



Masarykova univerzita

Přírodovědecká fakulta



**ViBuCh**

Vzdělávací ikurz pro budoucí chemiky

# Vzdělávací ikurz pro budoucí chemiky

Řešení úkolů 3. série

7. ročník (2016/2017)

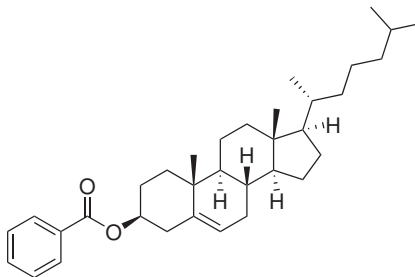
## S5 – Páté skupenství hmoty (pátá úvodní úloha)

Autor: Juraj Malinčík (e-mail: malincik.juraj@gmail.com)

6 bodů

1. Jméno profesora: Friedrich Reinitzer (0,2 b.).

Vzorec derivátu cholesterolu (0,2 b.):



2. Interakcí je celá řada, například: ion-ion, ion-dipól, dipól-dipól, dipól-indukovaný dipól, Londonovy disperzní interakce, vodíkový můstek,  $\pi$ - $\pi$  interakce... (0,8 b.)
3. Útvary: monovrstva na hladině rozpouštědla, liposom, dvojvrstva, „trubky/válce“ a kombinace těchto útvarů. Postačuje uvést trubky a dvojvrstvy (0,4 b.).

Tvorba útvarů je závislá zejména na koncentraci amfifilní molekuly v rozpouštědle. Obecně při zvyšování koncentrace dojde po překročení kritické micelární koncentrace k vzniku micel. Při dalším zvyšování koncentrace vzniknou „trubky“, pak dvojvrstvy a následně inverzní verze těchto útvarů. Vznik konkrétních fází pak závisí od kombinace konkrétních amfifilních molekul s konkrétním rozpouštědlem při dané teplotě (0,4 b.).

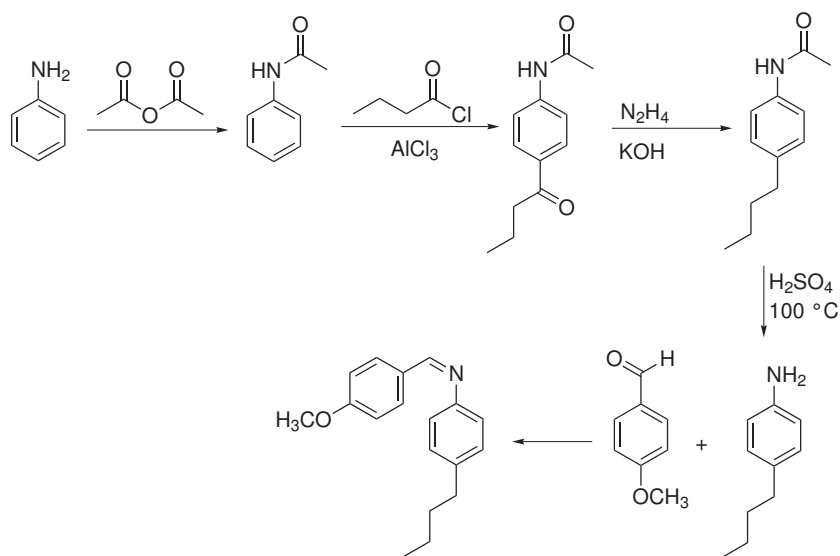
Při použití nepolárního rozpouštědla vzniknou nejdříve inverzní micely (0,2 b.).

4. Hlavní rozdíl mezi smektickými fázemi je úhel (nazývaný též *tilt*), který svírá normála vrstev a direktor (tj. směr, ve kterém se orientují molekuly). Podle tohoto kritéria se smektické fáze dělí na kolmé (úhel je přibližně  $0^\circ$ ) a tiltované (úhel je větší než  $0^\circ$ ). Tento úhel je také závislý na teplotě.

Další velký rozdíl je uspořádanost molekul v jednotlivých vrstvách. Jednotlivé fáze mohou být zcela neuspořádané, nebo mohou mít třeba hexagonální uspořádání.

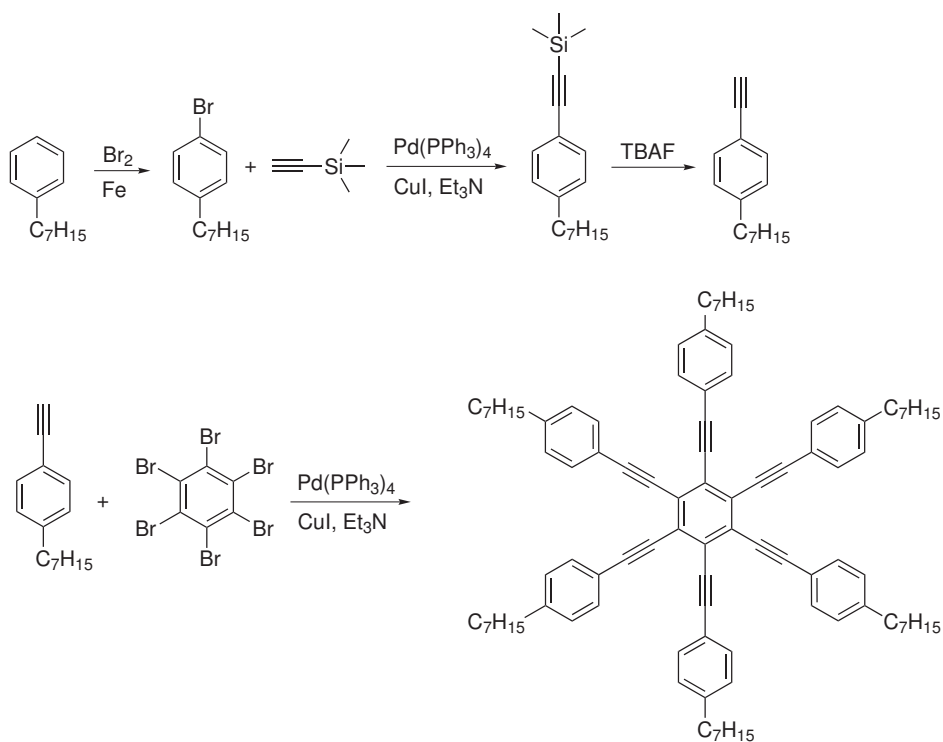
Třetí rozdíl je v interakci mezi jednotlivými vrstvami. I když se molekuly mezi vrstvami nevyměňují, mohou se navzájem ovlivňovat a direktor nemusí být v jednotlivých vrstvách stejný. Speciální případ této interakce se dá pozorovat u chirálních smektických fází, kde se direktor v jednotlivých vrstvách pravidelně mění směr (0,6 b.).

5. Například:



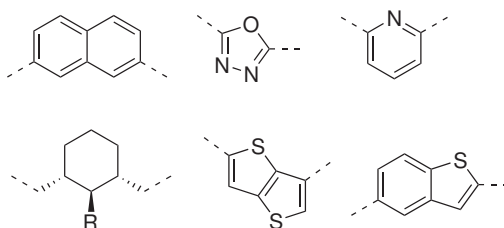
Uznána je také každá jiná „rozumná“ syntéza (0,8 b.).

6. Řešení:



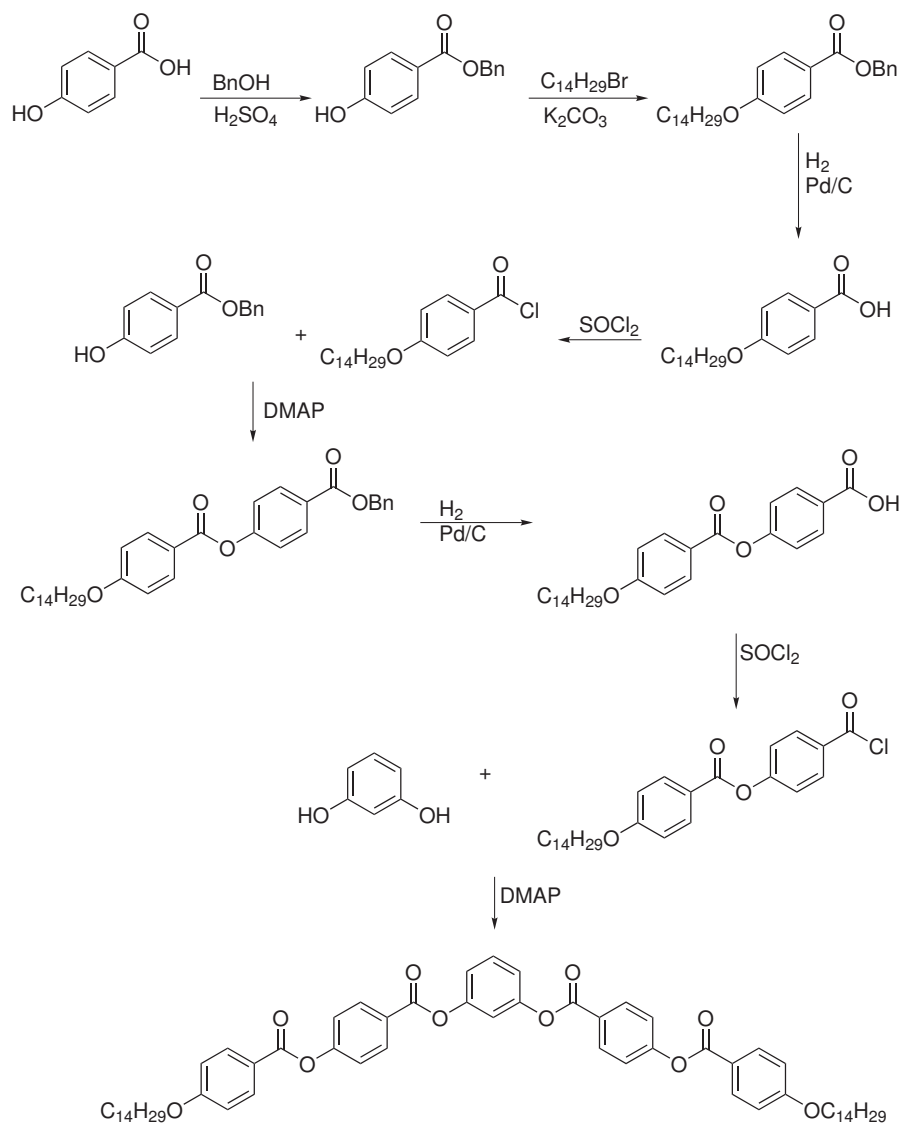
Uznána je také každá jiná „rozumná“ syntéza (0,8 b.).

7. Několik příkladů vhodných jader:



Uznány budou všechny návrhy u kterých by se dal očekávat uhel zalomení 110 až 140° (0,6 b.).

8. Řešení:



Uznána je také každá jiná „rozumná“ syntéza (1,0 b.).

## S6 – Chemie xenonu (šestá úvodní úloha)

Autor: Milan Říha (e-mail: milan.riha.23@gmail.com)

5 bodů

1. Inertní znamená chemicky netečný. Velmi často hovoříme o inertních plynech, což jsou plyny, které za daných podmínek nepodléhají chemickým reakcím. Kromě vzácných plynů se mezi inertní plyny řadí například dusík nebo fluorid sírový. Inertní plyny lze využít na ochranu látek před nežádoucími vlivy. V chemii je to např. ochrana vzorku před reakcemi s látkami z ovzduší (velmi často se jedná o oxidační a hydrolytické reakce). Známým využitím inertního plynu je plnění pytlíků s brambůrkami. Jako inertní plyn se v tomto případě využívá dusík. Bez použití inertní atmosféry by v pytlíku byl vzduch s obsahem kyslíku a vzdušné vlhkosti. Vlivem kyslíku by brambůrky tvrdly a vlivem vzdušné vlhkosti by navlhaly, což jsou velmi nežádoucí změny (**0,2 b.**).
2. Pokud si vybavíme, že existují sloučeniny fluoru s kyslíkem  $\text{OF}_2$  a  $\text{O}_2\text{F}_2$  a známe jejich běžně užívané názvy (fluorid kyslíku, fluorid dikyslíku), můžeme tuto sloučeninu pojmenovat jako:

### hexafluoroplatičnan dikyslíku

Pokud zabrousíme hlouběji do anorganického názvosloví, zjistíme, že kation  $\text{O}_2^+$  má své specifické pojmenování a tím je dioxygenyl. Celý název by se pak utvořil jako:

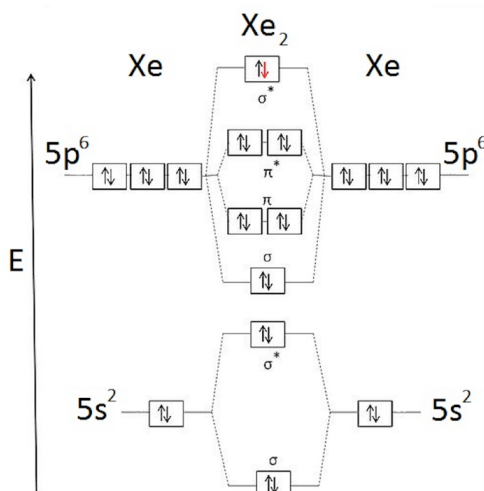
### hexafluoroplatičnan dioxygenylu

V obou případech lze upozornit na oxidační stav  $\text{O}_2^+$  závorkou s oxidačním stavem zapsaným arabskou číslovkou.

### hexafluoroplatičnan dioxygenylu(1+)

(**0,3 b.**)

3. Prvním předpokladem ke kompletnímu vyřešení úlohy je molekulový diagram:



Nyní se můžeme dle nápovědy vrhnout na výpočet řádu vazby. Řád vazby na základě správně sestaveného molekulového diagramu se vypočte jako:

$$\check{R}V = \frac{\text{počet vazebných elektronů} - \text{počet nevazebných elektronů}}{2}$$

Pokud dosadíme počet elektronů z molekulového diagramu získáváme vztah:

$$\check{R}V = \frac{8 - 8}{2} \quad \rightarrow \quad \check{R}V = 0$$

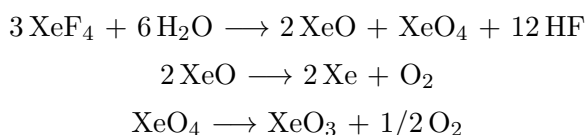
Řád vazby 0 signalizuje, že dle teorie MO by hypotetická molekula Xe<sub>2</sub> nebyla stabilnější než dva samostatné atomy Xe, tím pádem existence molekul Xe<sub>2</sub> není možná. Kation Xe<sub>2</sub><sup>+</sup> se od Xe<sub>2</sub> liší červeně zvýrazněným elektronem (červeně zobrazený elektron v kationtu Xe<sub>2</sub><sup>+</sup> není). Řád vazby pro Xe<sub>2</sub><sup>+</sup> je tedy:

$$\check{R}V = \frac{8 - 7}{2} \quad \rightarrow \quad \check{R}V = \frac{1}{2}$$

Jelikož je řád vazby nenulový, kationty Xe<sub>2</sub><sup>+</sup> mohou existovat samozřejmě v podobě molekul s vhodným aniontem (**0,8 b.**).

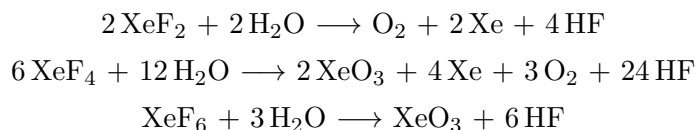
- Xerografie je suchý kopírovací proces, při němž se na polovodivé, elektricky nabitě vrstvě vytvoří „latentní“ obraz předlohy, na nějž se elektrostatickou silou přichytí částičky barviva (toner), otisknou na papír a tepelně fixují. Tato metoda se užívá například v laserových tiskárnách. Využití xenonových výbojek v xerografii je velmi výjimečné, přesto je možno tuto odpověď uznat jako správnou (**0,2 b.**).
- Ze zmíněných fluoridů xenonu je nejsilnějším oxidačním činidlem XeF<sub>6</sub>. Pokud se u molekul neprojeví jiné faktory, obecně platí, že stejné sloučeniny lišící se pouze v oxidačním čísle centrálního atomu jsou silnějšími oxidačními činidly, pokud je jejich oxidační číslo větší. Na základě této znalosti můžeme pak jednoduše konstatovat, že manganistany jsou silnější oxidovadla než oxid manganičitý, kyselina chloristá je silnějším oxidovadlem než kyselina chlorná (přestože již kyselina chlorná je velmi silným oxidačním činidlem) nebo naopak, že oxid siřičitý je slabším oxidovadlem než oxid sírový.

Někoho by mohlo napadnout, proč fluorid xenonový nereaguje s vodou, resp. pouze hydrolyzuje na oxid xenonový. To znamená, že fluorid xenonový se k vodě nechová jako oxidační činidlo, přesto, že oxidační činidla slabší než fluorid xenonový (XeF<sub>2</sub>, XeF<sub>4</sub>) vodu oxidují. Tento jev je způsoben reakčním mechanismem hydrolyzy. Pro příklad demonstruji na XeF<sub>4</sub>:



Fluorid xenoničitý nejprve disproportionuje na XeO a XeO<sub>4</sub>, přičemž se každý z těchto oxidů (v důsledku toho, že jsou velmi nestabilní) rozpadá na kyslík a xenon případně oxid xenonový (ten sice také není příliš stabilní, ale v porovnání s XeO a XeO<sub>4</sub> je stabilnější). Velmi podobně by mohla probíhat i reakce XeF<sub>2</sub> s vodou, kde by nejprve vznikal XeO a ten se následně rozpadal na Xe a 1/2 O<sub>2</sub> (**0,3 b.**).

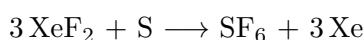
6. Řešení:



Lze akceptovat i:  $\text{XeF}_6 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{XeOF}_4 + 2 \text{HF}$  nebo rovnice popisující postupnou hydrolýzu.

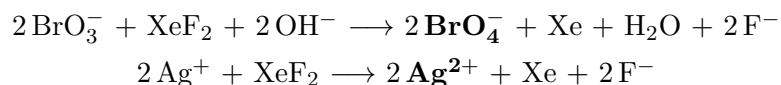
(0,4 b.)

7. Řešení:



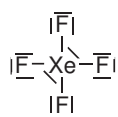
Jak z rovnice vidíme síra se oxiduje na oxidační stupeň +VI, zároveň se však fluoruje. Při této reakci tedy fluorid xenonnatý působí jako oxidační i fluorační činidlo (0,4 b.).

8. Oxidace na nestandardně vysoký oxidační stav je taková, při níž vznikne u některého prvku mimořádně vysoké oxidační číslo, **ve kterém se však běžně nevyskytuje**. Pro příklad je to oxidace bromičnanu na bromistan nebo oxidace stříbrných kationtů na stříbrnaté.

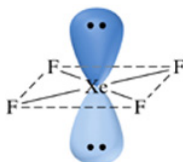


(0,4 b.)

9. Jak vidíme, molekula  $\text{XeF}_4$  sestává z centrálního atomu xenonu, na němž jsou 4 atomy fluoru a 2 volné elektronové páry. Každý atom fluoru k tomu nese 3 volné elektronové páry. Pokud odvodíme obecný vzorec pro určení tvaru dle VSEPR, zjistíme, že jde o vzorec  $\text{AB}_4\text{E}_2$ , kde koeficient u B je počet vazeb a koeficient u E počet volných elektronových párů na centrálním atomu. Součet koeficientů  $4 + 2 = 6$  odpovídá základnímu tvaru – oktaedru.



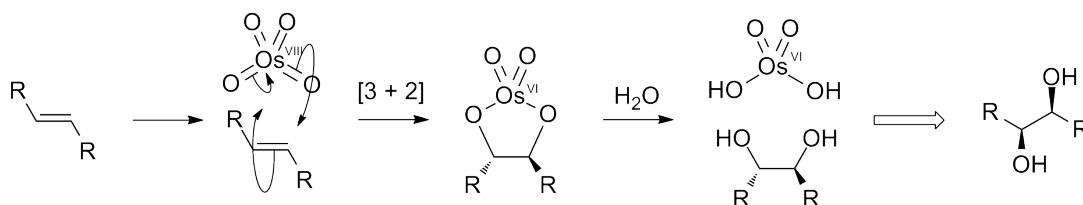
Nejprve doplníme volné elektronové páry do protilehlých poloh a následně doplníme substituenty. Z obrázku lze pak vidět, že se jedná o čtverec, který není nijak deformovaný. Úhly  $\text{F}-\text{Xe}-\text{F}$  i úhly  $\text{EP}-\text{Xe}-\text{F}$  jsou  $90^\circ$ . Z prvků symetrie můžeme jmenovat identitu (E), rotační osy ( $C_4$ ,  $2 \times C_2$ ) či zrcadlení ( $\sigma$ ). Ze správně namalovaného tvaru  $\text{XeF}_4$  byste měli rovněž určit, že molekula nemá dipólový moment (1,0 b.).



10. Tvar aniontu  $[\text{XeF}_8]^{2-}$  se nazývá tetragonální antiprisma (**0,2 b.**).
11. Oxosloučenina xenonu vznikající při hydrolyze  $\text{XeF}_4$  a  $\text{XeF}_6$  je oxid xenonový. Ten je skutečně jen slabě kyselý, v alkalickém prostředí však přechází na hexaoxoxenoničelan.

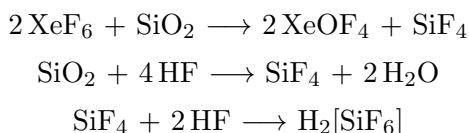


Vzorec vznikající soli je tedy  $\text{XeO}_6^{4-}$ , kterou můžeme pojmenovat jako **hexaoxoxenoničelan** (důraz na „hexaoxo“, jelikož označení *xenoničelan* představuje vzorec  $\text{XeO}_5^{2-}$ ) nebo jako **xenoničelan(4-)** (důraz na celkový náboj aniontu, viz úkol 2). Xenon je v této sloučenině v oxidačním čísle 8. Toto oxidační číslo je neobvykle vysoké a v periodické soustavě prvků nalezneme jen velmi málo prvků, které jsou schopny tohoto oxidačního stavu dosáhnout. Jedním z nich je osmium, které nabývá oxidačního stavu 8 v oxidu osmičelém  $\text{OsO}_4$ . Ten se využívá mj. v organické chemii k *cis*-dihydroxylacím násobných vazeb.



Jako další sloučeninu lze jmenovat například  $\text{RuO}_4$  (**0,4 b.**).

12. Fluoridy xenonu totiž reagují s oxidem křemičitým, což je hlavní složka skla. Fluorid xenonový reaguje s  $\text{SiO}_2$  již za laboratorní teploty, ostatní 2 fluoridy až za zvýšené teploty. Hydrolyza všech fluoridů xenonu navíc poskytuje HF, která rovněž sklo rozpouští. Tyto děje popisují následující reakce:



(**0,4 b.**)

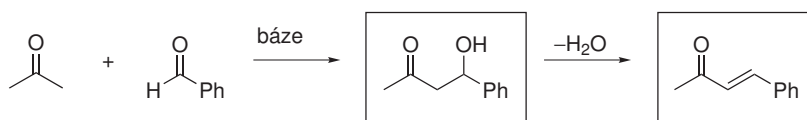


**A3 – Totální syntéza organických molekul**

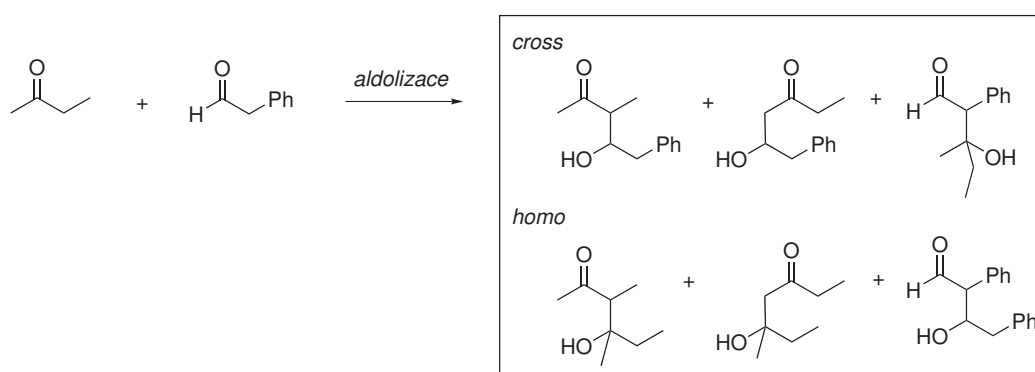
Autor: Tomáš Slanina (e-mail: Slanina.Tomas@seznam.cz)

13 bodů

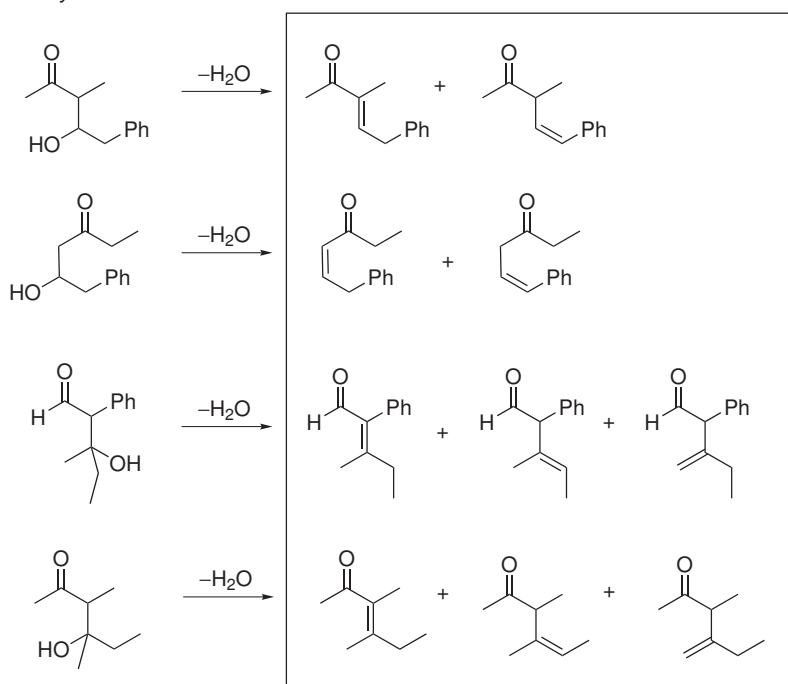
1. Řešení: (1,00 b.)

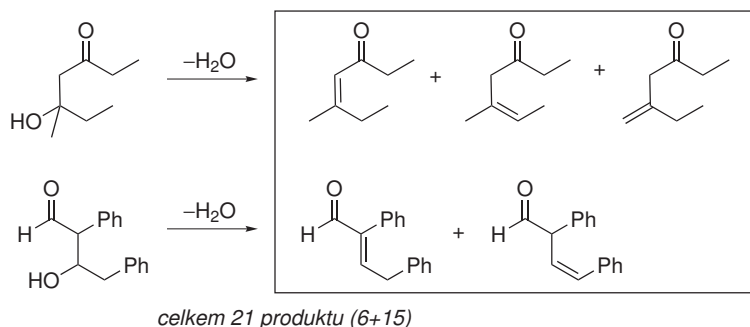


2. Řešení: (4,00 b.)



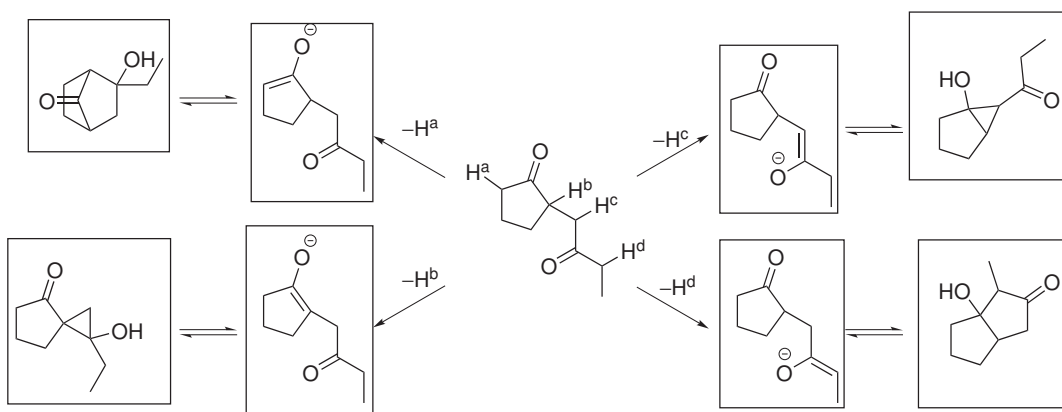
dehydratace



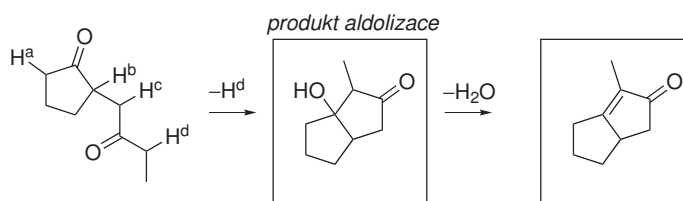


celkem 21 produktu (6+15)

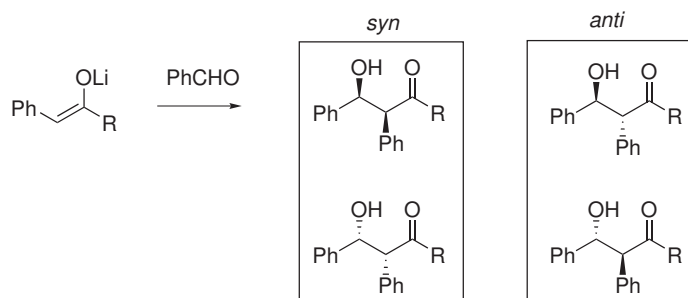
3. Řešení: (2,00 b.)



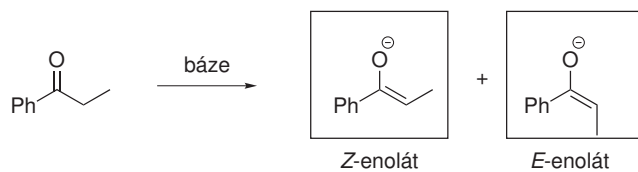
4. Řešení: (1,00 b.)



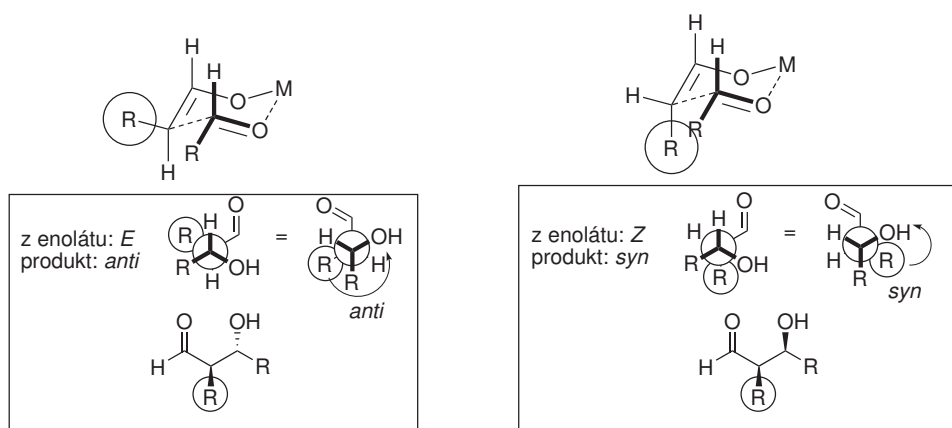
5. Řešení: (1,00 b.)



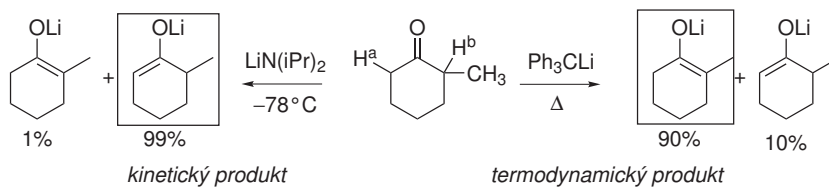
6. Řešení: (1,00 b.)



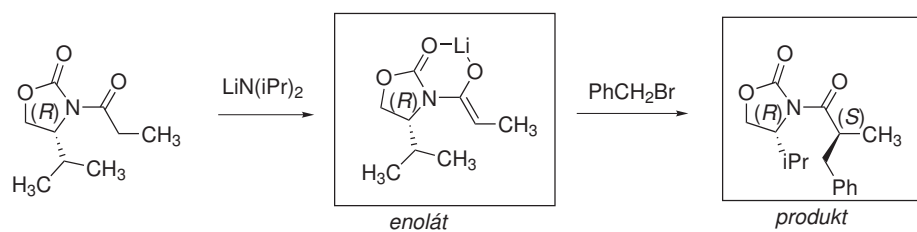
7. Řešení: (1,00 b.)



8. Řešení: (1,00 b.)



9. Řešení: (1,00 b.)



## B3 – Stopy polutantů ve vodách

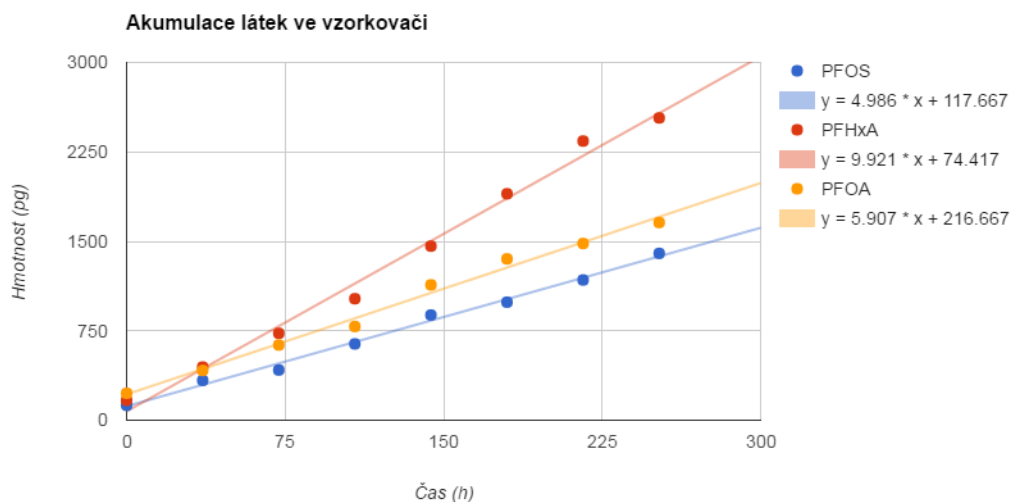
Autoři: Jitka Bečanová (e-mail: [becanova@recetox.muni.cz](mailto:becanova@recetox.muni.cz))

15 bodů

Jakub Urík (e-mail: [urik@recetox.muni.cz](mailto:urik@recetox.muni.cz))

### 1. Řešení:

- PFOA je při pH 3–4 částečně disociovaná. V této formě je sorbovaná na slabý aniontoměnič (WAX). Anex obsahuje funkční skupiny (např. sekundární aminy), které získají náboj potřebný pro vytvoření iontového páru až při kyselém pH. PFOA by byla sorbovaná i při nižším pH (do hodnoty  $pK_a$ ). Při vyšším pH by byla PFOA sice ionizovaná, ale anex by nebyl nabitý, takže by byla sorpce značně omezena na nepolární interakce mezi sorbentem a kyselinou (**1,0 b.**).
  - Organické rozpouštědlo je obohaceno amoniakem, který zvýší pH, dojde ke změně v nabití anexu a tím i uvolnění PFOA z iontového páru. Pro eluci by mohlo být využito jiného organického rozpouštědla s přidavkem báze (**0,75 b.**).
  - Délka uhlíkatého řetězce nemá na sorpci na anex významný vliv. PFBA je silnější kyselinou, která bude při pH 3–4 disociovaná a zvýšením pH amoniakem v organickém rozpouštědle dojde k jejímu uvolnění (**1,0 b.**).
- Výsledky koncentrace PFAS v mořské vodě v ng/l odpovídají koncentracím v tabulce v příloze zadání. Dle SOP byl 1 litr mořské vody zakoncentrován na SPE kolonce. Z té byl vzorek eluován, odpařen a převeden do roztoku o objemu 1 ml. Finální vzorek byl analyzován a uvedené výsledky v tabulce jsou v ng/vzorek (**1,0 b.**).
  - Nejvyšší kontaminaci měla lokalita W\_007. Což byl na mapě záliv Howe Sound a ústí řeky Squamish. Pravděpodobným zdrojem je nějaké místo po toku řeky Squamish (**0,75 b.**).
  - Závislost lze graficky sestavit v tabulkovém editoru, např. Excel. Na osu  $y$  vynášíme hmotnost látky a na osu  $x$  čas. Proložíme-li si body každé látky lineární regresí a necháme si zobrazit rovnici, dostaneme hodnoty směrnice a úseků (**1,5 b.**).



Hodnoty směrnic, úseků a jejich jednotky jsou tedy:

	PFOS	PFHxA	PFOA	
směrnice	4,99	9,92	5,91	pg/h
úsek	117,67	74,42	216,67	pg

Přítomnost látek v neexponovaných vzorkovačích (čas 0) obvykle znamená kontaminaci – látky se mohli dostat do vzorkovačů při jejich výrobě či přepravě, nebo taky přímo do vzorků při jejich zpracování v laboratoři (**1,0 b.**).

Vzorkovací rychlosti vypočítáme ze směrnice, jako příklad použijeme výpočet pro PFOS:

$$R_{S;PFOS} = \frac{a}{c_w} = \frac{4,99 \text{ pg/h}}{1,54 \text{ ng/l}} = \frac{4,99 \text{ pg/h}}{1,54 \text{ pg/ml}} = 3,24 \text{ ml/h}$$

$$R_{S;PFOS} = 24 \text{ h/den} \cdot 3,24 \text{ ml/h} = 77,8 \text{ ml/den}$$

Analogicky dostaneme hodnotu 133,8 ml/den pro PFHxA a 87,6 ml/den pro PFOA (**1,5 b.**).

5. Řešení:

(a) Nejdříve vypočítáme množství přidaného ( $m_0$ ) značeného standardu:

$$m_0 = c_0 \cdot v_0 = 80 \text{ ng/ml} \cdot 0,1 \text{ ml} = 8 \text{ ng}$$

Teď množství zjištěné analýzou ( $m_1$ ). Výsledek analýzy je hodnota koncentrace vzorku, potřebujeme zjistit objem. Objem extraktu po odpaření je 1 ml, ředí se ale vodou v poměru 1:1, tj. přidáním stejného objemu vody. Celkový objem je tedy 2 ml.

$$m_1 = c_1 \cdot v_1 = 3,42 \text{ ng/ml} \cdot 2 \text{ ml} = 6,84 \text{ ng}$$

Během zpracování a analýzy jsme ztratili  $8,00 - 6,84 = 1,16 \text{ ng}$  látky. Účinnost je vlastně podíl získaného množství z původního. Můžeme vyjádřit v procentech:

$$\frac{6,84 \text{ ng}}{8 \text{ ng}} \cdot 100 \% = 85,5 \%$$

(**1,0 b.**)

(b) Množství jednotlivých látek ve vzorkovači vypočítáme stejně jako hodnotu  $m_1$  v předešlé části. Musíme si ale uvědomit, že získaná hodnota je pouze 85,5 % ze skutečného množství ve vzorkovači. Množství látky PFOS tedy zjistíme:

$$m_{PFOS} = \frac{c_{PFOS} \cdot v_1}{0,855} = \frac{1,91 \text{ ng/ml} \cdot 2 \text{ ml}}{0,855} = 4,47 \text{ ng}$$

Stejným výpočtem dostaneme hodnotu 0,53 ng pro PFHxA a 8,12 ng pro PFOA (**1,5 b.**).

6. Řešení:

- (a) Když známe vzorkovací rychlost, čas expozice vzorkovače a množství akumulované látky PFOS, můžeme vypočítat koncentraci v řece, např. pro prosinec, před přítokem 55 km od ústí:

$$c = \frac{m}{R_s \cdot t} = \frac{859 \text{ pg}}{77,8 \text{ ml/den} \cdot 28 \text{ den}} = 0,39 \text{ pg/ml} = 0,39 \text{ ng/l}$$

Pro všechny odběrové lokality postupujeme stejně. Výsledkem je tabulka:

km	$c_w$ (ng/l)	Prosinec	Leden	Únor	Březen
55	Před	0,39	0,32	0,34	0,42
55	Za	0,42	0,37	0,36	0,46
29	Před	0,56	0,58	0,55	0,61
29	Za	0,55	0,56	0,56	0,61
12	Před	0,60	0,65	0,64	0,64
12	Za	0,58	0,65	0,65	0,63
6	Před	0,63	0,67	0,66	0,64
6	Za	0,64	0,69	14,37	3,97

(2,0 b.)

- (b) Při výpočtu množství látky, které do řeky donese přítok, si musíme uvědomit, že kromě polutantů přitéká i voda. V podstatě se tedy jedná o mísení roztoků o různých koncentracích v různých objemech, akorát ve velkém.

Můžeme postupovat například výpočtem celkového množství látky, které proteče za řekou za den před ( $m_1$ ) a za přítokem ( $m_3$ ). Rozdíl bude množství vnášené přítokem ( $m_2$ ).

$$m_2 = m_3 - m_1$$

$$m_2 = c_3 \cdot v_3 - c_1 \cdot v_1$$

Objemy zjistíme z průtoků ( $Q_V$ ) a času (1 den převedeme na sekundy, průtok převedeme na l/s). Pro prosinec a přítok 55 km od ústí platí:

$$v_3 = Q_{V3} \cdot t = (68 \cdot 1000) \text{ l/s} \cdot (24 \cdot 60 \cdot 60) \text{ s} = 5,88 \times 10^9 \text{ l}$$

$$v_1 = Q_{V1} \cdot t = (31 \cdot 1000) \text{ l/s} \cdot (24 \cdot 60 \cdot 60) \text{ s} = 2,68 \times 10^9 \text{ l}$$

$$m_2 = 0,42 \text{ ng/l} \cdot 5,88 \times 10^9 \text{ l} - 0,39 \text{ ng/l} \cdot 2,68 \times 10^9 \text{ l} = 1,42 \times 10^9 \text{ ng} = 1,42 \text{ g}$$

Podobně pak postupujeme pro všechny přítoky a časy. Výsledkem je tabulka:

Přibližná vzdálenost od ústí (km)	hmotnost látky PFOS v přítoku za den (g)			
	Prosinec	Leden	Únor	Březen
55	1,43	1,32	1,19	1,58
29	1,30	1,27	1,44	1,52
12	0,96	1,29	1,38	1,08
6	1,26	1,61	183,73	45,52

(2,0 b.)

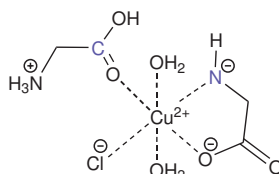
Z tabulky je vidět, že nejvíc látky přichází do řeky z přítoku 6 km od ústí v únoru a zřejmě i začátkem března. Mapa prozradí, že se jedná o přítok s názvem Mamquam (1,0 b.).

### C3 – Polymerizace

Autor: Petr Stadlbauer (e-mail: silchemix@centrum.cz)

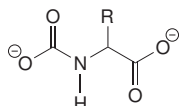
13 bodů

1. Voda je jedním z produktů reakce. Pokud jí bude v reakční směsi velký nadbytek, což je případ vodného roztoku, bude to chemickou rovnováhu posouvat směrem k reaktantům. Zjednodušeně řečeno, čím více vody, tím snadnější hydrolyza. Naopak v bezvodém stavu bude podpořena tvorba produktů, tedy vody a našeho peptidu. Koncentrací reaktantů a produktů tak můžeme ovlivnit polohu chemické rovnováhy, což běžně děláme i v laboratoři nebo průmyslu (**1,0 b.**).
2. Vysvětlení je prosté, stačí, aby vyschla nějaká kaluž, tak, jak to známe dnes. Na vyschlém dně pak zůstanou netěkavé látky, což aminokyseliny a peptidy jsou. Analogicky můžeme uvažovat zvýšenou teplotu na Zemi tak, že se voda vyskytovala zejména v podobě vodní páry (**1,0 b.**).
3. Bude docházet k tepelnému rozkladu aminokyselin i produktů reakce (**1,0 b.**).
4. Optimum reakce bude v okolí neutrálního pH. V příliš kyselém nebo zásaditém prostředí bude docházet k rychlejší hydrolyze peptidové vazby. Navíc bude větší podíl aminokyselin v nevhodné iontové formě (**1,0 b.**).
5. Struktura oktaedrického komplexu mědi s vyznačenými dvěma atomy, mezi nimiž proběhne chemická reakce, je na obrázku 1. Stejně tak byl uznáván i komplex, kde na atomu dusíku nebyl záporný náboj (**2,0 b.**).

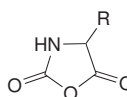


Obr. 1: Struktura komplexu mědi

6. Koncentrovaný roztok chloridu sodného má za úkol absorbovat molekuly vody vznikající při tvorbě peptidové vazby a tím neustále posouvat rovnováhu ve směru k produktům, což nás opět odkazuje k úkolu 1 (**1,5 b.**).
7. Meziprodukt I<sub>1</sub> vzniklý reakcí aminokyseliny s hydrogenuhličitanem je na obrázku 2, struktura anhydridu *N*-karboxyaminokyseliny (NCA) je na obrázku 3 (**2,0 b.**).



Obr. 2: Struktura I<sub>1</sub>



Obr. 3: Struktura NCA

8. Vznikne oligomer, jehož jednotky budou navzájem spojeny směsicí 3'→5' a 2'→5' vazeb, protože při jejich spojování není atak 5'-hydroxylové skupiny na cyklický fosfodiester příliš regioselektivní. Současné nukleové kyseliny ale obsahují jen 3'→5' spojení (**1,5 b.**).



9. Polynukleotidy o délce větší než 20 nukleotidů vznikly spojením kratších fragmentů. Například polynukleotid o délce 120 nukleotidů může vzniknout postupným spojením šesti oligonukleotidů o délce 20 nukleotidů (**1,0 b.**).
10. V případě  $G_{24}C_{24}$  s přesahem čtyř nukleotidů je celá struktura stabilizovaná dvaceti  $G=C$  páry. Celý systém je tak dostatečně odolný proti tepelným pohybům a díky čtyř nukleotidům ve smyčce může probíhat reakce mezi konci obou řetězců. Naproti tomu v případě  $G_6C_6$  by obdobná struktura obsahovala pouze dva  $G=C$  páry, což je málo na to, aby zůstala stabilní a reakce mohla probíhat efektivně. Namísto toho by se taková struktura rozpletla a přepárovala tak, že by vzniklo více  $G=C$  párů na úkor délky smyčky (**1,0 b.**).