



**Korespondenční Seminář Inspirovaný Chemickou Tematikou**

**Ročník 22 (2023/2024)**

**Série 1**





*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 nás 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 22. rokem 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 kopy 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 *Kovy v organické chemii*, který pro Vás bude psát Jan Hrubeš. V neposlední řadě můžete v každé brožurce sledovat osudy skutečně neohroženého komiksového hrdiny, a sice Zajíčka chemika.

KSICHT pořádá v průběhu ročníku 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. Kapacitu tohoto soustředění máme pro 30 řešitelů, rozhodovat bude celkové umístění po 4. sérii.

Mimo to úspěšní řešitelé mohou mít na vybraných vysokých školách odpuštěné přijímací zkoušky a získat motivační stipendium<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Více informací najdete na webových stránkách KSICHTu.

**Termín pro odeslání řešení 1. série:  
30. 10. 2023**

Elektronicky (PDF)	Papírově
<a href="http://ksicht.natur.cuni.cz/odeslani-reseni">http://ksicht.natur.cuni.cz/ odeslani-reseni</a>	<b>KSICHT</b> <b>Přírodovědecká fakulta UK</b> <b>Hlavova 2030</b> <b>128 43, Praha 2</b>

**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 (námi preferovaný způsob odeslání), uložte každou úlohu do samostatného souboru PDF<sup>2</sup>. 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.

Vaše umístění ve výsledkové listině je také kritériem pro účast na závěrečném soustředění, detaily k přihlašování uvedeme v brožurce čtvrté série.

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

**Podzimní výlet s KSICHTem**

Podzimní KSICHTí výlet se uskuteční 10. až 12. listopadu v Ostravě. Více informací naleznete na KSICHTích stránkách.<sup>3</sup> Přihlašování bude spuštěno 3. října.

<sup>2</sup> Neposílejte naskenovaná řešení s výjimkou obrázků, text bývá špatně čitelný.

<sup>3</sup> <https://ksicht.natur.cuni.cz/akce/>

## Pomozte šetřit české lesy a KSICHTÍ peníze!

Jelikož od založení KSICHTu doba pokročila, mnozí z Vás nyní čtete tento text v elektronické podobě. Má to jistě své mouchy, ale přesto se domníváme, že část z Vás pro zjevné výhody digitálního formátu PDF papírovou brožurku už vůbec nevyužívá. Pokud se bez papírové brožurky objednete, zvolte prosím ve svém profilu na KSICHTím webu možnost „Nechci dostávat papírové brožurky poštou“. Pomůžete tím šetřit české lesy a KSICHTÍ peníze. Řešení, nálepky a ostatní náležitosti Vám budou chodit poštou i nadále. Děkujeme!

### 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<sup>4</sup>.
4. Nezkopíruješ **Wikipedii** českou ni anglickou ni v jazyku jiném psanou<sup>5</sup>.
5. Pamatuj na den odeslání, že ti má být svatý. Čtyři týdny řešiti budeš, dne (před)posledního odesláno míti budeš.
6. Rukopis vlastnoruční nenaskenuješ, ale do obálky vložíš a poštou odešleš.
7. Neudáš výsledku bez výpočtu.
8. Neopíšeš nadbytek číslic z kalkulátoru svého<sup>6</sup>.
9. Nepožádáš o řešení bližního svého.
10. KSICHTÍ jméno důsledně šířiti budeš.

---

<sup>4</sup> Smyslem korespondenčního semináře je také dát vám příležitost naučit se vyhledávat, třídít a kriticky vyhodnocovat dostupné informace. Proto můžete k řešení používat jakékoli tištěné i elektronické zdroje, se kterými je ale třeba správně zacházet – více v další poznámce.

<sup>5</sup> Odevzdání textu získaného pomocí Ctrl+C, Ctrl+V není řešením úlohy. Tím má být vaše vlastní formulace odpovědi na otázky v úloze, kterou jste sestavili na základě informací dostupných klidně i na Wikipedii. Zejména u internetových zdrojů je třeba každý zdroj kriticky zhodnotit: zdaleka ne každá stránka, příspěvek na blogu či diskusním fóru obsahuje pravdivé informace. Více viz další strana brožurky o využívání AI.

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

## Využívání nástrojů umělé inteligence při řešení úloh

Za uplynulý rok dosáhla umělá inteligence značných úspěchů, což jí přineslo velkou popularitu. My v KSICHTu jsme si vědomi síly tohoto nástroje, proto pár slov k tématu: přistupujte k umělým inteligencím typu ChatGPT podobně jako ke Googlu nebo Wikipedii – může sloužit k proniknutí do tématu, ale její odpověď byste měli kriticky zhodnotit, dohledat k ní relevantní zdroje a formulovat vlastními slovy. Smyslem semináře je především, abyste se něco naučili, čehož nekritickým přepíčováním textu z ChatBotu nedosáhnete.

### Úvodníček

Milé KSICHTačky, milí KSICHTáci,

po kulturně, sportovně i na horko bohatém létě přichází první letošní možnost zapojit se do našeho semináře! Abychom vyšli vstříc nejenom zkušeným, ale i nově přicházejícím řešitelům, bude i tato první série kulturní až hravá. Chybět bude snad jen ten sport, i když o příležitost zapotit se Vás také neochudíme.

Hned po otevření brožurky nenásleduje nicméně zapocení, ale nic menšího než život, *Life*, konkrétně dokonce *Life in plastic (it's fantastic!)*. Souvislost s nedávným štětkem kinematografické kultury na sebe jistě nenechá čekat. V závěsu za životem můžete nahlédnout do životopisu génia *Oppenheimera*, který se už zaživa stal smrtí („a ničitelem světů“).

Život řady současných chemiků se ale spíš než jádra dotýká symetrie, právě do té proto v pokračování brožurky nahlédneme v organické chemii – dotyčná úloha bude *Helicenová*. Z mezioborových disciplín má k organické chemii nejbližší biochemie; před závěrem série se dočtete i něco o její *Metabolicky aberantní* historii. Ikonickým závěrem prvních letošních úloh pak je příspěvek s výstižným názvem *Chemické sudoku* slibující už zmíněné hry i zapocení.

Budeme rádi, pokud Vás náš výběr úloh zaujme! Těšíme se na Vaše řešení i na to, že se o zahájení letošního ročníku podělíte ve škole, na chemickém kroužku, nebo kdekoliv Vás napadne. Pokud byste při řešení narazili na potíže, určité se na nás obraťte! [jmeno.prijmeni@ksicht.natur.cuni.cz](mailto:jmeno.prijmeni@ksicht.natur.cuni.cz) poslouží pro dotazy na autory úloh, [ksicht@natur.cuni.cz](mailto:ksicht@natur.cuni.cz) pro obecné, například technické dotazy.

Úspěšný začátek školního i KSICHTího roku přeje za všechny KSICHTy

Vojta Laitl

**Seriál: Kovy v organické chemii**

Autor: Jan Hruběš

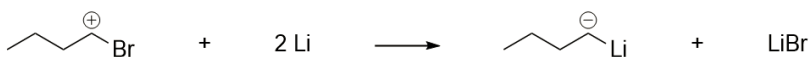
**1. díl**

V letošním KSICHTím seriálu se zaměříme na organokovy. Ty bývají ve školní výuce mnohdy opomíjené, jsou však velmi důležitou skupinou sloučenin, bez níž by bylo jen velmi obtížně možné syntetizovat léčiva, která denně používáme. A nejen léčiva! Jedním z nejpoužívanějších organokovů bylo tetraethylolovo, které se přidávalo do benzínu pro zvýšení oktanového čísla. Různé komplexy organických ligandů a kovů mají nejen medicínské, ale i katalytické využití při výrobě všemožných věcí denní potřeby. Například Zieglerovy–Nattovy katalyzátory se používají při polymerizaci alkenů.

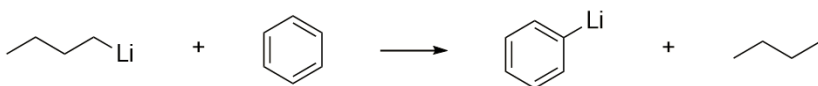
V seriálu si organokovy projdeme od těch nejjednodušších až po komplexy organických ligandů s přechodnými kovy (s těmi se ostatně můžete poměrně intimně seznámit v letošní chemické olympiádě). Ale dost už bylo řeči, pojďme na to!

**Organokovové sloučeniny**

Organokovové sloučeniny jsou zajímavé především tím, že atomy kovu vytvářejí na atomu uhlíku, na který jsou připojeny, záporný náboj. To je způsobeno jejich nízkou elektronegativitou – uhlík má elektronegativitu větší, a tak dochází k přesunu elektronové hustoty směrem k němu. Lze to vidět na přípravě organolithních sloučenin reakcí butylbromidu s lithiovým drátem. Uhlík, na kterém je halogen, má částečně kladný náboj; působí tedy jako elektrofil. Uhlík s lithiem je nabitý záporně a působí jako nukleofil, případně jako báze. Této reakci se proto vzhledem ke změně polaritity uhlíku též někdy říká *umpolung*, což je německý překlad českého slova přepólování. Přepólovávacích reakcí je celá řada, reakce alkyhalogenidu s lithiovým drátem je jeden z učebnicových příkladů.



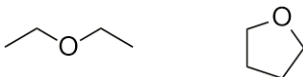
Organokovové sloučeniny lithia a hořčíku jsou nejčastěji zmiňovanými příklady organokovových sloučenin. Butyllithium známe jako jednu z nejbazičtějsích látek, kterou má organický syntetik k dispozici. Je tak bazické, že dokáže odtrhnout vodík skoro ze všeho: alkenů, alkyňů, arenů.



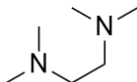
Reaktivita lithných sloučenin ale může být poněkud omezená tím, že tyto sloučeniny velice ochotně tvoří nereaktivní agregáty – dochází k přitažlivé interakci mezi jednotlivými atomy kovu. Vzhledem k tomu, že abychom byli schopní uřídit

selektivitu reakce, reakce organokovů často chladíme na teploty velmi hluboko pod bodem mrazu (typicky suchým ledem na  $-78\text{ }^{\circ}\text{C}$  či kapalným dusíkem na  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), může tvorba takového agregátu znemožnit samotný průběh reakce. Pro stabilizaci organokovu v roztoku je vhodné použít rozpouštědla obsahující atomy s volnými elektronovými páry, které mohou kov v organokovové sloučenině koordinovat. To má za důsledek nižší stupeň agregace organokovu: například butyllithium rozpuštěné v hexanu tvoří hexamer, zatímco když se rozpustí v diethyletheru, tvoří jen tetramer.

Jako stabilizační rozpouštědla se nejčastěji používají ethery, a to jak acyklické (diethylether), tak cyklické (tetrahydrofuran). Nevýhodné je, že organokovy mohou s ethery (byť pomalu) reagovat, proto se komerčně butyllithium prodává jako roztok v hexanu a do etherických rozpouštědel se následně přidává.



Další možností jak zabránit agregaci je přidání speciálního ligandu. Jedněmi z nejčastějších jsou terciární aminy, jako např. TMEDA (tetramethylethylen-diamin).

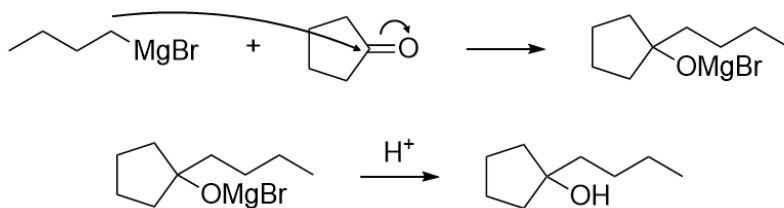


Důležité je, aby jak rozpouštědlo, tak případný ligand, neobsahovaly kyselé vodíky – vyloučené jsou proto jakékoliv alkoholy či primární a sekundární aminy. Dále je nutné naprosto minimalizovat jakýkoli obsah vody, která by mohla s organokovy reagovat za tvorby alkanů a příslušných hydroxidů. Proto se ethery velmi často suší přidáním čerstvě okrájeného elementárního sodíku, který s přítomnou vodou zreaguje.

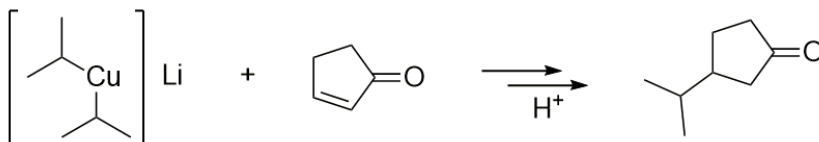
Organokovové sloučeniny hořčíku (Grignardova činidla) se používají pro přípravu alkoholů z karbonylových sloučenin mechanismem nukleofilní adice. Připravit se dají podobně jako organolithné sloučeniny přepólováním. Záporně nabitý uhlík Grignardova činidla poté atakuje kladně nabitý uhlík karbonylu podle mechanismu na obrázku.



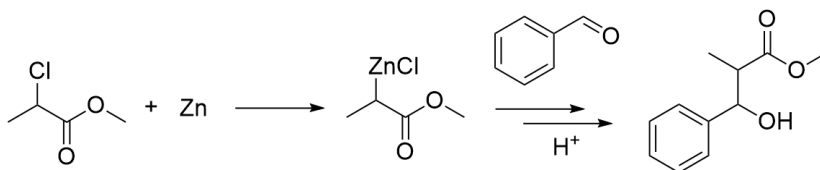




Někteří z vás možná ve škole narazili též na organomeďná Gilmanova činidla, která se uvádějí jako příklad organokovu, který nereaguje přímo se skupinou C=O, ale s konjugovanou dvojnou vazbou C=C, která je v důsledku záporného mezomerního efektu skupiny C=O značně polarizovaná. Této adici se někdy říká *Michaelova adice*. V následujícím schématu uvádím již produkty po konečném oksylení reakční směsi.



Možná vás překvapí, že nejstarší články o organokovových sloučeninách v syntéze pocházejí již z 19. století. Jedním z průkopníků organokovové chemie byl Edward Frankland (1825–1899), který poprvé připravil organozinečnaté sloučeniny reakcí alkyhalogenidů s práškovým zinkem. Tyto sloučeniny využil Sergej Nikolajevič Reformatský (1887) ve své syntéze beta-hydroxyesterů z alfa-halogenesterů a aldehydů či ketonů.

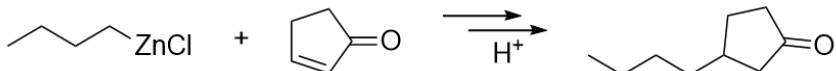


Organozinečnaté sloučeniny však nejsou příliš reaktivní – zinek má již poměrně vysokou elektronegativitu, čímž vazba C–Zn dostává poměrně výrazný kovalentní charakter. To některé reakce znemožňuje, nižší reaktivita ale na druhou stranu umožňuje vyšší selektivitu reakcí, proto jsou organozinečnaté sloučeniny používány i dnes například při některých enantioselektivních syntézách<sup>7</sup>. Výhodné je i to, že organozinečnaté sloučeniny tolerují mnohé funkční skupiny, například estery. Pro přípravu složitějších molekul proto mohou být organozinečnaté

<sup>7</sup> Enantioselektivní reakce jsou takové, při kterých vznikají stereoizomery chirálního produktu v nesterijném množství.

sloučeniny cestou, která by například s reaktivnějšími organokovovými sloučeninami hořčíku, které by s esterovou skupinou zreagovaly, nefungovala.

Organozinečnaté sloučeniny též reagují s alfa,beta-nenasycenými ketony ve smyslu Michaelovy adice obdobně jako organoměďné sloučeniny. Zinek je oproti hořčíku mnohem měkčím<sup>8</sup> kovem (z pohledu teorie měkkých a tvrdých elektrofilů), bude se tedy spíše podobně jako měď (která je v periodické tabulce hned vedle zinku) koordinovat na měkčí vazbu C=C.



Organickým chemikům se ale otevřely dříve netušené možnosti v momentě, kdy se vrhli na výzkum organokovů s přechodnými kovy 3.–12. skupiny. Katalytické možnosti, které přechodné kovy poskytují, umožnily tvořit vazby C–C ve strukturních motivech, které byly dříve těžko synteticky dosažitelné. Ale o tom si detailněji povíme v příštích částech seriálu.

---

<sup>8</sup> Měkčím se myslí podle teorie HSAB – *hard and soft acids and bases*. Blíže o této teorii například zde: [tiny.cc/hsab](http://tiny.cc/hsab)

## Zadání úloh 1. série 21. ročníku KSICHTu

### Úloha č. 1: Life in plastic, it's fantastic

Autorka: Tatiana Nemirovich

(8 bodů)

*Panenky Barbie byly oblíbené po desetiletí, ale nedávný film o nich znovu vzbudil zájem a vrátil je do popředí populární kultury, čímž se staly jedním z hlavních trendů současné doby.*

Dřív bývaly panenky Barbie vyráběny téměř výhradně z polymeru L1. V těchto formách je L1 tuhý, ale to lze přizpůsobit podle potřeby – například v pažích nebo nohách panenky – přidáním změkčovadel. Později výrobci přešli k používání látky L2 pro trup panenky. Pro ruce, kde je vyžadována větší flexibilita, se nyní používá L3. L1 ale z Barbie nezmizel zcela – stále se používá na jejich nohy a hlavy. Části, kde se L1 používá, stále vyžadují i jiné plasty pro konkrétní vlastnosti: L4 pro trvanlivost ohebných konstrukcí nohou a L5 pro vlasy panenek.



1. Přiřaďte symboly L1–L5 na obrázku správnému plasty z tabulky níže a jemu odpovídajícímu chemickému vzorci.
2. K čemu slouží změkčovadla v plastech a jakým způsobem působí na molekulární úrovni? Napište příklady tří používaných změkčovadel.

L1	akrylonitril butadien styren (ABS)	$\left[ \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{---CH---CH}_2 \end{array} \right]_n$
L2	polyvinylchlorid (PVC)	$\left[ \begin{array}{cc} \text{H} & \text{Cl} \\   &   \\ \text{---C---C---} \\   &   \\ \text{H} & \text{Cl} \end{array} \right]_n$
L3	ethylen- vinylacetát (EVA)	$\left[ \text{CH}_2-\underset{\text{CN}}{\underset{ }{\text{C}}}-\right]_a \left[ \text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2 \right]_b \left[ \text{CH}_2-\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}} \right]_c$
L4	polyvinyliden dichlorid (PVDC)	$\left[ \text{CH}_2-\text{CH}_2 \right]_n \left[ \begin{array}{cc} & \text{O} \\ &    \\ \text{H} & \text{C}-\text{CH}_3 \\   &   \\ \text{---C---C---} \\   &   \\ \text{H} & \text{H} \end{array} \right]_m$
L5	polypropylen (PP)	$\left[ \begin{array}{cc} \text{H} & \text{Cl} \\   &   \\ \text{---C---C---} \\   &   \\ \text{H} & \text{H} \end{array} \right]_n$

Barbie byla vždy známá svými dlouhými a světlými vlasy. Jaké jsou ale vůbec rozdíly mezi umělými a přírodními vlasy? Zaměříme se na strukturu přírodních vlasů.

3. a) Z jakého hlavního proteinu se skládají přirozené lidské vlasy?
- b) Která aminokyselina je v něm zastoupena značným podílem? Nakreslete i její strukturu.
- c) Které typy vazeb tato aminokyselina tvoří, a tím dodává lidským vlasům jejich unikátní vlastnosti (pevnost a pružnost)? Doplňte svou odpověď obrázkem struktury těchto vazeb.

Protože lidské vlasy obsahují vysoké množství dané aminokyseliny, mohlo by se jako logický krok zdát obohacování vlasů o danou aminokyselinu. Tyto produkty jsou běžně dostupné na trhu jako doplněk stravy pro zlepšení zdraví a stavu vlasů.

4. Daná aminokyselina má v přípravcích proti vypadávání vlasů i jinou funkci než pouze stavební. Jakou? Odůvodněte vzhledem k její chemické struktuře diskutované v podotázce výše.

Pro dosažení krásné světlé barvy si lidé již dlouho zesvětlují vlasy. Podíváme se na to, co se při tom procesu děje. Přírozená barva vlasů pochází z melaninu, pigmentu produkovaného ve vlasových folikulech. Existují dva hlavní typy melaninu: jeden dodává hnědé a černé odstíny, zatímco druhý je odpovědný za zlatavé blond, zrzavé a červené odstíny. Přesný odstín vlasů jednotlivce je určen poměrem a typy melaninů.

5. Uveďte názvy těchto dvou hlavních typů melaninu.

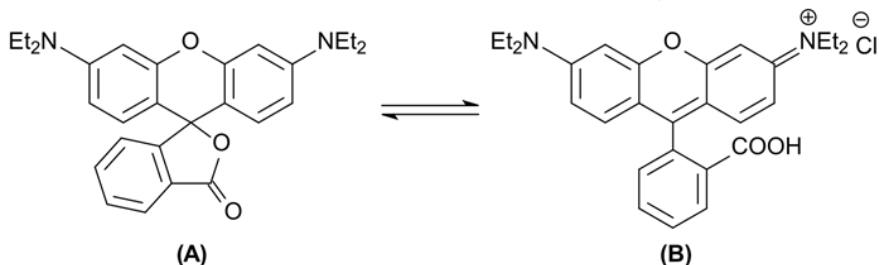
Většina produktů na zesvětlení vlasů obsahuje dva typy chemikálií: zásaditou látku a oxidační činidlo. Častým příkladem používaných zásaditých látek v zesvětlujících přípravcích je ethanolamin nebo amoniak. Typickým oxidačním činidlem v zesvětlujících směsích je peroxid vodíku.

6. K čemu potřebujeme mírně zásadité prostředí při barvení?  
7. K čemu přesně při barvení vlasů slouží peroxid vodíku? Jaké procesy vyvolává?

Kdybychom měli blondýnu Barbie a chtěli bychom nabarvit její vlasy a použít k tomu klasickou barvu na lidské vlasy, nešlo by nám to.

8. Vysvětlete, proč by to nešlo, a popište rozdíl mezi strukturou lidského vlasu a umělého vlasu.

Další nesmírně charakteristickou věcí ve světě Barbie je růžová barva. Charakteristický růžový odstín, v populární kultuře často označovaný jako „Barbie Pink“, je velmi specifický, jasný, živý a okamžitě rozpoznatelný. Nicméně Mattel (společnost stojící za Barbie) nezveřejňuje přesné barvivo nebo pigment, který pro svou ikonickou Barbie růžovou barvu používají, protože je pravděpodobně jejich vlastní směsí a součástí jejich značkové identity. Pokud bychom přesto chtěli spekulovat, je dobrým kandidátem na základ Barbie Pink jasně fluoreskující látka X. Tato látka může existovat ve dvou formách:



Jedna z nich má jasnou růžovou barvu kvůli silné fluorescenci – pokud na roztok této látky posvítíme UV světlem, dojde k emisi intenzivně růžového světla, zatímco druhá forma této látky je bezbarvá.

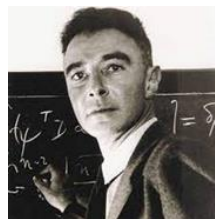
9. Rozhodněte, která z forem látky X je intenzivně růžová a která je bezbarvá. Vysvětlete.
10. Změna mezi dvěma formami nastává kvůli změně pH. Doplňte odpovídající symboly  $\text{H}_3\text{O}^+$  a  $\text{OH}^-$  nad a pod šipky ve schématu. Vysvětlete své rozhodnutí.

## Úloha č. 2: Oppenheimerovská

(9 bodů)

Autoři: Nikola Bartoňová a Jiří „Herby“ Kysilka

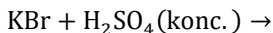
*Alvarez si v křesle u holiče četl noviny. Náhle spatřil článek o tom, že se vědcům podařilo prokázat, že je možné jádro uranu rozštěpit na dvě a více částí. Okamžitě vyskočil z křesla a běžel tuto novinku oznámit svému kolegovi Oppenheimerovi. „To je nemožné,“ zvolal Oppenheimer a začal křídou čmárat po tabuli ve snaze toto tvrzení vyvrátit. Druhého dne však Alvarez dokázal, že se Oppenheimer mýlil.*



Začátky budoucího otce atomové bomby nebyly vůbec růžové. Jako neduživému a často nemocnému dítěti ze židovské rodiny mu matka nedovolovala, aby si hrál se svými vrstevníky. Sám později prohlásil: „Mé dětství mě vůbec nepřipravilo na to, že svět je plný krutých věcí. Nenaučil jsem se, že v něm je občas potřeba mít ostré lokty.“

Kromě toho nepatřil k těm nešikovnějším v laboratoři, různé nehody byly na denním pořádku.

1. Mladý Oppenheimer omylem smíchal následující látky. Doplňte chemické rovnice, vycíslete a vysvětlíte, proč není dobré tyto látky slévat.



Jeden z profesorů na Cambridgi Oppenheimerovi jeho nešikovnost často předhazoval. To se mladého studenta dotýkalo natolik, že se rozhodl profesora otrávit jablkem napuštěným kyanidem.

2. Za předpokladu, že průměrný profesor na Cambridge váží 80 kg a  $\text{LD}_{50}$  kyanidu draselného je  $7,49 \text{ mg kg}^{-1}$ , vypočítejte, kolik mg kyanidu je potřeba na usmrcení profesora s 50% pravděpodobností. Co znamená zkratka LD a jaký je význam čísla 50 v jejím dolním indexu?

Dotyčný profesor naštěstí lákavému jablku odolal, což mu jistě ušetřilo spoustu nepříjemností. Robertův čin byl ale klasifikován jako pokus o vraždu a dostal nařizeno chodit k psychiatrovi. Později však směl ve studiích pokračovat. V této době se poprvé setkal s Maxem Bornem, který v Robertovi rozpoznal jeho potenciál

a pozval ho studovat do Göttingenu. Společně napsali práci zabývající se kvantovou teorií molekul, jejíž součástí byla proslulá Bornova–Oppenheimerova aproximace.<sup>9</sup>



Obrázek 1. Max Born

3. V kvantové chemii používáme k popisu pozice a energie elektronů v atomech čtyři kvantová čísla. O jaká kvantová čísla jde a co vyjadřují? Jakých hodnot mohou nabývat?

40. léta 20. století byla velmi dramatická a neklidná. Vědci si začínali uvědomovat nebezpečnost potenciálního vzniku atomové bomby a snažili se přesvědčit veřejnost, aby před problémem nezavírala oči. Vše urychlila zpráva o tom, že nacistické Německo zahájilo výzkum jaderné fyziky. To vyvolalo obavy, že by se Německo mohlo pokusit o vývoj vlastní atomové bomby. Americká vláda se rozhodla reagovat na tuto hrozbu zahájením vlastního programu vývoje atomové bomby. Projekt dostal název Manhattan. Oppenheimer se v té době věnoval profesorské činnosti. Mezi studenty byl velmi oblíbený, nikdo mu neřekl jinak než Oppie. Když se doslechl, že se jeho jméno nachází na seznamu potenciálních vedoucích tajné laboratoře, nedával tomu velké naděje. Přestože o sobě tvrdil, že nikdy nebyl komunista, měl mezi přáteli spoustu příslušníků komunistické strany (včetně svého bratra). Přesto byl nakonec do čela projektu zvolen. Byl pověřen koordinací různých aspektů projektu; od výzkumu a vývoje samotné bomby, až po technické, logistické a finanční záležitosti. Jeho schopnost sjednotit různorodý tým vědců a vedení celého projektu byla klíčová pro jeho úspěch. Oppenheimer měl už od začátku jasno, kde se bude výzkum konat. Vybral menší pouštní město Los

---

<sup>9</sup> Bornova–Oppenheimerova aproximace se používá v kvantové chemii při výpočtech energií molekul. Takovou molekulu si můžeme představit jako tanec mezi těžkými a pomalými tanečnicími (jádra atomů) a lehkými a svižnými tanečnicemi (elektrony). Předvídat, jak se bude takový tanec odvíjet, je výpočetně poměrně náročné. Bornova–Oppenheimerova aproximace tento postup zjednodušuje tvrzením, že pohyb elektronů (tanečnic) je mnohem rychlejší než pohyb tanečnicků (vibrace a translace jader); tím pádem jsou vzájemně nezávislé, a lze je tedy počítat zvlášť. V analogii tanečnicků a tanečnic vlastně Bornova–Oppenheimerova aproximace tvrdí, že tanečnice jsou natolik svižné, že se stihnou okamžitě přizpůsobit změně pozice pomalých tanečnicků. Bez tohoto zjednodušení by byly výpočty i poměrně jednoduchých molekul příliš náročné.

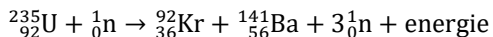


Alamos, ležící ve státě Nové Mexiko. Oppenheimer kousek od města vlastnil se svým bratrem ranč, a okolí proto znal jako své boty.



Obrázek 2. Vědci podílející se na projektu Manhattan

Pro výrobu bomby byly pro své vlastnosti použity izotopy uran-235 a neptunium-239. Tyto izotopy mohou podstoupit jaderné štěpení. Jestliže izotop zasáhne neutronem o určité rychlosti (tak, aby překonal odpuzování jádra) a určitém úhlu, dochází k narušení stability jádra. Jádro se stává nestabilním a rozdělí se na části neboli fragmenty. Zároveň se při štěpení uvolňuje energie a další neutrony, které mohou způsobit štěpení dalších jader. Dostáváme řetězovou reakci, při které se neustále štěpí další a další jádra, a uvolňuje se obrovské množství energie.



Rovnice 1. Štěpení uranu-235

To přivádělo vědce k obavám. Co kdyby byla řetězová reakce natolik silná, že by došlo k fúzi mezi atomy dusíku v atmosféře za uvolnění takového množství energie, že by následkem bylo zapálení atmosféry?

Uvažujme chování ideálního plynu. Potenciální energie dvou stejných atomových jader je:

$$E_p = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Z^2 \cdot e^2}{r},$$

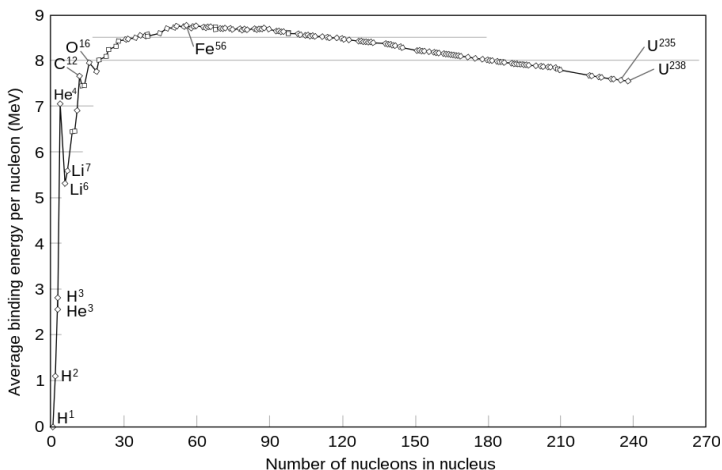
kde  $\epsilon_0$  je permitivita vakua ( $8,854 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$ ),  $Z$  je atomové číslo,  $e$  je elementární náboj ( $1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ) a  $r$  je vzdálenost dvou nábojů. Energii, kterou potřebujeme na to, abychom posunuli jádra z vazebné vzdálenosti  $N \approx N$  do vzdálenosti poloměru

jádra, nazýváme aktivační bariéra. Jinými slovy, pokud mezi sebou odečteme jednotlivé potenciální energie, dostaneme aktivační bariéru. Střední tepelnou energii ideálního atomu plynu odhadneme pomocí výrazu

$$E_{\text{střední}} = k_B \cdot T,$$

kde  $k_B$  je Boltzmannova konstanta ( $1,380 \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$ ) a  $T$  je teplota. Teplota byla odhadnuta na  $10^7 \text{ K}$ .

- Mohla by proběhnout jaderná fúze jader v molekule dusíku? Při výpočtu uvažujte hodnoty poloměru jádra  $10^{-15} \text{ m}$  a délky vazby  $10^{-10} \text{ m}$ .
- Zamyslete se a vysvětlete, proč je vodíková bomba silnější než uranová. Principem vodíkové bomby je fúze atomů tritia  ${}^3\text{H}$  za vzniku atomu helia  ${}^4\text{He}$ . Pomoci vám může následující graf vazebných energií a periodická tabulka prvků.



Obrázek 3. Závislost vazebné energie na počtu nukleonů v jádře

- Během finálního testu atomové bomby byli všichni pozorovatelé vybaveni brýlemi pro ochranu zraku. Jediný Richard Feynman brýle odmítl a sedl si do svého auta. Proč se nebál o svůj zrak? Bylo jeho rozhodnutí rozumné? Proč?
- Oppenheimer je považován za kontroverzní osobnost. Jaký na něho máte názor? Odůvodněte!

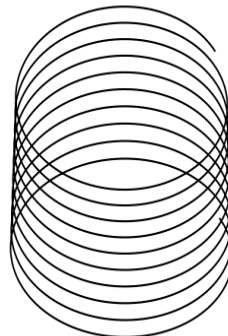
### Úloha č. 3: Helicénová

(9 bodov)

Autorka: Emma Tekulová

*Výskum je ako mravenisko. Jeden človek sám o sebe toho veľa nespraví, avšak keď sa spojí viacero ľudí dokopy, tak spolu vedia vytvoriť fantastické veci. Keď sa pozriete na vedecké články, tak pod jedným článkom býva kopa ľudí – všetko to stojí a padá na spolupráci. Na výskume, napríklad jednej látky, spolupracuje mnoho ľudí, s rôznymi zameraniami. Preto aj táto úloha bude všeobecná, od organiky až po teóriu.*

*Helicény sú téma, o ktorej sa až tak veľa nerozpráva, preto to podme spolu zmeniť! Tieto látky vykazujú mnoho zaujímavých vlastností. V dnešnej dobe sa na nich sústreďuje výskum práve vďaka tomu, že aplikácia týchto vlastností má mnoho využití.*



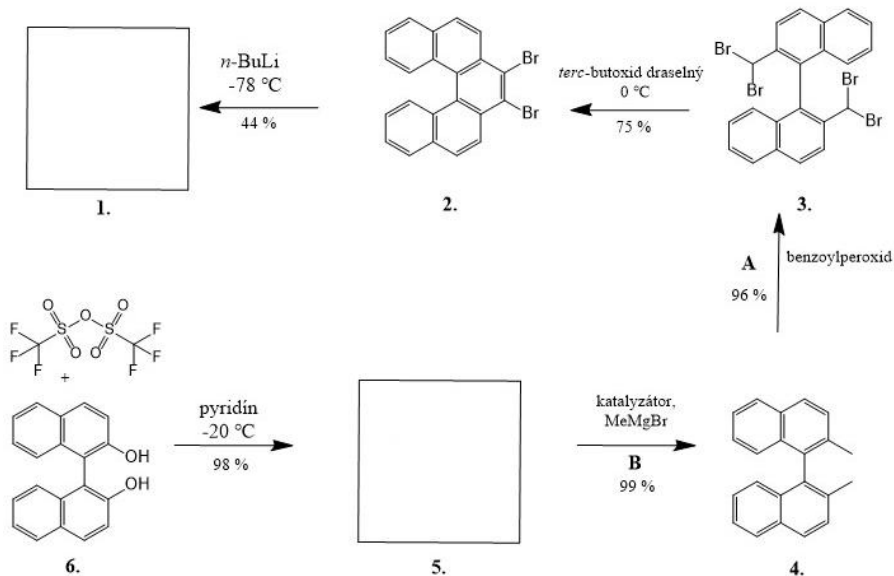
Keď si zadáte do Googlu pojem *helicene*, tak sa vám ukážu molekuly špirálovitého tvaru zložené z kondenzovaných benzénových jadier. Určite vám pri predstave špirály v chémii napadnú skôr látky biochemických makromolekúl (DNA, RNA, proteíny, ...), avšak aj mnoho iných látok tvorí túto zaujímavú štruktúru. Helicény sa kvôli ich vlastnostiam využívajú v optike, katalýze či chemických senzoch.

1. Ako prvé sa zamyslíme nad tým, či vedia byť helicény planárne. Je to možné? Svoju odpoveď zdôvodnite.
2. Napíšte, z koľkých benzénových jadier sa podľa pravidiel IUPAC môže skladať najmenší helicén.
3. a) Nakreslite všetky formy najmenšieho helicénu z úlohy 2 a pomenujte ich tak, aby boli jasne rozlíšiteľné.  
b) V úlohe 3a ste mali za úlohu nakresliť jeden konkrétny helicén vo všetkých jeho formách. Ktorá jeho vlastnosť zapríčiňuje jeho rozdelenie na viacero foriem?

Keď chceme overiť tieto vlastnosti, máme dve možné cesty. Jedna je klasická experimentálna – syntéza a neskoršie meranie tejto vlastnosti. Druhá je výpočtová – predpovedáme pomocou kvantovo-chemických výpočtov, ktoré robíme pomocou rôznych softvérov, tieto vlastnosti. V ideálnom prípade by sa tieto dva výsledky mali zhodovať. My sa dnes zameriame na prípravu jedného z helicénov.

4. Bežne sa plánovanie, ako pripraviť danú látku, začína retrosyntézou, čo znamená, že ideme od žiadanej látky späť, až pokým neprídeme k látkam bežne

dostupným. Vašou úlohou je doplniť v tejto syntéze látky **1** a **5**. Následne sa zamyslite nad reaktantom **A** (*Hint: reaktant A nie je červenohnedej farby*) a skúste porozmýšľať aspoň nad jedným rozpúšťadlom **B**, v ktorom by bolo možné uskutočniť túto reakciu.



Obrázok 1. Syntéza helicénov

5. a) Zdôvodnite výber rozpúšťadla B. Čo by sa stalo ak by sme namiesto neho použili napríklad etanol? Popíšte chemickú reakciu.
- b) Na čo sa pri našej syntéze používa anhydrid kyseliny trifluórméтансульфоновей?
- c) Vysvetlite prečo sa s reagentom A používa benzoylperoxid a na čo slúži? Koľko ekvivalentov reagentu A budeme minimálne potrebovať na vznik jedného ekvivalentu 2,2'-bis(dibromometyl)-1,1'-binaftylu?
6. Ako to pri organickej syntéze býva, výťažok nikdy nie je 100 %. Vypočítajte, koľko gramov reaktantu číslo 6 ([1,1']-binaftyl-2,2'-diol) budeme potrebovať, ak chceme pripraviť 2 gramy látky 1. Výťažky jednotlivých krokov sú uvedené na obrázku 1.
7. Po tom, ako sme tento helicén úspešne pripravili, môžu sa na ňom vykonať ďalšie experimenty skúmajúce jeho vlastnosti. Kvôli tomu, že energetická bariéra, ktorú musí helicén prekonať, aby sa z jednej jeho formy stala druhá, je

pomerne nízka, nemá pri laboratórnej teplote význam jeho formy oddel'ovať. Avšak helicény s vyšším počtom benzénových jadier majú túto bariéru vyššiu, a preto je ich možné aj pri laboratórnej teplote, bez chladenia, oddeliť.

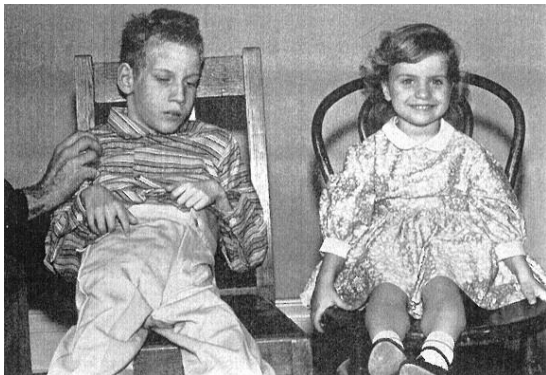
- a) Energetická bariéra, ktorú sme spomínali, je pomenovaná podľa procesu, pri ktorej látka prechádza z opticky aktívnej formy na zmes, ktorá sa javí ako opticky neaktívna. Ako sa volá táto bariéra?
- b) Váš kolega pripravil [9]helicén. Tento produkt obsahuje všetky formy tohto helicénu. Akú separačnú metódu by ste mu odporučili na oddelenie týchto foriem?

Po tom, ako ste pomohli kolegovi, mohol sa pustiť do merania a skúmania vlastností týchto špirálovitých molekúl a spolu ste spravili ďalší krôčik v pokroku vedy.

### Úloha č. 4: Metabolicky aberantní

(12 bodů)

Autorka: Lucie Peterková

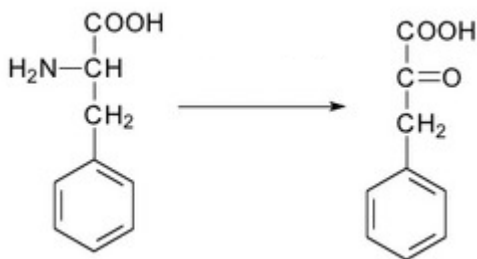


*Psal se rok 1933, když byl doktor Asbjorn Folling požádán doktorem Egelandem o objasnění důvodu mentální retardace dvou sourozenců; dívky a chlapce. Provedl různá běžná vyšetření, a když mu došly nápady, začal tak trochu experimentovat. Často to nikam nevedlo, ale výsledek jednoho testu ho překvapil. Ten spočíval*

*v tom, že přidal do moči sourozenců látku X. Moč by se po přidání této látky měla zbarvit do červenohněda, ale nestalo se tak. Roztok zezelenal. S ničím takovým se Folling před tím neseťkal, a tak vytušil, že této záhadě nejspíš začíná přicházet na kloub.*

1. Látka **X** je světle hnědá anorganická sloučenina. Dá se připravit rozpuštěním rzi v kyselině chlorovodíkové. Rovnici její přípravy popsané v předchozí větě zapište a vyčíslete. Jak se látka **X** nazývá?

Neznámou látku **Y** v moči sourozenců se Folling rozhodl izolovat. Je uvedena níže jako produkt v reakci č. 1. Po této látce byla nemoc pojmenována jako *Imbecilitas phenylpyruvatica*.



Reakce č. 1

2. a) Jak se látka **Y** nazývá?

- b) Termín *Imbecilitas phenylpyruvatica* se dnes již nepoužívá. Jaký je správný název tohoto onemocnění?

Follinga toto zjištění vedlo k hledání příčiny dětské mentální retardace. Svému nově objevenému testu podrobil kolem 400 dětí v ústavu pro duševně postižené v Oslu. Test byl pozitivní u 8 dětí. Zaujal ho jejich podobný fenotyp. Kromě mentální retardace se objevoval *typický zápach po myšíně; děti měly světlé vlasy a pleť s vyrážkami připomínajícími kopřivku.*

Norský genetik Otto Lous Mohr mu pomohl objasnit dědičnost této choroby. Podle genealogických dat pacientů z 22 různých rodin došel k závěru, že jde o autozomálně recesivní genetické onemocnění.

3. a) Vysvětlíte důvod typického společného fenotypu těchto dětí.
- b) Pokud bude mít matka tuto neznámou chorobu, s jakou pravděpodobností se choroba přenesla do další generace? Uvažujte všechny možnosti.
- c) Pokud bude mít tuto nemoc otec, a nikoliv matka, změní se nějak výsledek z úlohy 3b?

Když už jste hned na začátku zvládli objasnit tuto záhadu, podívejme se na dané onemocnění o něco blíže. Tato choroba patří mezi takzvané dědičné metabolické poruchy. U většiny nemocí ze zmíněné skupiny nemusí být, jak je patrné z úvodního příběhu, na první pohled viditelná příčina.

Důvodem je totiž zpravidla nějaký enzymový deficit, dysfunkce transportního proteinu nebo abnormalita jiného proteinu, který je do dané metabolické dráhy zapojen. Výsledkem je pak zpravidla absence produktu nebo hromadění substrátu metabolické dráhy.

4. Jak se jmenuje enzym, který je při onemocnění z otázky 2b deficitní?

V případě tohoto metabolického onemocnění dochází ke kumulaci substrátu. Kromě toho dochází i k jeho přeměně na produkt, po kterém Folling chorobu poprvé pojmenoval.

5. Jak se jmenuje substrát a enzym z reakce č. 1, který zprostředkovává vznik abnormálního produktu?

Přeměna substrátu na onen abnormální produkt je typem reakce, který se využívá mimo jiné v alaninovém cyklu. Jde o metabolický cyklus přeměny alaninu a pyruvátu ve svalích a játrech. Pokud je sval zatěžován, dochází v něm k degradaci proteinů. To vede k následnému uvolnění aminokyselin. Ty musí projít stejným typem reakce jako výše zmiňovaná reakce č. 1. Vytvoří se alanin, který se v játrech zpětně degraduje, a vzniká produkt, který se vrací zpět do svalů. To umožňuje svalům získávat glukosu, aniž by samy měly dostatečnou enzymatickou výbavu.

6. Nakreslete schéma této metabolické dráhy. Jakého typu je reakce č. 1? Který vitamin je kofaktorem těchto reakcí?

Přestože může dojít k deregulaci i této metabolické dráhy, není to moc časté. Existují však jiná onemocnění, která jsou spojena se svalovou slabostí. Mezi nejznámější patří takzvané glykogenózy. Na rozdíl od choroby z první poloviny úlohy však dochází k viditelnému střádání materiálu (glykogenu) v cytosolu nebo lysosomech buněk. Makroskopicky tak můžeme pozorovat abnormální strukturu orgánů; nejčastěji jater, svalů nebo ledvin. Mezi nejznámější glykogenózy patří von Gierkeho choroba a Pompeho choroba.

7. Proč je u von Gierkeho choroby přítomna hypoglykémie, zatímco u Pompeho choroby ne? Jak byste von Gierkeho chorobu odlišili od diabetu mellitu 1. typu?

V minulém století byla diagnostika těchto onemocnění poměrně náročná. Dnes už však k závažnějším komplikacím spojeným s těmito onemocněními ani nemůže dojít, a to zejména díky zavedení novorozeneckého screeningu. Jde o celoplošné vyšetření novorozenců, které slouží k časné diagnostice. Díky tomu se dá choroba efektivně léčit, případně jí lze zcela předejít.

8. a) Kolik genetických nemocí se u nás od 1. 6. 2016 vyšetřuje?

b) Napište alespoň další 3 poruchy metabolismu aminokyselin, které jsou součástí novorozeneckého screeningu, a deficitní enzymy, které jsou s těmito chorobami spjaty.

9. Jak byste postupovali v léčbě v případě, že byste zjistili u novorozence metabolickou poruchu, kterou jste pojmenovali v otázce 2b? Lze této nemoci zcela předejít? Jaká omezení jsou s touto nemocí spojena v dospělosti?



**Úloha č. 5: Chemické sudoku****(13 bodů)**

Autoři: Rudolf Kvasňovský a Amálie Stoklasová

*Každý zná sudoku, logickou hru s číslicemi, které se wpisují do čtvercové tabulky. Co kdybychom číslice nahradili sloučeninami některých prvků a zkusili si vyluštit chemické sudoku?*

Na	Al	Si	Mg	Fe	O	K	H	Ca
Fe	Ca	K	Na	Si	H	Al	Mg	O
O	H	Mg	Al	K	Ca	Na	Si	Fe
Mg	Si	Ca	K	Na	Al	O	Fe	H
Al	Fe	H	O	Ca	Si	Mg	K	Na
K	Na	O	H	Mg	Fe	Ca	Al	Si
Si	Mg	Fe	Ca	O	K	H	Na	Al
H	O	Na	Fe	Al	Mg	Si	Ca	K
Ca	K	Al	Si	H	Na	Fe	O	Mg

**Část A: Prvky**

Nejdřív je třeba určit, ze kterých prvků bude naše sudoku poskládáno. Následujících 9 textů popisuje jejich vlastnosti, využití a chemické chování.

<b>I</b>	Při troše hledání byste určitě našli moje sloučeniny, kde se vyskytují ve všech oxidačních stavech až do +VI. Mohou být i různé barevné, stejně jako jedna, díky které se objevují v biologických strukturách.
<b>II</b>	V organické chemii se moje sloučeniny s oblibou používají jako měkké nukleofily. Mám vysokou schopnost vést elektrický proud, díky ní se s mojí pomocí začaly vyrábět supravodivé materiály.
<b>III</b>	Nebojím se vysokých oxidačních stavů a mé sloučeniny mají různé tvary. Můj velký potenciál se skrývá v lékařství, kde by se jeden z mých izotopů dal využít při zobrazování plic magnetickou rezonancí.
<b>IV</b>	Jsem proslulý svojí rozmanitou alotropií. Těžko by se beze mě obešli v zemědělství.
<b>V</b>	V historii jsem byl bohužel zodpovědný za smrt spousty lidí. Mé řádění dokázal výrazně omezit až jeden britský chemik v 19. století.
<b>VI</b>	Poptávka po mých službách se výrazně snižuje, protože nejsem úplně <i>user-friendly</i> pro životní prostředí. Z části za můj úpadek může i přechod na používání bezolovnatých paliv. No co, aspoň v organické syntéze si svoji popularitu udržuji, i když mnou úplně nechceš zamořit laboratoř.
<b>VII</b>	V organických syntézách je jedna z mých sloučenin oblíbenou Lewisovou kyselinou, ale když na to přijde, můžu mít i bazický charakter.
<b>VIII</b>	V elementárním stavu toho se mnou moc nesvedeš. Alespoň ti mohu pomoci udělat zmrzlinu.
<b>IX</b>	Moje sloučeniny jsou důležité třeba při určování kationtů v neznámých roztocích, ale určitě byste našli spoustu jiných míst, kde jsem nezbytný. Pokud můj prášek zahřejete na vysokou teplotu, dostanete tmavě hnědou taveninu, která se po přelítí do vody a ochlazení změní v polymerní látku podobnou gumě.

1. Přiřaďte ke každému textu právě jeden prvek, který je v něm popisován. Řešení zapište ve tvaru například I – vodík, II – kyslík, a tak dále.

**Část B: Sloučeniny**

Aby to bylo sudoku jaksepatří, je třeba zaplnit všech 81 polí hracího plánu. K tomu nám samotných 9 prvků bohužel stačit nebude. My jsme si ale od každého z nich vypůjčili 9 sloučenin, známých i méně obvyklých. Ke každé sloučenině je v následujícím textu nápověda.

<b>A</b>	<p>Elementární forma popisovaného prvku se běžně připravuje redukcí koksem za přítomnosti křemenného písku ze sloučeniny <b>A1</b>, což je minerál začínající na písmeno H. Jako prvek může podstoupit zajímavou reakci s NaOH, při níž je ale třeba dbát zvýšené pozornosti, jelikož vzniká toxický plyn (<b>A2</b>) a silné redukční činidlo (<b>A3</b>). Pokud necháme sloučeninu <b>A1</b> reagovat s H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, dostaneme velmi známou látku <b>A4</b>, která má široké komerční využití; přidává se například do sycených nápojů. Pokud látku <b>A4</b> zahřejeme na teplotu přes 200 °C, dojde ke kondenzaci a vznikne strukturně složitější látka <b>A5</b>. Halogenidy daného prvku se dají ve většině případů připravit přímou syntézou. Když necháme náš prvek reagovat v nadbytku Cl<sub>2</sub>, dostaneme sloučeninu <b>A6</b>, kde středový atom má hybridizaci sp<sup>3</sup>d. Smícháním látek <b>A4</b> a <b>A6</b> získáme sloučeninu <b>A7</b>, která má v organické chemii využití jako chlorační činidlo. A když už se bavíme o organice, určitě musíme zmínit organickou sloučeninu <b>A8</b>, která má jako výborný nukleofil široké uplatnění napříč celým organickým spektrem. Lze ji využít třeba při cílené syntéze alkenů. Sloučeninu <b>A8</b> můžeme připravit reakcí fenyllithia s látkou <b>A9</b>, a to v molárním poměru 3:1.</p>
<b>B</b>	<p>Čistý prvek má mimořádný význam a získává se elektrolyticky ze směsi dvou rud. Hlavní složkou první rudy je hydratovaná forma látky <b>B1</b>, která se v přírodě vyskytuje jako velmi tvrdý nerost. Druhou sloučeninou pro výrobu surového prvku je minerál <b>B2</b>, jehož triviální název odráží vzhled samotného krystalu. V lékařství se díky svým antibakteriálním účinkům používá organická sůl <b>B3</b>. Sloučeniny popisovaného prvku nacházejí bohaté využití i v organických syntézách. Sůl <b>B4</b> je Lewisovou kyselinou například při zavádění alkylové nebo acylové skupiny. Derivátem látky <b>B5</b>, která vytváří polymerní struktury, je komplexní sloučenina <b>B6</b>. Tato našedivělá látka je běžné redukční a hydrogenační činidlo. Vodou se rozkládá na amfoterní sloučeninu <b>B7</b>. V nadbytku NaOH se sloučenina <b>B7</b> přeměňuje na komplexní látku <b>B8</b>. Organickou sloučeninu <b>B9</b>, která je často označována pětípísmennou zkratkou, použijeme třeba při přípravě aldehydů parciální redukcí esterů.</p>
<b>C</b>	<p>Putování po sloučeninách tohoto prvku odstartujeme u látky <b>C1</b>, která je Lewisovou kyselinou a má trojúhelníkový tvar. Lze ji získat katalyzovanou oxidací látky <b>C2</b> (plynu se štiplavým zápachem). Jestliže podrobíme náš prvek disproportionační reakci s KOH, dostaneme dvě sloučeniny, z nichž jedna je solí známé látky <b>C3</b> (plynu s charakteristickým nepříjemným zápachem). V textu o sloučeninách tohoto prvku rozhodně nesmí chybět látka <b>C4</b> (kapalina, která je vysoce důležitou látkou v mnoha odvětvích průmyslové výroby). Z polymerovaných derivátů sloučeniny <b>C3</b> bychom dokázali připravit méně známou látku <b>C5</b>, která je strukturním analogem slavnější kyslíkaté sloučeniny. Sloučením látek <b>C1</b> a <b>C5</b> v molárním poměru 2:1 dostaneme látku <b>C6</b>. Anionty látky <b>C6</b> se vyskytují v jedné z analytických titračních metod. Další známou sloučeninou našeho prvku může být chlorační činidlo <b>C7</b>, které má tvar trojboké pyramidy a dá se připravit ze sloučeniny <b>C2</b>. Látka <b>C8</b> má zase zajímavý efekt na frekvenci našeho hlasu a připravuje se přímým slučováním prvků. Naši pouť ukončíme sloučeninou <b>C9</b>, kterou je možné získat z látky <b>C4</b>. Vodný roztok látky <b>C9</b>, kterou si oblíbil i Jára Cimrman, je velmi silným oxidačním činidlem. Svůj triviální název nese podle jednoho zvířete.</p>

<b>D</b>	<p>K výrobě tohoto prvku můžeme použít nerost <b>D1</b>, jehož mineralogický název dobře vystihuje jeho samotný vzhled. Zástupcem druhého běžného oxidačního stavu našeho prvku může být binární sloučenina <b>D2</b> (černá pevná látka) nebo bílá sloučenina <b>D3</b>, která na vzduchu rychle tmavne. Sloučeninu <b>D2</b> můžeme získat například tepelným rozkladem žluté látky <b>D4</b>, která je dihydrátem jisté organické sloučeniny. Při použití vhodného oxidačního činidla a zásaditého prostředí (KOH) můžeme ze sloučeniny <b>D1</b> připravit látku <b>D5</b>, kde má daný prvek pro něj netypické oxidační číslo. Soli <b>D5</b> jsou tmavě červené až fialové a stabilní pouze v zásaditém prostředí, jinak se rozkládají. Známost reakci podstupuje sloučenina <b>D6</b> s tzv. rhodanidem. Reakci vzniká známá tmavě červená komplexní látka, která se používá ve filmech jako falešná krev. U komplexních sloučenin našeho prvku už zůstaneme. Jedny z těch nejnámějších jsou sloučeniny <b>D7</b> a <b>D8</b>, které jsou si dost podobné. Liší se ale barvou, oxidačním stavem centrálního atomu a toxicitou. Toxická je pouze látka <b>D8</b>. Dalším komplexem pak může být oranžová sloučenina <b>D9</b>, která je hodně specifická svojí strukturou, za jejíž objasnění byla udělena Nobelova cena.</p>
<b>E</b>	<p>Hlavní rudou tohoto prvku je zlatožlutý minerál <b>E1</b>. Příkladem dalšího nerostu je černá látka <b>E2</b>, jež nachází využití jako pigment pro barvení skla nebo keramiky. Prvek se v přírodě vyskytuje také ve sloučenině <b>E3</b>, která vzniká při důkazové reakci určité organické funkční skupiny. K přípravě jednoho z činidel pro tuto reakci použijeme běžnou modrou sloučeninu <b>E4</b>. Látka <b>E5</b> je také tmavě modrá komplexní sloučenina. Ligandy jsou v ní kolem centrálního atomu uspořádány do tvaru oktaedru. Používá se pro výrobu vláken a její triviální název nese jméno jejího objevitele. Často se setkáváme se samovolným vznikem sloučeniny <b>E6</b>. Při tomto procesu dochází k barevné změně, při které reaguje čistý kov pod vlivem vnějších podmínek. Jednoduchou organickou sloučeninou je načervenalá vybušná látka <b>E7</b>; k její přípravě použijeme bílou látku <b>E8</b>, která je při znečištění nazelenalá. Sloučenina <b>E8</b> má také využití při reakci, jejíž výchozí látkou je diazoniová sůl. V organických syntézách našla uplatnění činidla obsahující popisovaný prvek, protože při použití některých alkylhalogenidů umožňují vytvořit vazbu uhlík-uhlík. Pro jejich přípravu použijeme sloučeninu <b>E9</b> a například methyllithium.</p>
<b>F</b>	<p>Sloučeninou <b>F1</b> je toxický plyn štiplavého zápachu s mimořádným průmyslovým významem. Vyrábí se přímou syntézou prvků. Intenzivní zápach má také bezbarvá kapalina <b>F2</b>, jejíž soli patří mezi prudké jedy blokuující buněčné dýchání. Reakcí látky <b>F1</b> s anorganickou kyselinou jednoho halogenu nebo halogenem samotným získáme sloučeninu <b>F3</b>. Tato látka je nestálá a prudce exploduje, proto s ní manipulujeme ve formě vodných roztoků. Zároveň jde o klíčový meziprodukt tradiční syntézy látky <b>F4</b>. Reakcí aldehydu nebo ketonu s látkou <b>F4</b> v zásaditém prostředí připravíme alkan. Spálením látky <b>F1</b> za přítomnosti katalyzátoru z řad platinových kovů získáme bezbarvou biatomickou sloučeninu, kterou je poté možno zoxidovat na červenohnědý plyn <b>F5</b>, který je důležitou výchozí látkou pro výrobu jedné minerální kyseliny. Směs látek <b>F4</b> a <b>F5</b> se využívá jako palivo pro raketové motory. Častou organickou zásadou je látka <b>F6</b> obsahující ve své molekule aromatické jádro. Tato sloučenina může v kyselém prostředí reagovat se sodnou solí <b>F7</b>, čímž připravíme látku iontového charakteru, ze které lze následnou reakcí získat barvivo. Další využití nachází látka <b>F6</b> při výrobě léčiv a plastů. Syntézou pojmenovanou podle rakousko-českého chemika připravíme z látky <b>F6</b> zahříváním v kyselém prostředí s trojsytným alkoholem a oxidačním činidlem heterocyklickou sloučeninu <b>F8</b>. Mezi heterocyklické sloučeniny patří také látka <b>F9</b> s pětičlenným kruhem, kde se volný elektronový pár popisovaného prvku zapojuje do konjugace.</p>

<b>G</b>	<p>O otravě toxickou sloučeninou <b>G1</b> se můžeme dočíst například v jistém vrcholném díle českého realistického dramatu. Zvýšíme-li oxidační číslo prvku v této sloučenině, dostaneme nestabilní toxickou pevnou látku <b>G2</b>. Jedním z hlavních zdrojů tohoto prvku je minerál <b>G3</b> s triviálním názvem vystihujícím jeho barvu. Ve středověku se využíval jako pigment, stejně jako červený minerál <b>G4</b>. Při důkazu sloučeniny <b>G1</b>, který se využíval ve forenzní toxikologii, vzniká látka <b>G5</b>. Ta se termicky rozkládá na plyn a čistý prvek, který při této zkoušce vytváří kovové zrcátko. Od této látky je odvozena struktura sloučeniny <b>G6</b>, jež byla ve 20. století využívána jako bojová látka. Vyrábí se adicí látky <b>G7</b> (toxická olejovitá kapalina) na acetylen. Sloučenina <b>G8</b> je důležitý polovodič, který na vzduchu pomalu hydrolyzuje, a proto musí být chráněn před atmosférickými vlivy. Ve své molekule obsahuje atom lehce tavitelného kovu z p-bloku. Látku <b>G9</b> (obsahuje 3 atomy vodíku) lze připravit oxidací sloučeniny <b>G1</b> kyselinou dusičnou nebo reakcí sloučeniny <b>G2</b> s vodou.</p>
<b>H</b>	<p>Reakcí elementární formy hledaného prvku se zředěným LiOH při pokojové teplotě dostaneme dvě sloučeniny <b>H1</b> a <b>H2</b>, přičemž anion látky <b>H1</b> je strukturálním analogem aniontu ve sloučenině široce komerčně využívané jako čisticí a dezinfekční prostředek. Necháme-li daný prvek reagovat s koncentrovaným KOH za zvýšené teploty, dostaneme látky <b>H3</b> a <b>H4</b>. Jestliže vystavíme látku <b>H4</b> nejsilnějšímu oxidačnímu činidlu z řad elementárních halogenů, dostaneme sloučeninu <b>H5</b>. Působením stejného činidla bychom pak dokázali z látky <b>H3</b> získat sloučeninu <b>H6</b>. Z látky <b>H4</b> dokážeme také získat sloučeninu <b>H7</b>, která je známá svou schopností na světle postupně tmavnout. Jelikož je látka <b>H7</b> špatně rozpustná ve vodě, dá se použít i pro důkaz přítomnosti iontů popisovaného prvku v roztoku.</p> <p>Náš prvek je v různých sloučeninách přítomen i v organické chemii. Reakcí jednoho známého organického rozpouštědla, kterého v každé správné organické laborce najdeme po desítkách litrů, a našeho prvku v molárním poměru 1:3 v nadbytku OH<sup>-</sup> iontů získáme jedovatou látku <b>H8</b>, dříve využívanou mimo jiné jako sedativum. Při radikálových reakcích se rozhodně neztratí sloučenina <b>H9</b>, která se často zkracuje známou třípísmennou zkratkou.</p>
<b>J</b>	<p>Pokud necháme daný prvek reagovat s fluorem, můžeme v závislosti na reakčních podmínkách a poměru výchozích látek získat sloučeniny <b>J1</b>, <b>J2</b> a <b>J3</b>. Všechny výše zmíněné sloučeniny jsou silná fluorační činidla; látka <b>J1</b> se za tímto účelem využívá v organické syntéze. Sloučeniny <b>J1</b> – <b>J3</b> se liší v oxidačním stavu centrálního atomu a tvaru molekuly. Například <b>J2</b> je čtvercová. Úplnou hydrolyzou sloučenin <b>J2</b> a <b>J3</b> dostaneme látky <b>J4</b> a <b>J5</b>. Sloučenina <b>J4</b> je žluto-oranžově zbarvená pevná látka, je vysoce nestabilní a má silné oxidační schopnosti. Reakcí látky <b>J5</b> s NaOH získáme sůl <b>J6</b>, která se v zásaditém prostředí začne pomalu přeměňovat na další sůl <b>J7</b>. Přidáním pár kapek kyseliny k látce <b>J7</b> dostaneme sloučeninu <b>J8</b>, která je silně explozivní a má tetraedrickou strukturu. Částečnou hydrolyzou látky <b>J3</b> dostaneme podvojnou sloučeninu <b>J9</b>, která má strukturu lehce deformované trigonální bipyramidy.</p>

2. Přiřaďte ke každému textu prvek, jehož sloučeniny jsou v něm popisovány. Řešení запиšte například ve tvaru A – vodík, B – kyslík a tak dále.
3. Pokuste se identifikovat všechny sloučeniny. Řešení запиšte například ve tvaru A1 – voda a tak dále.

## Část C: Sudoku

A nyní už máme všechno potřebné, abychom se dostali k jádru úlohy. Na přiloženém papíře velikosti A4 máte zadání chemického sudoku. Pravidla jsou velmi podobná běžné verzi sudoku, jen jsme si je trochu upravili pro naše účely.

V každém řádku, sloupci a malém čtverci se vyskytuje právě jedna sloučenina od každého z 9 prvků z nabídky.

V každém řádku, sloupci a malém čtverci tak musí být právě jedno z 9 písmen.

Může se stát, že bude v jednom řádku, sloupci nebo malém čtverci více stejných čísel (například H6 a E6). Čísla fungují pouze jako označení molekul u jednotlivých prvků, samotné prvky označují písmena, a ta jsou pro sudoku stěžejní.

Číselné hodnoty v každém poli označují rozmezí molárních hmotností, ve kterém se sloučenina patřící do daného pole nachází. Fungují zde jako nápověda a ověření, že sloučenina, kterou chcete do daného pole dosadit, je správná.

Sloučeniny zapisujte do tabulky sudoku podle jejich kódů, které mají v textech výše, například H4, A2...

4. Pokuste se podle výše nastavených pravidel vyřešit naše chemické sudoku.

177-181 H	92-103	87-95	243-254	111-120	239-254 E	195-202	31-39	85-94
197-205	75-81 G	145-157	59-68	182-186 H	51-65	94-105 E	365-375 D	166-175
175-187	24-30	177-187 J	206-213	175-181 A	162-169 D	127-139	139-152 C	187-199
315-335 J	200-210	125-140	149-160	152-161	220-233	172-176 H	75-83	66-74 C
220-230 C	185-192	26-35 B	150-170	190-199	95-104	49-57 F	135-147	144-152 G
415-435 G	188-200	84-93 H	105-116	41-48	36-47	29-38	221-227	176-184 D
71-80	97-103 B	218-227	495-510 A	25-35 C	250-264	214-220 J	133-143	89-100
68-76	94-104 H	241-253 G	317-333	201-210 E	201-212	118-130	257-269 A	206-213
129-138	152-164	77-88	141-155 B	172-184	10-20	195-206	111-121	71-82 E

A jsme na konci naší úlohy. Doufáme, že jste si luštění chemického sudoku užili a dozvěděli se něco nového a zajímavého o chemii vybraných prvků.

Zdraví a hodně zdaru přejí  
Ruda a Amča



# Zajíček chemik

