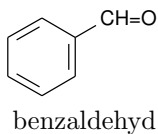
3.



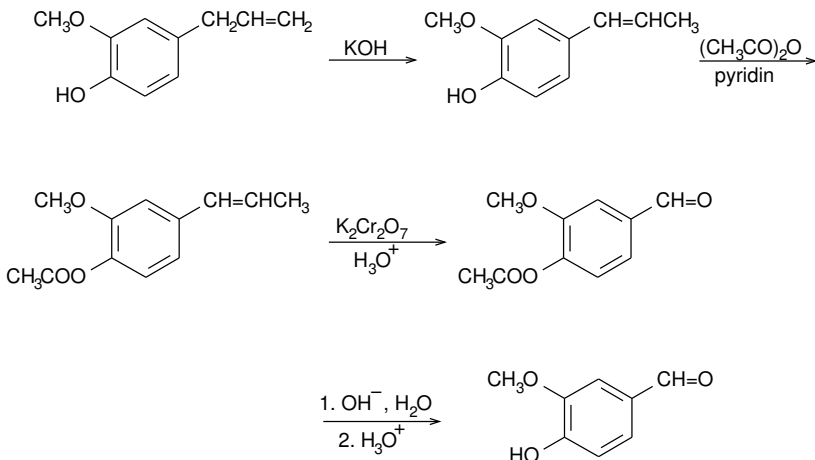
Kyselina sírová jednak protonizuje kyslík karboxylové skupiny, čímž zvyšuje kladný náboj na karboxylovém uhlíku nutný pro nukleofilní ataku alkoholem, zároveň má dehydratační účinky, odjímá vznikající vodu a tím posouvá rovnováhu směrem k produktům.



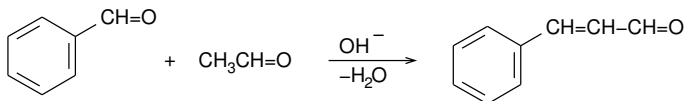
4. Benzaldehyd voní po hořkých mandlích, podobně jako kyanovodík. Methylanthranilát, často nazývaný hroznová esence, voní po víně.



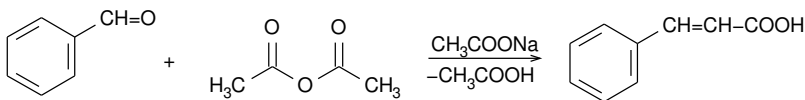
5. Eugenol (vzorec viz reakční schéma) najdeme v hřebíčku.



6. Aldolová kondenzace benzaldehydu s acetaldehydem:



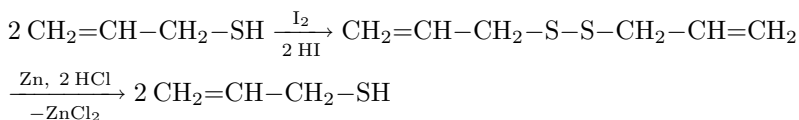
Perkinova syntéza:



Obě reakce vyžadují bazickou katalýzu.

7. Latinský název pro česnek kuchyňský je *Allium sativum*, odtud tedy pochází označení nenasyceného uhlovodíkového zbytku allyl.

Diallyldisulfid získáme oxidací allylthiolu, např. jodem. Allylthiol získáme naopak redukcí diallyldisulfidu, např. zinkem v kyselém prostředí:



8. Za hořkou chuť kávy může alkaloid kofein, čaje theobromin a toniku chinin. Za α -hořké kyseliny považujeme humulony a za β - lupulony. Chinin se využívá na léčbu a prevenci malárie.

Otázka 1 – 2 body, otázka 2 – 1,5 bodu, otázka 3 – 3,5 bodu, otázka 4 – 1 bod, otázka 5 – 2 body, otázka 6 – 1 bod, otázka 7 – 1,5 bodu a otázka 8 – 1,5 bodu. Celkem 14 bodů.

Úloha č. 5: Švejkoviny atmosféry**11 bodů**

Autor: Karel Berka

1. Nejlepší pokračování bylo od Michala Pražienky následovaného Veronikou Fořtovou a Kateřinou Holou. A nyní přenechám slovo Švejkovi:

„Znal jsem kdysi jednoho a ten vám pouštěl plyny. Když byla u nich doma hrachovka, věděla to celá dědina. Když potom narukoval na vojnu, byl po první hrachovce přerazen do dělostřeleckého pluku. Po bitvě, kdy jedním pšoukem zahnal celou německou armádu do žita, dostál metál od císaře pána. . . “

Za vymyšlení alespoň krátkého pokračování 0,5 bodu, za tři nejlepší povídky až 1 bod k dobru.

2. Atmosféra Země nás udržuje naživu, protože je to zásobárna kyslíku. Pomáhá vyrovnávat teploty mezi nocí a dnem. Díky skleníkovému efektu zvyšuje průměrnou teplotu zemského povrchu z $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ na $+16\text{ }^{\circ}\text{C}$. Zabraňuje pronikání tvrdého kosmického záření. A tak dále.
3. K hledání převodního vztahu mezi $\mu\text{g m}^{-3}$ (hustota částic) a ppm (molární zlomek) použijeme druhou nejoblíbenější rovnici fyzikální chemie – stavovou rovnici ideálního plynu, zde již upravená pro jednu složku:

$$\frac{p_i M_i}{RT} = \frac{m_i}{V}, \quad (1)$$

kde p_i značí parciální tlak složky i , M_i její molární hmotnost, R je molární plynová konstanta ($8,314\text{ J mol}^{-1}\text{ K}^{-1}$), T představuje termodynamickou teplotu (298 K), m_i značí hmotnost složky i a V představuje sledovaný objem.

Parciální tlak složky odpovídá tlaku, kterým by působily pouze částice složky, a je tedy dán součinem molárního zlomku složky x_i a celkového tlaku p° ($101\,325\text{ Pa}$)

$$p_i = x_i p^{\circ}, \quad (2)$$

což vede ke výslednému vztahu

$$x_i \frac{p^{\circ} M_i}{RT} = \frac{m_i}{V}. \quad (3)$$

Protože jsou cílové emisní limity pro ozon snadno dohledatelné na webu, tak jsem poněkud pozměnil jejich hodnoty (Tabulka 1) oproti uzákoněným limitům, které pro ČR budou platit od roku 2010 dle zákonů § 350/2002 Sb. a § 351/2002 Sb.

limit	$[\mu\text{g m}^{-3}]$	[ppb]	dle § 350/2002 Sb. pro rok 2010
ochrana vegetace	1960	60 000	$240 \mu\text{g m}^{-3}$, lze krátkodobě porušit
ochrana zdraví	80	40	$120 \mu\text{g m}^{-3}$, nesmí se překročit

Tabulka 1: Cílové limity pro ozon v úloze a v legislativě ČR

- Drobným doplněním rovnice (3) o Avogadrovu konstantu dostaneme, že koncentrace OH radikálu je 0,04 ppt, tedy dokonce jen 40 ppq (parts per quadrillion).
- Reakce oxidu dusíku je reakcí třetího řádu.
- Reakční rychlost se zvýší ($3 \cdot 3 \cdot 6$)-krát, tedy 54krát.
- Londýnský smog, kterým toto město proslulo již v 19. století dává vzniknout kyselině sírové, která vzniká oxidací oxidu siřičitého buď pomocí OH radikálu, nebo pomocí disociace v kapičkách vody.
Losangeleský smog je plný oxidů dusíku, které dávají vzniknout kyselině dusičné a to opět solvatací v kapičkách vody, nebo reakcemi s plynnými uhlovodíky, pro které se v atmosférické chemii používá zkratka VOC.
- Jak jste si jistě všimli, střední doba života je převrácenou hodnotou rychlostní konstanty (Tabulka 2).

T [°C]	k [s^{-1}]	τ [s]
0	$4,8 \cdot 10^{-6}$	207 000 s, tj. 2,4 dne
25	$3,1 \cdot 10^{-4}$	3 230 s, tj. 54 min

Tabulka 2: Rychlostní konstanty rozpadu PAN a střední doby života pro PAN pro teploty 0 °C a 25 °C

- Bylo by krásné, kdyby se na tuto otázku dalo snadno odpovědět. Rychlost rozpadu PAN totiž k posouzení nestačí. Jeho koncentrace bude záviset i na produkci oxidů dusíku, tedy například na hustotě automobilového provozu. Vědci Hans-Werner Jacobi a Otto Schrems proměřovali na lodi RV Polarstern koncentrace PAN plavbou Atlantikem z Bremerhavenu k Antarktidě a zjistili, že kolem rovníku jsou koncentrace PAN neměřitelné, ale také zjistili, že jeho největší koncentrace je v Lamanšském průlivu. Proto je celkem bezpečné předpokládat, že Nigérie bude mít hladinu PAN nejmenší, ale to je tak vše, co můžeme říci.

10. (a) Rychlostní konstanty (pseudo)prvního řádu mají rozměr s^{-1} . S touto náповědou jste si měli všimnout, že koncentrace OH radikálu je konstantní, a proto ji můžeme vložit do efektivní rychlostní konstanty (viz Tabulka 3).
- (b) Střední doba života pro reakce (pseudo)prvního řádu je převrácenou hodnotou jejich rychlostní konstanty (viz Tabulka 3). Déle tedy v atmosféře vydrží methan.

typ VOC	k' [s^{-1}]	τ [s]
propan	$1,1 \cdot 10^{-6}$	$9,09 \cdot 10^6$ s, tj. 3,5 měsíce
methan	$6,3 \cdot 10^{-10}$	$1,59 \cdot 10^9$ s, tj. 50 let

Tabulka 3: Efektivní rychlostní konstanty rozpadu a střední doby života pro methan a propan v troposféře

Literatura

1. H.-W. Jacobi, O. Schrems, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 1999, 1, 5517–5521
2. H.-W. Jacobi, R. Weller, T. Bluszczyk and O. Schrems, *J. Geophys. Res.*, 1999, 104, 26901–26912

Otázka 1 – 0,5 bodu k dobru, otázka 2 – 1,5 bodu, otázka 3 – 1 bod, otázka 4 – 0,5 bodu, otázka 5 – 0,5 bodu, otázka 6 – 1 bod, otázka 7 – 1 bod, otázka 8 – 2 body, otázka 9 – 1 bod a otázka 10 – 2 body. Celkem 11 bodů.