



Korespondenční Seminář Inspirovaný Chemickou Tematikou

Ročník 16 (2017/2018)

Série 3

Chemie je všude: je ve vodě, je v půdě, je ve vzduchu a je i v nás samotných. Veškeré materiály jsou tvořeny chemickými látkami, chemické reakce nám každodenně pomáhají s tvarováním světa kolem sebe a biochemické reakce nás vlastně utvářejí: katalytické reakce umožňují každodenní běh našich těl, neurotransmitery jsou nositeli našich emocí a naše DNA může dát vzniknout novým generacím. Avšak bez porozumění tajemným nebezpečnostvím s chemií spojeným jsme jí vydáni napospas, proto stojí za to ji poznat blíže a hlouběji, aby se stala naším dobrým sluhou a ne obávaným pánem.



Proč řešit KSICHT?

Milí řešitelé, KSICHT je zde již 16 let proto, aby vám ukázal různá zákoutí chemie a přivedl vás k jejich objevování. V průběhu školního roku k vám doputují čtyři brožurky s úlohami z různých oblastí chemie, při jejichž řešení se naučíte mnoho nového a navíc si užijete kopu srandy, protože úkoly jsou mnohdy poněkud... neortodoxní. Prostřednictvím našeho seriálu se pak můžete seznámit s některými velkými chemickými tématy, která se vám pokusíme předestřít stravitelně, zábavně a užitečně. V letošním ročníku to bude seriál s názvem *Nanomateriály*, jehož název mluví za vše. V neposlední řadě můžete v každé brožurce sledovat osudy skutečně neohroženého komiksového hrdiny, a sice Zajíčka chemika.

V průběhu ročníku KSICHT pořádá dva výlety, na kterých je možné se setkat s ostatními řešiteli, s organizátory a autory úloh. Celý ročník je zakončen týdenním soustředěním na Přírodovědecké fakultě UK, kde si mimo jiné vyzkoušíte práci v laboratořích a vyslechnete přednášky předních českých a světových vědců.

Mimo to, úspěšní řešitelé získávají i možnost prominutí přijímacích zkoušek na PřF UK a Univerzitě Palackého v Olomouci¹, a ti nejúspěšnější z vás mohou dosáhnout na motivační stipendium na PřF UK nebo VŠCHT.

¹ KSICHT je brán jako předmětová soutěž v chemii podobná olympiádě.

Jak řešit KSICHT?

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

V každé brožurce je pro vás připraveno 5 úloh k vyřešení. Jsou mezi nimi zábavné hříčky i opravdové oříšky. Pokuste se poradit si s nimi, jak nejlépe umíte, ale pokud je nevyřešíte všechny, nic se nestane. Budeme rádi, když nám pošlete odpovědi byť jen na část úkolů, které úloha obsahuje. Dbejte však, aby vaše odpovědi byly srozumitelné a aby bylo zřejmé (zejména u výpočtů), jak jste k řešení dospěli.

Každou úlohu vypracujte **samostatně** na list formátu A4, na němž bude uvedeno **vaše jméno, název a číslo úlohy**. V případě, že posíláte úlohy přes webový formulář, uložte každou úlohu do samostatného souboru PDF.² Pro kreslení chemických vzorců doporučujeme používat programy dostupné zdarma: MDL ISIS/Draw, ChemSketch (freeware s povinnou registrací) nebo Chemtool.

Vypracované řešení úlohy odešlete organizátorům nejpozději do data uvedeného na následující stránce elektronicky nebo papírově (rozhoduje čas na serveru KSICHTu či datum poštovního razítka).

Autoři poté vaše řešení opraví, ohodnotí je a pošlou vám je zpět společně s následující brožurkou a dalšími úlohami k řešení. Řešitelé, kteří získají alespoň 50 % bodů z celého ročníku, obdrží certifikát o úspěšném absolvování semináře.

Celkové pořadí je také kritériem pro účast na závěrečném soustředění.

V případě jakýchkoliv dotazů se na nás neváhejte obrátit na e-mail ksicht@natur.cuni.cz nebo v případě dotazu ohledně úlohy napište autorovi úlohy na jmeno.prijmeni@ksicht.natur.cuni.cz.

² Neposílejte naskenovaná řešení s výjimkou obrázků, text bývá špatně čitelný.

**Termín pro odeslání řešení 3. série:
5. 3. 2018**

Elektronicky (PDF)	Papírově
http://ksicht.natur.cuni.cz/ odeslani-reseni	KSICHT Přírodovědecká fakulta UK Hlavova 2030 128 43, Praha 2

KSICHTí desatero řešení úloh

Vzhledem k tomu, že se opakovaně někteří řešitelé dopouští neodpustitelných či méně závažných prohřešků, kvůli kterým zbytečně přicházejí o body, vytvořili jsme pro Vás seznam zásad, kterých je dobré se držet.

1. Jen jeden KSICHT řešiti budeš.
2. Nebudeš si zoufat, že nevyřešíš všechno a správně.
3. Nebudeš se klanět **Güghlu** ni jiným vyhledávačům. Informaci svou si vždy ověříš.
4. Nezkopíruješ **Wⁱkⁱp^edⁱi** českou ni anglickou ni v jazyku jiném psanou.
5. Pamatuj na den odeslání, že ti má být svatý. Čtyři týdny řešiti budeš, dne (před)posledního odesláno míti budeš.
6. Cti organizátory své.
7. Neudáš výsledku bez výpočtu.
8. Neopíšeš nadbytek číslic z kalkulátoru svého.³
9. Nepožádáš o řešení bližního svého.
10. KSICHTí jméno důsledně šířiti budeš.

³ Tzv. kalkulátorový syndrom: „Svět byl stvořen za 6,9999999999942 dní.“ Toto není ani správná, ani přesná hodnota.

Úvodníček

Milé řešitelky, milí řešitelé,

i autorce úvodníčku se někdy stane, že onemocní v průběhu dokončování série a nezbyde jí dostatek sil pro kreativitu. Snad mi pro jednu odpustíte, že vynechám čtivou část a zůstanu jen u stručného představení úloh.

Přestože Velikonoce nás čekají až za dva měsíce, autorská dvojice Štefanů vám nabídne jiný úhel pohledu na proceduru tak běžnou, jako je barvení vajíček. Zkuste si sami vytvořit kraslice pomocí přírodních látek a pošlete nám fotodokumentaci. Hned poté vás zavedeme do nemocničního prostředí. Dobře víme, že úlohy inspirované reálnou životní zkušeností mívají říz, proto se nebojte, stejně jako autor, pustit si k tělu aminy, amidy a jejich reakce. Třetí z úloh vám umožní probádat často opomíjenou část periodické tabulky. Mohlo by se zdát, že lanthanoidy jsou na chvostu zájmu chemiků, tvůrci vás však dozajista přesvědčí, že tomu tak ani zdaleka není. Další úloha vás vyzve k nemilosrdnému boji s fyzikální chemií. Zamyslete se nad chemickou rovnováhou a zvládněte příklad z praxe. Poslední přichází na řadu výzva notoricky známého znalce totalitních režimů. Kromě rozsáhlejší technickofyzikální části zabývající se fungováním ropovodu přináší též osvěžení v podobě několika etických otázek. Neváhejte tedy a pusťte se do řešení!

Dobrou imunitu vám od srdce přeje

Ifka Hrubá

Zadání úloh 3. série 16. ročníku KSICHTu

Úloha č. 1: Veľkonočná

(8 bodů)

Autoři: Štefan Stanko a Štefan Malatíneć



*Velikonoce, Velikonoce,
daleko jsou Vánoce.
Kdo má trochu umu,
nalije si sklenku rumu.*

K Veľkej noci neodmysliteľne patria vajíčka. Poďme sa na ne pozrieť z takého uhlu pohľadu, aký je nám najbližší. Každý z vás vie, že vajíčko sa skladá z škrupinky, bielka a žltka, no málokto si uvedomuje, že vaječná škrupinka sa skladá z organickej a anorganickej časti.

1. Napíšte názov a vzorec anorganickej zložky A vaječnej škrupiny. Zagooglite si a nájdite hmotnosť najväčšieho slepačieho vajca na svete.
2. Napíšte reakciu tejto látky so silnou kyselinou v iónovom tvare (uvažujte nadbytok kyseliny). Koľko mililitrov 36% kyseliny chlorovodíkovej je potrebnej na rozpustenie 8,7 g vaječnej škrupinky? Uvažujte, že celá škrupina pozostáva iba z látky A.

Pozn.: Počítajte s $\rho(36\% \text{ HCl}) = 1,1791 \text{ g cm}^{-3}$.

Anorganická zlúčenina A je usporiadaná do kryštálových štruktúr pomocou proteínov. Toto usporiadanie je dôležité, lebo obsahuje póry, ktoré robia škrupinu priepustnou a umožňujú zárodok dýchať.

To, ako je vajíčko zafarbené, závisí na pigmente, ktorý je na povrchu škrupinky. Kým slepačie vajíčka sú hnedé alebo biele, iné vtáky znášajú vajcia rôznych farieb.

3. Ako sa volá organické farbivo spôsobujúce hnedé zafarbenie vaječnej škrupiny? Akej farby znáša vajcia drozd čierny (kos čierny, *Turdus merula*) a aké organické farbivo spôsobuje toto zafarbenie?

Pod škrupinkou vajíčka nájdeme biely bielok a žltý žltok (vau!). Až 90 % vaječného bielka tvorí voda. Väčšinu zvyšku tvoria proteíny, ktoré majú rôzne funkcie.

4. Ktorý proteín je zodpovedný za charakteristickú konzistenciu bielka? Napíšte nám ďalšie dva proteíny obsiahnuté v bielku a ich dve rozdielne funkcie.

Žltok sa skladá z mnohých priehradiek. Na rozdiel od bielka obsahuje veľké množstvo mastných kyselín, cholesterolu a vitamíny rozpustné v tukoch.

5. Ktoré farbivá spôsobujú farbu žltka? Aké dve látky (zlúčeniny) by musela zjesť sliepka, aby znášala vajíčka s oranžovým a červeným “žltkom”? Pre každú látku (zlúčeninu) napíšte jednu bežne dostupnú potravinu, v ktorej je najviac obsiahnutá. Vymyslite ekvivalentný názov pre oranžový a červený “žltok” založený na farbe (buďte kreatívni ;)).

Vajíčko nejeme surové, ale si ho uvaríme. Pri varení sa denaturujú proteíny a vajíčko získa charakteristickú chuť a vôňu, spôsobenú zlúčeninami síry.

6. Stručne opíšte denaturáciu bielkovín.
7. Ktorá anorganická zlúčenina spôsobuje zelené sfarbenie na okraji žltka po dlhšom varení?
8. Ak je vajíčko staršie, po otvorení môžeme začuť nepríjemný zápach sulfánu. Odkiaľ sa berie síra v sulfáne? Napíšte názvy a štruktúry dvoch aminokyselín obsahujúcich síru.

Vráťme sa k Veľkej noci a farbeniu vajíčok. Ak aplikujeme nejaké chemické farbivo na povrch vajíčka, modifikujeme jeho povrch. Tento povrch už má iné zloženie a teda bude absorbovať iné vlnové dĺžky od dopadajúceho bieleho svetla ako predtým. Takto vieme meniť farbu vajíčok. Pri farbení je dôležité prídanie kyseliny. Väčšinou je to tá najbežnejšia, ktorú doma nájdeme - ocot.

9. Napíšte dva dôvody, prečo sa pri farbení vajíčok pridáva kyselina.

Množstvo kyseliny je dôležité. V nasledujúcom experimente preskúmajte, ako prídanie kyseliny ovplyvní sýtosť farby. Budete potrebovať:

- ocot
- kurkumu (ak doma nemáte kurkumu, vhodná náhrada môže byť korenie kari, ktoré obsahuje kurkumu)
- 2 surové biele vajcia

Postup:

- Do hrnca dajte vodu, vajce a kurkumu. Na približne pol litra vody použite jednu čajovú lyžičku kurkumu. Privedte do varu, varte 10 minút a nechajte chvíľu stáť. Postup zopakujte s druhým vajíčkom, ale pridajte 5 polievkových lyžíc octu na približne pol litra vody.
10. Nafarbené vajíčka odfotíte s aktuálnou brožúrkou KSICHTu a fotky posielajte na malatinecs@natur.cuni.cz.

Úloha č. 2: Dusík v záporném stavu

(9 bodů)

Autor: Jan Hrubeš



Autor této úlohy se jednoho listopadového odpoledne probudil z narkózy s poněkud intenzivnějšími bolestmi. Z tohoto důvodu neustále mačkal zvonek na sesternu, a tak mu byl intravenózně podán jistý lék proti bolesti. Po čtvrt hodině kapání autorovi v těle koloval jeden gram, což utlumilo bolest natolik, že byl autor schopn zase usnout.

Mezi nejpoužívanější farmakologicky aktivní látky patří aminy, amidy a jiné dusíkaté deriváty. Ostatně amidický dusík je obsažen i v biomolekulách jako DNA či aminokyseliny. Pojdme se nejdříve podívat na aminy.

1. Napište obecný vzorec aminu a určete oxidační číslo atomu dusíku v aminech.

Nejjednodušší způsob, jak připravit aminy, je reakce halogenalkanu s amoniakem.

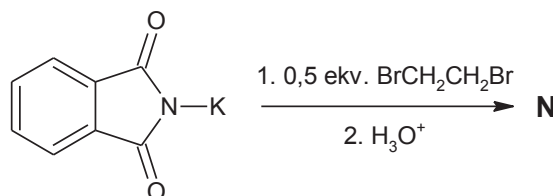
2. Nakreslete strukturní vzorce všech produktů, které mohou vzniknout reakcí ethylbromidu s amoniakem. Produkty pojmenujte.

Aminy mají volný elektronový pár na dusíku, a tak se chovají jako Lewisovy báze. Bazicitu aminů se ovšem mění s tím, jak moc je atom dusíku substituován alkylovými zbytky.

3. Seřadte amoniak a produkty z reakce 2 podle stoupající bazicity. Vysvětlete, proč tomu tak je.

Výše popsaná reakce (otázka 2) je nevhodná pro laboratorní užití právě z toho důvodu, že vzniká směs více produktů. Proto se u složitějších molekul pro syntézu využívá jiných postupů. Primární aminy se syntetizují například alkyací draselného ftalimidu a následnou hydrolýzou.

4. Nakreslete strukturní vzorec produktu následující reakce **N**, který obsahuje dusík:



Pro tvorbu sekundárních aminů se používá levnějšího postupu: tzv. redukční aminace. Při ní nejprve reaguje primární amin s nějakým aldehydem či ketonem.

5. Nakreslete vzorec sloučeniny **A**, která vzniká reakcí anilinu s benzaldehydem.

Sloučenina **A** ovšem není amin. K tomu, abychom z ní amin připravili, je třeba ji zredukovat.

6. a) Pojmenujte třídu sloučenin, do níž spadá látka **A**.

b) Napište alespoň dvě redukční činidla vhodná pro redukci sloučeniny **A**.

c) Nakreslete vzorec sloučeniny **B**, která ze sloučeniny **A** vzniká redukcí.

Amidy jsou strukturně podobné aminům: obsahují také dusíkatou funkční skupinu, v níž má atom dusíku stejné oxidační číslo jako v aminech. Jedná se však o funkční deriváty karboxylových kyselin.

Amidy mohou vznikat například aminolýzou esterů. Tato reakce je ve své podstatě nukleofilní substitucí, atom dusíku při ní atakuje karbonylový uhlík.

7. Napište a pojmenujte všechny produkty aminolýzy ethyl-formiátu *N,N*-dimethylaminem. Vzniklý amid má významné laboratorní použití, jaké?

Z primárních amidů lze také laboratorně připravit aminy reakcí s bromem v prostředí NaOH. Při této reakci dochází k přesmyku, z molekuly se odštěpí oxid uhličitý a výsledný amin má pak o uhlík méně než výchozí sloučenina. Tato reakce má v syntéze ohromný význam.

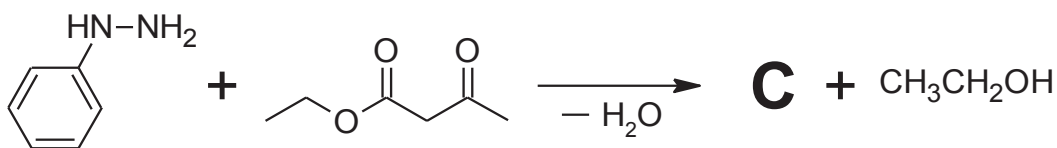
8. Nalezněte, jak se této reakci říká, a navrhněte, z jaké látky by se dal touto cestou připravit *p*-methoxyanilin.

Intermediátem této reakce je sloučenina, v jejíž funkční skupině je atom uhlíku vázán dvěma dvojnými vazbami ke dvěma heteroatomům.

9. Nakreslete strukturní vzorec tohoto intermediátu a napište, jak se obecně látky s touto funkční skupinou nazývají.

Vraťme se ale k úvodnímu textu. Účinnou látkou zmíněného analgetika je poměrně složitá heterocyklická molekula s několika funkčními skupinami. První krok syntézy této látky v sobě kombinuje reakce popsané v otázce 4 a 6. Vzniká heterocyklická sloučenina s karbonylovou skupinou vázanou na heterocyklu.

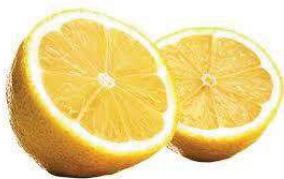
Nakreslete vzorec sloučeniny **C** vzniklé následující reakcí.



Úloha č. 3: Lanthanoidy

(12 bodů)

Autoři: Adam Jaroš, Zdeněk Moravec



Když nemáte limetu, dejte tam citron. No a když nemáte vápník, dejte tam cer.

(volná citace Jirky Babicy)

Lanthanoidy, nazývané také kovy vzácných zemin, jsou spolu se skandiem a yttriem prvky využívané především v katalýze nebo na výrobu permanentních magnetů. Díky svým luminiscenčním a magnetickým vlastnostem našly své uplatnění také v biologii a medicíně (příkladem budiž MRI kontrastní látky založené na komplexech gadolinia). Mohlo by se zdát, že na rozdíl od nás nemá příroda pro tyto prvky využití. V roce 2007 však byla v Itálii objevena bakterie *Methylococcus thermophilus* žijící ve vulkanických vodách, které obsahují relativně vysoké koncentrace lanthanoidů. Enzym methanoldehydrogenáza této bakterie obsahuje koordinované atomy La, Ce, Pr nebo Nd a růst bakterie je na těchto kovech závislý.

Důležitou aplikací lanthanoidů jsou silné, permanentní magnety. Z nich asi nejpoužívanější jsou neodymové magnety, které se používají pro konstrukci reproduktorů, sluchátek a také pevných disků do PC. Neodym v kovovém stavu má paramagnetické vlastnosti, při ochlazení pod 20 K se jeho chování změní na antiferomagnetické.

1. Popište rozdíl mezi paramagnetismem, feromagnetismem a antiferomagnetismem.

Neodymové magnety jsou slitiny neodymu, boru a železa. Nejsilnější známý neodymový magnet se skládá z 26,68 hm. % Nd, 72,32 hm. % Fe a 1,00 hm. % B, jeho molární hmotnost je $1081,2 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

2. Spočítejte stechiometrický vzorec této sloučeniny.
3. Neodymové magnety se nejčastěji připravují metodami práškové metalurgie. Stručně popište postup, jakým byste takovou látku připravili. Jaké jiné materiály se touto metodou připravují?

Všechny lanthanoidy existují ve vodných roztocích v oxidačním čísle +III a některé z nich i v oxidačních číslech +II a +IV. Ionty, které mají prázdné, zcela zaplněné či zcela zaplněné orbitály daného typu, jsou totiž z fyzikálních důvodů stabilnější než ionty, jejichž orbitály jsou zaplněny jinak.

4. Napište elektronovou konfiguraci iontů Eu^{2+} a Ce^{4+} .

Jistě víte, že atomový poloměr prvků klesá s rostoucím číslem skupiny v periodickém systému prvků a roste s rostoucím číslem. Druhá a třetí řada

přechodných prvků si je však co do velikosti velice podobné. Mezi s a d prvky totiž navíc před těmito řadami přibydou f prvky, jejichž atomy se s rostoucím protonovým číslem zmenšují mnohem markantněji.

5. Jak se nazývá tento fenomén a čím je způsoben?

Ionty kovů rozpuštěné ve vodě tvoří takzvané aqua komplexy, což je několik molekul vody koordinovaných na ion kovu. Zatímco obvyklým počtem koordinovaných molekul vody u prvků první řady d bloku je 6, u lanthanoidů je molekul vody často koordinováno osm až devět.

6. Čím jsou způsobena rozdílná koordinační čísla aqua komplexů lanthanoidů a d prvků? Navrhněte geometrické uspořádání komplexů $[\text{Lu}(\text{H}_2\text{O})_8]^{3+}$ a $[\text{Eu}(\text{H}_2\text{O})_9]^{3+}$.

Geometrie komplexů kovů d bloku je z velké části určena rozmístěním a počtem elektronů v jejich d orbitalech. Tvary lanthanoidových komplexů jsou však spíše určovány jejich ligandy.

7. Proč nemá elektronová struktura u lanthanoidů takový vliv na geometrii komplexů jako u kovů d bloku?

Příkladem aplikace lanthanoidů je laser Yb:YAG (ytterbiem dopovaný yttritolinitý granát). Jedna z verzí tohoto laseru emituje fotony o energii $E = 2,41$ eV.

8. Vypočítejte vlnovou délku světla vyzařovaného laserem a z ní odhadněte jeho barvu.

Výše zmíněný YAG je syntetický krystalický materiál popisovaný sumárním vzorcem $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, který patří do krychlové krystalové soustavy. Dopování tohoto granátu znamená, že jsou některé atomy yttria nahrazeny jinými atomy pro dosažení požadovaných vlastností, jako například atomy ytterbia v uvedeném příkladu laseru. Elementární buňka krystalu YAG obsahuje 8 jednotek $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ a hustota YAG je $\rho = 4,56$ g·cm⁻³. Často používanou krystalografickou veličinou je mřížkový parametr, též nazývaný mřížková konstanta, který odpovídá délce hrany elementární buňky, v případě YAG tedy délce hrany krychle.

9. Vypočítejte mřížkový parametr YAG.

Úloha č. 4: Rozdělovací

(9 bodů)

Autoři: Martina Mikulů a Štefan Malatínek



Soustavy můžeme mít homogenní anebo heterogenní. V této úloze se podíváme blíže na heterogenní soustavy, tedy na soustavy, ve kterých se vyskytuje více nemísitelných fází. Pro jakýkoliv systém platí Gibbsův zákon fází.

1. Napište Gibbsův zákon fází a popište použité symboly.
2. Pro jednosložkovou soustavu vyplývají z Gibbsova zákona fází tři různé situace. Diskutujte možné situace pro vodu v závislosti na počtu koexistujících fází.

Nyní se podíváme trojsložkovou soustavou: kyselina benzoová (KB) ve vodě a toluenu. Rozdělovací rovnováha v této soustavě je charakterizována Nernstovým rozdělovacím zákonem. Pro KB rozdělenou mezi dvě vzájemně nemísitelná rozpouštědla se poměr jejich koncentrací v jednom a v druhém rozpouštědle nazývá distribuční poměr:

$$D_c = c_{KB,T}/c_{KB,V},$$

kde $c_{KB,T}$ je koncentrace kyseliny benzoové v toluenu a $c_{KB,V}$ je koncentrace kyseliny benzoové ve vodě.

3. a) Pojmenujte kyselinu benzoovou za použití přísně systematického názvosloví.
b) Napište, ve které formě se kyselina benzoová vyskytuje v obou rozpouštědlech. V jakých dalších formách může v jednotlivých rozpouštědlech přítomna?
c) Zakreslete struktury forem kyseliny benzoové, ve kterých může být v jednotlivých rozpouštědlech.

V baňkách, které obsahovaly 10,00 ml toluenu a 25,00 ml vody, bylo rozpuštěno 0,1000 g; 0,1500 g; 0,2000 g a 0,2500 g kyseliny benzoové. Baňky byly třepány po dobu 45 minut a pak byly přelity do dělicích nálevek. Po 15 minutách byly vodné fáze odpuštěny a titrovány odměrným roztokem hydroxidu sodného o koncentraci 0,02021 mol/dm³.

4. Napište vyčíslenou rovnici titrace kyseliny benzoové hydroxidem sodným. Z hodnot v tab. 1 spočítejte průměrné spotřeby při titraci a z těch pak spočítejte koncentraci kyseliny benzoové ve vodné fázi pro každou navážku kyseliny benzoové, pokud bylo pro titraci odpipetováno 5,00 ml odpuštěného roztoku.

Poznámka: Počítejte s molární hmotností kyseliny benzoové rovnou $122,23 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

5. Napište příklad indikátoru, který mohl být použit pro stanovení bodu ekvivalence titrace kyseliny benzoové hydroxidem sodným.
6. Spočítejte koncentraci kyseliny benzoové v toluenové fázi pro všechny navážky.

Poznámka: Využijte znalost celkového množství kyseliny a její koncentrace ve vodné fázi vypočtené v otázce 4.

7. Spočítejte distribuční poměr D_C pro systém toluen-voda pro všechny navážky. Taktéž spočítejte hodnotu poměru Q :

$$Q = \sqrt{c_{KB,T,i}/c_{KB,V,i}}$$

Výsledky pro všechny navážky pak na konci uveďte do jedné tabulky, ve které bude navážka KB, průměrná spotřeba NaOH, koncentrace KB ve vodné a v toluenové fázi, distribuční poměr D_C hodnota poměru Q . Nezapomeňte na správné jednotky. Výsledky uveďte na tři platné číslice.

Tab. 1: Spotřeby při titraci KB odměrným roztokem NaOH

Titrace/navážka KB	0,1000 g	0,1500 g	0,2000 g	0,2500 g
1.	2,23 ml	2,58 ml	3,12 ml	3,55 ml
2.	2,22 ml	2,62 ml	3,15 ml	3,54 ml
3.	2,22 ml	2,59 ml	3,13 ml	3,52 ml

Úloha č. 5: Ropovod Družba

(12 bodů)

Autor: Martin Balouch



Co je vrcholem nedůvěry k Sovětskému svazu?

Navrtnat ropovod Družba, strčit prst dovnitř a přesvědčovat se, kterým směrem to vlastně teče.

Ropovod Družba se začal budovat roku 1960. Důvodem této stavby byla potřeba zásobování států RVHP (Rada vzájemné hospodářské pomoci) sovětskou ropou. V říjnu 1965 dosáhl ropovod rafinerie v Litvínově a od té doby je více než 50 let používán pro dopravu ropy ze Sovětského svazu (od r. 1991 z Ruska) do České republiky.

1. Jak je možné, že dříve byla ropa dopravována ze Sovětského svazu a dnes je to z Ruské federace?

Ropovod za dobu své existence zažil spoustu vládců Kremlu. Než se vrhneme do technických záležitostí, zůstaňme ještě jednou otázkou v nedávné historii.

2. Vyberte si jednoho z tajemníků Ústředního výboru Komunistické strany Sovětského svazu z doby fungování ropovodu a napište (podle vás) jednu dobrou a jednu špatnou věc, kterou za svého působení vykonal.

Ropovod Družba na území České republiky má délku 357 km. Český (částečně moravský) úsek začíná poblíž Hodonína (160 m n. m.) překonáním hraniční řeky Moravy a končí v rafinerii v Litvínově (250 m n. m.). Ropovod nejčastěji tvoří ocelová trubka o vnitřním průměru 528 mm, v níž kontinuálním proudem (bez vzduchových bublin) teče ropa průměrnou rychlostí $1,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Hustotu ropy uvažujte konstantně rovnou $863 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Dynamickou viskozitu ropy uvažujte $9,25 \text{ mPa}\cdot\text{s}$.

3. Vypočítejte objemový průtok potrubím v metrech krychlových za sekundu.

4. Jaká hmotnost ropy proteče ropovodem za rok?

V úseku mezi Rajhradem (240 m n. m.) a Velkou Bíteší (480 m n. m.) je ropovod veden jiným průměrem potrubí (718 mm). Materiál potrubí zůstává nezměněn.

5. Vypočítejte průměrnou rychlost proudění ropy na úseku mezi Rajhradem a Velkou Bíteší.

Nyní se podrobněji zaměříme na úsek mezi Hodonínem (160 m n. m.) a Klobouky u Brna (240 m n. m.). Úsek je dlouhý 28,6 km. Na začátku úseku je ropa natlakovaná na 62 bar.

6. Pomocí Bernoulliovy rovnice vypočítejte tlak na konci úseku u Klobouk u Brna. Prozatím předpokládejme, že nedochází k disipaci energie (tlakové ztrátě).

Toto bohužel není přesný výsledek. Tlaková ztráta na potrubí takovéto délky je nezanedbatelně velká. Proto se při hydrodynamických výpočtech přidává k Bernoulliově rovnici člen tzv. ztrátového tlaku Δp_z a Bernoulliova rovnice pak může být zapsána ve tvaru (1),

$$p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + g\rho h_1 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + g\rho h_2 + \Delta p_z, \quad (1)$$

kde p_i značí tlak v místě i , ρ je hustota, v je rychlost proudění, g je tíhové zrychlení a h je výška od zvolené nulové hladiny v tíhovém poli Země.

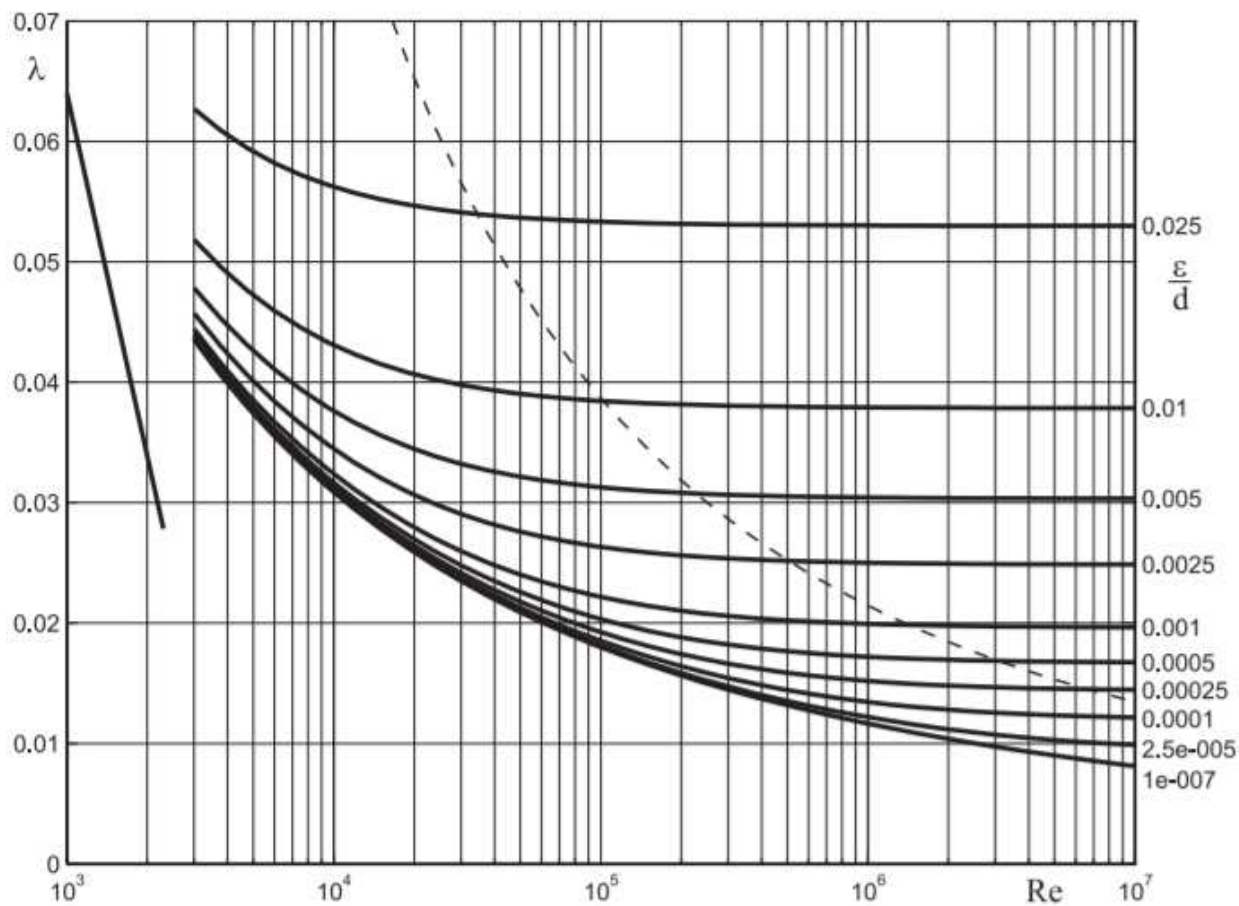
Ztrátový tlak se v rovném potrubí vypočítá ze vztahu (2),

$$\Delta p_z = \lambda \rho \frac{l}{d} \frac{v^2}{2}, \quad (2)$$

kde λ je bezrozměrný součinitel tření, ρ je hustota, l je délka potrubí, d je průměr potrubí a v je rychlost proudění v potrubí. Kritérium tření nejsnadněji určíme z tzv. Moodyho diagramu, který zobrazuje závislost λ na Reynoldsově kritériu (charakter proudění, vzorec (3)) a relativní drsnosti $\frac{\varepsilon}{d}$, která je pro naši trubku rovna 0,0006. Absolutní drsnost ε je charakteristika materiálu, ze kterého je potrubí vyrobeno, relativní drsnost je pak podílem absolutní drsnosti a průměru potrubí.

$$Re = \frac{\rho v d}{\eta} \quad (3)$$

η ve vzorci pro Reynoldsovo kritérium značí dynamickou viskozitu.



Obrázek 1: Moodyho diagram

7. Určete součinitel tření λ pro úsek ropovodu mezi Hodonínem a Klobouky u Brna.
8. Vypočítejte tlak v potrubí na konci úseku u Klobouk u Brna, nyní již se zahrnutím tlakové ztráty.

Nyní se přesuňme zpět do šedesátých let, do dob, kdy se ropovod teprve stavěl. Dostali jste se k rozpracovanému projektu ropovodu a je na vás rozhodnout, jaký průměr potrubí je nejlépe použít na úsek Hodonín – Klobouky u Brna. Objemový průtok v potrubí má být $0,48 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, vstupní tlak do úseku 62 bar a čerpadla, která budou instalována v Kloboukách, pracují nejlépe, pokud mají na vstupu tlak 35 bar. Parametry ropy i absolutní drsnost potrubí $\varepsilon = 0,0003168 \text{ m}$ zůstávají stejné jako v předchozích částech úlohy. Relativní drsnost, která vystupuje v Moodyho diagramu, je podílem absolutní drsnosti a průměru potrubí.

9. Vypočítejte potřebný průměr potrubí.
10. Začali jsme vtipem a vtipem by to také mělo skončit. Napište nám vtip z období socialismu. Nejlepší vtipy budou zveřejněny v příští brožurce.

Řešení úloh 2. série 16. ročníku KSICHTu

Úloha č. 1: Dárek pro Klárku

(9 bodů)

Autoři: Klára Řezanková a Pavel Řezanka

1. Nejlepší fotky jsou uvedeny níže.



Lenka Bachanová



Tatiana Balážiková



Alena Osvaldová

2. Běžné názvy ingrediencí jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1. Ingredience potřebné pro přípravu dárku A a B

<i>I</i>	Název
1	hladká mouka světlá
2	máslo
3	bílé víno
4	vejce
5	cukr moučka
6	mleté vlašské ořechy (mletá ořechová směs)
7	skořice mletá
8	mléko

3. Kyselina octová mohla být ve víně v důsledku octového kvašení, které probíhá za aerobních podmínek, tj. víno zřejmě bylo otevřené po delší dobu.
4. Při přehřívání a hlavně při připalování potravin vznikají heterocyklické aminy, polycyklické aromatické uhlovodíky a akrylamidy. Tyto látky jsou rakovinotvorné.
5. Při skladování ořechů probíhá oxidace. Produktem jsou zoxidované mastné kyseliny (oxiduje se dvojná vazba).
6. Při pokojové teplotě probíhá v mléku kvašení, jehož produktem je kyselina mléčná, která způsobuje charakteristickou kyselou chuť.

Otázka 1 – 5 bodů, 2 – 2 body, 3 – 0,5 bodu, 4 – 0,5 bodu, 5 – 0,5 bodu a 6 – 0,5 bodu. Celkem 9 bodů.

Úloha č. 2: Hexagonální**(9 bodů)**

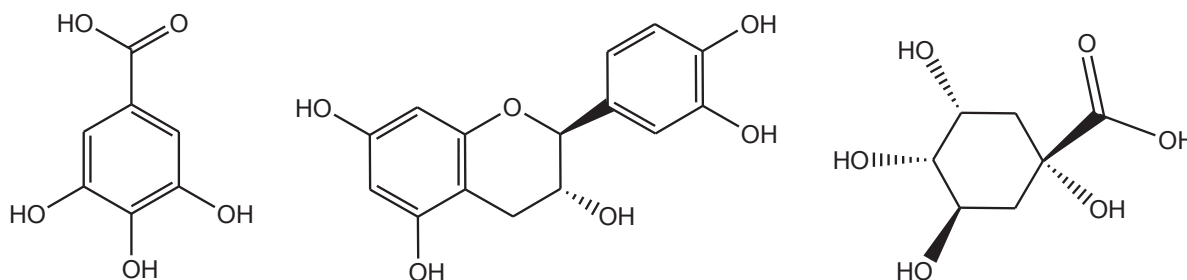
Autoři: Iva Hrubá a Pavel Horňák

1. Pro ukázkový příklad výpočtu sumárního vzorce molekuly z jejího prvkového složení nám poslouží první látka, kyselina gallová. Protože známe celkovou molekulovou hmotnost a procentuální podíl jednotlivých prvků, můžeme vše dosadit do trojčlenky:

$$\begin{array}{rcl} 170,12 & \dots & 100\% \\ x & \dots & 49,42\% \\ \hline x = \frac{170,12 \cdot 49,42}{100} = 84,07 \end{array}$$

Takto zjistíme, jaká část molekulové hmotnosti připadá na uhlík, je to 84,07. Počet atomů uhlíku zjistíme, když tuto hodnotu vydělíme atomovou hmotností uhlíku: $\frac{84,07}{12,01} = 7$. Podobně se dobereme k počtu ostatních atomů v molekulách. Sumární vzorce získané touto cestou jsou $C_7H_6O_5$; $C_{15}H_{14}O_6$; $C_7H_{12}O_6$.

2. Řešením jsou následující molekuly: kyselina gallová, katechin a kyselina chinová. Obrázek správného řešení se nachází pod bodováním.



3. Souhrnně tyto látky můžeme označit za rostlinné antioxidanty. Obecně zajišťují funkci barviv, mají fyziologické regulační funkce a mohou rostliny chránit proti parazitům. Chemicky patří mezi cyklické polyoly.
4. Tento děj je jedním z fermentačních procesů, nazýváme jej alkoholovým kvašením a je za něj zodpovědná *Saccharomyces cerevisiae*, tedy pивní kvasinka. Souhrnně se dá popsat rovnicí $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_2H_5OH + 2 CO_2$. Kýžená látka je ethanol.
5. Nejdříve vypočítáme objem ethanolu potřebný k otravě.

$$V_{\text{ethanol}} = \frac{m}{\rho} = \frac{60 \cdot 8}{0,789} = 608,4 \text{ cm}^3$$

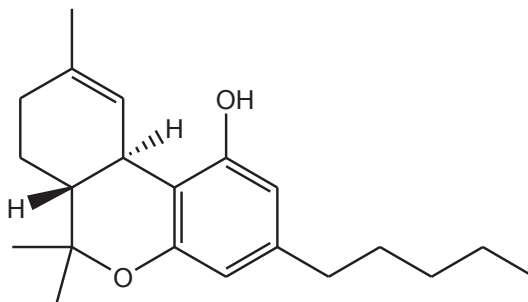
Poté zjistíme objem piva, ve kterém se takové množství ethanolu nachází.

608,4 ... 4,4%

x ... 100%

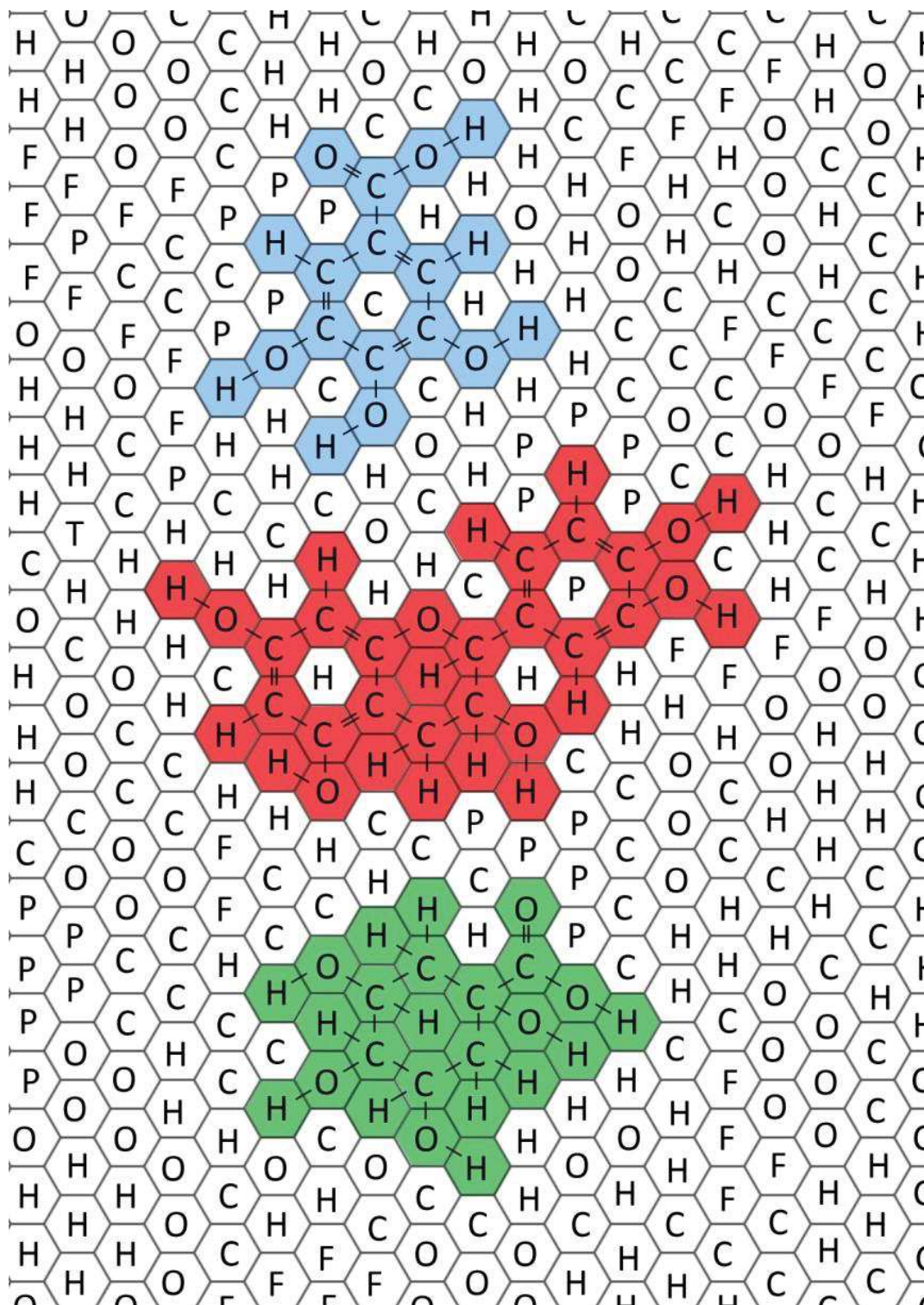
$$x = \frac{608,4 \cdot 100}{4,4} = 13,81 \doteq 28 \text{ piv}$$

- Výpočtem dojdeme k tomu, že pivem se naše šedesátikilová žena v podstatě nemůže sprovodit ze světa. Při konzumaci 28 piv by se totiž dříve otráвила vodou než ethanolem.
- V jednom hexagonu v levé střední části šifry jste mohli objevit nezvyklé písmeno T, které neznačí žádný prvek. V okolí jsou pouze atomy H a C. Jedná se o sloučeninu THC, tedy tetrahydrocannabinol obsažený v *Cannabis sativa*, konopí setém.



- Po užití marihuany mohou kromě pocitů euforie, uvolnění a pohody nastat i negativní stavy jako zkreslení vidění, pocit zpomalení času, necitlivost končetin, paranoia a další. Může však příznivě působit při některých patologických stavech, jako je roztroušená skleróza, chronické bolesti, dermatologické problémy atd.
- Samozřejmě je mnoho míst, na která se můžete v případě závislosti obrátit, ať už se jedná o vás osobně, nebo vaše blízké. Pokud jde o alkohol, nejsnadnější je využít některou telefonní linku, kde vám bude nabídnuta pomoc, například 516410668. Léčbu poté může zajistit adiktologická klinika. Pokud jde o nealkoholové drogy Středisko prevence a léčby drogových závislostí Drop In (<http://www.dropin.cz/>) v Praze zajišťuje mnoho forem prevence a zprostředkovává i léčbu.

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



Úloha č. 3: Stopování**(8 bodů)**

Autor: Jakub Režňák

1. Emise skleníkových plynů vyjádřené v hmotnostních ekvivalentech CO₂.
2. V doporučeném článku najdeme údaj o roční produkci uhlíku celé populace $m_p = 0,57 \text{ Gt} = 5,7 \cdot 10^{11} \text{ kg}$, velikost populace $N = 6,1 \cdot 10^9$. Při výpočtu výsledné produkce oxidu uhličitého vztažené na jedince je třeba hmotnost uhlíku přepočítat na CO₂:

$$m_{\text{CO}_2} = \frac{m_p}{N} \cdot \frac{M_{r,\text{CO}_2}}{A_{r,\text{C}}} = 343 \text{ kg.}$$

3. 1 kWh = 3,6 MJ. Účinnost 0,40 znamená, že z energie obsažené v palivu dodaném do elektrárny se pouze 40 % přemění na elektrickou energii, proto celková hmotnost spáleného uhlí je:

$$m_{\text{uhlí}} = \frac{3,3 \cdot 10^3 \text{ kWh} \cdot 3,6 \text{ MJ} \cdot \text{kWh}^{-1}}{17,6 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot 0,4} \doteq 1,7 \text{ t}$$

Produkce oxidu uhličitého je pak

$$m_{\text{CO}_2} = m_{\text{uhlí}} \cdot w \cdot \frac{M_{r,\text{CO}_2}}{A_{r,\text{C}}} \doteq 4,1 \text{ t}$$

4. V zemích s vysokým podílem uhelných elektráren na výrobě elektrické energie (přes 30 %) je výsledná emise CO₂ na kWh tak vysoká, že odpovídající uhlíková stopa provozu elektromobilů je srovnatelná s dopadem vozidel se spalovacími motory. Rozdíl je v místě vzniku emisí, které se přesouvá do elektráren.
5. Obsah uhlíku v benzínu se uvádí jako $w_c = 0,85$, maximální produkce CO₂ na 100 km je $m_{\text{CO}_2} = 9500 \text{ g}$, hustota benzínu se pohybuje kolem $\rho = 0,7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. Objem benzínu je tedy:

$$V = \frac{m_{\text{CO}_2}}{\rho \cdot w} \cdot \frac{A_{r,\text{C}}}{M_{r,\text{CO}_2}} = 4,35 \text{ l}$$

K podobnému výsledku dojdeme i vyčíslením rovnice hoření oktanu, který je hlavní složkou benzínu.

6. Obsah uhlíku v leteckém palivu je srovnatelný s automobilovým benzínem, hustota je vyšší $\rho_{\text{let}} = 0,8 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. Výpočet je obdobný jako v 5). Zpáteční trasa je dlouhá kolem 2000 km, při zadané průměrné spotřebě se spotřebuje $V_{\text{auto}} = 110 \text{ l}$.

$$m_{\text{CO}_2,\text{auto}} = V_{\text{auto}} \cdot \rho \cdot w \cdot \frac{M_{r,\text{CO}_2}}{A_{r,\text{C}}} \doteq 240 \text{ kg}$$

V případě letadla vyjdeme ze spotřeby paliva za hodinu a doby letu, který je přibližně 2 hodiny:

$$V_{\text{let}} = 2560 \text{ gal} = 9690 \text{ l.}$$

Spotřeba připadající na 4 pasažéry ze 128 míst je pak $V_{\text{let}4} = 300 \text{ l.}$

$$m_{\text{CO}_2,\text{let}} = V_{\text{let}4} \cdot \rho_{\text{let}} \cdot w \cdot \frac{M_{r,\text{CO}_2}}{A_{r,\text{C}}} \doteq 750 \text{ kg}$$

7. Na základy je potřeba celkem $m_{\text{cem}} = 24,5 \text{ t}$ cementu, ve kterém je obsaženo $m_{\text{CaO}} = 12,25 \text{ t}$ oxidu vápenatého.

Tento oxid vápenatý vznikl pálením vápence $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$, oxid uhličitý uvolněný z vápence váží:

$$m_{\text{CO}_2,1} = m_{\text{CaO}} \cdot \frac{M_{r,\text{CO}_2}}{M_{r,\text{CaO}}} = 9,6 \text{ t}$$

Při výrobě každé tuny cementu se zároveň uvolní 200 kg CO_2 ze spotřebovaného paliva, potřebnému množství cementu odpovídá dodatečná hmotnost $m_{\text{CO}_2,2} = 4,9 \text{ t.}$

Celková produkce CO_2 je tedy $9,6 \text{ t} + 4,9 \text{ t} = 14,5 \text{ t.}$

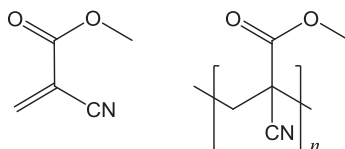
Otázka 1 – 0,25 bodu, 2 – 1 bod, 3 – 1,5 bodu, 4 – 0,5 bodu, 5 – 1,5 bod, 6 – 2 body a 7 – 1,25 bodu. Celkem 8 bodů.

Úloha č. 4: Lepidlová

(8 bodů)

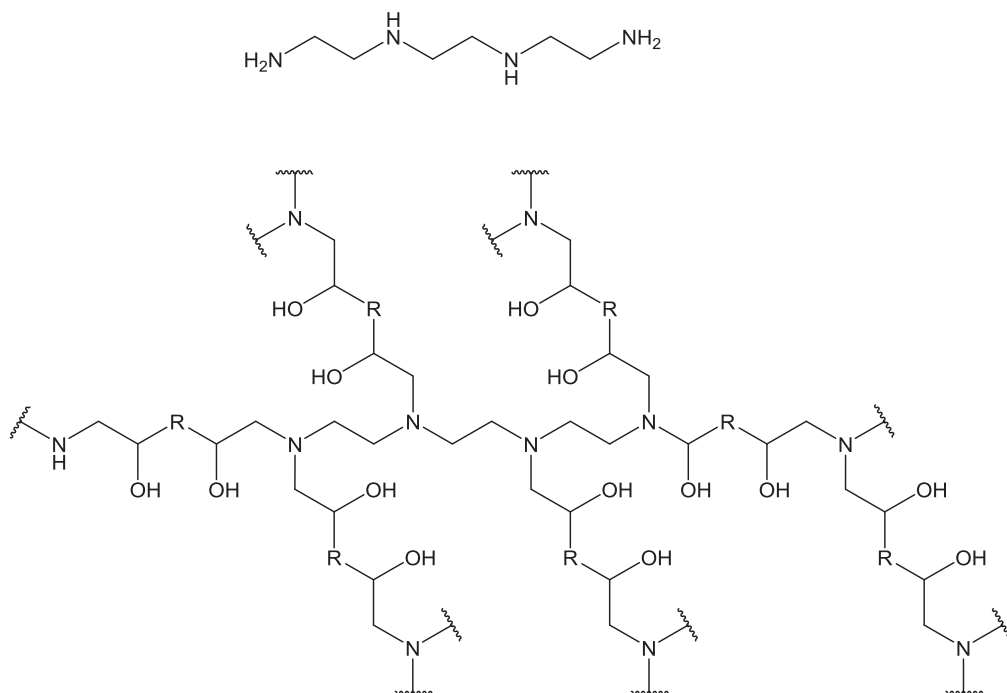
Autoři: Jan Hrubeš a Pavel Řezanka

1. Základ klišu tvoří živočišné bílkoviny. Dříve se vyráběl z kůže a kostí hospodářských zvířat.
2. Klíh je koloidní roztok bílkovin, obsahující částice o velikosti jednotek až desítek nm.
3. Adheze (přilnavost): schopnost dvou různých materiálů k sobě přilnout. Jev je způsoben například mechanickou vazbou (u pórovitých a drsných povrchů) nebo chemickými interakcemi (kovalentní vazba, ale i slabé intermolekulární – van der Waalsovy síly).
Koheze (soudržnost): vzájemná interakce stejných molekul. Tento jev způsobuje například vytvoření kapiček vody na nesmáčivém povrchu.
4. A: kohezní chyba, B: substrátová chyba, C: adhezní chyba
5. Chemicky reagující: methakrylát, polyuretanprepolymer, silikonový kaučuk. Fyzikálně tuhnoucí: klíh, nitrocelulóza, polyvinylacetát, polyakrylát.
6. Kyanoakrylát reaguje kationtovou polymerací.
7. Methyl-2-kyanoakrylát, resp. jeho polymer (obr. 1), není vhodný pro chirurgické zákroky, protože rychle degraduje a uvolňuje tak toxické látky. Naproti tomu oktyl-2-kyanoakrylát je pro tyto aplikace nejpoužívanější.



Obrázek 1. Struktura methyl-2-kyanoakrylátu a jeho polymeru

8. Pro dosažení dlouhé trvanlivosti je třeba vteřinové lepidlo skladovat při snížené teplotě, nejlépe v mrazáku, neboť při této teplotě není voda kapalná a polymerace tak probíhá velmi pomalu.
9. U UV lepidel nastává radikálová polymerace.
10. Struktury TETA a jeho kopolymeru s diepoxidem jsou uvedeny na obrázku 2.



Obrázek 2. Struktura TETA a jeho kopolymeru s diepoxidem

11. Hlavní složkou lepidla Herkules je vinylacetát, který při odpařování vody podléhá radikálové polymeraci za vzniku polyvinylacetátu.

Otázka 1 – 0,25 bodu, 2 – 0,5 bodu, 3 – 1 bod, 4 – 0,3 bodu, 5 – 0,7 bodu, 6 – 0,25 bodu, 7 – 1,5 bodu, 8 – 0,5 bodu, 9 – 0,5 bodu, 10 – 1,5 bodu, 11 – 1 bod. Celkem 8 bodů.

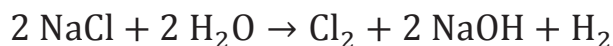
Úloha č. 5: International**(15 bodů)**

Autorka: Aneta Pospíšilová

0. Doplnění textu o chybějící slova

thing to do, two, amazing sport, mentioned, healthy man, disgusting, generates, common, complex equilibria, species, disinfection, undesirable, sensorial properties, typical smell, studies, lachrymation, next part, audience, outstanding, irregular, organic, exact, would need, apparatus, not only, subtract, divide, solve, integration, differential equation, dimensions, much lesser extent, summarized, mechanism, fully, simplified, recombination, represented, different, opportunity, scientists from several, some people, sight, perception, gained, mind, adopted, abilities, looks like according to his voice, find out.

1. Chlor se vyrábí elektrolýzou solanky:



Nejčastěji jsou katodový a anodový prostor odděleny membránou či diafragmou a do anodového prostoru je přiváděn solný roztok. Z prostoru nad elektrodami jsou odváděny oba vznikající plyny, které jsou dále sušeny a zpracovávány. Roztok hydroxidu sodného je odváděn z katodového prostoru. Další možné uspořádání využívá rtuťovou katodu, ve které se v první fázi vytváří sodný amalgám, ze kterého se regeneruje čistá rtuť rozkladem přítomného sodíku vodou. Od tohoto způsobu se ale, vzhledem k toxicitě a enviromentálním dopadům rtuti, ustupuje.

Chlornan sodný se vyrábí ve formě roztoku, nejčastěji o koncentraci kolem pěti procent, rozpouštěním chloru v roztoku hydroxidu sodného.



Chlor se v laboratoři nejnáze připraví reakcí kyseliny chlorovodíkové s oxidem kovu, jako příklad lze uvést historicky první, Scheeleho, přípravu chloru:



2. Procento kyseliny chlorné vypočteme z rovnovážné konstanty a ze vztahu pro celkovou koncentraci:

$$K_a = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{OCl}^-]}{[\text{HOCl}]}$$

$$c = [\text{OCl}^-] + [\text{HOCl}]$$

Úpravami dostáváme:

$$[\text{HOCl}] = c \frac{1}{\frac{K_a}{[\text{H}^+]} + 1}$$

Celkovou koncentraci c uvažujeme jako 100 %. Poté dosadíme K_a a $[\text{H}^+]$, které vypočítáme ze zadaných hodnot $\text{p}K_a$ a pH podle vztahů:

$$\text{p}K_a = -\log K_a$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$

Pro pH 6,5 dostáváme:

$$\%[\text{HOCl}] = \frac{100\%}{\frac{10^{-7,53}}{10^{-6,5}} + 1} = 91 \%$$

Pro pH 8:

$$\%[\text{HOCl}] = \frac{100\%}{\frac{10^{-7,53}}{10^{-8}} + 1} = 25 \%$$

Obdobně lze vycházet z Hendersonovy-Hasselbachovy rovnice, která je při správném použití ekvivalentní výše uvedeným vztahům.

Někteří řešitelé vycházeli z následujícího vztahu pro výpočet pH slabé kyseliny:

$$\text{pH} = 1/2(\text{p}K_A - \log(c_{\text{HA}}))$$

Tento vzorec vychází z výše uvedených vztahů na základě dvou předpokladů:

- Lze zanedbat autoprotolýzu vody
- Podíl disociované formy kyseliny je zanedbatelný oproti nedisociované a lze tedy předpokládat analytickou koncentraci $c = [\text{HA}]$

Tato zanedbání jsou s přivřením oka přípustná pro $\text{pH} = 6,5$, ovšem zcela nereálná pro $\text{pH} = 8$. Shodou okolností dává tento postup i pro $\text{pH} = 8$ výsledek nominálně blízký správnému, nicméně na základě chybných předpokladů. Za takové řešení byl přiznán poloviční počet bodů.

Voda z přírodních zdrojů má schopnost udržovat pH především díky přítomnosti rozpuštěných uhličitánů a hydrogenuhličitánů sodných, draselných, vápenatých a hořečnatých.

3. Z rozměrů budovy vypočteme objem vzduchu:

$$V = 160 \cdot 80 \cdot 45 = 576000 \text{ m}^3$$

Z koncentrace poté:

$$m = c \cdot V = 0,5 \cdot 576000 = 288000 \text{ mg} = 288 \text{ g}$$

Molární hmotnost trichloraminu je 120,365 g/mol, takže látkové množství je:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{288}{120,365} = 2,39 \text{ mol}$$

Koncentraci ve vodě spočítáme podle Henryho zákona, který říká, že podíl rozpuštěné látky v kapalině je přímo úměrný parciálnímu tlaku této látky nad kapalinou.

Henryho konstanta ze zadání je $11,6 \text{ l} \cdot \text{bar} \cdot \text{mol}^{-1}$, takže k výpočtu koncentrace v roztoku v mol/l budeme potřebovat parciální tlak trichloraminu v barech.

$$p_{\text{NCl}_3} = K_{\text{H}} \cdot c_{\text{NCl}_3, \text{aq}}$$

Za předpokladu ideálního chování lze k výpočtu parciálního tlaku použít stavovou rovnici ideálního plynu:

$$p_{\text{NCl}_3} V = n_{\text{NCl}_3} RT$$

Dosadíme látkové množství trichloraminu v hale, objem haly, teplotu a univerzální plynovou konstantu a získáme parciální tlak:

$$p_{\text{NCl}_3} = \frac{2,39 \cdot 8,314 \cdot 301}{576000} = 0,01038 \text{ Pa} = 1,038 \cdot 10^{-7} \text{ bar}$$

Dosazením do Henryho zákona získáme koncentraci v bazénové vodě:

$$c_{\text{NCl}_3, \text{aq.}} = \frac{1,038 \cdot 10^{-7}}{11,6} = 8,9 \cdot 10^{-9} \text{ mol/l} = 8,9 \cdot 10^{-6} \text{ mol/m}^3$$

Z koncentrace a objemu bazénu dopočítáme látkové množství a hmotnost rozpuštěného trichloraminu:

$$n = c \cdot V = 8,9 \cdot 10^{-6} \cdot 50 \cdot 25 \cdot 3 = 33,38 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$m = n \cdot M = 33,38 \cdot 10^{-3} \cdot 120,365 = 4 \text{ g}$$

Celkem (ve vzduchu i ve vodě) bychom tedy měli 292 g (2,42 mol) trichloraminu.

Jelikož hydrolyza močoviny poskytuje dva ekvivalenty amoniaku (které za předpokladu stoprocentní konverze dají dva ekvivalenty trichloraminu) a její molární hmotnost je 60,05 g/mol, hmotnost močoviny bude:

$$m = n \cdot M = \frac{n_{\text{NCl}_3}}{2} \cdot M_{\text{močovina}} = \frac{2,42}{2} \cdot 60,05 = 72,7 \text{ g}$$

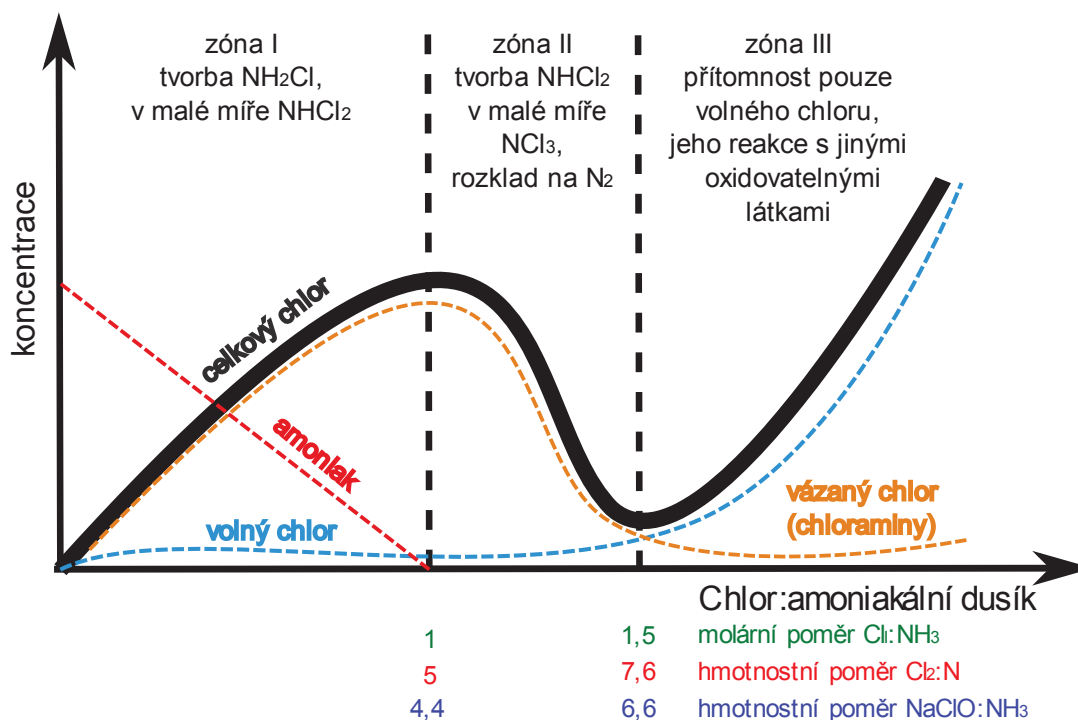
Z koncentrace v moči a z objemu na jedno vymočení:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{72,7}{20} = 3,63 \text{ l}$$

$$x = \frac{3,63}{0,25} = 14,5$$

Pokud by amoniak kvantitativně reagoval na trichloramin, Phelps by se musel do vody vyčůrat aspoň patnáctkrát, aby rozplakal publikum. Olympijský bazén má deset drah, takže pokud opravdu do vody močí všichni plavci, měla by celá hala plakat už po dvou závodech.

4. „Breakpoint curve“



Graf znázorňuje přebytek chloru proti amoniakálnímu dusíku (osa x) proti koncentraci (osa y). Přebytek lze vyjádřit molárním poměrem, v technické praxi se však častěji objevují hmotnostní poměry. V první části, kdy je amoniak v molárním přebytku proti chloru, dochází prakticky jen k jejich reakci za vzniku monochloraminu. V roztoku je tedy přítomen monochloramin, volný amoniak a prakticky žádný volný chlor. Koncentrace

celkového chloru je tedy téměř rovna koncentraci vázaného chloru (chloraminy).

Jakmile je chlor v přebytku, je všechn amoniak konvertován na monochloramin a s ním nadbytečný chlor reaguje dál. Vznikají dichloramin a částečně i trichloramin, které v malé míře těkají z roztoku, ale především se dalším sledem reakcí rozkládají na molekulární dusík. V této zóně je tedy naměřená koncentrace chloru nižší, než by odpovídalo přidané dávce, protože se z roztoku ztrácí díky této oxidační reakci. Všechn amoniak je zoxidován na dusík ve chvíli, kdy je molární poměr chloru k amoniaku 3:2, tedy 1,5.

Přebytek chloru vůči amoniaku vyšší než 1,5 tedy vede k oxidaci veškerého amoniakálního dusíku a nadbytečný chlor zůstává volně v roztoku, kde může ničit choroboplodné mikroorganismy. Vázaný chlor prakticky není přítomen (zóna III). Správně udržovaný bazén se vždy nachází v zóně III. Nicméně přicházející plavci do něj různým způsobem, nejčastěji potem a močí, přináší další dusík a vrací složení vody do zón II až I, ve kterých se vyskytují škodlivé chloraminy a kde není dostatek volného chloru ke spolehlivému zničení všech patogenů.

5. Správné odpovědi a oceněné kresby viz níže. Hodnotit kresby z úlohy na šestý smysl nebylo vůbec jednoduché, neboť pro hodnocení paranormálních jevů bohužel zatím chybí jasně stanovená a odbornou veřejností uznávaná vědecká metodika. Pořadí oceněných je založeno na hodnocení komise složené z mluvčích a autorky. Nejlépe vyvinutý šestý smysl má Kateřina Příbylová. Gratulujeme!

Vzhledem k obtížnosti úlohy na přiřazení přízvuků je ocenění za šestý smysl uděleno i těm, kteří určili původ všech mluvčích správně.

Mluvčí 1



Originál:
Marta Orlowska (Polsko)



1.
Gabriela Šmotková



2.
Darina Adamcová



3.
Michaela Kramářová

Mluvčí 2



Originál:
Benjamin Lageder (Itálie)



1.
Lada Švecová



2.
Anna Jambrichová



3.
Kateřina Příbylová

Mluvčí 3



Originál:
Scott McCormick (Austrálie)



1.
Kateřina Příbylová



2.
Martin Holinec



3.
Michaela Haasová

Mluvčí 4



Originál:
Daisy Yang (Čína)



1.
Kateřina Příbylová



2.
Ela Gatialová



3.
Tereza Dobrovolná

Mluvčí 5



Originál:
Katharina Winkler (Rakousko)



1.
Michaela Kramářová



2.
Markéta Vojtěchová



3.
Karolína Zahradníková

Otázka 0 – 5 bodů, 1 – 1 bod, 2 – 3,3 bodu, 3 – 5,2 bodu, 4 – 0,5 bodu. Celkem 15 bodů.

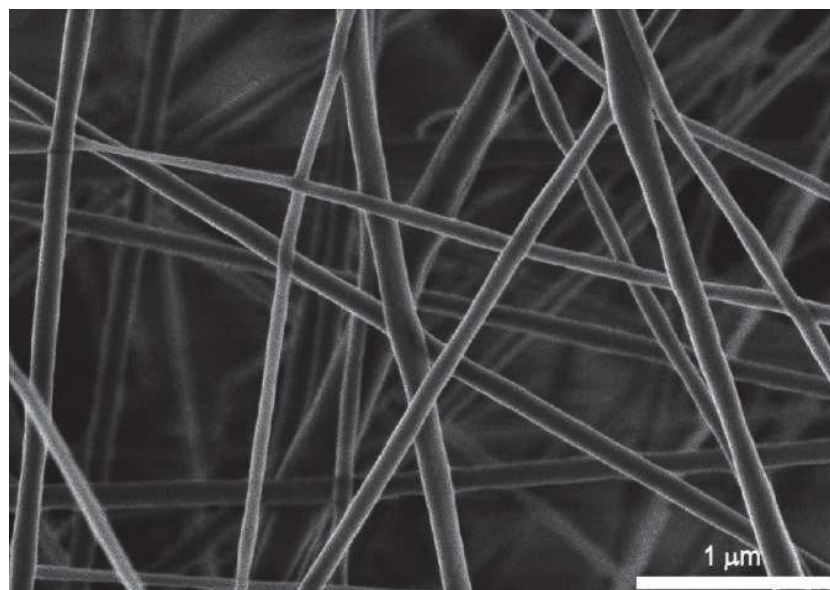
Seriál: Nanomateriály

3. díl: Nanovláknna

Autor: Michal Řezanka

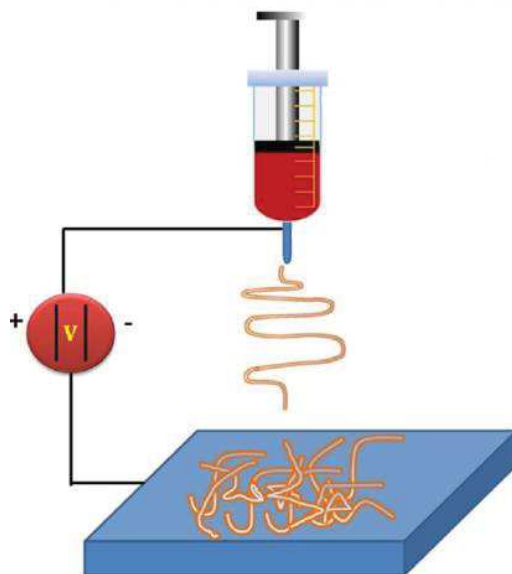
Milé čtenářky, milí čtenáři,

v minulém dílu jsme se zabývali 0D útvary. Dnes se posuneme dále o jednu dimenzi a podíváme se na útvary 1D, z nichž se budeme zabývat nanovláknny (obrázek 1).



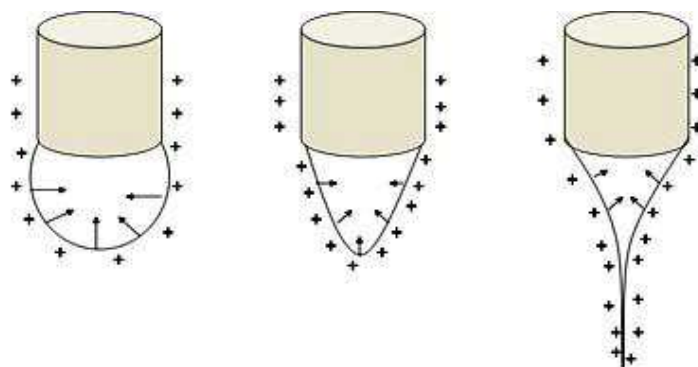
Obrázek 1: Polykaprolaktonová nanovláknna.

V současné době se nanovláknna běžně vyrábí elektrospinningem (viz níže), odstředivým zvlákňováním, sonochemickou a templátovou syntézou nebo na základě samoskladby.¹ Jejich využití se zkoumá, nebo už je zavedeno ve zdravotnictví (jako tkáňové nosiče, kryty ran, nosiče léčiv), v životním prostředí (pro filtrace, katalýzu a senzory) a v energetice (v bateriích, palivových článcích, solárních panelech a kondenzátorech). Elektrospinning je z výše uvedených metod pro výrobu nanovláken nejpoužívanější. V nejjednodušším uspořádání se zařízení skládá ze stříkačky s jehlou, na kterou je přivedeno napětí, zdroje stejnosměrného vysokého napětí a podložky s druhou elektrodou (obrázek 2).



Obrázek 2: Schéma základního uspořádání elektrospinningu. Upraveno podle lit.²

Elektrostatické síly jsou využívány při vytváření syntetických vláken už více než 100 let. Tento proces, elektrospinning, využívá vysokonapěťový zdroj pro zavedení náboje do polymerního roztoku nebo taveniny. Zároveň je na druhou elektrodu (podložku) přiveden náboj opačný. Výsledkem je elektrostatická přitažlivá síla působící mezi nabitou kapalinou a podložkou. Zároveň narůstají elektrostatické odpuzivé síly mezi stejně nabitými částicemi v kapalině, přední hrana roztoku v trysce se proto změní z kulatého menisku na kužel (Taylorův, viz níže). Když odpuzivé síly překonají povrchové napětí kapaliny, je z Taylorova kužele nakonec vytažena vláknenná jiskra (obrázek 2). Vlákénko prochází atmosférou, která umožňuje odpaření rozpouštědla, což vede k ukládání pevných polymerních vláken na podložku. Vlákna vyráběná tímto způsobem mají obvykle průměry řádově několika mikrometrů až desítky nanometrů.³



Obrázek 3: Vytvoření Taylorova kužele. Převzato z http://nptel.ac.in/courses/116102006/Flash/7.4_11.jpg

Elektrospinning se ukázal být relativně jednoduchou a široce použitelnou metodou pro vytváření netkaných textilií. Avšak velké množství nastavitelných

parametrů může značně ovlivnit vlastnosti vytvořených vláken. Z počátku právě technické potíže spojené s optimalizací těchto parametrů bránily využití elektrospinningu pro spřádání polymerních vláken s malým průměrem. Teprve v roce 1934 si Formhals nechal patentovat zařízení, které používalo elektrické pole pro spřádání syntetických vláken. Toto zařízení však trpělo řadou nedokonalostí.

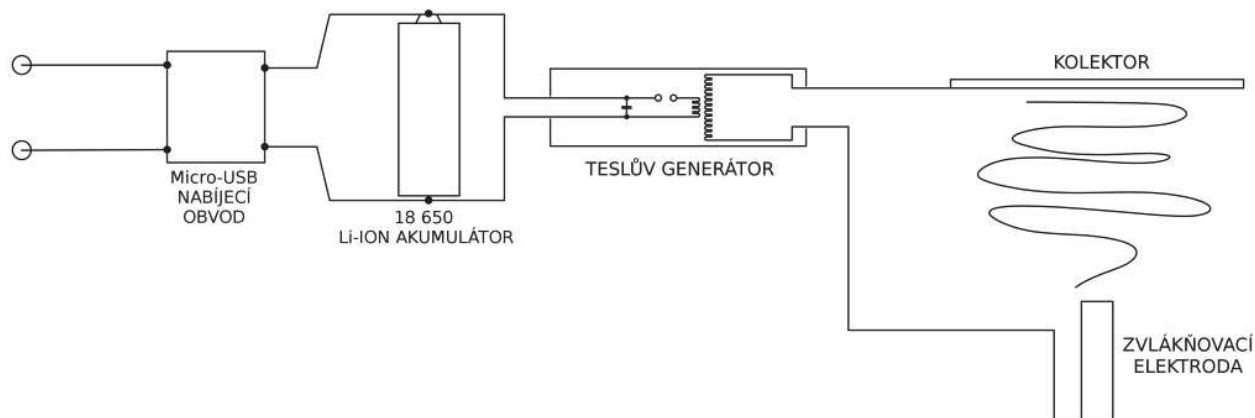
V roce 1969 publikoval Taylor článek,⁴ ve kterém zkoumal, jak se chová polymerní kapička na konci kapiláry při aplikaci elektrického pole. Ve svých studiích zjistil, že když je povrchové napětí vyrovnáno elektrostatickými silami, kapička se formuje do kužele (dnes podle něj nazývaného Taylorův). Také zjistil, že je z vrcholu kužele vyzařován vláknový paprsek, což je jeden z důvodů, proč může být elektrospinning použit k výrobě vláken o průměru podstatně menším, než je průměr kapiláry, z níž je paprsek vytrháván. Taylor tak posunul základní znalosti elektrospinningového procesu k hlubšímu pochopení vztahů mezi jednotlivými parametry zvlákňování a strukturními vlastnostmi takto připravených vláken.

V roce 1971 zkoumal Baumgarten⁵ vliv různých parametrů a zvlákňovacího uspořádání (viskozita roztoku, průtok, použité napětí apod.) na strukturní vlastnosti elektricky spřádaných vláken. Ve svých studiích Baumgarten zjistil, že průměr vlákna má přímou závislost na viskozitě roztoku, přičemž vyšší viskozita poskytuje větší průměry vláken. Úpravou parametrů byl schopen vyrobit vlákna o průměrech 500 až 1100 nm, tedy alespoň částečně v nanoměřítku.

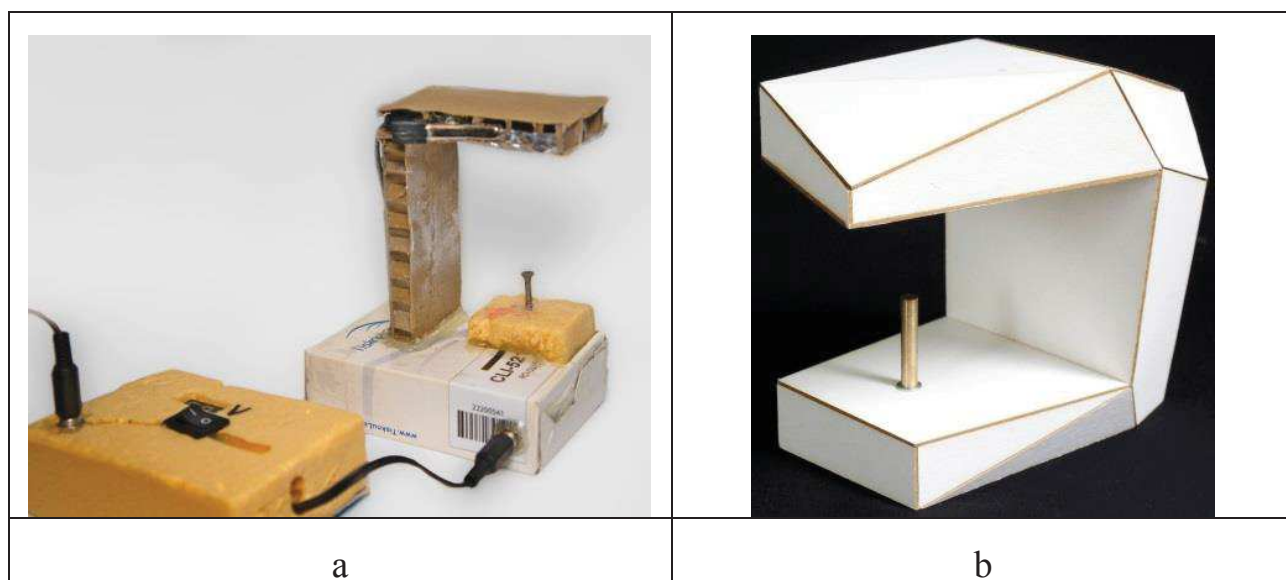
Na tuto práci navázali další vědci a roku 2003 tým vědců z Technické univerzity v Liberci pod vedením prof. Jirsáka patentoval první přístroj pro průmyslovou výrobu nanovláken. Tento patent byl následně licencován firmě Elmarco, která začala vyrábět přístroje s názvem NanospiderTM pro průmyslové aplikace a vyrábí je dodnes. Pokud byste se chtěli dozvědět o osobě prof. Jirsáka více, můžete se podívat na krátký medailonek: <https://youtu.be/8xptinM9qn4> nebo na jeho rozhovor v Hyde Parku Civilizace:

<http://www.ceskatelevize.cz/porady/10441294653-hyde-park-civilizace/217411058091014/>

Pokud byste projevíli zájem mít svůj vlastní NanospiderTM doma, máte několik možností. Buď si můžete koupit komerční, což Vás vyjde na několik milionů korun. Anebo si můžete postavit svůj vlastní podle zapojení na obrázku 4. Stálo by vás to výrazně méně – přibližně 150 Kč za materiál v základní verzi (obrázek 5a) a 200 Kč v příplatkové designové verzi (obrázek 5b). Uvedené domácí nanospidery sestavil náš student Ing. Stanislav Nevyhoštěný.

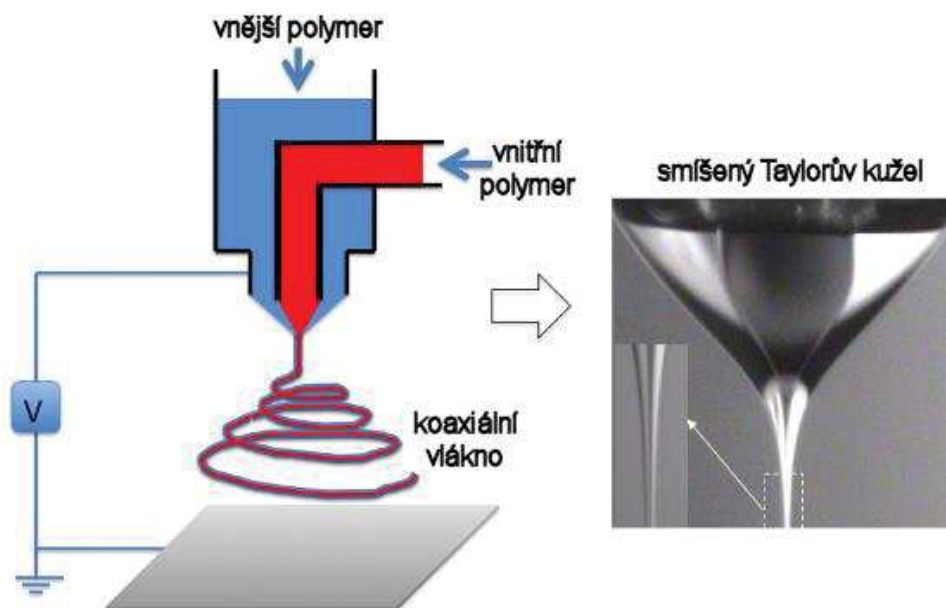


Obrázek 4: Schéma zapojení domácího nanospideru. Obrázek z archivu Ing. Stanislava Nevyhoštěného.



Obrázek 5: Jednoduchá (a) a designová (b) verze domácího nanospideru. Fotografie z archivu Ing. Stanislava Nevyhoštěného.

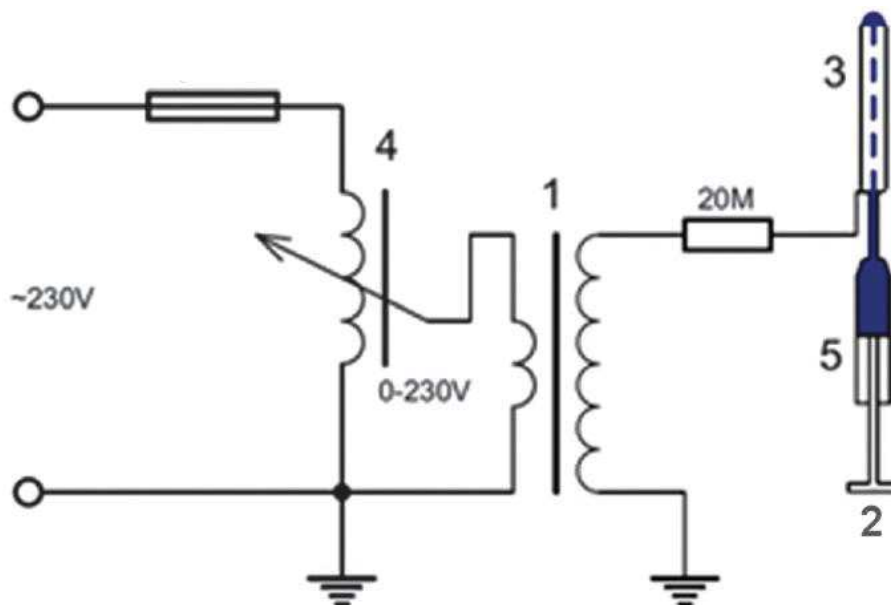
Kromě klasického jehlového uspořádání elektrospinningu bylo vyvinuto i několik variací této metody. Patří mezi ně například zvlákňování vícejehlové, z hladiny či ze struny nebo koaxiální. Posledně jmenované uspořádání bylo vyvinuto pro výrobu kompozitních nanovláken se strukturou jádro-plášť (core-shell, obrázek 6) nebo s vícevrstevnou strukturou. Při koaxiálním elektrospinningu jsou roztoky odlišných polymerů přiváděny prostřednictvím různých koaxiálních kapilárních kanálů. Objev koaxiálního elektrospinningu ve svém důsledku významně přispěl k rozvoji mnoha nových funkčních nanomateriálů.¹



Obrázek 6: Koaxiální zvlákňování. Upraveno podle <https://www.intechopen.com/source/html/8656/media/image2.png>

Při výrobě nanovláken elektrospinningem nemusí být vždy použit jen roztok polymeru. Může se také například využít samoskladby molekul (self-assembly). V roztoku tedy není přítomen žádný polymer, ale přímo jednotlivé molekuly – monomerní jednotky. „Polymery“ vznikají spontánní organizací těchto molekul do supramolekulárních řetězců působením nevazebných interakcí a tyto řetězce monomerů jsou následně zvlákňovány.

Kromě zvlákňování stejnosměrným elektrickým proudem lze použít i střídavé napětí – tzv. AC elektrospinning⁶ (obrázek 7). A nebyli by to liberečtí vědci, aby opět nepřišli s výrobní linkou na zvlákňování polymerů střídavým proudem: <https://www.novinky.cz/veda-skoly/453531-novy-vynalez-z-liberce-linka-sprada-nanovlakna-elektrickym-dechem.html>



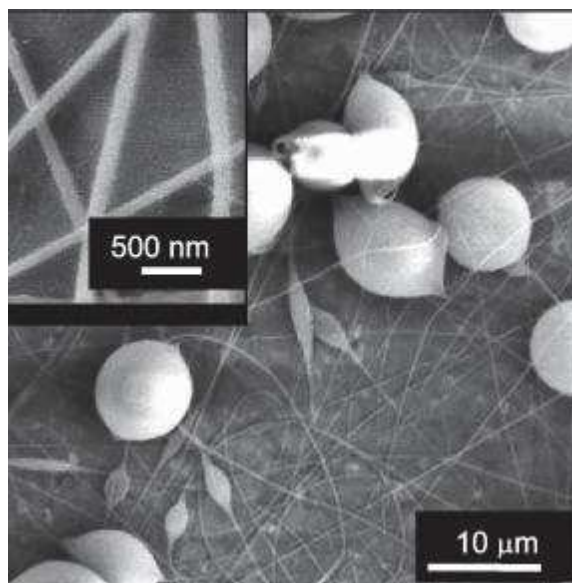
Obrázek 7: Schéma uspořádání pro AC elektrospinning. Kovová tyč (3) je používána jako zvlákňovací elektroda, na kterou je přiváděn polymerní roztok. To se provádí pomocí stříkačky (5) a hydraulické jednotky řízené infúzním čerpadlem (2). Zdrojem vysokého napětí jsou transformátor (1) a variabilní transformátor (4). Přístroj navíc pracuje bez elektricky aktivního kolektoru. Upraveno podle lit.⁶

Zastavme se ještě u jednoho typu zvlákňování – odstředivého. Mnozí z Vás si to možná neuvědomují, ale zřejmě jste všichni byli svědky přípravy vláken touto metodou. Napovím: Václav nebo Matěj. Ještě nic? Pouť. Taky nic? A co cukrová vata? To je krásný příklad centrifugálního zvlákňování. V laboratořích pak lze pomocí této metody připravovat mikro- i nanovlákná. Výhodou je přibližně 500× větší produktivita než u elektrospinningu. Nevýhodou naopak nemožnost dosažení tak malého průměru vláken jako u elektrospinningu.

Pokud si ale myslíte, že vědci na univerzitě jsou neustále v laboratoři a pouze bádají, tak Vás třeba o opaku přesvědčí oblečení na míru vytvořené právě pomocí odstředivého zvlákňování: <https://tuni.tul.cz/rubriky/kultura/id:90036/modelku-oblekli-do-nanovlaken>

Výše jsme si probrali některé z možností výroby nanovláken, ovšem zatím jsme neuvedli jednu z nejdůležitějších věcí – a tou jsou polymery, ze kterých jsou většinou nanovlákná tvořena. V současné době je známo nepřeberné množství polymerů vhodných pro elektrospinning, a to jak polymerů přírodních (chitosan ze schránek korýšů, protein fibroin z hedvábí, kolagen atd.) tak syntetických (polykaprolakton, polyvinylalkohol, polyethyltereftalát, polyethylenglykol, polyvinylbutyral, nylon a další).⁷

Jak už bylo popsáno výše, pro to, aby polymery při elektrospinningu tvořily vlákna, je potřeba optimalizovat parametry zvláknovacího procesu. Jedná se zejména o rozpouštědlo použité pro tvorbu polymerního roztoku (nejčastěji chloroform, dimethylformamid nebo voda), koncentraci polymeru a jeho molární hmotnost. Pokud jsou podmínky zvláknování nastaveny špatně, netvoří se vlákna vůbec nebo obsahují defekty. Nejčastějším problémem je tvorba korálek, anglicky beads (obrázek 8).



Obrázek 8: Nechtěné defekty na nanovlákních – korálky. Upraveno podle <http://cdn.iopscience.com/images/0957-4484/20/12/125605/Full/9948302.jpg>

Jak jsme viděli v tomto a předchozích dílech seriálu, je příprava nanočástic či nanovláken dnes již velmi dobře zvládnuta. A co dále? Pokud už máme připravený nanomateriál a chtěli bychom, aby zvládnul náročnější aplikace, jako jsou cílená doprava léčiv, katalýza či použití v tkáňovém inženýrství, je většinou třeba tento materiál modifikovat. Jak? O tom si povíme příště.

Literatura:

- (1) Kenry; Lim, C. T. *Prog. Polym. Sci.* **2017**, *70*, 1–17.
- (2) Patil, J. V.; Mali, S. S.; Kamble, A. S.; Hong, C. K.; Kim, J. H.; Patil, P. *S. Appl. Surf. Sci.* **2017**, *423*, 641–674.
- (3) Sill, T. J.; von Recum, H. A. *Biomaterials* **2008**, *29* (13), 1989–2006.
- (4) Taylor, G. *Proc R Soc Lond A* **1969**, *313* (1515), 453–475.
- (5) Baumgarten, P. K. *J. Colloid Interface Sci.* **1971**, *36* (1), 71–79.
- (6) Pokorný, P.; Kostáková, E.; Sanetrník, F.; Mikes, P.; Chvojka, J.; Kalous, T.; Bilek, M.; Pejchar, K.; Valtera, J.; Lukas, D. *Phys. Chem. Chem. Phys.* **2014**, *16* (48), 26816–26822.
- (7) Huang, Z. M.; Zhang, Y. Z.; Kotaki, M.; Ramakrishna, S. *Compos. Sci. Technol.* **2003**, *63* (15), 2223–2253.

Zajíček chemik

