

Masarykova univerzita

Přírodovědecká fakulta



Vzdělávací ikurz pro budoucí chemiky

Zadání 3. série

10. ročník (2019/2020)

Korespondenční seminář ViBuCh probíhá pod záštitou [Ústavu chemie](#) a [Centra RECETOX](#) Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity.

Recenze úloh:

Pavla Fialová (B3), Josef Kučera (C3), Jaromír Literák (A3), Petra Pikulová (S6) a Jan Sokolov (S5)

© 2020 Jiří Doseděl, Marie Grunová, Simona Krupčíková, Štěpán Káňa, Jana Lapešová a Petra Pikulová

© 2020 Masarykova univerzita

Úvodník

Drazí přátelé ViBuChu,

na středních školách začíná druhé pololetí, nám orgům se blíží jarní semestr, letošní ročník se zkrátka přehoupl přes polovinu. Doufáme, že si po zasloužených pololetních prázdninách najdete čas na řešení třetí série ViBuChu!

V první úloze se k nám vrátí panda Fanda i s bambusem. Po vyřešení druhé úvodní úlohy si budete připadat tak zelení, že byste mohli fixovat CO_2 . Hned nato zjistíte, jak se syntetizují některá antiepileptika (autorkám úvodníku se u tohoto slova zamotal jazyk). V další úloze si Sovička s Polutantíkem budou povídat o prostředí, v němž trávíme nejvíce času. A v poslední úloze to bude těžké...

Nakonec si запиšte za uši datum 24.–26. 4. 2020. Co bude? Přece jarní soustředko! Možná dorazí i Fanda, ale bude potřebovat Vaši pomoc. A jak? To už se dozvíte v jeho úloze.

Za orgy

Maruška a Peťa

PS: Víte, co je zajímavého na dni 9. 3.? Vůbec nic... alespoň podle toho, co jsme našly na Wikipedii při psaní tohoto úvodníku. A proto vám tento den zpestříme deadline třetí série!

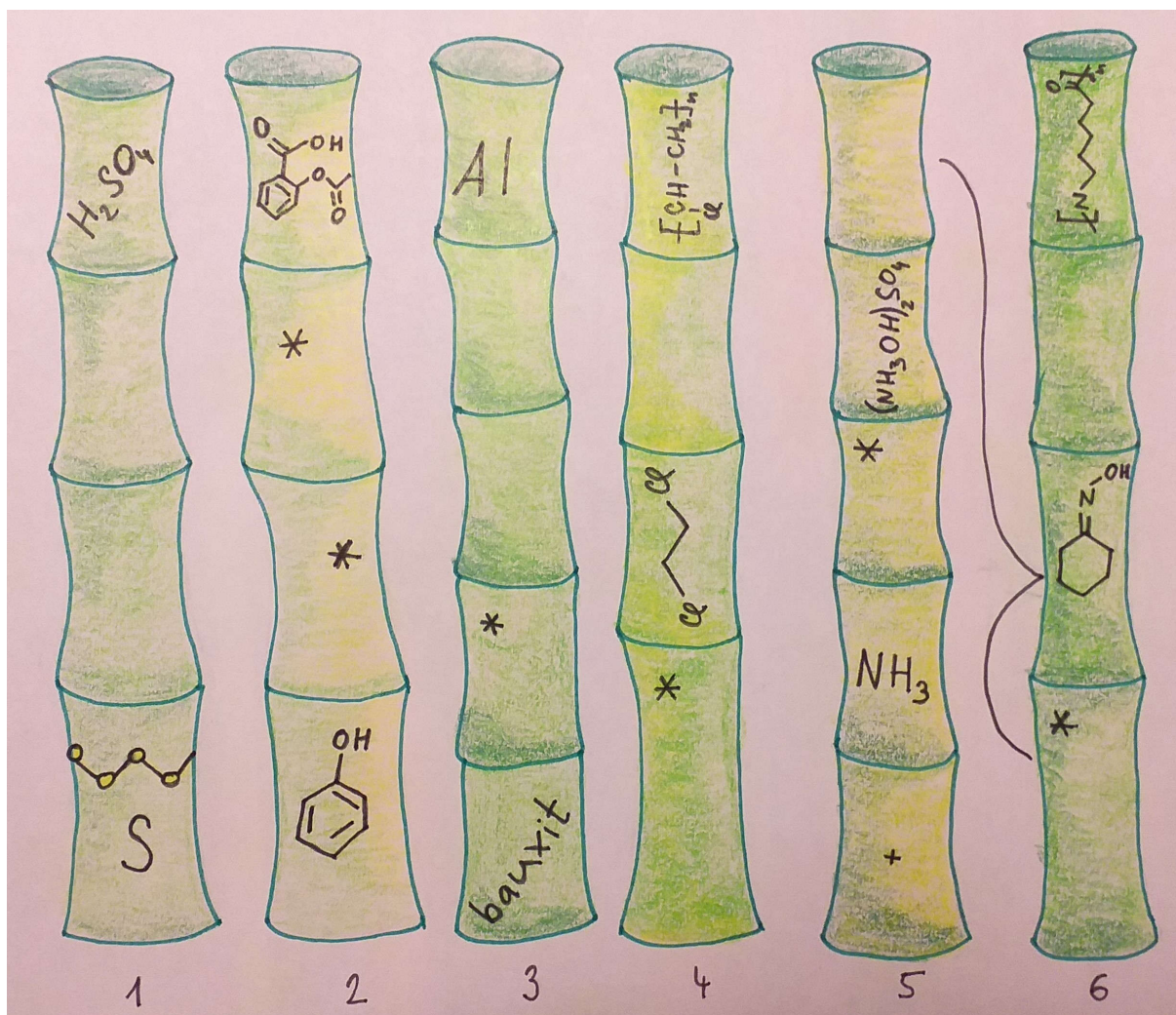
S5 – Fandova úloha (pátá úvodní úloha)

Autorka: Jana Lapešová (e-mail: 474482@mail.muni.cz)

6 bodů

Sotva se Fanda probudil, už přemýšlel, co by zakouzl. To víte, taková panda, jako je náš Fanda, stráví krmením i 14 hodin denně. Není tedy divu, že to první a vlastně skoro jediné, na co panda myslí, je bambus. Dneska ale Fandu čeká spousta práce, slíbil totiž, že mi pomůže napsat úvodní úlohu pro řešitele ViBuChu.

„No jo, ale na co si budu psát poznámky?“ pomyslel si Fanda, když se rozhlédl po kleci. Zem je celá promrzlá, takže do písku psát nemůže. Bezradně se zakouzl do jednoho z bambusových stonků. „No jasně,“ problesklo mu hlavou, „jídlo je odpovědí na veškeré životní otázky.“ Popadl do pacek černý fix, který jsem mu loni v létě nenápadně upustila do výběhu, a cvičně si na jeden stonek napsal pár chemických vzorců. „Wunderbar!“ zvolal spokojeně, rozložil před sebe několik pěkných bambusových tyček a připravil si tak zápisník. . .

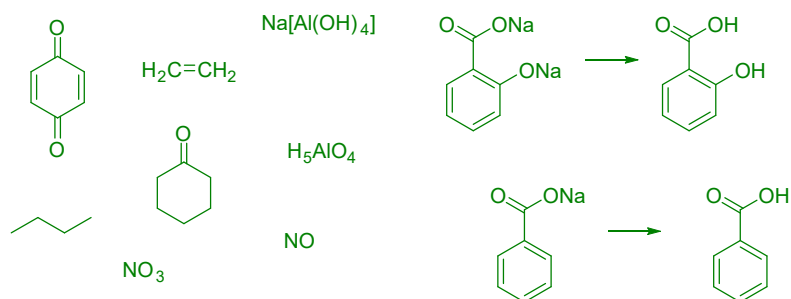


Obr. 1: Zadání Fandovy úlohy

Úkol 1: Na Obrázku 1 vidíte šest tyček z bambusu (1–6). Každá bambusová tyčka představuje průmyslovou výrobu jedné látky. Vaším úkolem bude doplnit do jednotlivých bambusových článků na Obrázku 1 všechny meziprodukty vedoucí ke konečným produktům nahoře.

Odpovědi pište jako chemické vzorce (sumární pro anorganické a strukturní pro organické látky), ve všech případech se jedná o dobře definované chemické sloučeniny.

Pro články označené hvězdičkou najdete nápovědu na Obrázku 2, z nabídky však použijete pouze polovinu látek. (Ve dvou případech je šipkou znázorněno pořadí, v jakém by dané látky měly být použity, pokud jsou ovšem řešením.)



Obr. 2: Nápověda

Výjimka je u tyčky č. 5 – v prvním článku nebude zapsána jedna látka, ale směs dvou plynů (to je naznačeno znaménkem plus). Produkt v posledním článku tyčky č. 5 se dále použije jako reaktant v následující reakci (6).

Úkol 2: Aby Fanda mohl přijet na jarní setkání ViBuChu, musel by ze zoologické zahrady utéct. Který konečný produkt z Obrázku 1 by se dal použít k roztavení mříží klece? Jmenujte nějaký předmět vyrobený z této látky, který by se mohl ve Fandově kleci vyskytovat. Je možné tento předmět použít k úniku ze zoologické zahrady?

Úkol 3: S jakým problémem by Fandovi (nebo radši člověku) pomohl konečný produkt bambusové tyčky č. 2? K čemu se používají konečné produkty tyček č. 4 a 6?

S6 – Zelená úloha (šestá úvodní úloha)

Autor: Jiří Doseděl (e-mail: jirka.dosedel@email.cz)

8 bodů

„Travička zelená, to je moje potěšení...“, „Zelená je tráva, fotbal to je hra...“, „Uznávám, já uznávám zelený tulipán...“, „Okolo Frýdku cestička, okolo Frýdku cestička a na ní se zelená a na ní se zelená...“

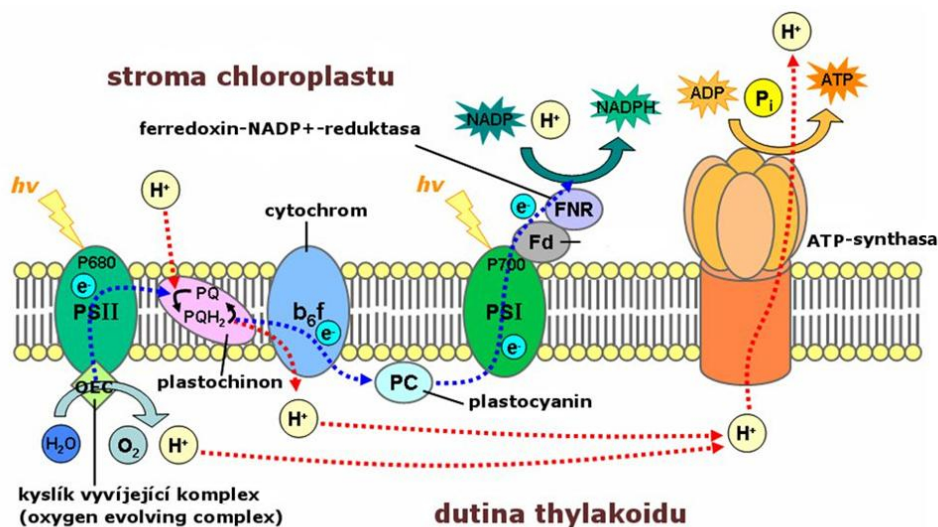
Toto jsou jen některé úryvky klasických českých lidových písniček, které odkazují na jednu konkrétní věc – na rostliny (latinsky *Plantae*). Rostliny, stejně jako živočichy, řadíme do skupiny eukaryot. Přestože mají obě tyto říše eukaryotické buňky, docela se liší.

Úkol 1: Napište 3 buněčné struktury, které odlišují živočišnou a rostlinnou buňku.

Asi každý si jako dítě položil otázku: „A proč jsou kytičky zelené?“ Zelenou barvu rostlinám dává barvivo chlorofyl. Existuje několik druhů chlorofylu – *a*, *b*, *c1*, *c2*, *d*, *e*, *f*. Největší zastoupení mají v rostlinách chlorofyly *a* a *b*.

Úkol 2: Kde se v rostlinné buňce nachází chlorofyl? V jakých částech světelného spektra (stačí uvést barvy) má chlorofyl *b* absorpční maxima?

Fotosyntézu je možné rozdělit na tzv. primární a sekundární fázi. V primární fázi dochází k rozkladu vody tzv. kyslík vyvíjejícím komplexem na H^+ a O_2 a uvolňují se elektrony. Uvolněné elektrony jsou biochemickou kaskádou vedeny z fotosytému II (PSII) do fotosytému I (PSI) za současného přenosu H^+ do dutiny thylakoidu. Vzniklý gradient protonů H^+ vede k tvorbě ATP (adenosintrifosfátu) za současného přesunu H^+ přes membránu. Na druhé straně membrány jsou protony použity k syntéze NADPH (redukováná forma nikotinamidadenindinukleotidfosfátu). Na jednu molekulu vody se vytvoří 4 molekuly ATP a 2 molekuly NADPH.

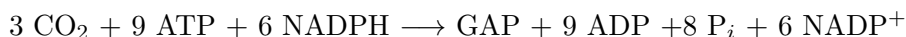


Obr. 1: Primární fáze fotosyntézy

Úkol 3: K čemu je během primární fáze fotosyntézy potřeba chlorofyl? Jaké fyziologické následky by pro rostlinu mělo vyřazení funkce chlorofylu?

Při sekundární fázi je v Calvinově cyklu enzymem RuBisCO (ribulosa-1,5-bisfosfát-karboxylasa/oxygenasa) vázán oxid uhličitý, který je následně převeden na glycerinaldehyd-3-fosfát (GAP). Z něj se zpětně syntetizují sacharidy (nejčastěji škrob). Mimo to se v Calvinově cyklu spotřebovává NADPH a ATP (NADPH je převeden na NADP^+ a ATP na ADP).

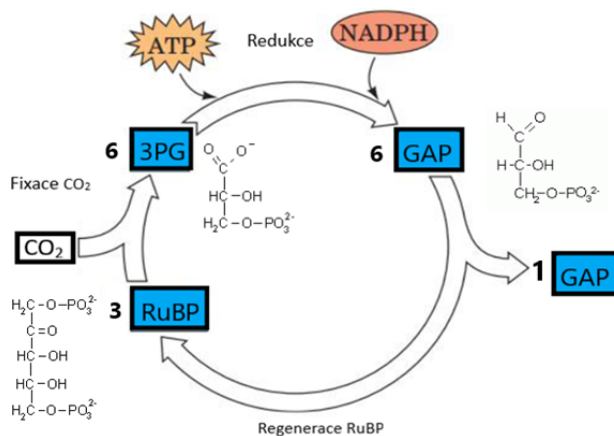
Souhrnně by šlo Calvinův cyklus zapsat touto chemickou rovnicí (P_i je fosfát):



Úkol 4: Kolik molů oxidu uhličitého je potřeba pro vytvoření 5 pg glycerinaldehyd-3-fosfátu (GAP)? Kolik času by zabrala jedné rostlinné buňce tvorba tohoto množství GAP, pokud jedna molekula RuBisCO fixuje tři molekuly CO_2 za sekundu? Předpokládejte, že jedna buňka obsahuje $5,65 \times 10^{-18}$ g RuBisCO, molární hmotnost RuBisCO je 68 kDa ($68\,000 \text{ g mol}^{-1}$) a molární hmotnost GAP je $168,04 \text{ g mol}^{-1}$.

Calvinovu cyklu se někdy také říká C3 cyklus, protože prvním stabilním produktem je právě tříuhlíkatý GAP. Je to poměrně složitý cyklus, zjednodušeně by se ale dal popsat třemi větami:

Ribulosa-1,5-bisfosfát (RuBP) váže CO_2 . Vzniklý 3-fosfoglycerát (3PG) se redukuje na glycerinaldehyd-3-fosfát (GAP). Jedna molekula GAP vystupuje z cyklu jako produkt, zbytek se regeneruje zpět na ribulosa-1,5-bisfosfát (RuBP). Takto zjednodušený Calvinův cyklus si můžete prohlédnout na Obrázku 2.



Obr. 2: Zjednodušené schéma Calvinova cyklu

V biotopech s vysokými teplotami a nízkou koncentrací CO_2 lze najít rostliny (např. kukuřice nebo bambus), které si během evoluce vytvořily kromě C3 cyklu ještě jeden způsob fixace CO_2 . Tento cyklus běží převážně v noci při zavřených průduších, aby se zamezilo ztrátám vody. Navíc tento cyklus nepotřebuje RuBisCO k fixaci CO_2 .

Úkol 5: Jak se tento cyklus nazývá? Pokuste se jej krátce (3–5 větami) popsat. Svoji odpověď můžete doplnit i nákresem cyklu, není to však podmínkou.

Na podzim, kdy intenzita slunečního světla klesá, dochází k přeměně chloroplastů na jiné druhy plastidů. Tímto krokem se rostliny připravují na nadcházející zimu. Konkrétně u listnatých stromů dochází k rozkladu chlorofylu a vzniklé plastidy mají žlutou, hnědou nebo červenou barvu, což se také projeví na barvě listů.

Úkol 6: Jak se nazývají plastidy, které dávají podzimnímu listí charakteristickou barvu?

A3 – Epilepsie

Autorky: Lenka Karpíšková (e-mail: lenula.kar@gmail.com)
 Marie Grunová (e-mail: 500075@mail.muni.cz)

12,5 bodu

V následujících úloze se podíváme na dvě témata – uhlovodíky s dvojnými vazbami a skupinu léčiv zvanou antiépíleptika.

Uhlovodíky s dvojnými vazbami se mohou vyskytovat jako dva prostorové izomery (*E*)- (z německého entgegen, tedy naproti) a (*Z*)- (z německého zusammen, tedy společně), v závislosti na uspořádání skupin navázaných na uhlíkových atomech spojených dvojnou vazbou. Při určování deskriptorů konfigurace (*E*)- a (*Z*)- se uplatňují Cahnova-Ingoldova-Prelogova pravidla, definující prioritu substituentů.

Úkol 1: U následujících sloučenin určete, jestli se jedná o (*E*)- nebo (*Z*)-izomer:



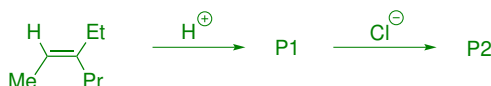
Úkol 2: Která z následujících sloučenin je termodynamicky stabilnější – (*Z*)-but-2-en, nebo (*E*)-but-2-en? Stručně svou odpověď zdůvodněte.

Jedna z reakcí, kterou alkeny podstupují, je elektrofilní adice. Reakci zahajuje částice činidla s úplným či částečným kladným nábojem a dále vzniká karbokation. Ten reaguje s odpovídajícím aniontem. Adice se řídí Markovnikovovým pravidlem, které vlastně říká, že při reakci vzniká stabilnější karbokation.

Úkol 3: Seřadte následující karbokationty podle vzrůstající stability:



Úkol 4: Nakreslete produkty P1 a P2 když víte, že reakce se řídí Markovnikovovým pravidlem, tedy vzniká stabilnější karbokation. (Me = methyl, Et = ethyl, Pr = propyl)

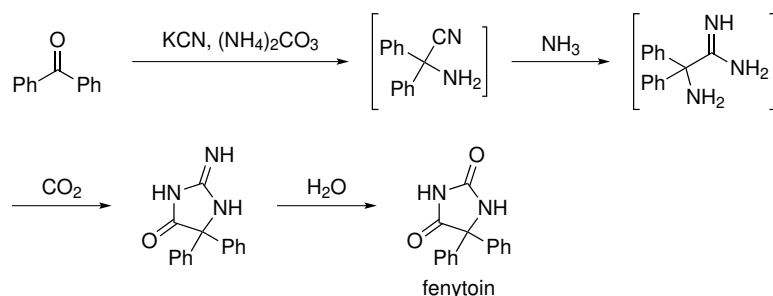


Úkol 5: Nakreslete produkty P3 a P4. Adice vody se taktéž řídí Markovnikovovým pravidlem, ale probíhá pouze za přítomnosti katalyzátoru – minerální kyseliny.



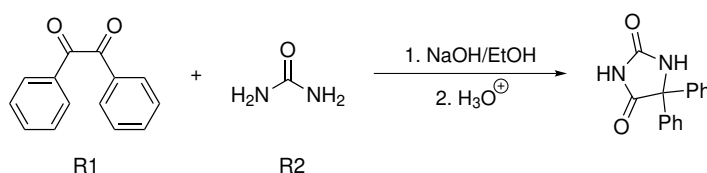
Dále se podíváme na epilepsii a látky, které se používají při její léčbě. Epilepsie je onemocnění, které postihuje asi 1 % populace. Jsou pro ni charakteristické záchvaty, které jsou vyvolané abnormálními výboji mezi neurony v šedé kůře mozkové. Záchvaty se projevují jako krátkodobé stavy zmatenosti, ztráty vědomí nebo křeče kosterního svalstva. Jednotlivé případy mohou být vyvolány různými mechanismy, takže neexistují žádná univerzální antiepileptika.

Významnou skupinou antiepileptik jsou hydantoináty, nejznámějším z nich je **fenytoin**. Jednou z možností jeho přípravy je reakce benzofenonu s kyanidem draselným a uhlíčanem amonným. Lze předpokládat, že intermediátem reakce je difenylglycinnitril, který postupně reaguje s amoniakem a oxidem uhlíčitým poskytne amidin a následnou hydrolyzou fenytoin.



Úkol 6: Která sloučenina je v této syntéze zdrojem amoniaku a oxidu uhlíčitého? Napište rovnici vzniku amoniaku a oxidu uhlíčitého termickým rozkladem této sloučeniny.

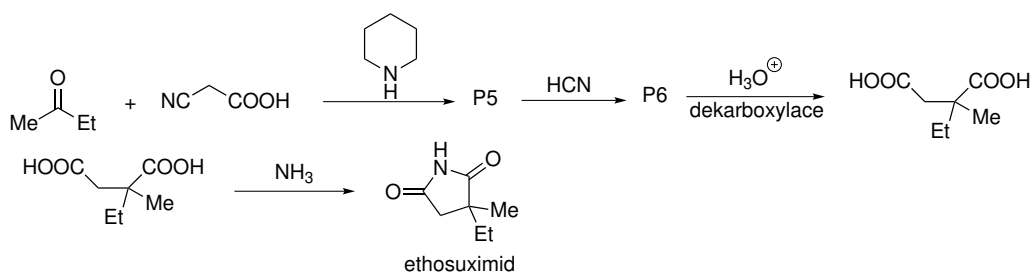
Mimo tuto syntézu existuje syntéza fenytoinu v jednom kroku:



Úkol 7: Napište triviální názvy látek R1 a R2. V jaké tělní tekutině se nachází velké množství látky R2?

Úkol 8: V reakci jako jedno z činidel vystupuje ethanol. Nakreslete schéma jednokrokové přípravy ethanolu z alkenů, kde se využívá elektrofilní adice.

Další skupina antiepileptik jsou imidy kyseliny jantarové, například **ethosuximid**. Prvním krokem jeho syntézy je Knoevenagelova kondenzace ethyl-kyanacetátu s ketonem. Dalším krokem je Michaelova adice kyanovodíku. Následuje kyselá hydrolyza nitrilových skupin (při kyselé hydrolyze nitrilových skupin -CN vzniká kyselina -COOH) doprovázená dekarboxylací. Takto se získá substituovaná jantarová kyselina, která reakcí s amoniakem poskytne ethosuximid.

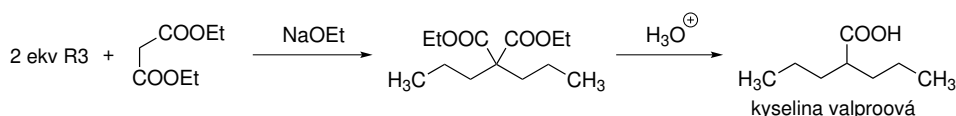


Úkol 9: Nakreslete struktury meziproductů P5 a P6. U meziproductu P6 se -CN skupina aduje na uhlík dvojně vazby s více uhlovodíkovými zbytky.

Úkol 10: Jakou úlohu má v reakci piperidin?

Úkol 11: Jaký plyn se uvolňuje při dekarboxylaci?

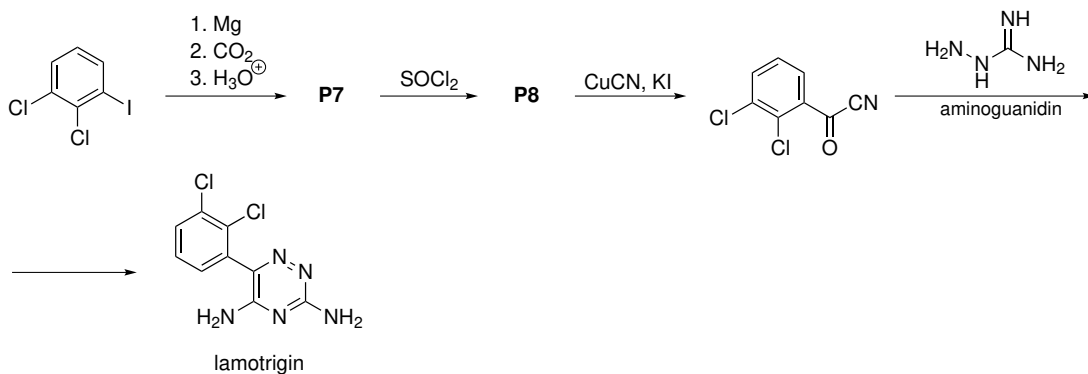
Valproová kyselina je širokospektré antiepileptikum, aplikuje se ve formě sodné nebo vápenaté soli. Mechanismus účinku není přesně prozkoumán. Valproová kyselina blokuje v centrální nervové soustavě receptory NMDA (*N*-methyl-D-aspartátový podtyp glutamátových receptorů) a nejspíš potlačuje degradaci GABA (kyseliny γ -aminomáselné). Valproová kyselina nemá hypnotické, ani sedativní vlastnosti. Její syntézu popisuje následující schéma:



Úkol 12: Nakreslete strukturu reaktantu R3. Jedná se o bromalkan, v reakci reagují dva ekvivalenty této látky.

Úkol 13: Bylo by možné připravit reaktant R3 elektrofilní adicí HBr na příslušný alken? Stručně svou odpověď zdůvodněte.

Dalším významným antiepileptikem je **lamotrigin**. Při syntéze lamotriginu se vychází z 1,2-dichlor-3-jodbenzenu, který se Grignardovou reakcí převede na 2,3-dichlorbenzoovou kyselinu. Reakcí s SOCl_2 vzniká chlorid této kyseliny. Ten reaguje s kyanidem měďným za vzniku α -ketonitrilu, který s aminoguanidinem cyklizuje na lamotrigin.



Úkol 14: Nakreslete struktury produktů P7 a P8.

Úkol 15: Nakreslete mechanismy prvních dvou kroků syntézy lamotriginu, tedy přípravy kyseliny (P7) a jejího chloridu (P8).

B3 – Osud látek v životním prostředí

Autorka: Simona Rozárka Jílková (e-mail: rozarka.jilkova@recetox.muni.cz)

13 bodů

Byl krásný zasněžený den jako v pohádce, větve se ohýbaly pod návalem sněhu, děti se radovaly z bobování a Sovička si čečrala peří, aby vypadala důstojně jako její prababička ve Vánoční pohádce. Sovička si užívala Vánoce, ale Polutantík měl nějaký splín. Sovička nevěděla, zda se bojí o kamarády z Afriky, o lidi v Pekingu, nebo zda ho trápí něco úplně jiného? A tak na Polutantíka stálo: „hú a hú a hú,“ jen aby ho rozveselila. A nakonec zjistila, že alespoň trochu Polutantíkovi pozvedne náladu, když si spolu povídají o jeho práci. A tak za jednoho dlouhého zimního večera. . .

Úkol 1: Volně doplňte věty, které rekapitulují dosavadní získané znalosti.

„Polutantíku, prosím Tě, já jsem uvažovala o těch všech možných chemických látkách, o kterých jsi mi vyprávěl, a přijde mi to hrozně smutné. Prvně jsme si povídali o skupině chemikálií, které člověk vyráběl záměrně, ale zjistil, že _____. A ve druhé skupině byly látky, které se vyskytují přirozeně v přírodě a zároveň _____. Zatím to vypadá tak, že nic, co udělal člověk, není dobré. Jen to škodí přírodě, i člověku samotnému. Je to opravdu tak?“

Úkol 2: Jmenujte alespoň tři chemické látky nebo skupiny látek, které jsou pro člověka a jeho životní styl nepostradatelné. (Poznámka: Asi jste už pochopili, že každé PRO má i své PROTI. Prosím, teď uvažujte pouze o výhodách pro člověka.)

„No, Sovičko. Máš pravdu v tom, že občas se v tom člověk trochu plácá. Ale dokážeš si představit život člověka v našich podmínkách bez _____? A prozkoumání slepé cesty je pro vědce velice důležité, stejně tak jako se ze slepých cest a chyb poučit.“

Úkol 3: Doplňte Polutantíka ve výkladu, který následuje. Co to je princip předběžné opatrnosti? Používáte ho někdy ve svém běžném životě? Napadá vás nějaké přísloví, které tento princip vystihuje?

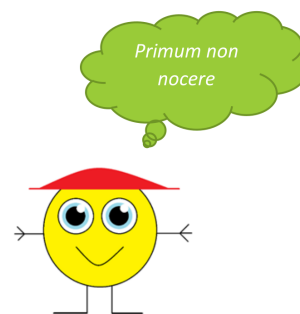
„V roce 1992 na konferenci OSN o životním prostředí a rozvoji byl použit pojem PRINCIP PŘEDBĚŽNÉ OPATRNOSTI. To znamená že _____.“

„Polutantíku, tak to je skvělé. To jsem moc ráda, že teď by to mělo fungovat takhle perfektně. Ale já už, hú hú, toho povídání mám dost. Neměl jsi dneska v plánu nějaké úplně nové téma? Nepojedeme někde na výlet?“

„Sovičko, máš pravdu. Pojd'me na nové téma. Ale nikam nepojedeme, zůstaneme tady doma. Dnes se totiž zaměříme na chemické látky u nás v domě.“

„Jé, to teda bude. Proč bychom se měli zaměřovat na látky u nás doma? Vždyť tu máme čisto, nemáme tu žádnou továrnu a vůbec. Všechno znečištění je venku.“

„Sovičko, tak se zamysli. Prvně, kolik času trávíš ve vnitřním prostředí? Spočítej si to pro sebe, kolik minut denně jsi doma, v dopravním prostředku, v práci nebo ve škole. Nu, jakpak ti to vyšlo?“



Úkol 4: Spočítejte si stejně jako Sovička, kolik času trávíte ve vnitřním prostředí. Vypočtěte průměrný pracovní den a víkendový den během školního roku a jeden den během prázdnin.

„Tyjo, to je hrozně moc. To tam někde mám chybu.“

„No víš, sovičko, většina lidí v Evropě tráví víc jak 80 % svého času ve vnitřním prostředí. Takže ty se svojí nocí, kdy létáš venku, jsi na tom skvěle. A proto dneska nikam nepůjdeme, ale podíváme se na vnitřní prostředí podrobněji.“

„Hú, hú.“

„Ty jsi pak ještě říkala, že tu nemáme žádnou továrnu. Ale kolik tady máme vybavení, které bylo právě v těch zmiňovaných továrnách vyrobeno?“

„No ale přeci domů mi nejde nic nebezpečného, všechno to zůstane v té továrně.“

„Inu, Sovičko, samozřejmě, že by ve finálních výrobcích nemělo být nic v koncentraci zdraví škodlivé. Ale podívejme se třeba na takový plast. Z čeho je plast tvořen?“



Člověk domácí

Úkol 5: Co to jsou plasty? Z čeho jsou plasty tvořeny? Napište chemický vzorec jednoho plastu.

„No tak plasty jsou _____. Ale ty plasty jsou přeci těžko rozložitelné, vždyť jich máme plné moře. A monomery drží ve struktuře, takže, co by nám z nich mohlo dělat špatně?“

„Sovičko, máš pravdu v tom, že plasty samy o sobě pro nás nepředstavují velké riziko. Ale plasty, které máme doma, mají v sobě mnoho přidaných látek. Někdy je to i víc než 50 % a mohou to být barviva, látky, které mění ohebnost plastu, pěnidla nebo třeba zpomalovače hoření.“

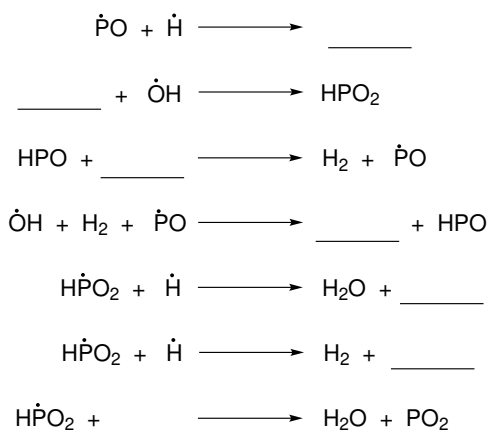
„Počkej, to vím! Zpomalovače hoření se tam dávají schválně, aby zpomalily případné hoření. Ale, jak to vlastně dělají?“

„Perfektní sovičko. Dávají se tam schválně, aby nás ochránily. A jak že fungují? Nejprve si uvědom, jak hoří nějaký obyčejný uhlovodík.“

Úkol 6: Napište rovnici hoření uhlovodíku.

„Perfektní! No a takový zpomalovač hoření funguje dvěma mechanismy. Hořlavý materiál pokryje vrstvou nehořlavých produktů (sazí) a díky tomu se oheň nedostane k dalšímu materiálu (palivu). A zároveň během exotermní reakce vznikají z molekuly zpomalovače hoření radikály, které reagují s radikály vznikající při hoření, a tím celý proces inhibují.“

Úkol 7: Uvažujte o zpomalovači hoření obsahující fosforové estery a doplňte následující rovnice. Zakroužkujte ty radikály, které vznikají při běžném hoření.



„Teda Polutantíku, to vypadá účinně!“

„Ano, vypadá to skvěle. A je úžasné, že nám to prodlouží čas na útěk a jen tak neuhoříme. Ale jako všechno, i zde je ALE. Problém totiž je, že některé z těchto látek dokáží napodobit naše hormony štítné žlázy a pak naše tělo reaguje jinak, než by mělo. Víš, co všechno štítná žláza ovlivňuje?“

Úkol 8: Odpovězte místo Sovičky

„_____“

„Přesně tak, a to není málo. Víš, jak se hlavně dostávají tyto zpomalovače hoření do našeho těla? To neuhodneš!“

„Tak já nevím, třeba se nějak vypařují a my je dýcháme?“

„Ne, Sovičko. Jsou především adsorbované na prachu a my je s tím prachem sníme. Je to hlavní expoziční cesta. Tušíš, kolik jsi za život takového prachu snědla?“



Úkol 9: Vypočtete, kolik jste za svůj život snědli prachu. Novorozene sní prachu průměrně 30 mg/den, dítě ve věku jednoho až šesti let 60 mg/den a od šesti let je pak průměrné množství sněženého prachu 30 mg/den.

„Hú, húúú. Je takové množství nebezpečné?“

„Sovičko, to záleží na tom, co v tom prachu je. Vědci prach vysávají a stírají a potom v něm analyzují různé látky, třeba i ty zpomalovače hoření. A potom propočítáváme, zda taková množství jsou pro lidi rizikem či nikoliv. Ale o tom až někdy jindy, nebo se podívej do loňské čtvrté úlohy.“

„Jé, díky. Uvidím, zda budu tak aktivní.“

„Sovičko, moc ti děkuji. Já jsem se do toho tak zapovídal, že jsem úplně zapomněl, že mě něco trápí. A víš ty co? Ani už nevím, co to bylo.“

C3 – Vánoce na (těžké) vodě

Autor: Štěpán Káňa (e-mail: stepan.kana@skaut.cz)

10 bodů

Pavel vyhlédl z okna. Místo bílých poletujících vloček pozoroval těžké bezbarvé kapky, které dopadaly na dlažbu ulice. Bylo 27. prosince a už od Božího hodů takto přšelo. „Fuj, to je ale počasí. Co budu dělat? Vždyť se nedá jít si ven ani zaběhat!“ smutněl Pavel. Pak se ale vrhl do studia materiálů a odborných článků, které mu před Vánocemi poslala jeho vedoucí. Do první zkoušky tohoto vysokoškolačka bylo času dost a téma samostatného projektu, které mu osud a školitelka vybraly, jej velice bavilo.

„Deuterium bylo objeveno roku 1931, látka D_2O pak o dva roky později. Sloučeninu H_2O budeme nazývat lehká voda, D_2O budeme říkat těžká voda,“ shrnoval základní fakta, která si nastudoval. A četl dále. „V přírodních vodách je D_2O zastoupeno jen asi 0,015 %. Tento fakt předurčuje cenu těžké vody. Cena 1 litru se na trhu totiž pohybuje v rozmezí 30 000–40 000 Kč, což zamezuje použití ve velkých objemech. Těžká voda se používá např. v jaderných reaktorech jako chladicí medium i moderátor, protože účinně zadržuje neutrony.

Obě sloučeniny mají mírně odlišné fyzikální vlastnosti, které jsou patrné z Tabulky 1.“

Tab. 1: Vybrané fyzikální vlastnosti lehké a těžké vody

Vlastnost	Podmínky	H_2O	D_2O
Teplota tání ($^{\circ}C$)	101,325 kPa	0,0	3,82
Teplota varu ($^{\circ}C$)	101,325 kPa	100,00	101,42
Hustota ($kg\ m^{-3}$)	25,0 $^{\circ}C$; 101,325 kPa	997,05	1104,36
Dynamická viskozita (mPa s)	25,0 $^{\circ}C$; 101,325 kPa	0,891	1,095
Dielektrická konstanta	25,0 $^{\circ}C$	78,40	78,06
pH, resp. pD	25,0 $^{\circ}C$	7,00	7,44

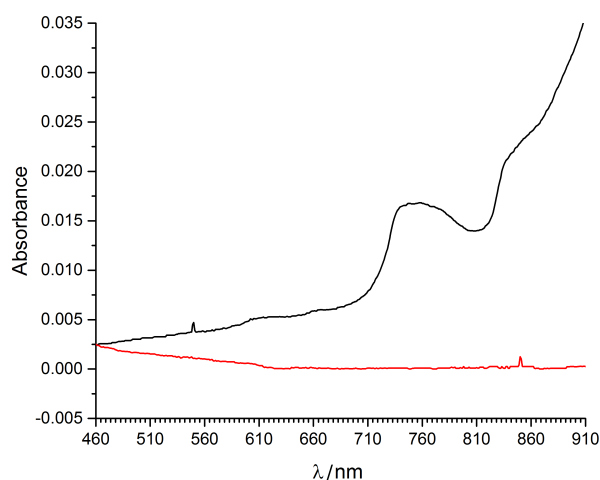
Úkol 1: (na zahřátí) V čem se liší protium (H) od deuteria (D)? Jaká je atomární podstata?

I když byl Pavel do studia ponořen, stále občas pomyslel na zimu, sněh, led! A najednou si položil otázku.

Úkol 2: Bude kostka ledu z D_2O plovat, nebo klesat po položení na hladinu H_2O ? Odpověď krátce zdůvodněte.

„Těžká voda má také odlišné spektroskopické vlastnosti ve viditelné, a zvláště pak v infračervené části spektra, což je oblast, která souvisí s rotačními a vibračními vlastnostmi molekul. Pro jednoduchost si lze představit vazbu O-H nebo O-D jako pružinu, která osciluje. Ta s těžším atomem bude kmitat s menší frekvencí, tedy s menší energií. Proto je také normální voda v hloubce namodralá, kdežto D_2O nikoliv.“

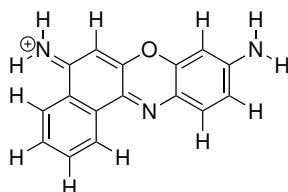
Úkol 3: Podívejte se na Obrázek 1, který zobrazuje absorpci normální a těžké vody. Určete, která křivka (napište barvu křivky) reprezentuje těžkou vodu.



Obr. 1: Absorpční spektrum lehké a těžké vody

„Dalším zajímavým jevem je izotopová výměna,“ pustil se Pavel do další kapitoly. „Jedná se o vratnou výměnu atomů téhož prvku (tedy izotopů) mezi dvěma látkami. Aby se atomy vodíku mohly „vyměnit“, musejí být poutány polární vazbou (tyto vodíky se nazývají labilní nebo kyselé). Tento děj bude probíhat například tehdy, když rozpustíme kresolovou violet’ (Obrázek 2) v těžké vodě.“

Úkol 4: Do svého řešení si překreslete strukturní vzorec kresolové violeti a zvýrazněte, které atomy protia (H) se nahradí atomy deuteria (D) při interakci s D_2O . Popište laboratorní postup, kterým bychom připravili krystal kresolové violeti, který by měl obsahovat tyto atomy deuteria.



Obr. 2: Strukturní vzorec kresolové violeti

Posledním vědeckým článkem Pavel navázal na své poznatky z luminiscence. V publikaci se totiž psalo, že intenzita fluorescence roztoku chloridu europitého je $19\times$ větší v D_2O oproti H_2O . To u Pavla vyvolalo údiv. Četl dál. Dozvěděl se, že za to může jev, kterému se říká zhášení. Existuje totiž několik způsobů, jak excitovaný atom (fluorofor) může při přechodu na základní stav ztratit část své energie. Se zářivým způsobem (fluorescencí) se Pavel seznámil minule. Z těch nezářivých (fluorescence je pak zeslabena nebo téměř vymizí) je to např. přenos energie na molekuly, které se koordinují na částici fluoroforu.

Úkol 5: Co to je koordinační vazba a co znamená, že je Eu^{3+} ion koordinován molekulami H_2O nebo D_2O ? Zkuste vysvětlit s ohledem na představu pružiny (oscilátoru) O-H nebo O-D, proč dochází k navýšení intenzity fluorescence deuterovaného roztoku $EuCl_3$?

Byl už pomalu večer, když Pavel ukončil své celodenní studium. Venku mezitím přestalo pršet, a tak si řekl, že si půjde „pročistit“ hlavu a trochu se nadýchat čerstvého vzduchu. Ale myšlenek na chemii se nemohl zbavit. Najednou ho napadlo použít těžkou vodu při analýze pomocí kapilární elektroforézy s laserem indukovanou fluorescencí. Pokud vše vyjde, bude signál fluorescence vyšší a analýza bude mnohem citlivější, což je sen každého analytického chemika!

Jarní setkání řešitelů je před námi



TAK CO, ŽERY, CHYSTÁŠ SE
NA JARNÍ SETKÁNÍ VIBUCHU?



ŽERYKU, KDE JSI?!



CHRRR...
CHRRR...



VIDĪM, ŽE NEJLEPŠÍ ZPŮSOB CHYSTÁNÍ SE
NA JARNÍ SETKÁNÍ... JE PROSTĚ VYSPAT
SE DOPŘEDU...