



Korespondenční Seminář Inspirovaný Chemickou Tematikou

Ročník 13 (2014/2015)

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 tvářením 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 nebezpečnostem s chemií spojených 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 13 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 předstírat stravitelně, zábavně a užitečně. V aktuálním seriálu o analytických separačních metodách tak třeba můžete nahlédnout pod pokličku moderní chemie. V neposlední řadě můžete v každé brožurce sledovat osudy skutečně neohroženého komiksového hrdiny, a sice Zajíčka chemika.



Jean-Marie Lehn, držitel Nobelovy ceny za chemii, a prof. Jiří Vohlídal z PřF UK s řešiteli a organizátory na KSICHTím soustředění. PřF UK. 18. 6. 2014.

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 Univerzity Palackého v Olomouci¹, a ti nejúspěšnější z vás mohou dosáhnout na motivační stipendium na PřF UK nebo VŠCHT.

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).

Auтори 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.

Letáček

Příložený letáček prosím vyvěste na viditelné místo ve vaší škole, aby si ho mohli prohlédnout všichni studenti. Děkujeme.

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

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

**Termín pro odeslání řešení 1. série:
3. 11. 2014**

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

Podzimní výlet s KSICHTem

V listopadu proběhne první výlet tohoto ročníku, který již pro vás intenzivně připravujeme. Nezapomeňte proto sledovat webové stránky,³ kde se brzy objeví konkrétní informace.

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^edⁱ** 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.⁴
9. Nepožádáš o řešení bližního svého.
10. KSICHTí jméno důsledně šířiti budeš.

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

⁴ Tzv. kalkulátorový syndrom: „Svět byl stvořen za 6,9999999999942 dní.“ Toto není ani správná, ani přesná hodnota.

Úvodníček

Drahé ksichťáčky, draží ksichťáci,

po letní odmlce vás znovu vítáme u nového ročníku KSICHTu. Neméně srdečně vítáme i ty z vás, kteří drží naši brožurku v ruce poprvé. Přírodním vědám je často humanitně vzdělanými jedinci vytýkána určitá oborová zaslepenost a neschopnost pochopit obory méně exaktní. Rozhodli jsme se proto v této sérii proti tomuto stereotypu bojovat a ukázat, že i přírodovědně vzdělaní autoři jsou schopni zajímavým způsobem přispět k některým z největších otázek náboženství. Doufáme, že religionistické obory nás v tom nenechají a na oplátku si do svých seminářů v budoucnu nachystají několik úloh z chemie.

Co jsme tedy pro vás připravili? V úloze první si na vlastní kůži vyzkoušíte trpělivost, pečlivost a bázeň starověkých egyptských tkalců. Složíte-li správně proužek k proužku, získáte dostatek informací k dokončení úkolu.

Již na prvních stránkách Bible je zdůrazněna důležitost kvalitního osvětlení. S pozadím technické realizace tohoto osvětlovacího problému se můžete seznámit v úloze druhé.

K dalším technicky zajímavým projektům popsaným v Bibli patří rozhodně rozestoupení Rudého moře. Podívejte se proto s námi pomocí několika jednoduchých výpočtů v úloze třetí na zoubek tohoto slavného vodního díla.

Genesis vypráví, že se Stvořitel nezastavil pouze u osvětlovacích mechanismů. Jak složité je začínat takový velký konstrukční projekt takříkajíc od píky, v našem případě spíše od protonu, zakusíte v úloze čtvrté.

Čím lepším se s vámi v poslední úloze rozloučit, když ne Poslední večeří. Přejeme vám proto dobrou chuť a budeme se těšit na vaše řešení, která najdete vyhodnocená v další sérii.

Honza Havlík

Zadání úloh 1. série 13. ročníku KSICHTu

Úloha č. 1: Tkalcovská

(9 bodů)

Autorka: Barbora Szmolková

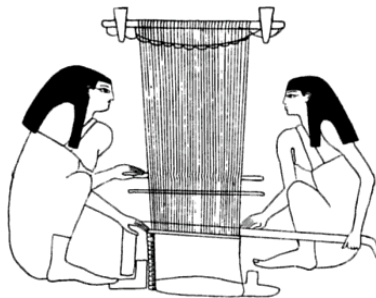
Ortel nad Egyptem:

*Hle – Hospodin žene se na rychlém oblaku,
blíží se k Egyptu!*

*Egyptské modly před ním třesou se,
srdce Egypta se strachy rozplyne.*

*Česači lnu budou zoufalí
a tkalci zblednou zděšením.
Výrobci látek budou ztrápení*

Izajáš 19,1; 19,9-10



Výroba látky nemusí být až tak těžká. Pro řešení úlohy si nejprve budete muset „utkat“ vlastní síť z papírů přiložených k zadání. Že blednete zděšením stejně jako egyptští tkalci? To ale není vůbec nutné.

Z **barevného papíru**⁵ vystříhnete dle přerušovaných čar jednotlivé očíslované proužky.

Osnova na **bílém papíře** musí zůstat vcelku. Pouze nařízněte jednotlivé sloupce podél přerušovaných čar. Na vytvoření sloupců je nejlepší využít žiletku nebo ostrý nůž. Pozor na prsty!

Potřebnou síť získáte provlékáním barevných proužků mezi sloupečky tabulky. Čísla barevných proužků přísluší číslu řádku v osnově. Barevné proužky je potřeba provlékat tak, aby z bílé osnovy byly vidět pouze písmenka, bílá políčka musí zůstat schována pod proužky. Lichý proužek provléknete, aby bylo vidět příslušné číslo na osnově. Sudý proužek bude číslo překrývat.

Pokud si provlékáním sítě nejste jisti, podívejte se na naše video: <http://youtu.be/FIdjggoiNmg>.

V síti jsou poschovávány různé biochemické pojmy. Vaším úkolem je pomocí posouvání vodorovných proužků najít 14 dvojic výrazů. Mohlo by to připomínat hledání jehly v kupce sena, proto se s vámi podělíme o zákonitosti platící v síti:

- Pro každé slovo existuje specifická kombinace posunů proužků. Jedna kombinace posunu neodhalí všechna slova současně.

⁵ Pokud si rébus tisknete sami, jedná se o papír na šířku. Doporučujeme vytisknout na barevný papír.

- Dvojice biochemických pojmů spolu sdílí jedno písmeno, jeden výraz je psán vodorovně a druhý svisle.
- Každý řádek nebo sloupec může obsahovat právě jedno nebo také žádné slovo.
- Písmena osnovy mohou být použita vícekrát. Barevná písmena mohou být použita právě jednou, s výjimkou písmena sdíleného pro danou dvojici slov.

1. Nalezené biochemické pojmy vepište do tabulky:

	→	↓
1	A.....	A.....
2	α kyselina	L..... kyselina
3	β	R.....
4	C.....	A.....
5	D..... -fosfát	G..... -fosfát
6	F.....	H.....
7	G.....	A.....
8	I.....	M.....
9	M.....	M.....
10	N.....	N.....
11	O.....	T.....
12	S.....	O.....
13	T.....	C.....
14	U.....	A.....

2. Vysvětlete, co každou dvojici v rébusu spojuje. Jednoslovná odpověď je nedostatečná!
3. Reakce $1 \rightarrow a$ a $1 \downarrow$ s I_2 jsou odlišné. Vysvětlete jejich mechanismus.
4. Napište celkovou bilanční rovnici přeměny $4 \rightarrow v$ a $4 \downarrow$.⁶
5. Nakreslete rovnici vzniku $5 \rightarrow a$ a $5 \downarrow$. Jaký enzym danou reakci katalyzuje?
6. Pomocí $6 \rightarrow a$ a $6 \downarrow$ zakreslete strukturu β -D-altrosy.
7. Mezi $7 \rightarrow a$ a $7 \downarrow$ vytvořte vazbu tak, aby látka $7 \downarrow$ měla volný N-konec.
8. Jaký je celkový energetický zisk (ATP) přeměny, kterou katalyzují $8 \rightarrow a$ a $8 \downarrow$?
9. Napište celkovou bilanční rovnici přeměny $12 \rightarrow v$ a $12 \downarrow$.²
10. Nakreslete $14 \rightarrow a$ a $14 \downarrow$ v propojení pomocí fosfodiesterových vazeb.
11. Kolik času jste strávili skládáním a luštěním rébusu?

⁶ Rovnice stačí vyjádřit strukturními názvy, není nutné kreslit struktury jednotlivých sloučenin.

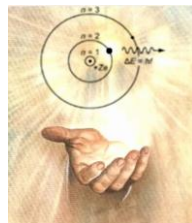
Úloha č. 2: Budiž světlo

Autor: Pavel Měrka

(9 bodů)

„Na počátku stvořil Bůh nebe a zemi. Země byla pustá a prázdná a nad propastnou tůňí byla tma. Ale nad vodami vznášel se duch Boží. I řekl Bůh: „Budiž světlo!“ A bylo světlo. Viděl, že světlo je dobré a oddělil světlo od tmy.“

Genesis 1,1–4



Tolik praví o vzniku světla Bible. O tom, jak to vypadá na atomární úrovni, si povíme v této úloze.

Světlo je definováno jako viditelná část elektromagnetického záření.

1. V jakém rozmezí vlnových délek se nachází světlo?

Nejmenší možné kvantum světla se nazývá foton. Energie fotonu E je spjata s vlnovou délkou λ podle vzorce:

$$E = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

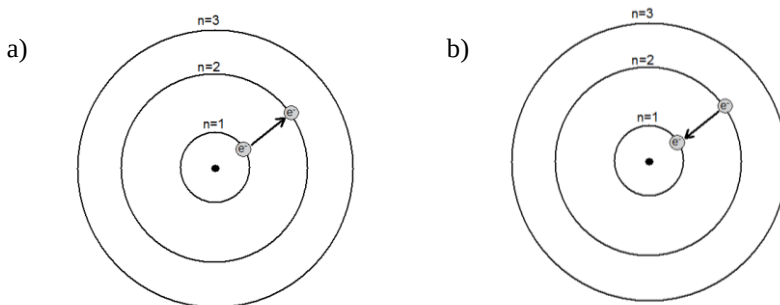
kde h je Planckova konstanta ($6,626 \cdot 10^{-34}$ J·s) a c je rychlost světla ($2,998 \cdot 10^8$ m·s⁻¹).

2. Jakou nejnížší a nejvyšší energii může mít foton tvořící viditelné světlo? Výsledek uvádějte v joulech.

Fotony vznikají při přechodech elektronů v atomech nebo molekulách mezi různými energetickými hladinami. Nejjednodušší a zároveň nejstarší prvek ve vesmíru je vodík. Spektrum vyzařované atomem vodíku lze spočítat z Bohrova modelu atomu.

3. Jaké tři podmínky musí splňovat elektron v Bohrově modelu atomu?

4. Určete, při kterém elektronovém přechodu znázorněném na obrázku 1 bude vznikat foton:



Obr. 1. Přechody elektronu v atomu

5. Pojmenujte přechod elektronu znázorněný na obrázku 1a.

6. Vysvětlete rozdíl mezi absorpčním a emisním spektrem.

Energie jednoho elektronu na kružnicové dráze n je v Bohrově modelu atomu určena rovnicí:

$$E_n = -\frac{m_e \cdot e^4}{8\varepsilon^2 h^2} \cdot \left(\frac{Z}{n^2}\right)$$

kde m_e je hmotnost elektronu ($9,109 \cdot 10^{-31}$ kg); e je elementární náboj

($-1,602 \cdot 10^{-19}$ C); ε je permitivita vakua ($8,854 \cdot 10^{-12}$ C² N⁻¹ m⁻²); Z je počet protonů v jádře a n je hlavní kvantové číslo.

Tento vzorec si lze zjednodušit sloučením všech konstant do jedné $k_{(\text{total})}$:

$$E_n = k_{(\text{total})} \cdot \left(\frac{Z}{n^2}\right)$$

Vlnovou délku fotonu vzniklého při přechodu elektronu lze určit jako rozdíl energie jednotlivých hladin, mezi kterými dochází k přechodu, tedy:

$$\Delta E = E_2 - E_1 = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

7. Vypočítejte energii elektronu v drahách $n = 1, 2$ a 3 .

8. Vypočítejte vlnovou délku fotonu, který odpovídá energetickému rozdílu mezi hladinami 1 a 2, a fotonu odpovídajícího rozdílu hladin 2 a 3.

Obdobně jako v atomu vodíku vznikají fotony i v ostatních atomech. Bohužel pro ně již nelze použít Bohrovu aproximaci. Bohrov model atomu totiž popisuje pouze atomy a ionty s jedním elektronem.

„Učinil tedy Bůh dvě velká světla: větší světlo, aby vládlo ve dne, a menší světlo, aby vládlo v noci; učinil i hvězdy.“

Genesis 1,14

„Větší světlo“ je složené převážně z vodíku, ale obsahuje také menší množství jiného prvku. Tento prvek byl pojmenován po řeckém bohu slunce.

9. Jak se jmenuje tento prvek? Kdy a kým byl objeven?

10. Jak tento prvek ve „Větším světle“ vzniká? Uveďte tři rovnice.

Absorpční čáry tohoto prvku byly pozorovány ve spektru „Většího světla“ ještě před tím, než byl tento prvek izolován na Zemi. Neznámý prvek vykazuje absorpci při 587,7 nm.

11. Z jakého důvodu je neznámý prvek na Zemi velmi málo zastoupen, ačkoli se jedná o druhý nejrozšířenější prvek ve vesmíru?

12. Z čeho byl tento prvek poprvé izolován? Jak v tomto materiálu vzniknul?

Úloha č. 3: Rudé moře

(11 bodů)

Autor: Adam Přáda

Mojžíš vztáhl ruku nad moře a Hospodin hnál moře silným východním větrem, který vál po celou noc, až proměnil moře v souš. Vody byly rozpolceny.

Izraelci šli prostředkem moře po suchu. Vody jim byly hradbou zprava i zleva.

Egyptané je pronásledovali a vešli za nimi doprostřed moře, všichni faraónovi koně, vozy i jízda.



Vody se vrátily, přikryly vozy i jízdu celého faraónova vojska, které vešlo za Izraelci do moře. Nezůstal z nich ani jediný.

Exodus 14,21-23; 14,28

Kdo by neznal starodávný příběh o rozestoupení se Rudého moře. Biblické příběhy sice nemůžeme brát doslovně, ale může být lákavé si s takovými myšlenkami pohrát. V této úloze se tedy podíváme blíže na možné způsoby, jak mohl Mojžíš s Boží pomocí ovládnout vodní živel. Nejprve si ale pojďme zopakovat trochu historie.

1. Před armádou kterého panovníka utíkali Izraelité? (Předpokládejme rok 1250 př. n. l.)
2. Kam vedl Mojžíš svůj lid? (Uveďte jméno, nikoli opisný název)

Bůh rozpoltil vody pomocí větru. Je však s podivem, že vítr o rychlosti potřebné k udržení tak vysoké vodní stěny umožňoval průchod Izraelitů. Ponechme udržení volného průchodu stranou (na božské moci) a věnujme se odstranění vody.

Předpokládejme, že vertikální průřez Rudým mořem vypadá následovně. Od břehu se dno rovnoměrně svažuje na 400 m (horizontálních) do hloubky 150 m. V této hloubce pokračuje 5 km a pak se na 1700 m (též horizontálních) zdvihá do původní výšky. Pro pohodlný průchod Izraelitů je potřeba šířka 5 m. Další potřebné hodnoty, konstanty a vzorce najdete na konci úlohy.

3. První variantou, jak vodu odstranit, je její vyzdvihnutí a odnesení.
 - a) Kolik mořské vody (hmotnostně) obsahuje inkriminovaná oblast?
 - b) Jakou práci musel Mojžíš (respektive Bůh) vykonat, aby zdvihl veškerou potřebnou vodu o 150 m? Jaký měl Mojžíš výkon, pokud to stihl za jednu noc (půlden)? Která vodní elektrárna v ČR má podobný výkon jako Mojžíš?
4. Druhý způsob, který mohl být použit, je odpaření vody. Nejprve je třeba ohřát vodu z původní teploty 25,0 °C k bodu varu a poté ji vypařit. Následně mohou Izraelité po vrstvě soli pohodlně utéci Egypťanům.
 - a) Za předpokladu, že veškeré rozpuštěné látky jsou tvořené chloridem sodným, jaký je bod varu Rudého moře za atmosférického tlaku?
 - b) Kolik tepla musí Bůh vodě dodat, aby ji ohřál na danou teplotu, a kolik, aby ji odpařil? Zahušťování roztoku při odpařování a změnu tepelné kapacity s teplotou zanedbejte. (Pokud jste teplotu varu nespočítali, počítejte se 100 °C.)
5. Třetí způsob, který vyzkoušíme, bude elektrolytický rozklad vody na vodík a kyslík.
 - a) Napište celočíselně vyčíslenou rovnici reakce.
 - b) Vypočítejte práci, již musel Bůh vykonat při štěpení vody na prvky, když potřebné napětí na elektrolýzu je -1,48 V.
6. Porovnejte efektivitu jednotlivých metod. Která z navrhovaných metod je energeticky nejvýhodnější a kolikrát je výhodnější oproti zbylým dvěma? Navrhněte alternativní metody.

Ted' už víme, jak mohl Mojžíš se svým lidem suchou nohou překročit Rudé moře a kolik ho to stálo práce. Název Rudé nemělo toto moře od nepaměti. I původní biblické označení Yam Suph bylo až později přiřazeno k novějšímu názvu. Alternativní překlad tohoto slova je například Rákosové moře, který též můžete najít v Českém ekumenickém překladu. (*Exodus 15,4*)

Jednou z hypotéz, proč si Rudé moře vysloužilo svůj název, jsou sezónní přemnožení sinice *Trichodesmium erythraeum*. Jiné hypotézy pracují třeba s chybnými překlady mezi starověkými jazyky nebo barvou hornin v okolí Rudého moře.
7. Která sloučenina zapříčiňuje červenou barvu většiny červených a hnědých hornin?
8. Který objekt dostal přívlastek „rudý/á/é“ kvůli značnému výskytu této sloučeniny v horninách?

Jmenované sinice ale nejsou jediným živým organismem, jemuž bylo shůry dáno nosit ve svém těle červené barvivo.

9. Jedním z běžných červených barviv je derivát antrachinonu, který se získává z těl bezobratlých živočichů. Napište název, vzorec, potravinářské značení (Exyz) a živočicha, z něž se získává.

Potřebné údaje

1. Mořská voda má hustotu 1025 kg m^{-3} , obsahuje 4 %_{hm} rozpuštěných pevných látek, a její měrná tepelná kapacita je $3993 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$.
2. $A_r(\text{Na})=22,99$ $A_r(\text{Cl})=35,45$; $A_r(\text{O}) = 16,00$, $A_r(\text{H}) = 1,01$.
3. $\Delta_{\text{vyp}}H(\text{H}_2\text{O}) = 41 \text{ kJ mol}^{-1}$, $g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$, $p_{\text{atm}}=101\,325 \text{ Pa}$.
4. Ebulioskopická konstanta vody je $0,513 \text{ K kg mol}^{-1}$, ebulioskopická rovnice má tvar $\Delta T = K_E \underline{m}$, ΔT je změna bodu varu K_E je ebulioskopická konstanta, $\underline{m}$ je molalita roztoku.
5. Pro Gibbsovu energii elektrochemického článku platí: $\Delta G = -zFE$, kde $F = 96485 \text{ C mol}^{-1}$, z je látkové množství vyměněných elektronů, E je potenciál článku.

Úloha č. 4: Božská

(12 bodů)

Autor: Martin Balouch



Byl večer a bylo jitro, den čtvrtý.

I řekl Bůh: „Hemžete se vody živočišnou havětí a létavci létejte nad zemí pod nebeskou klenbou!“

I stvořil Bůh veliké netvory a rozmanité druhy všelijakých hbitých živočichů, jimiž se zahemžily vody, stvořil i rozmanité druhy všelijakých okřídlených létavců. Viděl, že to je dobré.

A Bůh jim požehnal: „Plodte a množte se a naplňte vody v mořích. Létavci necht' se rozmnoží na zemi.“

Byl večer a bylo jitro, den pátý.

I řekl Bůh: „Vydej země rozmanité druhy živočichů, dobytek, plazy a rozmanité druhy zemské zvěře!“ A stalo se tak.

Bůh učinil rozmanité druhy zemské zvěře i rozmanité druhy dobytka a rozmanité druhy všelijakých zeměplazů. Viděl, že to je dobré.

Genesis 1,19-25

Věřím, že jste poznali výňatek z úplného začátku Bible. V několika slovech je zde popsáno stvoření živočichů Bohem během 4. a 5. dne. Tyto dny tedy my chemici můžeme pokládat za počátek organické chemie. Pojdme si tedy tak trochu zahrát na Boha a zopakovat jeho práci. Než ale začneme s organickou chemií, musíme si pro ni nejdříve „připravit půdu“. Jsme na počátku věku, vesmír je tvořen jádry atomů vodíku (protony), neutrony a dalšími částicemi, my ale potřebujeme i další prvky.

1. Jak se odborně nazývá proces spojování lehčích jader atomů v těžší?
2. Procesem z první otázky se dá získávat velké množství energie. Vypočítejte, jaká energie se uvolní, pokud spojíme odpovídající počet protonů a neutronů za vzniku jádra ${}^9_4\text{Be}$ ($m_{\text{Be}} = 14,962 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, $m_p = 1,672 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, $m_n = 1,674 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$)
3. Jaký nejtěžší přírodní nuklid (nuklid s nejvyšší atomovou hmotností) by mohl teoreticky vzniknout spojováním protonů a neutronů s kladnou získanou energií?

Ukázali jsme si, jak vyrobit několik různých atomů, a předpokládáme, že obdobným způsobem vznikly i ostatní atomy. Nyní je na čase připravit první jednoduché anorganické molekuly. Jednou z molekul vhodných k přímé syntéze z prvků je amoniak.

4. Napište vyčíslenou rovnici přímé syntézy amoniaku z prvků a uveďte, kdo jako první takto amoniak připravil.
5. Napište dalších 5 dvouprvkových molekul, které se dají připravit jedнокrokově přímou syntézou z prvků nebo monoatomických molekul.

Z prvků se v principu dají připravit veškeré molekuly, ale pak už se jedná o vícečrokové syntézy.

6. Napište sled vyčíslených rovnic přípravy uhličitanu vápenatého z prvků.

Nyní se konečně dostáváme ke slibované organické chemii. V následujících úlohách můžete používat chemikálie, které jste již v kterékoliv otázce této úlohy syntetizovali nebo chemikálie, které jste syntetizovat měli, i když se vám to třeba nepodařilo. Pozor: nezapomeňte, že veškeré další reaktanty vašich syntéz si opět musíte připravit smysluplnou chemickou syntézou z prvků s výjimkou rozpouštědel (tlak a teplotu použijte takovou, jakou potřebujete, stejně tak i prvkové katalyzátory).

7. Napište sled reakcí vedoucí k acetylenu a methanolu z prvků.

Velmi zajímavou skupinou molekul jsou aromatické sloučeniny. Mnoho z nich se v těle vyskytuje přirozeně, některé z aromátů jsou naopak toxické (anilin), ale jsou i takové, které mohou být prospěšné a fungovat jako léčiva (kyselina acetylsalicylová).

8. Napište sled reakcí vedoucí k anilinu a acetylsalicylové kyselině z prvků.

To ale pořád nejsou molekuly tvořící život. Mezi ty nejdůležitější patří bílkoviny a heterocyklické sloučeniny.

9. Napište sled reakcí vedoucí k některé z 20 biogenních aminokyselin a libovolné molekule obsahující cyklus s heteroatomem (oboje samozřejmě opět z prvků).

Nyní jste vytvořili základy života na Zemi a můžete, po vzoru vašeho slavnějšího předchůdce, v den odeslání série odpočítat.

Úloha č. 5: Poslední večeře

(8 bodů)

Autoři: Klára Řezanková a Pavel Řezanka

Tak přišel Den nekvašených chlebů, kdy měl být zabit beránek. Ježíš poslal Petra a Jana se slovy: „Jděte nám připravit beránka k velikonoční večeři.“ ...



Uchopil kalich, vzdal díky a řekl: „Vezměte jej a rozdělte se spolu. Říkám vám, že už neokusím plod vinné révy, dokud nepřijde Boží království.“ Vzal chléb, vzdal díky, lámal a dal jim ho se slovy: „To je mé tělo, které se dává za vás. To činite na mou památku.“

1. Napište citaci zdroje, ze kterého pochází výše uvedené úryvky.

Recept na Poslední večeři

Nekvašený chléb:

- 1 hrnek hladké pšeničné mouky
- 2 polévkové lžíce rostlinného oleje
- ½ hrnku vody

Všechny suroviny smíchejte dohromady a hněťte 5 minut, až vznikne hladké pružné těsto. Z těsta vyválejte placičky ne tlustší než 0,5 cm a umístěte je na plech s pečicím papírem. Nejpozději do 18 minut po dohnětení umístěte plech s placičkami do trouby a pečte při 180 °C 20 minut.

Nekvašené víno:

100 g červeného hroznového vína

Víno propasírujte skrz cedník s malými otvory do misky.

Obětované jehně

1 živé jehně

Postup přípravy obsahuje drastické úkony, a proto jsme se rozhodli ho nezveřejnit.

2. Podle výše uvedeného návodu upečte nekvašený chléb a připravte nekvašené víno do bezbarvé sklenice a zašlete⁷ nám jejich fotku, na které budou spolu s touto brožurkou. Dbejte na správné pojmenování souboru.
3. Ve které části Starého zákona je zmíněna příprava nekvašeného chleba? Napište plnou citaci.
4. Proč je třeba začít péct nekvašený chléb do 18 minut po skončení hnětení?
5. Jaké hebrejské výrazy užívá Bible (Starý i Nový zákon) pro víno? Diskutujte, které výrazy označují kvašené, které nekvašené víno a u kterých nelze rozhodnout, o jaké víno se jedná.
6. Jaké sloučeniny způsobují červenou barvu červeného vína?
7. V biblické době se samozřejmě běžně připravoval kvašený chléb i kvašené víno. Odkud se braly mikroorganismy potřebné pro kvašení?
8. Jaké typy kvašení probíhají při kynutí chlebového těsta?
9. Co je produktem glykolýzy u kvasinek *Saccharomyces cerevisiae* za
 - a) aerobních
 - b) anaerobníchpodmínek? Kolik molekul ATP se v těchto případech získá z jedné molekuly glukózy?

⁷ Fotky o velikosti maximálně 4 MB s názvem „vecere_prijmeni_jmeno“ posílejte na e-mail pavel.rezanka@ksicht.natur.cuni.cz

Seriál: Analytické separační metody

1. díl: Metody založené na změně skupenství analytů

Autor: Pavel Řezanka

Slovo úvodem

O analytických separačních metodách by bylo možné napsat hned několik seriálů, proto výčet metod nebude zdaleka kompletní, ale bude převážně zaměřen jen na ty nejznámější. V tomto díle se seznámíte s metodami založenými na změně skupenství, tj. s destilací (*l-g*), sublimací (*s-g*) a zonálním tavením (*s-l*). Druhý díl bude zaměřen na metody založené na fázových rovnováhách, tj. především na extrakci a na separaci na molekulových sítích. Ve třetím dílu se dozvíte informace o chromatografických metodách a ve čtvrtém dílu o metodách založených na pohyblivosti látek v elektrickém poli.

Z definice jsou separační metody takové metody, které využívají různých fyzikálních, fyzikálně chemických a chemických vlastností složek vzorku k tomu, aby byl rozdělen alespoň na dva podíly odlišného složení. Cílem separace je zvýšení koncentrace jedné nebo více složek původního vzorku vzhledem k ostatním složkám přítomným ve vzorku. Separační metody je možno charakterizovat **selektivitou, rozsahem použitelnosti a frakcionační kapacitou**.

Selektivita

Selektivita označuje schopnost separační metody dělit látky na základě jedné nebo více vlastností, která může být:

- fyzikální: například separace na základě rozdílu molekulové hmotnosti,
- chemická: například separace na základě:
 - odlišných funkčních skupin,
 - vysoce specifických biochemických vlastností látek,
 - strukturních odlišností: dělení podle tvaru molekuly (např. *cis-* a *trans-*izomery), chirální separace atd.

Rozsah použitelnosti

Rozsah použitelnosti charakterizuje schopnost separační metody dělit určitý typ vzorku vzhledem k fyzikálně chemickým vlastnostem složek. Separační technika tedy může být vhodná pro dělení molekul, iontů, makromolekul, atomů, těkavých látek apod.

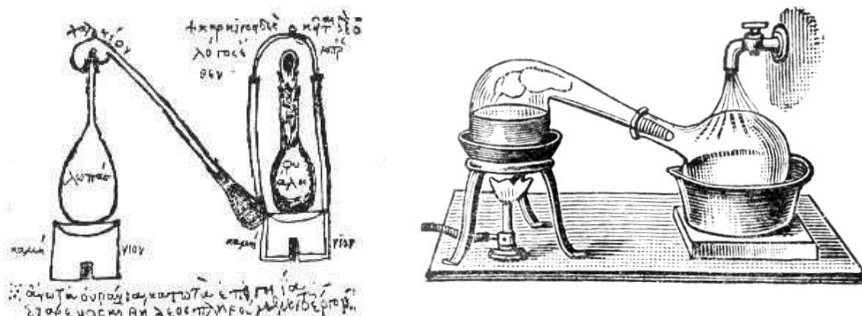
Frakcionační kapacita

Frakcionační kapacita uvádí maximální počet složek, které mohou být rozděleny v jedné operaci. Např. jednoduchá extrakce rozdělí vzorek na dvě části, chromatografie naproti tomu až na několik set podílů.

Destilace

Historie

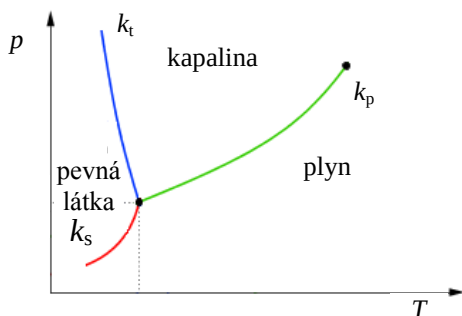
Ačkoli první dochovaná zmínka o destilaci pochází z Řecka z počátku našeho letopočtu a destilovaná voda byla známa již od 2. století, destilace jako proces pro přípravu alkoholických nápojů se objevuje až ve 12. století jak v Evropě, tak v Číně. Samotné provádění destilace se za celá století příliš neměnilo, viz obrázek 1, na kterém je zobrazena destilační aparatura ze 3. a 17. století.



Obrázek 1. Destilační aparatura ze Zosimovy knihy Historia Nova (vlevo) a destilační aparatura ze 17. století (vpravo)

Princip

Destilace je fyzikálně chemická metoda umožňující dělení složek kapalné fáze. Zahřátím k varu je část směsi převedena do plynné fáze (křivka k_p na fázovém diagramu na obrázku 2), odděleně zkondenzuje a získá se **destilát** obohacený těkavějšími složkami. V neodpařené části, tj. ve **zbytku**, se koncentrují méně těkavé složky. Separace látek destilací se tedy uskutečňuje na základě jejich rozdílné těkavosti.



Obrázek 2. Fázový diagram. Křivka k_s odpovídá sublimaci/desublimaci, k_t tání/tuhnutí a k_p vypařování/kondenzaci

Pro ideální dvousložkový systém platí Raoultův (1) a Daltonův (2) zákon, ze kterých lze na základě aditivity tlaků (3) odvodit vztah pro celkový tlak par (4) i vztah mezi látkovým zlomkem složky v plynné a kapalně fázi (5). Na základě rovnic 4 a 5 lze sestavit izotermický fázový diagram (obrázek 3).

$$p_A = x_A \cdot p_A^0, \quad p_B = x_B \cdot p_B^0 \quad (1)$$

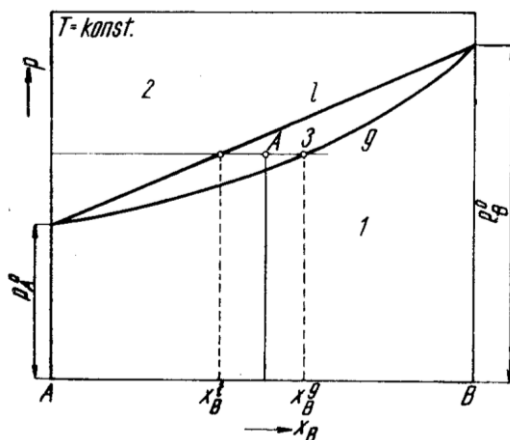
$$p_A = y_A \cdot p, \quad p_B = y_B \cdot p \quad (2)$$

$$p = p_A + p_B \quad (3)$$

$$p = p_A^0 + x_B \cdot (p_B^0 - p_A^0) \quad (4)$$

$$y_B = \frac{x_B}{\frac{p_A^0}{p_B^0} + x_B \cdot \left(1 - \frac{p_A^0}{p_B^0}\right)} \quad (5)$$

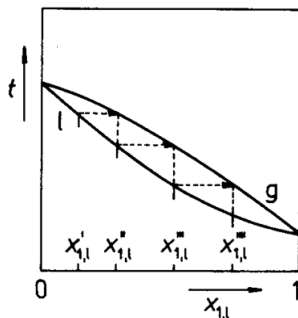
p_A a p_B jsou parciální tlaky složek A a B nad kapalinou, x_A a x_B jsou látkové zlomky složek A a B v kapalině, p_A^0 a p_B^0 jsou tlaky par čistých složek A a B při teplotě systému a y_A a y_B jsou látkové zlomky složek A a B v plynné fázi a p je celkový tlak systému.



Obrázek 3. Izotermický fázový diagram ideální dvousložkové soustavy; existenční oblast plynné (1) a kapalně (2) fáze a koexistenční oblast obou fází (3).

Křivka l odpovídá rovnici 4 a křivka g je odvozena z rovnice 5.

Většinou se ale používají izobarické fázové diagramy, neboť je většinou tlak při destilaci konstantní (atmosférický) a mění se teplota (obrázek 4).



Obrázek 4. Izobarický fázový diagram ideální dvousložkové soustavy

Způsoby destilace

Rozlišujeme **jednoduchou destilaci**, při které dochází k produkci par varem kapaliny a jejich následnému zkondenzování bez vracení zpět do destilační nádoby. Druhým způsobem je **frakční destilace (rektifikace)**, která může být kontinuální nebo diskontinuální. Obě dvě varianty spočívají v navracení jistého množství zkondenzovaných par zpět do destilační nádoby tak, že kondenzát je ve stálém protiproudém kontaktu s parami. Vzniká reflux, zpětný tok. Rektifikace poskytuje vyšší obohacení par těkavější složkou ve srovnání s jednoduchou destilací a je prováděna na rektifikačních kolonách. Dělicí účinnost závisí na **relativní těkavosti** α (6) a na **počtu teoretických pater** n kolony, tj. na počtu teoretických ustanovení rovnováhy mezi kapalnou a plynnou fází při jejím průchodu kolonou. Na obrázku 4 je příklad kolony se třemi patry, tj. z původního látkového zlomku x' získáme po skončení destilace látkový zlomek x'''' .

$$\alpha = \frac{p_A^0}{p_B^0} \quad (6)$$

Mezi látkovými zlomky před a po skončení destilace, relativní těkavostí a počtem pater platí Fenského rovnice (7).

$$\frac{(1 - y_B) \cdot x_B}{y_B \cdot (1 - x_B)} = \alpha^n \quad (7)$$

Destilace za sníženého tlaku

Při tomto způsobu destilace je uměle snížen tlak nad hladinou vzorku, což podle Clausiovy-Clapeyronovy rovnice (8) vede ke snížení teploty varu dané látky.

$$\ln \frac{p_2}{p_1} = \frac{\Delta H_{\text{vyp}}}{RT} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \quad (8)$$

p_i je tlak nasycených par při teplotě T_i , ΔH_{vyp} je molární skupenské vypařovací teplo a R je univerzální plynová konstanta. Pro výpočet ΔH_{vyp} lze použít empirické Troutonovo pravidlo (9), do kterého se dosazuje teplota varu dané látky při atmosférickém tlaku v kelvinech.

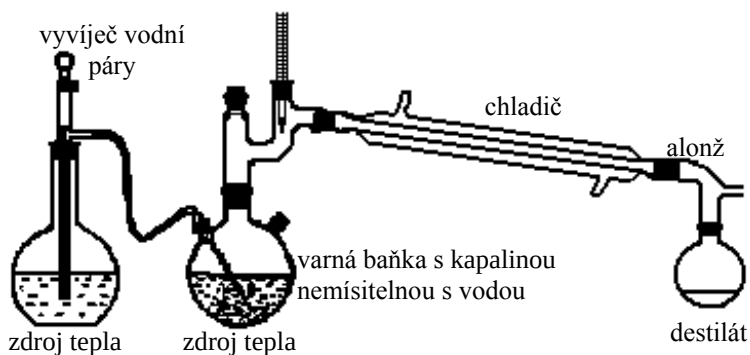
$$\Delta H_{\text{vyp}} = 92 \cdot T \text{ (J/mol)} \quad (9)$$

Kromě snížení bodu varu může dojít i ke zvýšení relativní těkavosti nebo dokonce ke změně pořadí těkavosti složek.

V průmyslu se tento typ destilace používá například při destilaci vysokovroucích ropných frakcí, destilaci látek nestálých za vysokých teplot, v potravinářském průmyslu, při výrobě změkčovadel a ve farmaceutickém průmyslu.

Destilace s vodní parou

Principem této destilace je použití dvou prakticky nemísitelných kapalin. Takovéto konjugované roztoky lze považovat za prakticky koexistující čisté kapalné složky a v plynné fázi nad konjugovanými roztoky je za dané teploty parciální tlak každé složky roven tlaku nasycené páry, který by měla příslušná složka za téže teploty v čistém stavu. Celkový tlak par se rovná součtu tlaků nasycených par složek v čistém stavu, a proto k varu takového systému dojde při nižší teplotě, než je bod varu kterékoli složky v čistém stavu. Příklad aparatury pro tento způsob destilace je uveden na obrázku 5.



Obrázek 5. Schéma destilace s vodní parou

Pro množství analytu (m_a), který přejde s vodní parou (m_v), platí vztah 10:

$$m_a = \frac{m_v \cdot M_a \cdot p_a^0}{M_v \cdot p_v^0}, \quad (10)$$

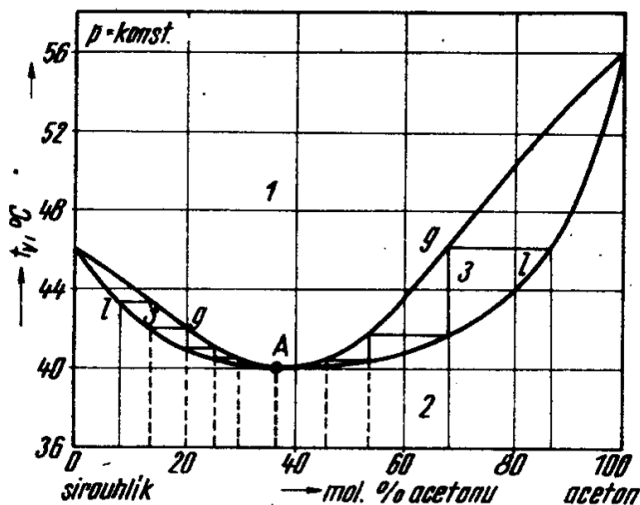
kde M je molární hmotnost.

Příkladem použití je izolace látky ze soustavy tvořené dvěma kapalnými fázemi, vodné a nevodné. Lze tak velmi šetrně destilovat látky citlivé na zvýšenou teplotu, neboť k varu dojde při teplotě nižší než 100 °C (teplota varu vody).

Azeotropická destilace

Při azeotropické destilaci se do směsi přidá substance, která normálně není ve směsi přítomna, s cílem změnit, tj. zvýšit, relativní těkavost látek, které mají být děleny. Metoda je obvykle využita pro dělení složek, které se chemicky významně liší, ale mají podobný bod varu a tvoří azeotropy, které nelze běžnými destilačními postupy dělit. Konečný produkt vyžaduje oddělení od přidané substance.

Ve většině případů přidávkem substance vznikají azeotropické směsi s minimem bodu varu, tj. azeotropická směs má nižší bod varu než čisté složky (obrázek 6).



Obrázek 6. Izobarický fázový diagram soustavy sirouhlik-aceton; existenční oblast plynné (1) a kapalně (2) fáze a koexistenční oblast obou fází (3)

Přidaná substance tvořící azeotropickou směs s danou složkou pak při destilaci přechází spolu s touto složkou do destilátu, druhá složka, která má být oddělena, zůstává ve zbytku. Některé binární směsi látek s blízkými body varu tvoří s přidávanou substancí dvě různé azeotropické směsi s dostatečně rozdílnými body varu. Jedna látka je pak získána ve zbytku a druhá v destilátu.

Tento typ destilace se používá například při dělení směsi aromatických a alifatických uhlovodíků přidavkem alkoholu. Nejprve destilují parafíny s alkoholem, pak postupně i aromáty, alkohol je odstraněn z destilátu přidavkem vody po destilaci.

Extrakční destilace

Tento typ destilace je podobný azeotropické destilaci s tím rozdílem, že se nepřidává substance s výrazně nižším bodem varu než mají separované složky (o 10 °C až 40 °C), ale přidává se substance naopak relativně málo těkáva vzhledem k látkám, které mají být děleny a která s nimi netvoří azeotropickou směs. Přidaná substance se dostává do zbytku, ze kterého musí být snadno oddělitelná. Páry jsou kontinuálně protiproudě promývány solventem (substancí) přiváděným na horní část kolony. Pro dělení látek nestejného typu je výhodné, když přídavek solventu vyvolá co největší odchylku od ideálního chování, protože důsledkem je zvýšení relativní těkavosti. Nárůst relativní těkavosti je vždy největší při vysokých koncentracích solventu (např. 70 – 80 %).

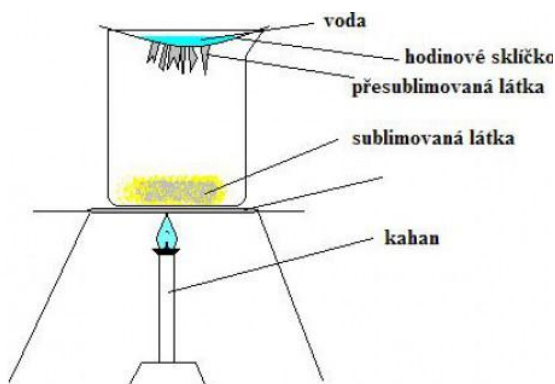
Ukázkovým příkladem je binární směs *n*-heptanu (bod varu 98,4 °C) a methylcyklohexanu (bod varu 100,8 °C) s relativní těkavostí 1,07. Po přidavku anilinu, který pak tvoří 85 % výsledné směsi, se relativní těkavost zvýší na 1,4.

V některých případech se může dokonce pořadí bodu varu složek změnit, viz směs toluenu (bod varu 110,6 °C) a *n*-oktanu (bod varu 125,7 °C) s relativní těkavostí 1,4, po přidavku anilinu, který pak tvoří 80 % výsledné směsi, se relativní těkavost sníží na 0,6.

Průmyslově je používána například separace benzenu (bod varu 80,0 °C) a cyklohexanu (bod varu 80,7 °C) s fenolem (bod varu 182 °C) jako extrakčním činidlem.

Sublimace

Separace analytů sublimací je založena na vypařování pevné fáze bez vzniku fáze kapalné (křivka k_s na obrázku 2). Na fázovém diagramu tomu odpovídá křivka $s-g$. Po vzniku plynné fáze následuje ochlazením desublimace a vzniká tak pevná fáze (obrázek 7). Sublimace se nejčastěji používá pro čištění látek, které jsou tepelně nestálé, nebo naopak k odstranění nečistot, kdy analyt zůstává v pevné fázi a nečistota se oddělí sublimací (například odstranění vody lyofilizací).



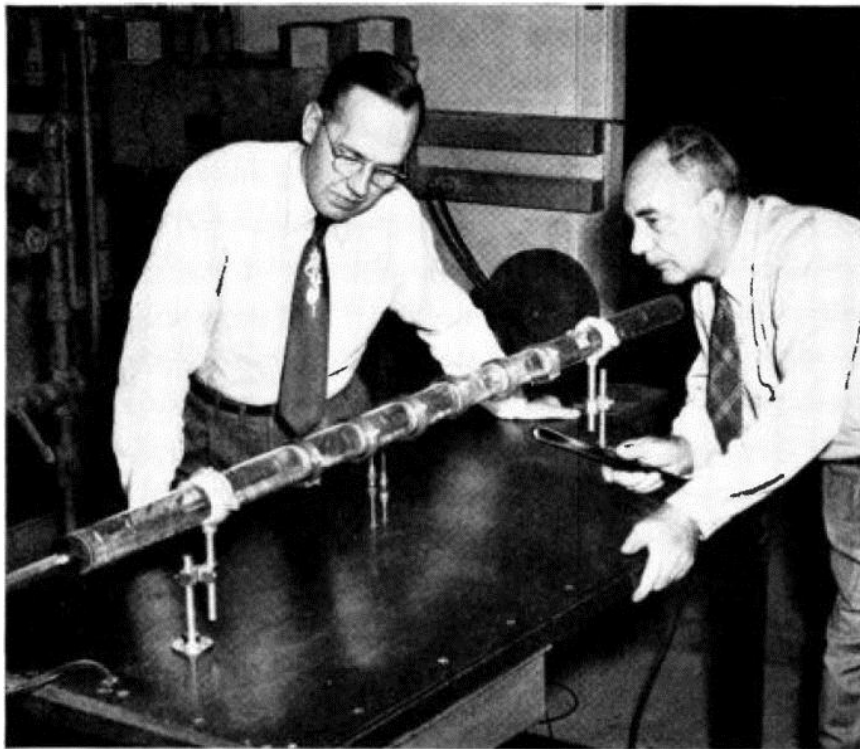
Obrázek 7. Schéma sublimace

Samotná sublimace se většinou provádí za sníženého tlaku, neboť většina látek má tlak nasycených par nad pevnou formou menší než atmosférický tlak. Výjimku tvoří například pevný oxid uhličitý, arsen a některého jeho sloučeniny, kofein nebo jód, které lze sublimovat i za atmosférického tlaku. Praktické využití nachází sublimace při již zmíněném odstraňování vody z produktů nebo při čištění polyaromatických látek (v literatuře často označovaných zkratkou PAH).

V přírodě se můžeme setkat se sublimací v zimních měsících při teplotách pod bodem mrazu, například při schnutí prádla nebo ubývání sněhu a ledu aniž by roztál. V těchto zmíněných případech se ale nejedná o pravou sublimaci (sublimace nastává v celém objemu), ale jedná se pouze o sublimaci molekul na povrchu.

Zonální tavení

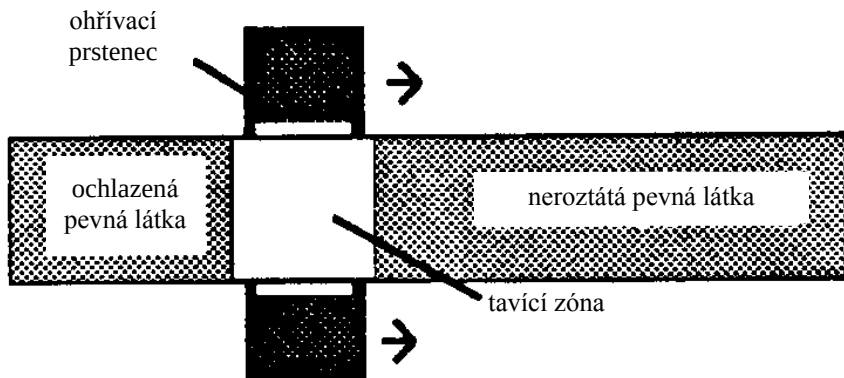
Zonální tavení je z metod zmíněných v tomto seriálu nejmladší. První zařízení bylo vyrobeno v Bellových laboratořích v roce 1952 (obrázek 8). Při zonálním tavení dochází k tání pevné látky a následně k jejímu tuhnutí (křivka k_t na obrázku 2).



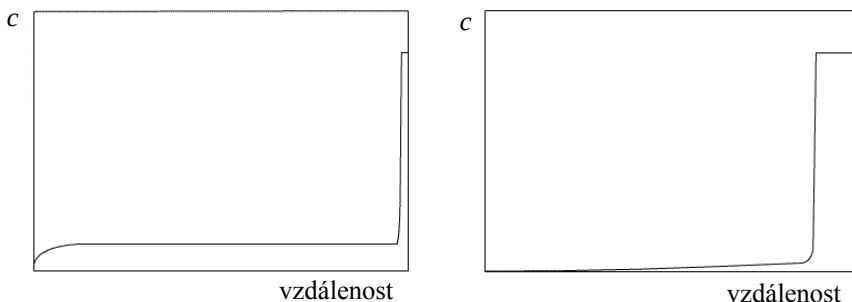
Obrázek 8. William Gardner Pfann (vlevo) prezentuje první zařízení sloužící k zonálnímu tavení

Zonální tavení je metoda umožňující dodatečné vyčištění látek získaných krystalizací nebo srážením, nutnou podmínkou je snadná tavitelnost látky. Samotné provedení je založeno na vertikálně zavěšeném válci naplněném čistěnou látkou (obrázek 9). Tento válec se pomalu spouští dolů prstencem ohřátým na teplotu, která roztaví látku v úzké zóně. Po projití tímto úsekem látka znovu tuhne, krystalizuje, ale nečistoty zůstávají v kapalné formě v oblasti vyhřívané

zóny. Výsledkem procesu je čistší látka na vespod válce a zkoncentrované nečistoty v horní části (obrázek 10).



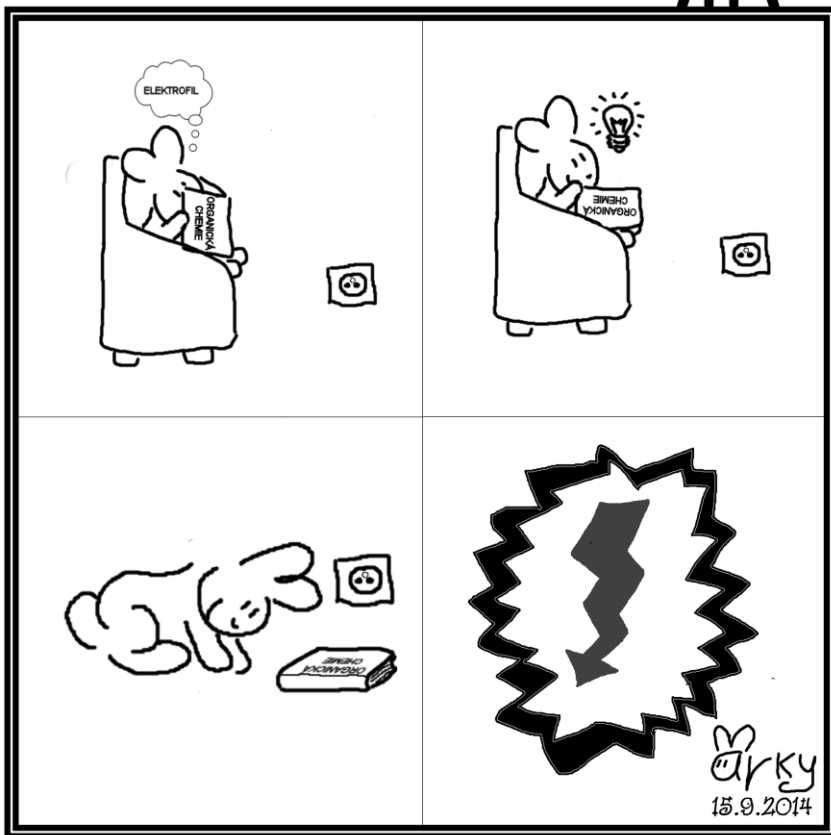
Obrázek 9. Schéma zonálního tavení



Obrázek 10. Závislost koncentrace nečistoty v čištěné látce na vzdálenosti od spodní části válce po jednom cyklu zonálního tavení (vlevo) a 10 cyklech (vpravo)

Praktické využití nachází zonální tavení při průmyslovém čištění naftalenu a fenolu. Některé vonné látky (zejména tepelně nestálé) mohou být zkoncentrovány z podchlazených zředěných roztoků bez ztrát odpařením. Dříve bylo zonální tavení využíváno k přípravě čistých kovů potřebných pro výrobu počítačových součástek, zejména křemíku a germania.

Zajíček chemik



1	A	Y	O	A	I	O	E	C	N	K	O	
2	A	P	S	R	L	N	-	A	O	E	R	H
3	Y	Y	O	I	-	I	O	E	O	Á	M	
4	G	U	A	I	G	E	I	T	R	A	P	A
5	O	T	M	N	E	O	Á	I	S	R	N	
6	U	O	A	I	Y	R	X	A	E	O	O	I
7	E	R	C	D	E	O	I	O	O	I	A	
8	I	A	I	E	E	R	N	S	A	T	A	P
9	T	O	A	R	I	Á	U	I	C	E	Á	
10	I	G	O	O	A	A	I	E	E	Y	S	R
11	N	I	L	E	O	I	O	E	U	T	S	
12	D	N	E	A	D	I	U	A	I	I	A	U
13	C	T	U	L	N	O	H	O	Y	R	N	
14	F	N	C	A	H	Y	L	A	E	O	A	L
15	A	S	K	I	Á	E	H	O	I	I	H	
16	S	I	N	E	D	L	O	L	Y	U	N	O
17	Y	G	N	S	I	O	I	R	T	Y	S	
18	Á	E	I	Á	A	A	I	T	N	N	Y	I
19	R	N	A	I	A	E	S	U	L	O	I	

1	D	M	M	A	L	N	S	S	α	P	P	R	T	I	R	Á	Ě	L	H	P	I	R	N	D	P
2	L	Q	A	M	P	L	O	P	E	E	Ů	R	O	L	E	M	ß	K	K	P	R	S	T	O	N
3	Y	V	H	P	Š	T	W	J	L	α	L	L	P	N	I	L	P	N	H	V	U	N	A	C	H
4	F	G	R	C	L	L	C	T	N	M	S	N	R	M	N	U	T	E	H	M	E	L	S	S	L
5	N	δ	D	R	P	X	A	N	A	B	R	E	L	K	V	E	A	T	D	N	I	V	R	H	W
6	L	Q	D	N	H	I	D	P	O	L	Y	B	C	C	T	F	N	C	L	S	X	N	Y	M	Z
7	N	H	R	V	T	A	H	R	S	O	Í	G	G	K	M	M	N	C	N	R	Q	K	W	M	Í
8	K	A	R	L	O	D	P	T	H	A	T	S	-	U	V	W	E	L	L	D	N	M	M	Í	L
9	M	R	R	α	K	S	B	K	N	V	R	E	y	R	-	D	P	F	F	C	S	W	H	Á	R
10	A	N	N	K	M	H	L	L	E	I	B	T	R	P	J	V	P	L	L	Q	T	y	T	T	-
11	U	P	I	P	R	S	K	N	O	X	L	D	X	R	K	D	L	K	R	A	N	A	L	X	N
12	B	O	N	T	L	B	O	J	G	W	P	S	T	K	R	Á	C	Z	L	Y	P	R	S	O	Q
13	Y	T	G	S	R	β	H	I	E	R	U	L	B	I	Z	S	J	S	M	X	C	N	K	L	V
14	O	K	A	O	O	X	N	W	I	D	C	F	A	L	S	Í	P	L	α	α	L	T	T	K	B
15	P	H	J	Ů	C	X	M	U	N	C	T	N	C	T	H	Y	U	D	G	P	E	V	M	N	C
16	O	T	Z	K	D	U	K	K	A	L	F	O	β	A	N	P	P	Š	E	E	A	O	D	R	M
17	T	X	A	Ů	L	Y	P	J	R	U	I	S	I	C	N	T	P	Á	S	L	O	A	J	A	K
18	H	O	L	U	N	D	U	R	K	Č	K	K	R	S	F	P	δ	A	Y	E	L	H	B	R	L
19	S	O	U	K	P	B	Á	C	I	Y	T	G	T	V	S	X	N	D	K	M	E	Č	T	Á	D