






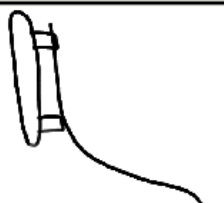



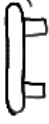
Korespondenční Seminář Inspirovaný Chemickou Tematikou

ročník 8, série 2

2009/2010



# Zajíček chemik

<p>excitovaný elektron</p>  	 
 	<p>excitovaný zajíček</p>   <p>Arky 21.11.2008</p>

máslnou. Liší se i rychlostí a intenzitou vjemu. V cukrovinkách se běžně používá kyselina citrónová. Pokud ale má být bombón nebo želé po vložení do úst ihned intenzivně kyselé, upraví se povrch kyselinou vinnou. Výsledný efekt se označuje jako acid hit.

V potravinářství mají kyseliny mnoho využití a to nejen pro svou kyselou chuť. Nízké pH zabraňuje růstu některých mikroorganismů (proto se také nakládá do octa), dovoluje vzniknout pektinovým gelům nebo štěpí makromolekuly (hydrolyzá škrobů či bílkovin pro polévková koření). Další kyseliny se přidávají pro účinky, které s pH mnoho společného nemají – kyselina askorbová jako antioxidant nebo sorbová a benzoová jako konzervanty.

## Literatura

1. Pokorný J. et al.: Senzorická analýza potravin, Vydavatelství VŠCHT Praha, 1999.
2. Velíšek J.: Chemie potravin 1–3, OSSIS, 2002.
3. Hayes J. E.: Transdisciplinary perspectives on sweetness, Chem. Percept. 1, 48–57, 2008.



Korespondenční seminář probíhá pod záštitou  
Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy  
Hlavova 2030  
128 43 Praha 2

## Milí příznivci chemie i ostatních přírodovědných oborů!

Právě držíte v rukou zadání úloh Korespondenčního Semináře Inspirovaného Chemickou Tematikou, KSICHTu. Už osmým rokem pro vás, střední školy, KSICHT připravují studenti Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy, Vysoké školy chemicko-technologické a Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity. Seminář je podporován v rámci Rozvojevoého projektu CSM 8/2009.

## Jak KSICHT probíhá?

Korespondenční seminář je soutěž, při níž si vy, řešitelé KSICHTu, dopisujete s námi, autory, a naopak. Vy nám pošlete řešení zadaných úloh, my vše opravíme, ohodnotíme a zašleme vám je zpátky s příloženým autorským řešením a pěti úlohami nové série. To všechno se za celý školní rok čtyřikrát zopakuje.

## Proč řešit KSICHT?

V rámci tohoto semináře se zdokonalíte nejen v chemii samotné, ale i v mnoha dalších užitečných schopnostech. Za všechny jmenujme zlepšení logického myšlení, schopnosti vyhledávat informace, třdit je a zařazovat je do kontextu. Ačkoli to zní možná hrozně, nebojte, ono to půjde vlastně samo.

Na *výletech* se můžete seznámit s dalšími řešiteli KSICHTu a námi, autory, studenty vysokých škol. Máte šanci rozšířit si své obzory, ale taky se bavit a užít si. Uvidíte, že chemici nejsou suchaři v bílých pláštích.

Na konci školního roku pořádáme na Přírodovědecké fakultě UK *odborné soustředění*, kde si vyzkoušíte práci v laboratoři, seznámíte se s moderními přístroji a poslechnete si zajímavé přednášky. Pro nejlepší řešitele jsou připraveny hodnotné ceny!

Pro letošní akademický rok se nám navíc podařilo zajistit **proměnění příjmácích zkoušek** do chemických (a některých dalších) studijních oborů **na Přírodovědecké fakultě UK**. Bez přijímací zkoušky budou přijati řešitelé, kteří ve školním roce 2008/2009 získali alespoň 50 % z celkového počtu bodů

nebo ve školním roce 2009/2010 v 1.–3. sérii získají alespoň 50 % z celkového počtu bodů za tyto série.

## Jaké úlohy na vás čekají?

Úlohy se týkají různých odvětví chemie a snažíme se, aby si v nich každý z vás přišel na své. Jsou tu úlohy hravé i pravé lahůdky, jejichž vyřešení už dá práci. Nechceme jen suše prověřovat vaše znalosti, procvičíte si i chemickou logiku a v experimentální úloze prokážete též svou chemickou zručnost. Pokud nezáldnete vyřešit všechny úlohy, vůbec to nevadí, byli bychom moc rádi, kdybyste si z řešení úloh odnesli nejen poučení, ale hlavně abyste se při řešení KSICHTu dobře bavili. Jak se nám naše snažení daří, to už musíte posoudit sami.

KSICHT vám přináší s každou sérií i seriál, čtení na pokračování. V letošním ročníku zařazujeme na vaše přání seriál o sensorické analýze. Dozvíte se spoustu zajímavých a užitečných informací, které pak můžete použít nejen při řešení úloh KSICHTu, ale i při dalším studiu chemie.

## Jak se tedy můžete stát řešiteli KSICHTu?

Není nic jednoduššího! Stačí se jen *zaregistrovat*<sup>1</sup> na našich webových stránkách. Řešení nám poté můžete poslat buď klasicky na adresu **KSICHT, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Hlavova 2030, 128 43 Praha 2** nebo elektronicky přes *webový formulář*<sup>2</sup> jako soubory typu PDF.

V případě jakýchkoliv dotazů či nejasností se na nás prosím kdykoliv obraťte e-mailem [ksicht@natur.cuni.cz](mailto:ksicht@natur.cuni.cz).

*Každou úlohu vypracujte na zvláštní papír* (aspoň formátu A5, menší kusy papíru mají totiž tendenci se ztrácet), *veďte svoje celé jméno, název a číslo úlohy!* Řešení pište čitelně, vezte, že nemůžeme považovat za správné něco, co nelze přčíst.

V případě, že posíláte úlohy přes webový formulář, uložte každou úlohu do *samosvatného souboru typu PDF* a nezapomeňte v záhlaví každé stránky uvést *svoje celé jméno, název a číslo úlohy!* Více informací o elektronickém odeslání řešení naleznete přímo na stránce s formulářem. *Neposílejte nám prosím naskenovaná řešení*, neboť jsou často velice špatně čitelná. Výjimkou jsou nakreslené a naskenované obrázky, které připojíte k řešení napsanému na počítači.

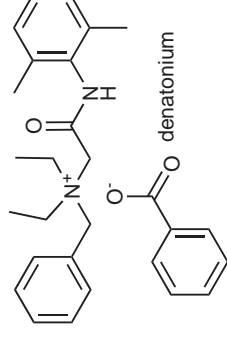
Do řešení také pište všechny vaše postupy, kterými jste dospěli k výsledku, neboť i ty budujeme. Uveďte raději více než méně, protože se může stát, že za strohou odpověď nemůžeme dát téměř žádný body, ačkoli je správná. Řešení

<sup>1</sup><http://ksicht.natur.cuni.cz/prihlaska>

<sup>2</sup><http://ksicht.natur.cuni.cz/odeslani-reseni>

se ukázala pouze spojitost se závislostí na alkoholu v dětství a necitlivosti na tučnou chuť.

Nejvíce hořká látka je denatonium (dodávané obvykle jako sůl kyseliny benzoové). Pro lidi je nepoživatelný roztok, který obsahuje už 10 ppm této látky. Používá se pro denaturaci lihu nebo do nebezpečných látek, které by mohl někdo náhodně požit (methanol, ethylenglykol). Od toho pochází i název **denatonium**. Obchodní názvy, se kterými jste se mohli setkat, jsou Bitrex, Vilex nebo Aversion.



V České republice jsou povolené pro přidávání do potravin pouze tři hořké látky: oktaacetylsacharosa, kofein a chinin. Poslední dva alkaloidy mohou být použity jen v nápojích (nealkoholických i lihovinách) a jejich přítomnost musí být uvedena na obale. Další se používají jako směsi látek (extrahované z přírodních materiálů nebo chemicky upravené), např. pelyněk nebo již zmínovaný hořcový kořen.

## Kyselá

Tuto chuť způsobují především nedisociované kyseliny, ale podílí se na ní i oxoniové kationty vzniklé jejich disociací. Prahaové koncentrace jsou poměrně nízké (viz tabulka 5). I když se s kyselinami běžně setkáváme v nejrůznějších ovoci, vznikají také při fermentacích způsobených mikroorganismy. Rozhodně se tedy hodí rozpoznat podezřelou potravu po prvním soustu.

kyselina	octová	mléčná	jablečná	vinná	citronová
podnět. p. [mg l <sup>-1</sup> ]	110	200	110	80	150

Tabulka 5: Podnětové prahy některých kyselin

Čím se ale kyseliny liší, je kvalita kyselé chuti. Může být doprovázena různými pachutěmi nebo pachy. To druhé platí zvláště pro nižší kyseliny – octovou, propionovou (specifické aroma ementálu) nebo nezapomenutelnou

neprokázaly. Ale jako u všeho zde platí, že bychom si měli položit otázku, jestli opravdu potřebujeme mít vše slazené a ještě ke všemu pomocí náhradních sladidel.

## Hořká

Hořká chuť je velmi podobná svíravé, i když ta není zprostředkována přes receptory. Obě jsou způsobovány látkami, které mohou být zdraví nebezpečné, ale jsou strukturně odlišné. Patří sem například alkaloidy (strychnin, chinin) nebo glykosidy (amygdalin, srdeční glykosidy). Nebezpečnosti těchto hořkých látek odpovídají i velmi nízké podnětové prahy (tabulka 4).

látka	kofein	chinin	naringin	isohumulon	MgSO <sub>4</sub>
podnět. p. [ $\text{mg l}^{-1}$ ]	388	0,0325	116	7,25	602

Tabulka 4: Podnětové prahy některých hořkých látek

Mnohdy ani zatím není možné přesně identifikovat látku, která je za hořkou chuť rostliny zodpovědná. V potravinářském a farmaceutickém využití se proto zavedlo tzv. číslo hořkosti, což je nejnižší koncentrace výluhu z rostliny, která je ještě hořká. Hořcový kořen má číslo hořkosti 58 milionů, takže hořký je i roztok vzniklý rozpustěním 1 g v 58 milionech mililitrů vody.

V pivovarnictví se používají jednotky IBU (international bitterness unit) nebo mírně odlišné EBC (european bitterness unit), které vycházejí ze spektrofotometricky zjištěného obsahu iso- $\alpha$ -hořkých kyselin (např. isohumulon) v extraktu z piva. Tyto látky vznikají z hořkých kyselin chmele při vaření piva. Tradiční česká desítka má 22-28 EBC, dvanáctka okolo 35 EBC. Píva s vyšším extraktem (tj. vícecukřová) musí mít vyšší hořkost, protože extrakt snižuje vnímání hořké chuti. Bohužel i do českých zemí dorazila zahraniční móda snižovat hořkost piva, takže za pár let mohou být tyto hodnoty už minulostí.

Vnímání hořké chuti se v populaci velmi liší. Například obyvatelé tropické Afriky mají horší vnímání hořkých alkaloidů, protože jejich strava jich obsahuje poměrně hodně. Nejvíce se ale zkoumají látky 6-propylthiouracil (PROP) a fenylthiooocovina (PTC), která má ale vlastní pach, takže není moc vhodná k testům. Část populace jejich chuť vůbec necítí, pro část je hořká a pro část odporně hořká (jsou supercitliví). Vše je dáno geneticky podmíněnou odlišností receptoru. Černošská populace má více necitlivých, asijská více citlivých. Zkoumá se souvislost citlivosti k PROP se vším možným, ale zatím

vypracovávejte samostatně, neboť při společném řešení se spolurěšitelé podělí o získané body rovným dílem.

## Errata

Autoři úlohy Lodě byli do hry tak zabráni, že namísto správné tabulky „s 4. až 6. periodou d-prvků“ bez uzardění psali o neexistující tabulce „s 3. až 5. periodou d-prvků“. Za chybu se omlouváme a děkujeme řešitelům za upozornění.

## Tipy, triky

Pro kreslení chemických vzorců doporučujeme používat programy dostupné zdarma: MDL ISIS/Draw 2.5 (freeware s povinnou registrací; Windows, Mac OS), ChemSketch 10.0 Freeware (freeware s povinnou registrací; Windows) a Chemtool (GPL; Linux).

## KSICHT na Internetu

Na webových stránkách KSICHTu<sup>3</sup> naleznete brožurku ve formátu PDF a rovněž aktuální informace o připravovaných akcích.

Pokud máte dotaz k úloze, můžete se zeptat přímo autora na e-mailové adrese ve tvaru [jmeno.prijmeni@ksicht.natur.cuni.cz](mailto:jmeno.prijmeni@ksicht.natur.cuni.cz). Jestliže má úloha více autorů, pište prvním uvedenému.

## Den otevřených dveří na PřF UK

Dne 22. ledna 2010 se na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy v Praze uskuteční den otevřených dveří. Dozvíte se informace o studiu na fakultě, budete si moci prohlédnout laboratoře a dozvědět se aktuální novinky ve výzkumu. Srdečně vás zveme! Více informací naleznete na webových stránkách PřF UK.<sup>4</sup>

## Termín odeslání 2. série

Série bude ukončena 4. ledna 2010. Vyřešené úlohy je třeba odeslat nejpozději v tento den (rozhoduje datum poštovního razítka či čas na serveru KSICHTu).

<sup>3</sup><http://ksicht.natur.cuni.cz>

<sup>4</sup><http://www.natur.cuni.cz/studium/uchazec/>

## Úvodníček

Drazí Ksichtáči!

Jak každé malé dítě ví, v okamžiku, kdy ve výlohách obchodů napadne první umělý snůh a z televizních obrazovek se rozezní veselý hlas rolníček, drásající už tak vypjaté nervy opozdělých nakupujících, mezi prostým lidem se rozhostí slavnostní nálada v tušení něčeho velkého. Děti jsou najednou hodnější, taxikáři kradou trochu méně a uklízečky občas i mezi umýváním záchodů a zrcadel mění vodu. Všichni podvědomě tuší, že prosinec je neodmyslitelně svázán s něcím důležitým – tušíte správně. V prosinci vychází druhá brožurka KSICHTu. A co že vám tento zážrak vezdejší, vtělení dokonalosti přináší?

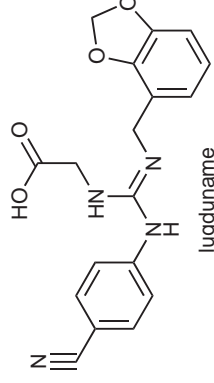
Pro zahrnutí a zopakování základních technik práce s pastelkami jsme pro vás zařadili úlohu číslo jedna. Řešení by pro vás nemělo být velkým problémem, pokud vzpomenete kategorického imperativu vštěpovaného již od školky: Nepřetahovat!

Starší již tuší, že díky účinkům jistých látek můžete vidět všemožné barvičky i bez použití pastelek. Zjistit, jak že to přesně funguje, bude na vás v úloze druhé. Pokud jste se vždy domnívali, že příprava komplexů je sice nudná, ale naprosto bezpečná záležitost, pak vás nejspíše vyvede z omylu úloha třetí. Po explozivní anorganice pak následuje explozivní organika, která v sobě navíc ukrývá jedno velké tajemství, které by mohlo být nejspíše vysvětlením, proč, že je benzín tak drahý. Závěrem jsme pak zařadili na základě mnoha srdečných dopisů vámi tak milovanou kvantovku. Věřím, že tato úloha uspokojí vaši potřebu po psaní šipeček do čtverečků opět na několik let dopředu.

Hezké a klidné vánoční svátky přeje za celý autorský tým

Honza Havlík

založena na osmi možných interakcích receptoru s látkou (ale nemusí se využít všechny). Tato teorie už byla vyzkoušena při hledání intenzivních sladidel – byla tak nalezena guanidinová sladidla. Nejméně intenzivnější z nich, lugduname, je 300 000× sladší než sacharosa. Alespoň se teď nemusí hledat nová sladidla dnes už nepřijatelným ochutnáváním nově syntetizovaných látek.



Pozoruhodné je i to, že sacharosa interaguje sedmi interakcemi, jen tou charakterizující intenzivní sladidla ne. Chuť je tedy nejen vysoce specifická, ale není také tak silná. Tudiž můžeme sníst více sacharosy a získat tak více potřebné energie. Podnětové prahy jsou pro sladké látky oproti jiným chutím vysoké (viz tabulka 3).

cukr	sacharosa	D-glukosa	D-fruktosa	laktosa
podnět. p. [g l <sup>-1</sup> ]	3,8	11,7	3,6	24,6

Tabulka 3: Podnětové prahy některých sladkých látek

Asi největší záhadou sladké chuti je ale mirakulin, peptid z plodů keře *Richardella dulcificum*. Jak už jméno napovídá, je to látka přímo záračná. Ačkoli nemá žádnou chuť, mění dočasně vnímání kyselé chuti na sladkou. Takže si po požití mirakulinu můžete klidně pochutnávat na výborném sladkém octu.

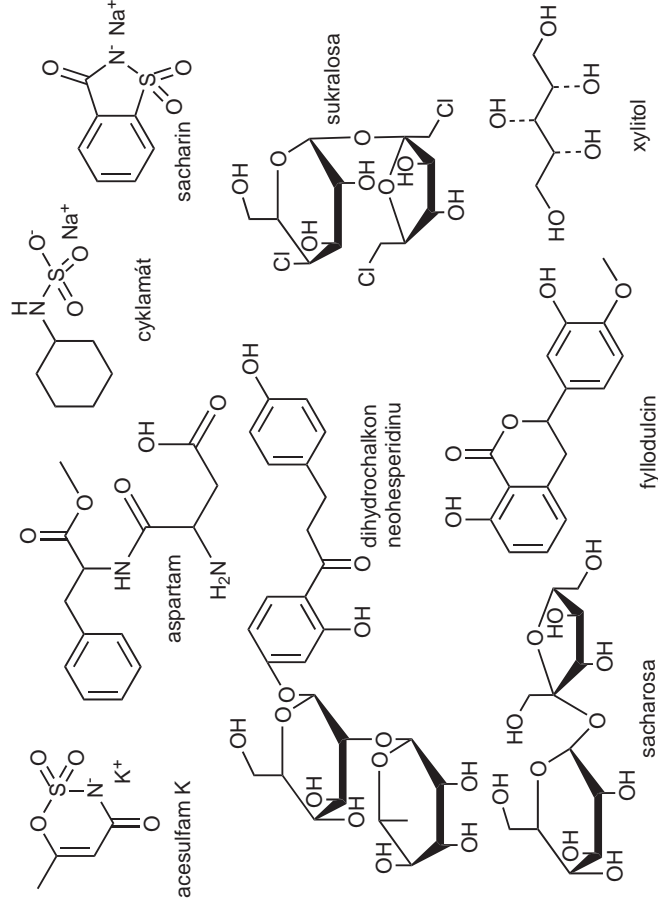
V České republice jsou jako náhradní sladidla<sup>6</sup> povolené jen některé intenzivně sladké látky z tabulky 2: acesulfam K (E 950), aspartam (E 951), cyklamát (E 952), sacharin (E 954), sukralosa (E 955), thaumatín (E 957) a dihydrochalkon neohesperidinu (E 959).

Některá syntetická intenzivní sladidla, hlavně sacharin, cyklamát a dulcain, provázejí pochyby o jejich zdravotní bezpečnosti. Dnes jsou v ČR první dva povolené, ale třeba v USA si cyklamát život neosládíte. Je důležité si uvědomit, že se vychází pouze z testů na zvířatech krmených každý den velkými dávkami, které pro lidské stravování nepřichází v úvahu. Ne vždy se podaří výsledky zopakovat a ani epidemiologické studie na diabetických zvýšený výskyt rakoviny

<sup>6</sup>V aktuální vyhlášce pro přídatné látky 4/2008 Sb. jsou označována jen jako „sladidla“. Je tam i úplný seznam.

výživová sladidla		syntetická intenzivní sladidla		přírodní intenzivní sladidla	
látko	r. slad.	látko	r. slad.	látko	r. slad.
D-glukosa	0,4–0,8	sacharin	200–700	fyllodulcin	200–800
D-fruktosa	0,9–1,8	aspartam	100–200	osladin	3000
invertní cukr	0,95– 1,8	dihydrochalo- kon neohesp.	500– 2000	glycy- rhizin	50
laktosa	0,2–0,6	sukralosa	600	steviosid	100–300
maltitol	0,7–0,9	cyklamáty	30–60	thaumatin	2000– 3000
xylytol	0,9–1,2	acesulfam K	80–250	monellin	1500– 3000

Tabulka 2: Relativní sladkost některých látek



Obrázek 2: Některé sladké látky

## Zadání úlohy 2. série 8. ročníku KSICHTU

## Úloha č. 1: Malujeme malovánky

Autor: Eva Vrzáčková

Malujeme malovánky

modrou barvou nebe.

Modrou nebe – nejkrásnější,

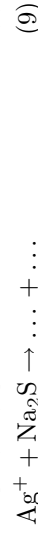
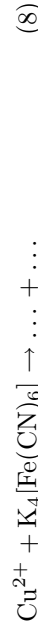
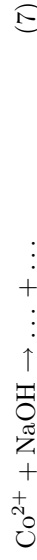
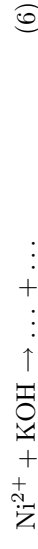
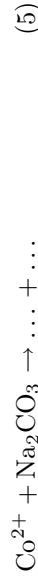
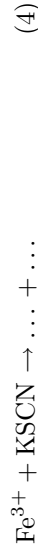
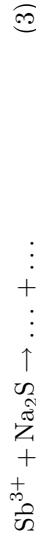
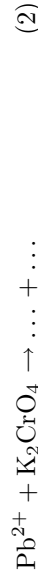
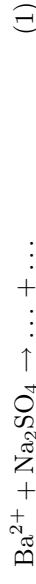
maminko, jen tebe.

8 bodů



Vzpomínáte si ještě na tuto říkanku? Je to už hodně dávno, co jste se ji učili, že? Ale tyto věci se nezapomínají... Nebojte, dnes si ji připomeneme – vrátíme se do předškolního věku a budeme si hrát s barvičkami. Nebude to ovšem malování jen tak hala hala – budeme se učit kreslit chemicky! A k tomu nám ještě dětská léta připomenou večerníkové postavičky. Že už se těšíte? No tak pojďme si hrát!

1. Na prvním obrázku jste jistě už rozpoznali včelku Máju a Vílka. Ovšem jsou nějací bezbarví. Vaším úkolem bude nejprve doplnit chemické rovnice, správně je vyčíslit a u stěžejních produktů napsat jejich barvu. Na základě barviček vybarvíte první obrázek a pošlete nám ho.



2. V prvním úkolu se jedna vzniklá látka odlišuje od ostatních. Napište nám, o kterou sloučeninu se jedná a proč tomu tak je.

3. Na druhém obrázku se na vás vesele směje Krteček. Určíte se i vy budete smát nad zašifrovanými slovy. Pro nás chemiky jsou jistě lehce identifikovatelná. Rozluštěte názvy chemických sloučenin a nezapomeňte u každé sloučeniny uvést barvu, podle které vybarvíte druhý obrázek, jenž nám také pošlete.

(1)	DOJID TONOVÝLA	(5)	XIDDYHOR NĚMADÝT
(2)	LUDSIF ŠČANERÝNI	(6)	RACHNOM NĚMADÝT
(3)	DOJID TANTURTÝ	(7)	DOXI BŘÍTRÝNS
(4)	RAČOFENSOFN MORÝCHIT	(8)	LUDSIF TONOVÝLA

Tabulka 1: Zasiřované barvy

(1)	$[5 \times 11; 3 \times 17]$
(2)	$[5 \times 12; 3 \times 16]$
(3)	$[2 \times (6 \times 15); 2 \times 16]; 4 \times 6; 4 \times 2 \times 16]$
(4)	$[4 \times 7; 3 \times 16]$
(5)	$[4 \times 10; 2 \times 14; 3 \times 2 \times 16]$
(6)	$[3 \times 4 \times 11; 2 \times (3 \times 15); 4 \times 2 \times 16]$
(7)	$[4 \times 6; 3 \times (2 \times 16); 1 \times 1]$
(8)	$[2 \times 6 \times 15; 3 \times 3 \times 16]$
(9)	$[4 \times 11; 3 \times 16]$

Tabulka 2: Tajemná čísla

- Na posledním obrázku je namalována Maková panenka a motýl Emanuel. Nebuďte stejně ostýchaví podobně jako Maková panenka a pusťte se do luštění tajemných čísel. Každému „symbolu“ přiřadte chemický vzorec a také barvu, poté vybarvete poslední obrázek a přibalte ho k řešení. Pomůckou vám bude periodická tabulka prvků – mimo chodem třeba sloučeninu  $K_2CrO_4$  bychom zakódovali  $[2 \times 4 \times 1; 4 \times 6; 4 \times 2 \times 16]$ .
- A jéje! Určíte jste si už také všimli, že jeden obrázek je v nepořádku. Obrázek ovšem přemalovávat nemusíte, stačí, když nám napíšete, jaká barva je chybná. Jako správnou barvu bychom mohli použít například roztok komplexní částice d-prvku ležícího ve čtvrté periodě s organickým bidentátním ligandem. Tato komplexní částice se používá v analytické chemii jako redoxní indikátor. Napíšte nám, o jakou barvu a komplexní částici se jedná a jak se jmenuje daný indikátor.
- V malířství se používají mimo jiných zinková a olověná běloba. Napíšte jejich chemický vzorec a název a vysvětlíte, kterou z bělob je výhodnější použít. Dokažte své domněnky chemickými rovnicemi.
- Jaká je vaše oblíbená večerníková postavička?

sůl	NaCl	KCl	$NH_4Cl$	$MgCl_2$	NaF
podnět. p. $[mg\ l^{-1}]$	1750 <sup>5</sup>	1270	214	1430	210

Tabulka 1: Podnětové prahy některých slaných látek

Od té doby lidé hodnotí slanou chuť jako příjemnou. Problém nastává v moderní době, kdy nedostatkem sodíku rozhodně netrpíme, zato chutí na brambůrky nebo pořádně osolené hranolky ano. Kromě zatěžování ledvin to ale nedělá dobře našemu osmotickému (a krevnímu) tlaku, protože sodné ionty v těle zadržují více vody. Soudě podle reklam je to oblíbené téma hovoru mo-delek. Lidé na tzv. nízkosodíkové nebo neslané dietě musí solit směsí jiných solí. Hlavní složka je KCl, další látky pak musí korigovat jeho hořkou chuť.

Kromě použití jako solidla se mohou slané látky ve výrobcích plnit i jiné účely. Sůl se od nepaměti používá jako konzervant (vzpomeňte na pohádku Byl jednou jeden král a scénu se slanečkem), protože snižuje obsah volné vody potřebné pro růst nežádoucích mikroorganismů. Dále se, hlavně fosforečnaný, používají pro zvýšení schopnosti masa vázat vodu a jako tavicí soli. S posledně jmenovaným použitím mimo chodem souvisí fakt, že tavený sýr je jeden z mála mléčných výrobků, které nejsou zdrojem vápníku ve výživě. Záleží totiž vždy na poměru vápníku a fosforečnanů, který je díky tavicím solím dost nepříznivý.

## Sladká

Látky způsobující sladkou chuť jsou velmi rozmanité. Některé není radno požívat, jako třeba olovnaté soli nebo chloroform, jiné nám dodávají energii, ale některé ani to ne. Jsou to cukry, alkoholy, peptidy, glykosidy, organické i anorganické soli... Některé z nich jsou na obrázku 2. Pro větší přehlednost se látky dělí podle původu (přírodní, přírodně identické a syntetické), podle množství dodané energie, podle toho, jsou-li vhodné pro diabetiky nebo jestli jsou kariogenní, tj. způsobují vznik zubního kazu. Jejich relativní sladkost se vztahuje k 10% roztoku sacharosu (tabulka 2).

Také sladké látky se liší kvalitou vjemu. Některé syntetické mají hořkou nebo kovovou pachut (acesulfam K, cyklamát, sacharin). Jiné, hlavně přírodní, mají lékořicovou příchut (thaumatin, fyllo dulcin). O tom, že se liší rychlost nástupu i odeznění chuti ani nemluví.

Teorie, proč jsou vlastně některé látky sladké, se hodně vyvíjely a poměrně se liší. Od té, že musí obsahovat několik hydroxylových skupin, přes teorii, že sladkou chuť způsobuje hydrofobní skupina a migrující proton až po teorie zkoumající uspořádání molekuly v prostoru. Poslední teorie z roku 1991 je

<sup>5</sup> Vzhledem k tomu, že doporučená denní dávka NaCl je 8 g, je to docela dost.



## Seriál – Senzorická analýza II

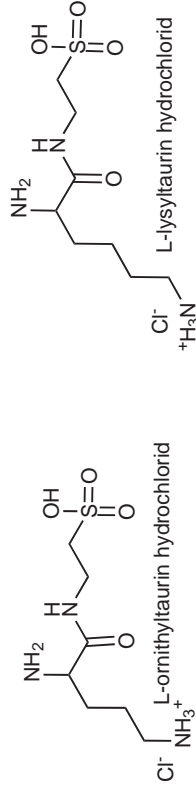
Autor: Jana Zikmundová

V tomto díle se podrobněji podíváme na další základní chutě a látky, které je vyvolávají.

### Slaná

Tuto chuť způsobuje poměrně málo látek, především anorganické soli. Slané jsou halogenidy, sírany, fosforečnany, dusičnany a uhličitany alkalických kovů, kovů alkalických zemin a amonné soli. Problém ale je, že většina z nich způsobuje i různé pachutě, hlavně hořkou. Intenzita hořké chuti obvykle roste se stoupající relativní molekulovou hmotností. Čistě slanou chuť má pouze chlorid sodný. Ten navíc zvyšuje vnímání i chuti sladké, kyselé a vlastních chutí pokrmu.

Slané mohou být i soli organických kyselin (mravencí, octová, mléčná, citronová apod.) nebo látky nesoucí aminoskupinu (kyselina glutamová, cholin). Slané jsou dokonce některé peptidy (hydrochloridy L-ornithyltaurinu a L-lysylytaurinu, viz obrázek 1).



Obrázek 1: Slané peptidy

Lidské tělo potřebuje denně asi 2 g sodíku a 1,8 g draslíku. Oba tyto ionty jsou udržovány na membránách buněk v životně důležitém koncentračním rozdílu a významně také ovlivňují osmotický tlak. Ale v rostlinné říši to neplatí. Rostliny potřebují pro správný růst sodíku mnohem méně. Jedna z teorií předpokládá, že pro předky člověka žijící ve vnitrozemí a žijící se převážně vegetariánskou stravou bylo problematické získat dostatek sodíku. A tak byl ten, kterému potrava s větším množstvím sodíku chutnala, v evoluční výhodě. Možná s tím souvisí i poměrně vysoké prahové koncentrace slaných látek (viz tabulka 1). Prostě čím více, tím lépe. Jiné teorie porovnávají vnímání chuti lidí a primátů ale naznačují, že vyšší podnětové prahy u lidí vznikly až později.

## Úloha č. 2: Jako zámek a klíč

Autor: Ondřej Šimůnek

V této úloze se budeme zabývat šalvějí divotvornou (*Salvia divinorum*) a působením její obsahové látky (látky **Z**) na lidský organismus prostřednictvím opioidních receptorů.



1. Napište triviální název látky **Z** a nakreslete její vzorec.

Nyní trochu informací o receptorech. Jak jistě víte, všechny receptory, které v lidském těle máme, jsou primárně určeny pouze pro endogenní látky. Teprve s postupem poznávání přírody zjistil člověk, že některé přírodní (a později i syntetické) látky působí na lidský organismus také, a tudíž také musí interagovat s receptory v našem těle. Toho se dnes využívá například v medicíně při podávání léků.

Každá látka, která s receptorem může nějakým způsobem interagovat, má dvě důležité vlastnosti: afinitu (která udává, jak moc je molekula této látky kompatibilní s daným receptorem) a aktivitu (která udává, jak moc je molekula dané látky schopna receptor podráždít a vyvolat tak „odpověď“). Látku s velkou afinitou i aktivitou nazýváme agonistou, je to tedy látka, která dokáže nasednout na receptor a vyvolat odpověď. Látku, která vykazuje pouze afinitu k danému receptoru, nazýváme antagonistou. Ta dokáže receptor obsadit, ale nevyvolává žádnou odpověď. Antagonisté jsou tedy látky využitelné pro minimalizování účinku agonistů. Na pomezí skupiny agonistů a antagonistů leží skupina dualistů. Jsou to takové látky, které mají afinitu k receptoru a jen velmi malou aktivitu.

2. Látky typu opioidních dualistů se používají např. při substituční léčbě závislosti na opiátech. Vysvětlete proč.

Receptory dále dělíme na různé skupiny, a to podle toho, s jakou skupinou látek dokážou interagovat (máme tedy např. receptory opioidní, dopaminové, kanabinoidní, nikotinové, muskarinové a velkou řadu dalších). Jak bylo již výše řečeno, budeme se nyní zabývat receptory opioidními. Endogenními substráty těchto receptorů jsou tzv. opioidní peptidy:  $\beta$ -endorfin (skupinu opioidních receptorů, které převážně obsazuje, nazýváme  $\mu$ -opioidní receptory, zkratka MOR), enkefalin (obsazující převážně  $\kappa$ -opioidní receptory, DOR) a dynorfin (obsazující převážně  $\delta$ -opioidní receptory, KOR). Receptory z různých skupin (pokud jsou aktivované) působí na lidské tělo trochu jinak, přičemž nejširší spektrum účinků pozorujeme při aktivaci MOR a nejužší při aktivaci DOR.

Aktivace opioidních receptorů vede ke snížení produkce  $\gamma$ -aminomáselné kyseliny (GABA), noradrenalinu (pouze aktivaci DOR) a excitačních neuro-

transmiterů. Aktivace MOR a DOR vede k útlumu tvorby cyklického adenosinmonofosfátu (cAMP) a aktivaci  $K^+$  kanálu, aktivace KOR vede k inhibici  $Ca^{2+}$  kanálu. Tyto skutečnosti dále vedou k dalším dílčím krokům, vedoucím k útlumu organismu či jeho části.

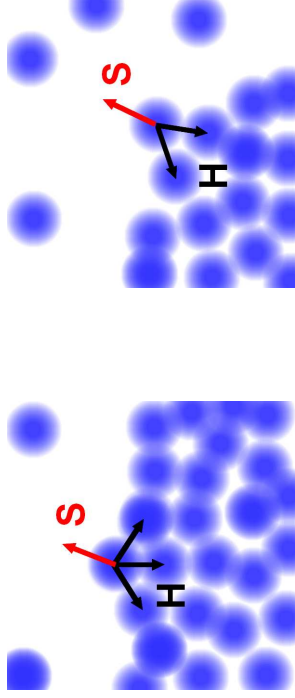
3. Jakou skupinu opioidních receptorů obsazuje látka **Z**?
4. Jeden vědecký článek říká: „Opioidní analgetika podaná přímo do mozkomíšního moku vyvolávají velmi silnou analgézi, a to již v dávkách podstatně nižších než při systémové aplikaci.“ Vysvětlte tento jev.
5. Proč podávání opioidních analgetik může způsobit zácpu?
6. Podávání řady opiátů (např. morfinu) vede k jevu, kterému se říká *tolerance*. Vysvětlte tento pojem a stovnejte ho s pojmem zvaným *tachyfy-laxe*. Uveďte příklad látky, při jejímž podání může dojít k tachyfy-laxi.
7. Seřadte následující látky podle vhodnosti jejich použití jako antagonistů při předávkování látkou **Z**: naloxon, M-CAM (methocinnamox), norBNI (norbinalotrofin), nalmefen, GNTI (5'-guanidinonaltrindol). Jejich seřazení odůvodněte.

Obsah látky **Z** v sušině šalvějových lístků je 0,2 %. Bylo odebráno 103 mg sušených šalvějových lístků, z nichž byla látka **Z** extrahována s výtěžkem 67 %. Tento extrakt byl po zabušení a zbavení nežádoucích látek podán intravenózně našemu dobrovolníkovi. Uvažujte, že platí následující předpoklady:

- Biologická dostupnost látky **Z** je při intravenózním podání rovna jedné.
  - Distribučním prostorem uvažujeme pouze krevní řečiště (dobrovolník má ve svém těle 6 l krve).
  - Při intravenózním podání látky **Z** je její distribuce v krevním řečišti tak rychlá, že můžeme uvažovat prakticky okamžitě ustavení rovnoměrné koncentrace látky **Z** v krvi (tj. v čase  $t_0$  je v těle dobrovolníka ustavena nejvyšší možná koncentrace látky **Z**, která s postupujícím časem pouze klesá).
  - Poločas eliminace látky **Z** u mužů činí 35 minut, efektivní koncentrace látky **Z** v krevním řečišti činí  $4,6 \text{ nmol dm}^{-3}$ .
8. Vypočítejte, za jak dlouho po podání látky **Z** do krevního řečiště našeho dobrovolníka odezní její účinky. Pamatujte, že eliminace xenobiotik je popsána kinetickou rovnicí prvního řádu, což je rovnice diferenciální a tudíž ji před vlastním výpočtem musíte zintegrovat.

povrch, a tak jí stačí menší tlak). Var pak probíhá nárazově a nekontrolovaně. V praxi se to řeší přidáním varných kamínků, tedy kousků porézního materiálu, na kterém mohou vznikat bublinky snáze a kapalina se díky tomu vaří plynule.

11. Každý ze zmíněných jevů přimáší do atmosféry kondenzační jádra, nutná pro tvorbu kapek.
12. Hlavním přírodním zdrojem oxidu siřičitého v atmosféře jsou výrony sopek. Největším lidským zdrojem je spalování uhlí (hlavně hnědého).
13. Hygroskopické jsou látky, které adsorbují (zachytávají) vodu.
14. Kapičky kyseliny sírové do sebe díky svým hygroskopickým vlastnostem nasávají vodu a umožňují tak vznik kondenzačních jader. Chemická afinita tak brání tomu, aby se kapičky předčasně vypařily.
15. Osmóza, osmotický tlak.
16. Taková buňka by v prostředí mořské vody „vyschla“, voda by byla tažena z buňky ven.
17. Osmotický tlak je koligativní vlastnost. Pro buňku tedy stačí, aby vyrovnávala koncentraci částic uvnitř buňky (výrobou DMSP) oproti koncentraci částic vně buňky.
18. Látka **A** – dimethylsulfid  
Látka **B** – methylsulfid  
Látka **C** – dimethylsulfoxid  
*Otázka 1 – 1 bod, otázka 2 – 0,5 bodu, otázka 3 – 0,5 bodu, otázka 4 – 0,5 bodu, otázka 5 – 1,5 bodu, otázka 6 – 1 bod, otázka 7 – otázka 1 bod, otázka 8 – 1,5 bodu, otázka 9 – 1,5 bodu, otázka 10 – 1,5 bodu, otázka 11 – 0,5 bodu, otázka 12 – 1 bod, otázka 13 – 0,5 bodu, otázka 14 – 0,5 bodu, otázka 15 – 0,5 bodu, otázka 16 – 0,5 bodu, otázka 17 – 0,5 bodu a otázka 18 – 1,5 bodu. Celkem 16 bodů.*



Obrázek 1: Rovinný (vlevo) a zakřivený (vpravo) povrch vody

A teď už můžeme dosadit do upravené Kelvinovy rovnice, z níž si vyjádříme parciální tlak vodní páry nad zakřiveným povrchem (nezapomeňte na SI jednotky):

$$\begin{aligned}
 p_r &= p_\infty \exp\left(\frac{2V_m \gamma}{rRT}\right) = & (2) \\
 &= 1,23 \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot \exp\left(\frac{2 \cdot 18 \cdot 10^{-6} \cdot 74,22 \cdot 10^{-3}}{10 \cdot 10^{-9} \cdot 8,314 \cdot 283,15}\right) = \\
 &= 1,38 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 1,38 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$

Tlak nasycené páry nad kapkou je tedy vyšší, než nad rovným povrchem a číí 1,38 kPa.

9. Přesycená pára je termodynamicky nestabilní plyn, která obsahuje více kapaliny, než nasycená pára při stejné teplotě. Ve stavu nasycené páry se mohou hypoteticky tvořit malé kapičky, jejichž zakřivení je ovšem tak velké, že tlak páry nad nimi je ve skutečnosti větší než tlak nasycené páry za dané teploty, takže by se takové kapičky naopak měly tendenci odpařovat. K samovolné kondenzaci za těchto podmínek tedy nedochází, protože pro ni chybí mechanismus.

10. Při utajeném varu je voda ve stavu přehřáté kapaliny, což je opět termodynamicky nestabilní systém. Ten vzniká principiálně z podobných důvodů jako přesycená pára, zakřivení povrchu u drobných vznikajících bublinek je tak velké, že je v nich tlak páry menší než nad rovným povrchem za dané teploty. Bublinka vodní páry nestačí vzniknout, protože se jí nedaří prorazit tlakem na ni působícím. Když pak teplota vzroste ještě více, bublinka se už může vytvořit a po jejím vytvoření se okamžitě rozšíří, protože rozšiřování bubliny už je výrazně jednodušší (větší bublina má rovnější

9. Představte si následující hypotetickou situaci: Pokud by látka **Z** tvořila komplex s krevními bílkoviny a navíc by při průchodu játry nasedala na enterohepatální cyklus, jak by se oproti skutečnosti změnila doba jejího setrvání v organismu, intenzita jejího účinku a doba, kdy nastane maximální účinek?

10. Zakreslete do grafu časovou závislost koncentrace látky **Z** v krevním řečišti našeho dobrovolníka (přesně) a dále do stejného obrázku zakreslete (přibližně), jak by tato závislost vypadala při podání stejného množství látky intramuskulárně a transdermálně.

11. Z uvedených dat vypočítejte další toxikokinetické údaje pro látku **Z**: eliminační konstantu, AUC a clearance. Vysvětlete, jaký význam má veličina AUC a jak ji můžete získat, máte-li experimentálně naměřený časový průběh koncentrací xenobiotika v krvi. Stejně tak u clearance vysvětlete, co tato veličina označuje.

**Úloha č. 3: Elementární analýza plná překvapení**

Autor: Zbyněk Rohlík

**8 bodů**

Bylo připraveno šest látek **A–F**, vesměs nevalně stálých (charakteristickým projevem této nestability je exploze). Analýza ukázala, že tyto látky obsahují pouze kobalt, dusík a vodík. Stanovení obsahu jednotlivých prvků poskytl data shrnutá v následující tabulce.

	Co (%)	N (%)	H (%)
<b>A</b>	24,92	71,24	3,87
<b>B</b>	16,17	80,60	3,34
<b>C</b>	24,89	71,21	3,84
<b>D</b>	20,55	73,10	6,36
<b>E</b>	24,99	71,23	3,86
<b>F</b>	24,93	71,17	3,85

- Určete sumární vzorec látek **A–F** (poznámka pro lenochy – celý výpočet vám zabere pouhých 6 minut).
- Pokuste se odhalit totožnost látek a napsat jejich názvy, víte-li, že
  - B** a **D** ve vodném roztoku disociují na stejný počet iontů, slítím těchto roztoků v molárním poměru 1:1 lze získat **A** a sloučeninu vodíku a dusíku o sumárním vzorci  $\text{HN}$ ;
  - C** a **E** mají shodnou symetrii aniontu ( $D_{4h}$ ), ale liší se symetrií kationtu (u **C** je  $C_{2v}$ );
  - F** je neelektrolyt (v roztoku nedisociuje), molekula má trojčetnou osu symetrie.
- Pojmenujte vztahy mezi
  - F** a **A**, **F** a **C**, **F** a **E**
  - C** a **E**
  - A** a **C** či **A** a **E**,
 a specifikujte typy těchto vztahů.
- Nechte se inspirovat strukturami **A–F** a navrhněte podobnou látku (obsahující pouze Co, N a H), která by měla ještě vyšší obsah dusíku.

**Úloha č. 5: O čem se dešfovám ani nesnilo...**

Autori: Jiří Kysilka a Karel Berka

**16 bodů**

- Flak nasycené páry nad kapalinou závisí na teplotě. Flak nasycené vodní páry nad kapalinou se bude rovnat okolnímu tlaku při varu.
- Rosný bod je taková teplota, při níž tlak syté vodní páry odpovídá parciálnímu tlaku vodních par ve vzduchu. Vodní pára ve vzduchu a kapalná voda jsou tedy v rovnováze. Snížením teploty vzduchu pod teplotu rosného bodu se rovnováha posune a vodní pára začne kondenzovat – v přírodě obvykle v podobě kapiček rosy.
- Voda se bude odpařovat dokud parciální tlak vodních par nedosáhne tlaku nasycené vodní páry při dané teplotě.
- Ohrěvem se klesne hustota vzduchové vrstvy (zvětší se objem) a ta začne stoupat vzhůru.
- Menší tlak při stejné teplotě povede ke snížení parciálního tlaku vodních par a bude tedy bránit kondenzaci vodních par.
  - Nižší teplota při stejném tlaku sníží tlak nasycených vodních par, a pokud bude parciální tlak vodních par větší než tlak nasycených vodních par, pára začne kondenzovat.
  - Aby došlo ke kondenzaci, musí klesat tlak nasycených par rychleji, než bude klesat parciální tlak vodních par. Změna poměrů díky poklesu teploty tedy musí být rychlejší, než změna díky poklesu tlaku.
- Jak je vidět na obrázku 1, molekulám umožňuje se uvolnit z kapaliny jejich tepelný pohyb (značeno červenou šipkou S). V kapalně fázi je naopak udržují jejich přitažlivé elektrostatické (vodíkové vazby) a disperzní interakce s ostatními vodami (značeno černými šipkami H). V makroskopickém pohledu se náhodný tepelný pohyb molekul projevuje jako entropie (S), zatímco přitažlivé interakce jsou enthalpické (H).
- Vzhledem k tomu, že molekula vody má na zakřiveném povrchu méně kontaktů a tedy i méně přitažlivých sil, než na rovném povrchu, bude zde také méně držena a bude z kapičky snáze unikat, což je naznačeno na obrázku 1.
- K výpočtu Kelvinovy rovnice nám chybí molární objem vody v SI jednotkách:
 
$$V_m = \frac{M}{\rho} = \frac{18 \cdot 10^{-3} \text{ kg mol}^{-1}}{1,00 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}} = 18 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1} \quad (1)$$

sice superkyseliny neobjevil, ale zavedl jejich moderní definici a posunul hranici lidského poznání v tomto odvětví o velký kus vpřed.

*Otázka 1 – 0,5 bodu, otázka 2 – 2 body, otázka 3 – 1,25 bodu, otázka 4 – 0,5 bodu, otázka 5 – 1,25 bodu, otázka 6 – 0,75 bodu, otázka 7 – 1,5 bodu, otázka 8 – 1,25 bodu, otázka 9 – 0,75 bodu, otázka 10 – 2 body, otázka 11 – 1,25 bodu, otázka 12 – 1,25 bodu a otázka 13 – 0,75 bodu. Celkem 15 bodů.*

#### Úloha č. 4: Nové principy v pašování

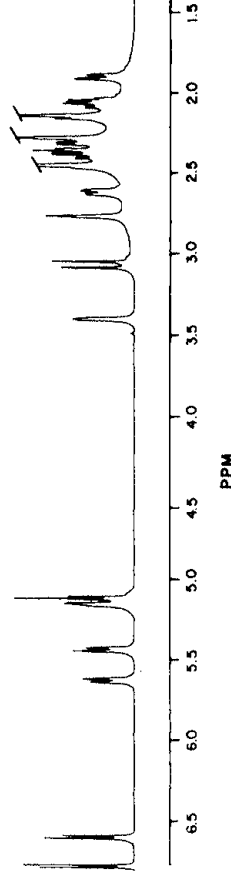
9 bodů

Autor: Milan Jakubek

*Je teplý letní večer a po Route 66 se žene černá cisterna. O kousek dál čeká u silnice zásahová jednotka, která má dnes za úkol dopadnout gang kolumbijských mafiantů. O pár minut později vše začíná. Do cesty projíždějícímu kamionu začínají vjíždět automobily zásahové jednotky a snaží se řidiče přinutit, aby zastavil. On ale stále nereaguje. Situace je nebezpečná, neboť cisterna zřejmě podle nápisu přepravuje benzín, a proto nemohou použít zbraně. Naštěstí řidič kamionu nevydrží, situaci vzdává a zastavuje. Ihned z aut vyskakují muži v kuklách, obkličují kamion a řidiči nasazují pouta. Nastává důkladná prohlídka kamionu, avšak žádné zbraně ani zakázané látky nenacházejí. Proč tedy řidič utíkal? Zbývá pouze cisterna. Vypadá jako úplně každá jiná na přepravu benzínu, jen u výpuštění ventilu jsou stopy po neznámé chemikálii.*

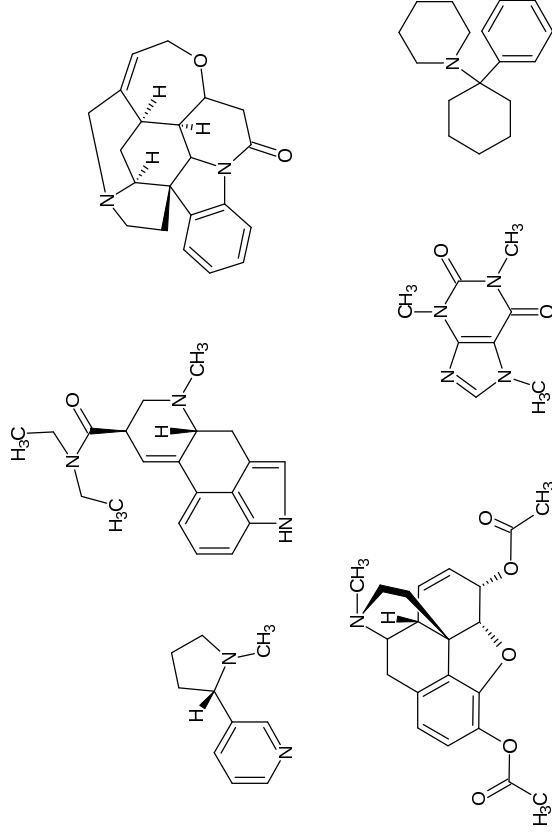


Později, po odebrání vzorku v laboratoři v Las Vegas a odstranění benzínu, policení experti objevili neznámou látku **A**, od které změřili následující NMR spektrum:



Obrázek 1:  $^1\text{H-NMR}$  neznámé látky **A**

- Látky na obrázku 2 pojmenujte a vyberte z nich tu, které patří vyrobené spektrum. Pro případnou predikci spektra můžete využít následujícího odkazu: <http://www.nmrdb.org/predictor>.
- Navrhněte, jak bylo možné odseparovat neznámou látku **A**, jestliže by směs obsahovala pouze benzín a onu látku.
- Vymyslete nejsnazší syntézu, jak by mafie mohla neznámou látku **A** připravit (v jednom syntetickém kroku). Popište i zpracování reakční směsi. Jedním z reaktantů bude přírodní látka **B** a dalším reaktantem bude látka

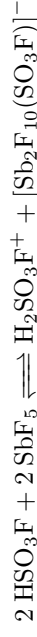


Obrázek 2: Nepojmenované látky

**C**, která v  $^1\text{H-NMR}$  spektru má pouze singlet u 2,22 ppm a která má sumární vzorec  $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3$  (látky **B** i **C** pojmenujte).

4. Jelikož syntéza látky **A** je nelegální, hluboko v mexických horách si mafie vybudovala svá tajná místa, kde látku **A** připravuje. Tato místa jsou rovněž zdrojem přírodní látky **B** nutné k přípravě této látky. Napište latinské jméno živočicha či rostliny, ze které mafie získává látku **B**.
5. Zjistěte  $\text{LD}_{50}$  látky **A** (intravenózně pro myš). Pro člověka  $\text{LD}_{50}$  samozřejmě stanovena není, nicméně je známo, že toxické účinky má dávka přibližně třikrát menší. Narkoman (předpokládejme, že váží 80 kg) však ve standardním „psaníčku“ nalezne jen padesátinu oné toxické dávky. Už takové množství stačí ke zřetování. V případě, že by se mafii podařilo látku **A** od benzínu odseparovat a všechnu prodat, získala by nemalý balík peněz. Spočítejte kolik. Víte, že cisterna má objem přibližně 8 tis. US galonů a je plná 5% roztoku látky **A** v benzínu. Hustota roztoku v cisterně je  $850 \text{ kg m}^{-3}$ . V úvalu berme, že metody pro separaci látky **A** mají za následek 15% ztrátu. Jedno „psaníčko“ se prodává za deset dolarů.
6. Na závěr by mě zajímalo místo, kde došlo k dopadení mafianské cisterny. Oficiálně už Route 66 bohužel neexistuje, avšak zbyla její část poblíž města, kterému se přezdívá „srdce Route 66“. Tady byla policejní akce provedena.

ochotně reagují za vzniku komplexu  $[\text{SbF}_5(\text{SO}_3\text{F})]^-$ , případně složitějších komplexů jako  $[\text{Sb}_2\text{F}_{10}(\text{SO}_3\text{F})]^-$ . Vzhledem k tomu, že  $\text{SbF}_5$  je velmi silná Lewisovská kyselina, dochází k této reakci velmi ochotně a vzniklý komplex je hodně stabilní. Jaké to má důsledky pro náš superkyselý systém? Vzpomeňte na autoprotolýzu  $\text{HSO}_3\text{F}$  (otázka 4), při této reakci vzniká  $\text{SO}_3\text{F}^-$ . Přidaný  $\text{SbF}_5$  jej ze systému vychytává a váže na sebe, čímž výrazně posunuje rovnováhu autoprotolytické reakce ve prospěch produktů. V systému tím pádem rapidně roste koncentrace kyselých částic  $\text{H}_2\text{SO}_3\text{F}^+$ , tedy kyselost systému se výrazně zvyšuje (jak výrazně jsme spočítali v minulé otázce). Opět analogie s vodou a klasickými kyselinami a zásadami: víte, že autoprotolýzou vody vzniká  $\text{H}_3\text{O}^+$  a  $\text{OH}^-$ . Také víte, že součinn jejich koncentrací musí zůstat konstantní, tedy pokud ubereme  $\text{H}_3\text{O}^+$ , musíme přidat  $\text{OH}^-$  a naopak. Zde je situace stejná, účinkem  $\text{SbF}_5$  došlo ke snížení koncentrace zásadité částice v roztoku superkyseliny ( $\text{SO}_3\text{F}^-$ , tedy našeho  $\text{OH}^-$ ), nutně tedy musí dojít ke zvýšení koncentrace kyselých částic ( $\text{H}_2\text{SO}_3\text{F}^+$ , tedy našeho  $\text{H}_3\text{O}^+$ ), aby rovnováha zůstala zachována.



11. Methan reaguje jako zásada, tedy přijímá  $\text{H}^+$ . Vzniká částice  $\text{CH}_5^+$ . Když jsme u toho, prokázány byly i částice  $\text{CH}_6^{2+}$  a  $\text{CH}_7^{3+}$ . Pro další protonaci methanu máme zatím asi příliš slabé superkyseliny.

V částici  $\text{CH}_5^+$  se uplatňuje třístranná dvouelektronová vazba (spojuje uhlík se dvěma atomy vodíku), stejně je tomu třeba u diboranu.

12. Došlo k protonaci vzniklé kyseliny uhlíčitě, čímž vznikla částice  $\text{C}(\text{OH})_3^+$ . Dlužno podotknout, že při zvyšování teploty na laboratorní už tato částice není stabilní, rozkládá se a dochází k úniku  $\text{CO}_2$ , jak jsme zvyklí.
13. Ano, i za rozpuštění svíčky může velká ochota magické kyseliny věnovat své  $\text{H}^+$ . Došlo tedy opět k protonaci uhlovodíkového řetězce parafinu a jeho rozštěpení na menší fragmenty (konkrétně na *tere*-butyl kationty), které jako nabitě částice ochotně přешly do roztoku.

Na závěr musím podotknout, že zmíněný vánoční večírek se dle literatury skutečně konal, jméno onoho postdoca je Joe Lukas. Po událostech na tomto večírku vznikl název „magic acid“ pro superkyselou směs  $\text{HSO}_3\text{F}$  a  $\text{SbF}_5$ . A aby nedošlo k omylu, skupina profesora Olaha má zásadly hlavně v oblasti karbo-kationtů a využití superkyselin v této oblasti. Samotný objev superkyselého prostředí a rozvinutí anorganické chemie superkyselin mají „na svědomí“ jiní chemikové. Bylo by asi nevhodné nezminít profesora R. J. Gillespieho, který

6. Z tabulky 2 zjistíme, že kyselina disírová je silnější kyselinou (má zápornější  $H_0$ ).  $H_2S_2O_7$  tedy bude protonizovat  $CF_3SO_3H$ :



7. Uvažujeme  $CF_3SO_3H$  jako rozpouštědlo. Stejně jako ve vodě i zde dochází k autoprotolýze, vzniká  $CF_3SO_3H_2^+$  a  $CF_3SO_3^-$  (voda:  $H_3O^+ + OH^-$ ). V tomto stavu je systém neutrální (ve vztahu sám k sobě), protože koncentrace kyselých ( $CF_3SO_3H_2^+$ ) a zásaditých ( $CF_3SO_3^-$ ) částic jsou si rovny, stejně jako v čisté vodě jsou si rovny koncentrace  $H_3O^+$  a  $OH^-$ . Pochopitelně navenek se nám zdá, že se jedná o kyselinu, ale to je otázka toho, jak jsme si nastavili pro nás neutrální prostředí. Přídavkem kys. disírové dojde, jak jsme zjistili v otázce 6, k protonizaci příslušné části  $CF_3SO_3H$ , tedy ke zvýšení koncentrace kyselých částic  $CF_3SO_3H_2^+$  v systému. Ten bude tím pádem více kyselý (stejně jako přídavkem klasické kyseliny do vody se zvýší koncentrace kyselých částic, tedy  $H_3O^+$  iontů, ve vodě, která se stane kyselou. Vidíte, že ve vodě je nejvyšší částic  $H_3O^+$ , stejně jako v našem případě je v roztoku  $CF_3SO_3H$  nejvyšší částic  $CF_3SO_3H_2^+$ . Přídavek kyseliny do vody generuje další  $H_3O^+$ , tedy zvyšuje jejich koncentraci v roztoku, tedy zvyšuje jeho kyselost. V případě  $CF_3SO_3H$  je to úplně stejná situace, jen máme o trochu složitější sloučeninu).

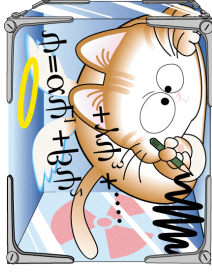
8. Protože vazba S–F v  $HSO_3F$  není příliš silná.  $HSO_3F$  je tedy nejen silná kyselina, ale i silné fluorační činidlo. To může způsobovat potíže v podobě nežádoucích vedlejších reakcí. Naproti tomu vazba C–F je značně stabilní (vzpomeňte na teflon), takže se za cenu mírného snížení acidity vyhneme nežádoucím fluoračním reakcím.
9. K tomuto výpočtu je třeba zjistit, jak je vlastně definována Hammettova funkce kyselosti. Zjistíme, že tato čísla jsou, stejně jako pH, v logaritmicke stupnici, tedy ve „formátu“  $10^x$ . Následně není nic jednoduššího, než porovnat hodnoty  $H_0$ , zjistit, že pro 100%  $H_2SO_4$   $H_0 =$  téměř  $-12$ , pro magič acid  $H_0 = -23$ . Rozdíl činí 11 jednotek, tedy číselně  $10^{11}$ , což je 11 řádů. Magická kyselina je tedy více než  $10^{11}$ krát (= stonmiliardkrát) kyselější než 100% kyselina sírová! To už je pořádný rozdíl, samotná kys. fluorsírová je „jen“ asi tisíckrát silnější než 100%  $H_2SO_4$ . Pro úplnost dodávám, že rozdíl mezi 100% a „obyčejnou“ zředěnou (20%) kyselinou sírovou, se kterou se můžeme běžně potkat ve školních laboratořích, je ještě dalších 11 řádů. ... Prostě čajíček. Ale nepřít!!!
10. Toto zvýšení kyselosti je založeno na Lewisovské neutralizační reakci mezi Lewisovskou kyselinou a Lewisovskou zásadou. Jak bylo zmíněno, kyselinou je  $SbF_5$ . Zásadou je v našem případě  $SO_3F^-$ . Tyto částice spolu

## Úloha č. 5: Variace na kvantové téma

16 bodů

Autorii: Karel Berka, Ondřej Demel a Kateřina Holá

*Kvantovka, to je průkopnice  
plující černou oblohou  
všechno se vejde do rovnice  
domeček vidle hřeben vidle,  
tak pokrčte svoje čela  
vy,  
kterým úloha zpříšerněla.*



Byla nebyla, ale bohužel spíš je jedna kvantová mechanika. A ta se, milé děti, kromě Schrödingerovy kočky na obrázku, zajímá hlavně o energie elektronů a jejich změny, což se pak využívá ve všech spektroskopích. Pro popis každé atomární energetické hladiny používá kvantová mechanika ... inu, kvantová čísla.

S kvantovými čísly pro jednoelektronové systémy se již asi znáte. Jedná se o hlavní kvantové číslo  $n$ , vedlejší kvantové číslo  $l$ , magnetické kvantové číslo  $m_l$ , spinové kvantové číslo  $s$  a magnetické spinové kvantové číslo  $m_s$ . Dvě z těchto kvantových čísel odpovídají momentu hybnosti elektronu v orbitálu: vedlejší kvantové číslo  $l$  popisuje velikost tohoto momentu a tedy i tvar a velikost orbitálu (orbitalum  $s$ ,  $p$ ,  $d$ ,  $f$  odpovídají vedlejší kvantová čísla  $l = 0, 1, 2, 3$ ) a magnetické kvantové číslo  $m_l$  pak jeho průmět do osy  $z$ . Podobně dvě kvantová čísla popisují spinový (točivý) moment hybnosti, zkrácené spin  $s$  popisuje jeho velikost a  $m_s$  jeho průmět do osy  $z$ , tedy směr otáčení.

U víceelektronových atomů, kterých je většina, je situace podobná. K popisu jejich stavu se používají celkový orbitální moment hybnosti  $L$ , jeho průmět do osy  $z$   $M_L$ , celkový spin  $S$  a jeho průmět do osy  $z$   $M_S$ . A aby toho nebylo málo, tak orbitální a spinový moment hybnosti můžeme dát dohromady a vytvořit tak celkový moment hybnosti  $J$  a jeho průmět  $M_J$ .

Abychom určili  $L$  pro celý atom, musíme složit orbitální momenty hybnosti všech jeho elektronů. Ale pozor. Moment hybnosti je vektorová veličina a k jeho skládání musíme přistupovat opatrně. Skládáme-li dva vektory, velikost výsledku může být maximálně součet velikostí dvou počítaných vektorů (pokud míří stejným směrem) a nejméně rozdílu velikostí (když míří opačným směrem). Pro případ dvou elektronů s kvantovými čísly  $l_1$  a  $l_2$  to můžeme přepsat jako  $L = l_1 + l_2, l_1 + l_2 - 1, l_1 + l_2 - 2$ , dokud nemáme jejich nejmenší rozdíl  $|l_1 - l_2|$ .

Jak vidíte, možných výsledků je několik, což odpovídá různým vzájemným orientacím skládaných vektorů. Navíc jsme v kvantové mechanice, a tak jsou kvantová čísla kvantovaná.

S průměty je to jednoduché. Ty jsou skalární, a tak je můžeme počítat přímo:

$$\mathbf{M}_L = m_{l,1} + m_{l,2} \quad (1)$$

Podobně se zachází se spinem. Velikost spinu  $s$  je pro každý elektron rovna  $\frac{1}{2}$ , jeho průmět  $m_s$  pak  $+\frac{1}{2}$  nebo  $-\frac{1}{2}$  a celkový spin  $S$  a jeho průměty  $M_S$  určíme podobně jako  $L$  a  $M_L$ .

- Pro excitovaný stav atomu helia  ${}^2\text{He}$  s elektronovou konfigurací  $1s^1 2s^1$  určete celkový orbitální moment hybnosti  $L$  a celkový spin  $S$ .

Abychom mohli snadno určit stav, o kterém je řeč, zavádí se pojem *term*. Na základě znalosti jednotlivých termů a jejich energií jsme schopni určit přechody mezi hladinami, které se projevují v elektronických spektrech. Ze vzniklého spektra pak můžeme určit analyzovaný prvek, případně vysvětlit jeho luminescenční chování, například důvod, proč existuje polární záře.

Russellův-Saundersův symbol pro term má pro atomy tvar:

$$2S+1 L_J,$$

kde  $2S+1$  je spinová multiplicita (singlet, dublet, triplet, atd.),  $L$  je symbol pro celkový orbitální moment hybnosti ve spektroskopické notaci (pro hodnoty  $L=0, 1, 2, 3$  se používají symboly S, P, D, F) a konečně  $J$  je celkový moment hybnosti, který nabývá hodnot:

$$\mathbf{J} = L + S, L + S - 1, \dots, |\mathbf{L} - \mathbf{S}| \quad (2)$$

- Napište termy pro zmíněný excitovaný stav atomu helia.

Zkusme si nyní trochu složitější případ – zkusíme určit základní termy pro uhlík. Tenhle případ je složitější ze dvou důvodů: jednak tu máme šest elektronů a ne dva, a navíc máme víc elektronů ve stejné podslupce.

Uhlík má elektronovou konfiguraci  $1s^2 2s^2 2p^2$ . Orbitály  $s$  jsou všechny plně obsazené, takže hodnoty  $L$  a  $S$  neovlivňují a můžeme se věnovat pouze orbitalu  $2p^2$ , ve kterém se vyskytují 2 elektrony. Tyto elektrony můžeme umístit do valenčního orbitalu  $p$  patnácti různými způsoby.

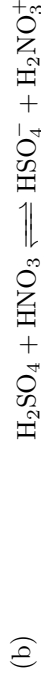
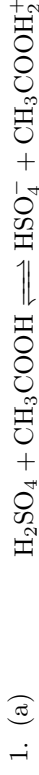
Při použití chlívečkové metody zobrazení nám jednotlivé chlívečky udávají magnetický orbitální moment  $m_l$ :

$m_l$	-1	0	+1
	↑	↓	↑

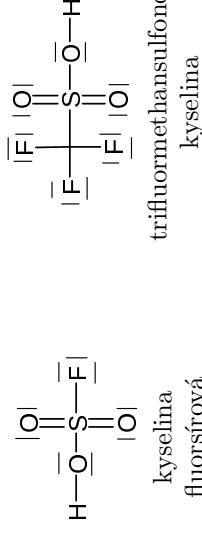
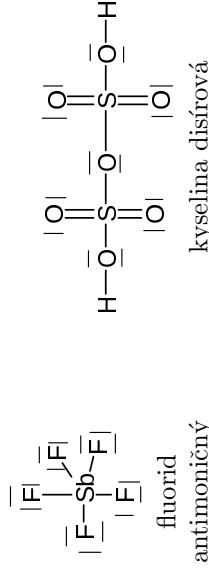
## Úloha č. 4: Magic Acid

Autor: Václav Kubbát

15 bodů



2.



- $\text{H}^+$  – Lewisovská kyselina

$\text{F}^-$  – Lewisovská zásada

$\text{PF}_5$ ,  $\text{TaF}_5$  a  $\text{BF}_3$  se sice v obvyklých případech chovají jako Lewisovské kyseliny, mohou ale vystupovat i jako Lewisovské zásady – záleží na reakčním partnerovi.



- Odlíšnosti fyzikálních vlastností těchto látek jsou dány působícími mezimolekulovými interakcemi. Kyselina sírová obsahuje v molekule dvě OH skupiny, každý z vodíků se může účastnit (a také se účastní) tvorby vodíkových můstků, zatímco kyselina fluorsírová má jednu OH skupinu nahrazenou fluorem, tudíž se vodíkových můstků může účastnit jen jeden vodík z každé molekuly  $\text{HSO}_3\text{F}$ , což je o polovinu méně než u  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Molekuly  $\text{HSO}_3\text{F}$  jsou tedy k sobě poutány celkově slabší silou než molekuly  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Proto je jednodušší je od sebe vzdálit (tání, var) či měnit jejich vzájemnou polohu (viskozita).



budeme hledat maximum ve sloupci B a pro otázku 5 použijeme řádek 1001, který odpovídá přídavku jednoho ekvivalentu čimidla  $Q$ .

	A	B	C
1	1000	0	0
2	$=A1 - (A1/(A1+B1))$	$=B1 - (B1/(A1+B1))$ $+ (A1/(A1+B1))$	$=C1 + (B1/(A1+B1))$

Tabulka 1: Simulace v tabulkovém kalkulátoru

Otázka 1 – 3 body, otázka 2 – otázka 1 bod, otázka 3 – 1 bod, otázka 4 – 3 body a otázka 5 – 1 bod. Celkem 9 bodů.

Směr šipky ukazuje magnetický spinový moment  $m_s$ . Šipka nahoru udává  $m_s = +\frac{1}{2}$  a šipka dolů pak udává  $m_s = -\frac{1}{2}$ .

A nyní se vraťme k možnostem, jak do valenčního orbitalu  $p$  můžeme umístit jednotlivé elektrony:

(a)	$\uparrow\downarrow$		$\uparrow\downarrow$	(c)		$\uparrow\downarrow$
(d)	$\uparrow$	$\uparrow$		(e)	$\uparrow$	$\uparrow$
(g)	$\downarrow$	$\downarrow$		(h)	$\downarrow$	$\downarrow$
(j)	$\uparrow$	$\downarrow$		(k)	$\uparrow$	$\downarrow$
(m)	$\downarrow$	$\uparrow$		(n)	$\downarrow$	$\uparrow$
				(o)		$\uparrow$

3. Spočítejte pro všechny případy kvantová čísla  $M_L$  a  $M_S$ .

Už je těch možností poměrně hodně, tak si je převedeme do tabulky. Každé možnosti odpovídá jedna čárka v kolonce s příslušnými hodnotami  $M_L$  a  $M_S$ .

		$M_L$				
		-2	-1	0	+1	+2
$M_S$	+1					
	0					
	-1					

$M_L$  a  $M_S$  jsou projekce, proto mohou nabývat různých hodnot, např.  $M_L$  může nabývat hodnot od  $L$  do  $-L$  a  $M_S$  od  $S$  do  $-S$ . Proto termu o specifickém  $L$  a  $S$  odpovídá v tabulce obdélník  $(-L, L) \times (-S, S)$ . A proto se pokusíme v tabulce rozdělit čárky do co nejmenšího množství co největších obdelníků určených pomocí  $L$  a  $S$ , a tím určit termy.

Pro první term zkusíme vzít co největší  $M_L = 2$  a této hodnotě odpovídá  $L = 2$ . Pro tuto hodnotu  $M_L$  je největší hodnota  $M_S = 0$  a tomu odpovídá  $S = 0$ . Výsledný term je tedy  ${}^1D$ . Z hodnot  $L$  a  $S$  následně určíme hodnoty celkového momentu hybnosti  $J$ . Pro  ${}^1D$  je možné pouze  $J = 2$  a vzniklý term je  ${}^1D_2$ .

Z tabulky vyškrtáme všechny kombinace  $M_L$  a  $M_S$  které tomuto termu odpovídaly, tedy čárky s hodnotami  $M_S = 0$  a  $M_L = -2, -1, 0, 1$  a  $2$ .

		$M_L$				
		-2	-1	0	+1	+2
$M_S$	+1					
	0		†	†	†	†
	-1					

V tabulce nyní zbyly možnosti s  $M_L = 1$ , které mají nejvyšší  $M_S = 1$ . Nyní můžeme určit  $L = 1$  a  $S = 1$ , což pro  $J$  dává více možností:  $J = 2, 1, 0$ . Termny jsou tedy tři:  ${}^3P_0, {}^3P_1, {}^3P_2$ . Opět můžeme z tabulky výskřtat všechny možnosti odpovídající těmto termům:

	$M_L$				
	-2	-1	0	+1	+2
$M_S$	+1	↑	↑	↑	
	0	↑	↑↑	↑↑	↑
	+1	↑	↑	↑	

A v tabulce už zbývá pouze možnost  $M_L = 0, M_S = 0$ , které odpovídá term  ${}^1S_0$ .

Pro  $p^2$  a tedy i pro uhlík jsme určili následující termy  ${}^1D_2, {}^3P_0, {}^3P_1, {}^3P_2, {}^1S_0$ .

4. Určete, kolik různých možností obsazení posledního valenčního orbitalu u následujících atomů: H, B, C, N, O.

5. Podobně jako jsme určovali termy pro  $p^2$ , určete termy pro  $p^1, p^3, p^4$ .

Ale zajisté tušíte, že ne všechny termy jsou základním stavem, tj. stavem s nejnižší energií. Ten je vždy jen jeden. K určení termu základního stavu se používají tzv. Hundova pravidla pro příslušnou elektronovou konfiguraci:

- i. Term s maximální hodnotou spinové multiplicity ( $2S + 1$ ) má nejnižší energii.
- ii. Při stejné hodnotě spinové multiplicity má nižší hodnotu energie term s maximální hodnotou celkového orbitálního momentu hybnosti ( $L$ ).
- iii. Při shodné hodnotě spinové multiplicity i celkového orbitálního momentu hybnosti dvou a více termů se stabilita určí následujícím způsobem: při zaplnění podslupky elektrony méně než z poloviny má nejnižší hodnotu energie term s minimálním hodnotou celkového momentu hybnosti ( $J$ ). Při zaplnění podslupky více než z poloviny má nejnižší hodnotu energie term s maximální hodnotou celkového momentu hybnosti ( $J$ ).

6. Pomocí Hundových pravidel určete symbol základního stavu (stavu o nejnižší energii) atomů: C, O, N. Při řešení vycházejte z termů určených v předchozí otázce.

7. Pomocí Hundových pravidel seřadte (od nejnižší energie) následující termy:  ${}^1D_2, {}^3P_0, {}^3P_1, {}^3P_2, {}^3S_0$ , pokud víte, že orbital těchto termů je méně než zcela zaplněn.

### Úloha č. 3: Milostrný poměr

Autori: Michal Řezanka a Robert Betík

9 bodů

1. Poměr sloučenin  $1 : 2 : 3$  je  $2 : 2 : 1$ . Označme si  $x$  relativní odezvu jednoho atomu vodíku patřícímu sloučenině  $1$ , podobně  $y$  pro sloučeninu  $2$  a  $z$  pro sloučeninu  $3$ . Jelikož sloučenina  $3$  obsahuje 2krát více vodíků  $-CH_2-O-$  než sloučenina  $2$  a signály  $B : B'$  jsou v poměru  $1 : 1$ , musí být  $\frac{y}{z} = \frac{1}{2}$ . Z čehož plyne, že  $y = 2z$ . Pro další výpočet použijeme například peak  $D$ . Z počtu methylových vodíků ve sloučeninách  $2$  a  $3$  plyne rovnice:  $3y + 6z = 3$ . Dosazením  $y = 2z$  do této rovnice a jejím vyřešením dostaneme, že  $z = 0,25$ . Dosazením  $z = 0,25$  do  $3y + 6z = 3$  vypočteme, že  $y = 0,5$ . Pro další výpočet použijeme peak  $A$ . Sestavíme rovnici  $2x + 2y + 2z = 2,5$ . Dosazením již známých neznámých vypočteme, že  $x = 0,5$ . Převedením na celá čísla dostaneme kýžený poměr.

2. S jistotou lze přiřadit pouze signál  $C$  ( $-CH_2-Cl$  ve sloučenině  $1$ ),  $C'$  ( $-CH_2-Cl$  ve sloučenině  $2$ ). Vodíky na dvojně vazbě sloučeniny  $3$  jsou součástí signálu  $A$  (lze zjistit z výšky integrálu).

3. Činidlo  $Q$  je octan sodný nebo draselný. Název sloučeniny  $1$  je 3-chlor-2-(chloromethyl)propan.

4. V případě ideálního průběhu reakce je pro dosáhnutí maximálního výtěžku nejlepší přidat 0,9 ekvivalentu činidla  $Q$ .

5. V případě použití jednoho molárního ekvivalentu činidla  $Q$  a v případě ideálního průběhu reakce jsou sloučeniny  $1-3$  v poměru  $1 : 1,15 : 1$ . V rozdílnosti ideálního a reálného poměru budou hrát roli rovnovážné konstanty (reakce neprobíhají na 100 %), rozdílné rychlostní konstanty reakcí  $1 \rightarrow 2$  a  $2 \rightarrow 3$  (druhá z reakcí pobeží pomaleji vzhledem ke sterickému bránění acetátu), reakční čas (reakce nedoběhla do rovnováhy) atp.

Poznámka: Závislost poměrů sloučenin  $1 : 2 : 3$  na počtu ekvivalentů činidla  $Q$  lze zjistit například simulací v tabulkovém kalkulátoru. Simulaci provedeme s tisíci molekulami výchozí sloučeniny  $1$  (při tisíci molekulách bude již bude vliv malého počtu molekul zanedbatelný). Sloupce A, B a C budou představovat po řadě počet molekul sloučeniny  $1, 2$  a  $3$ . Jednotlivé buňky vyplníme podle tabulky 1. Vzorce v buňkách A2 a B2 vyjadřují pravděpodobnost, že činidlo zreaguje buď s výchozí látkou  $1$  nebo s monosubstituovaným derivátem  $2$ . Tato pravděpodobnost závisí pouze na počtu molekul sloučenin  $1$  a  $2$ . Vzorce z buněk A2-C2 potom zkopírujeme až do buněk A2001-C2001. Každý nový řádek tak bude znamenat přidávek další molekuly činidla  $Q$ . Pro otázku 4

	1	2	3	4	5	6	7	8
$c_X$	0,167	0,333	0,500	0,667	0,833	1,000	1,167	1,333
$A$	0,113	0,227	0,341	0,455	0,569	0,683	0,796	0,910

Tabulka 1: Závislost absorpance na koncentraci látky  $X$  [ $\text{g dm}^{-3}$ ] – data pro regresi

Metodou nejmenších čtverců proložíme těmito daty přímkou a rovnice této závislosti je  $A = 0,6825c_X$ . Z toho plyne hodnota extinkčního koeficientu  $a_{540} = 0,6825 \text{ dm}^3 \text{ g}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ . Molární extinkční koeficient vypočteme dle vztahu  $\epsilon_{540} = a_{540} \cdot M(X)$ ,  $\epsilon_{540} = 43993 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ .

11. Pro výpočet využijeme rovnici kalibrační přímkou. Z ní vyplývá, že koncentrace látky  $X$  v květě je  $c_X = 0,9568 \text{ g dm}^{-3}$ . Koncentraci v květě převedeme na koncentraci v původním vzorku (krvi):

$$c = c_X \frac{M(\text{hemoglobin}) \cdot V_{\text{vzorku}}}{M(X) \cdot V_{\text{krve}}}$$

$$c = 0,9568 \cdot \frac{64500 \cdot 0,003}{64458 \cdot 20 \cdot 10^{-6}} \text{ g dm}^{-3}$$

$$c = 143,6 \text{ g dm}^{-3}$$

Koncentrace hemoglobinu ve sportovcově krvi je v normě, koncentrace hemoglobinu u mužů se pohybuje v rozmezí 140–170  $\text{g dm}^{-3}$ .

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

Pro spektroskopii ale nejsou zajímavé samotné termy, ale hlavně jejich vliv na přechody mezi energetickými hladinami. Elektroný totiž nemohou přecházet mezi hladinami libovolně, ale musejí splňovat určitá tzv. výběrová pravidla pro přechody mezi jednotlivými termy. Zde jsou:

- i. Jsou dovoleny jen přechody o stejné multiplícitě. ( $\Delta S = 0$ )
- ii. Změna celkový orbitálního momentu hybnosti  $L$  může nabývat hodnoty  $0$  a  $\pm 1$ . Přechod z  $L = 0$  do  $L = 0$  je zakázán. ( $\Delta L = 0, \pm 1; L = 0 \leftrightarrow 0$ )
- iii. Změna celkový momentu hybnosti  $J$  může nabývat hodnoty  $0$  a  $\pm 1$ . Přechod z  $J = 0$  do  $J = 0$  je zakázán. ( $\Delta J = 0, \pm 1; J = 0 \leftrightarrow 0$ )

Například jediný povolený přechod z  $^1S_0$  je ten do  $^1P_1$ .

Nicméně elektrony jsou tak trochu jako lidi. Ne vždy se chovají podle zákonů, které jim příroda nadělí, ale jsou schopny (když nemohou jinak) přecházet i mezi hladinami, mezi nimiž mají přechod zakázán. Projevuje se to ale tím, že zakázané přechody jsou výrazně pomalejší (v řádech sekund až minut). Zakázané přechody se tedy projevují jako fosforescence (zmiňená polární záře, fosforeskující barvy, apod.). Povolené přechody jsou velmi rychlé (v řádech femto- až nanosekund) a jde o fluorescenci.

8. Do kterých termů je povolen přechod ze základního stavu pro atomy C, N, O?

9. Které z následujících přechodů odpovídají fluorescenci a které fosforescenci:

- (a)  $^1S \rightarrow ^3P$  (typický pro červenou polární záři)
- (b)  $^1S \rightarrow ^1D$  (typický pro zelenou polární záři)
- (c)  $^1S \rightarrow ^1P$
- (d)  $^3P_2 \rightarrow ^3P_2$

10. V sodíkovém atomárním spektru je nejnižším přechodem  $3p^1 \rightarrow 3s^1$ . Napište si termý odpovídající jednotlivým konfiguracím a povolené přechody mezi nimi. Na základě faktu, že každý term definuje hladinu s různou energií vysvětlíte, proč je v sodíkovém spektru dublet.

11. Jakou má tento tzv. sodíkový dublet barvu? Vysvětlíte, proč má právě tuto barvu.

12. A protože nejenom kvantovou živ jest člověk, napište oslavnou ódu na kvantovou mechaniku a chemii. Můžete třeba pokračovat v básni na začátku.

**Řešení úloh 1. série 8. ročníku KSICHTU****Úloha č. 1: Lodě**

Autoři: Luděk Míka a Pavel Řezanka

**6 bodů**

1. Ano, Pavel skutečně s sebou nosí periodickou soustavu prvků.
- 2.

Pavel	Luděk	Pavel	Luděk
Si	Pt	Tl	Zn
P	Au	Te	Cd
C	Pd	Br	Cu
N	Tc	S	Y
Ge	Mn	Cl	V
Al	Fe	Ne	Co
F	Ru	Kr	Hg
In	Mo	Rn	La
Pb	Ti	I	Sc
Bi	Hf	At	Zr

3. Za správná řešení jsme brali takové popisy prvků, ze kterých šlo jednoznačně určit, o jaký prvek se jedná. Tzn. například popis „stříbrolesklý kov“ jsme neuznávali. Stejně tak jsme neuznávali chybné popisy, většinou se jednalo o fyzikální vlastnosti, kteří mnozí z vás čerpali zřejmě z české Wikipedie. I při hledání na Internetu je potřeba postupovat s rozumem a získané informace ověřovat nejlépe na anglicky psaných stránkách.
4. Po dlouhém a urputném boji nakonec vyhrál Luděk, jeho poslední ponorka mohla být buď na poloniu, nebo na antimonu.

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

**Úloha č. 2: EPO**

Autor: Jirí Kessler

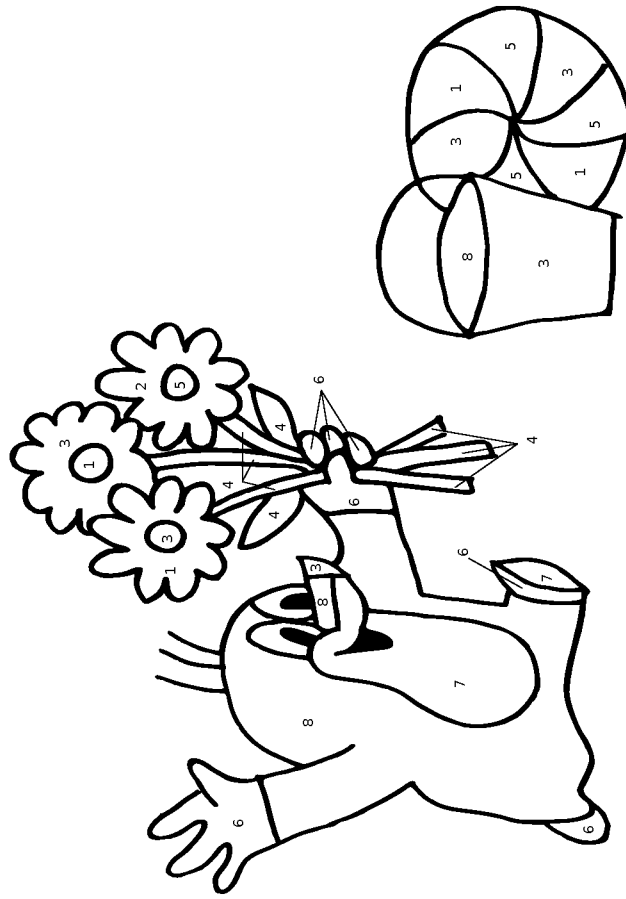
**9 bodů**

1. Zkratka EPO znamená erythropoetin a jedná se o bílkovinu.
2. EPO je hormonální látka, která stimuluje produkci červených krvinek. Sportovci, kteří užívají EPO, mají tedy vyšší hladinu hemoglobinu a mohou navázat více kyslíku, což se projeví na jejich výkonech. Rizika plynou z toho, že vyšší obsah krvinek se projeví zvýšením viskozity krve a může dojít k ucpání cév a zástavě srdce.
3. Amfolyt je amfoterní elektrolyt. Obsahuje tedy jak bazické, tak kyselé funkční skupiny. Hodnota isoelektrického bodu odpovídá hodnotě pH prostředí, ve kterém bude mít daná látka celkový náboj rovný nule.
4. Směs amfolytů se působením elektrického pole uvede do pohybu a v oblasti pH odpovídající isoelektrického bodu daného amfolytu se jeho pohyb zastaví, jelikož zde má nulový náboj a elektrické pole na něj nepůsobí. Tímto způsobem se samovolně vytvoří plynulý gradient pH, jehož hodnota bude růst od anody ke katodě, protože amfolyty s vyšším isoelektrickým bodem pI (tedy bazitější) budou v důsledku jejich kladného náboje migrovat od anody.
5. Migrace proteinu se zastaví v isoelektrickém bodě, neboť je zde jeho náboj nulový a elektrické pole na něj nepůsobí.
6. Bude-li protein nadávkován do místa vyššího pH, než je pI, bude mít záporný náboj a bude migrovat směrem k anodě, dokud se nezastaví. Ve druhém případě bude náboj proteinu kladný a dojde k migraci směrem ke katodě.
7. V biologicky aktivním hemoglobinu se železo nachází v oxidačním stavu II.
8. Jedná se o methemoglobin, železo je přítomno v oxidačním stupni III.
9. Červené krvinky se působením Drabkinova roztoku hemolyzují a uvolněný hemoglobin se reakcí s kyanidem draselným a hexakvanoželezitanem draselným převádí na kyanomethemoglobin. Tato operace se provádí z toho důvodu, že hemoglobin se v krvi nachází v několika formách. Tyto formy mají odlišné extinkční koeficienty, a jejich přímé stanovení by tedy bylo obtížné.
10. Nejdříve je nutno vypočítat koncentraci látky **X** ve standardních roztocích:  $c_X = \frac{m_X}{V}$ , např.  $c_{X,1} = \frac{0,5}{0,003} \text{ g dm}^{-3}$ .

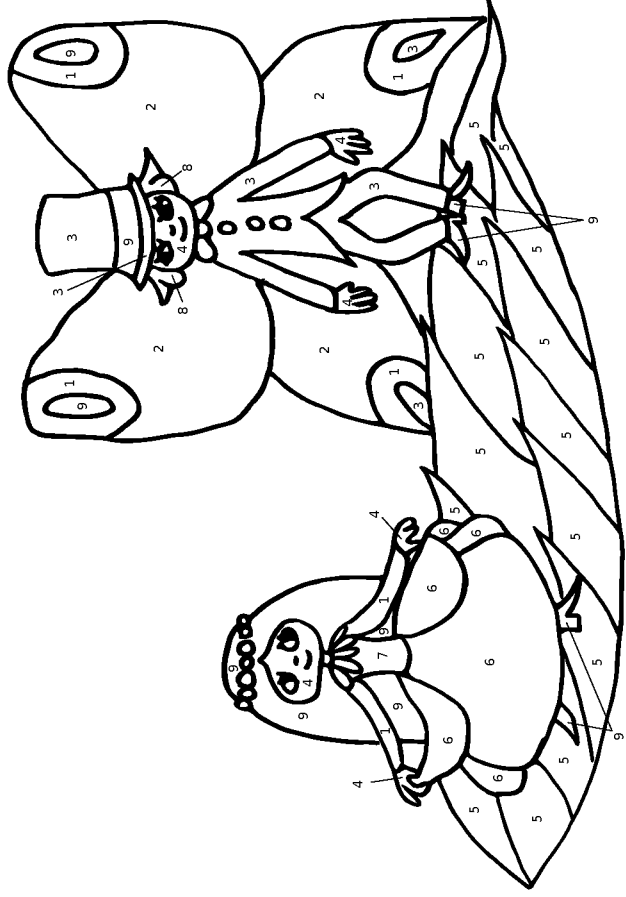
# Úloha „Malujeme malovánky“



Obrázek 1: Včelka Mája a Vilík



Obrázek 2: Krteček



Obrázek 3: Maková panenka a motýl Emanuel