

Vzpomínky k výročí časopisu *Chemické listy*

Při svém věku mohu již vystupovat v roli pamětníka a zavzpomínat, s trochou nostalgie, na doby učené vědy chemické, na doby, kdy jsem se pokoušel zařadit mezi „vědce“, kteří ve mně vzbuzovali respekt. Časopis *Chemické listy* v mém vstupu do vědeckého světa sehrál velkou úlohu. Byl to časopis, kterému jsem věřil, časopis, v kterém byly publikovány články významných vědeckých osobností, které ovlivnily můj vztah k chemii a výzkumu, časopis, v němž byly práce publikovány v češtině. Moje jazykové vzdělání bylo totiž značně zaostalé, protože během školní docházky výuka přecházela z němčiny na ruštinu a pak i na angličtinu, aniž na mně zanechala významné stopy ve všech těchto jazycích. Později jsem to jen s velkým úsilím doháněl.

Úloha přehledných článků

V době mých vědeckých začátků byly již *Chemické listy* časopisem referátovým, kde byly publikovány články shrnující údaje převzaté z odborné literatury, říkalo se jim rešerše. V té době sestavit článek shrnující publikované údaje jistě oblastí oboru představovalo několik týdnů, někdy i několik měsíců vysedávání v knihovně, procházení rejstříků *Chemical Abstracts*, lezení po „regálech“, hledání časopisů, objížďení knihoven a vypisování údajů na lístečky. V době, kdy elektronické prostředky získávání, ukládání a zpracování informací spadaly ještě do oblasti „science fiction“, byly hrdostí každého „vědce“ krabice plné lístečků, na nichž byly vypsané údaje z abstraktů a publikací. I později jsem trávil přibližně dva měsíce do roka v knihovně a pročítal *Chemical Abstracts*, abych měl přehled o tom, jak se obor vyvíjí.

Musím konstatovat, že v časopise *Chemické listy* jsem našel inspirativní přehledné práce zkušených odborníků, které představovaly hodnocení stavu jistého oboru, a v nichž se odrážela mnohaletá zkušenost jejich autorů. Pro začínajícího mladého studenta představovaly tyto práce „startovní čáru“ pro vstup do oboru, která mu umožnila, aby se seznámil s jeho stavem v dané době a nemusel se již vracet hluboko do vývoje v minulosti. Byla to cenná informace. Vycházela totiž z mnohaletých zkušeností špičkových odborníků, kteří nelitovali námahy na to, aby zhodnotili stav oboru a popsali jej v publikaci. Pozdější vývoj, který bych charakterizoval jako „kult původní experimentální práce publikované v angličtině a citované Američany“, význam těchto prací publikovaných v češtině snížil. Přesto si však myslím, že každý vědecký pracovník by si měl jako jeden z cílů vytknout vytvoření publikace nebo článku, v kterém zhodnotí stav oboru a formuluje názor pro jeho další vývoj.

Formální přehled odborné literatury

V současné době elektronického zpracování informací se časopis *Chemické listy* někdy potýká s problémem prací,

které je možné označit jako formální přehled odborné literatury. Elektronické systémy ukládání a vyhledávání informací umožňují rychle získat soubor odkazů na práce, v nichž se vyskytují zadaná klíčová slova. Autor tohoto formálního zpracování informací pak odkazy seřadí podle nějakého systému a vytvoří publikaci, jejíž součástí jsou desítky nebo stovky odkazů na původní prameny. Nechci tím říci, že tato vyhledávací činnost je neúčelná, je samozřejmou součástí vstupní fáze řešení nějakého problému. Ze zpracované informace je možné sestavit text. Hnací silou publikování těchto textů je často ne snaha něco odborné veřejnosti sdělit, ale i povinnost řešitelů, kteří získali granty, vytvořit publikaci, v níž je uvedeno poděkování agentuře, která grant přidělila. Takovýto přehled literatury však neobsahuje to nejdůležitější, a to je charakterizaci oboru, jasnou formulaci řešených problémů, nástin vývoje oboru a kritické posouzení publikovaných údajů. Je to jen uspořádaný systém odkazů vyhledaných elektronickým systémem.

Úloha českého jazyka v odborné literatuře v chemii a chemické technologii

Jednou z úloh vědeckých pracovišť, zejména pracovišť na vysokých školách, je vytváření odborné terminologie. Naši obrozenci zachránili český jazyk, vytvořili například nádherné originální české názvosloví anorganických sloučenin (ny, natý, itý, ičitý,.....). Najednou zjišťujeme, při konfrontaci s mezinárodními databázemi, že toto krásné názvosloví je jistou přítěží. Je třeba rozhodnout, ve výuce i praxi, kde ponechat české názvosloví a kde přejít na „mezinárodní termíny“. Podobné problémy se týkají i odborné terminologie. Musíme se rozhodovat, které termíny „internacionalizovat“, a které termíny vytvářet české. Asi nikdo nechce „chemický reaktor“ přejmenovat na „lučební přeměňák“. S postupem vývoje bude v odborném jazyce růst podíl terminů odvozených z mezinárodního základu (asi většinou z angličtiny). Tento vývoj by však měl být řízený a přijaté odborné termíny by neměly odporovat duchu českého jazyka.

K zachování publikací v českém jazyce v chemii vede řada důvodů. Přesto, že v oblasti vrcholové vědy se uplatňuje zásada „co není v angličtině – neexistuje“, učebnice středních škol, ale i vysokých škol, budou stále vydávány v češtině. Vývoj po roce 1989 prokázal, že představa, že by na vysokých školách byla výuka založena na využití mezinárodních, anglicky psaných učebnicích, je mylná. Drtivá většina studentů není zatím schopna běžně používat anglické učebnice jako samozřejmou učební literaturu, přesto, že pak mnozí z nich pracují na zahraničních pracovištích a úspěšně se tam uplatní. Základem výuky je čeština. Vývoj české terminologie je proto trvalým úkolem učitelů na vysokých školách, ale i úkolem odborníků na ústavech Akademie věd a jiných výzkumných institucích. Časopis

Chemické listy je jedním z prostředí, ve kterém je možné názory na české odborné termíny tříbit a testovat.

Úloha odborné terminologie v legislativě ochrany prostředí

Úkolem, také mimořádně důležitým, je vývoj odborného chemického jazyka pro oblast legislativy, např. pro schvalování integrovaných povolení v souvislosti se „Zákonem integrované prevence a omezování znečištění“, který je běžně označován z angličtiny odvozenou zkratkou IPPC (Integrated Prevention and Pollution Control) a zpracování bezpečnostních zpráv a jiných dokumentů uložených „Zákonem o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami a chemickými přípravky“. Články s touto tematikou se objevují na stránkách Chemických listů stále častěji. Chemické listy mohou vytvářet prostředí pro vytváření terminologie i v této oblasti.

Populárně vzdělávací články pro chemiky

Být chemikem v současné době není snadné. Přesto, že chemické produkty drtivá většina obyvatel kupuje a používá bez zábran, chemie je často označována a vnímána jako nebezpečný obor. Tento názor někdy zasahuje i mládež. Časopis Chemické listy poskytuje možnost informovat „chemickou veřejnost“ o aktuálních problémech chemie a vytvářet „skupinový názor na úlohu chemie“ a tomuto vývoji se bránit. Čtyři čísla časopisu za rok dostávají automaticky všichni členové České společnosti chemické. Časopis tedy oslovuje odbornou chemickou veřejnost. Je to příležitost osvětlit odborné chemické obci

aktuální problémy spojené s chemií a chemickým průmyslem. Jde hlavně o dva úkoly:

- Vytvářet společný názor odborné chemické veřejnosti na úlohu chemie ve společnosti, a to jak v kladném smyslu, tak smyslu záporném, aby mohla reagovat na tlaky různých organizací, které je možné charakterizovat heslem „chemie škodí, pryč s chemií“.
- Propagovat chemii mezi mládeží, aby byl zajištěn příliv mladých lidí na školy do sektoru.

Zkušenost ukazuje, že srozumitelné články o aktuálních problémech chemie a chemického průmyslu „si své čtenáře najdou“, například mezi učiteli chemie, ale i mezi studenty. Problémem je, kde takové články brát. Psaní těchto popularizačních článků není snadné a každý je psát neumí, a někdy je psaní těchto článků podceňováno a není ani dostatečně společensky hodnoceno. Ani organizace chemického průmyslu, které mají samozřejmě na vytváření společného názoru na úlohu chemie v životě naší společnosti zájem, nemají dost autorů, kteří by do časopisu Chemické listy psali články pro širší veřejnost.

Závěr

Přeji časopisu, aby vycházel i dále, protože jeho úloha je důležitá. Pro udržení časopisu jsou podstatné tři složky (seřazení neodpovídá důležitosti):

- autoři, kteří (zdarma) píšou dobré články,
- odběratelé, kteří časopis odebírají
- sponzoři, kteří poskytují prostředky, bez nichž nemůže časopis vycházet.

Josef Horák

KE STĚMU ROČNÍKU *CHEMICKÝCH LISTŮ*

PETR HOLÝ

Ústav organické chemie a biochemie AV ČR, Flemingovo nám. 2, 166 10 Praha 6
 petrholy@uochb.cas.cz

Došlo 19.1.06, přijato 16.2.06.

Klíčová slova: historie časopisu, významné osobnosti, současný stav a perspektiva

Pozorní čtenáři si již jistě všimli kulatého čísla ročníku na obálce letošních sešitů *Chemických listů*. Blížící se dovršení stoleté existence národního chemického časopisu je událostí jistě pozoruhodnou, možná i mimořádnou při neustálé obměně časopisových titulů, a tak tomuto výročí věnujeme nyní zaslouženou pozornost.

Stoleté období je nutně časovým intervalem mnoha státoprávních a společenských změn, značných pokroků ve vědě i mnoha generačních obměn. Je důkazem mimořádné životaschopnosti časopisu, že *Chemické listy* při své prakticky nepřerušené stoleté existenci přečkaly dvě světové války, období hospodářské krize za první republiky, dobu Protektorátu, společenské otřesy po únoru 1948, v letech padesátých i v normalizačním období po roce 1968, a naposledy i převratné ekonomické změny po roce 1989. Pro překonání každého z těchto krizových období bylo významné, že časopis byl podstatnou dobu orgánem České společnosti chemické, jejíž členové tento časopis obhájovali a v dobách zvláště zlých i sponzorovali. Udržet onu stoletou kontinuitu se podařilo i obětavou prací a entusiasmem klíčových osobností redakce časopisu a dalších členů jednotlivých generací redakčního kolektivu.

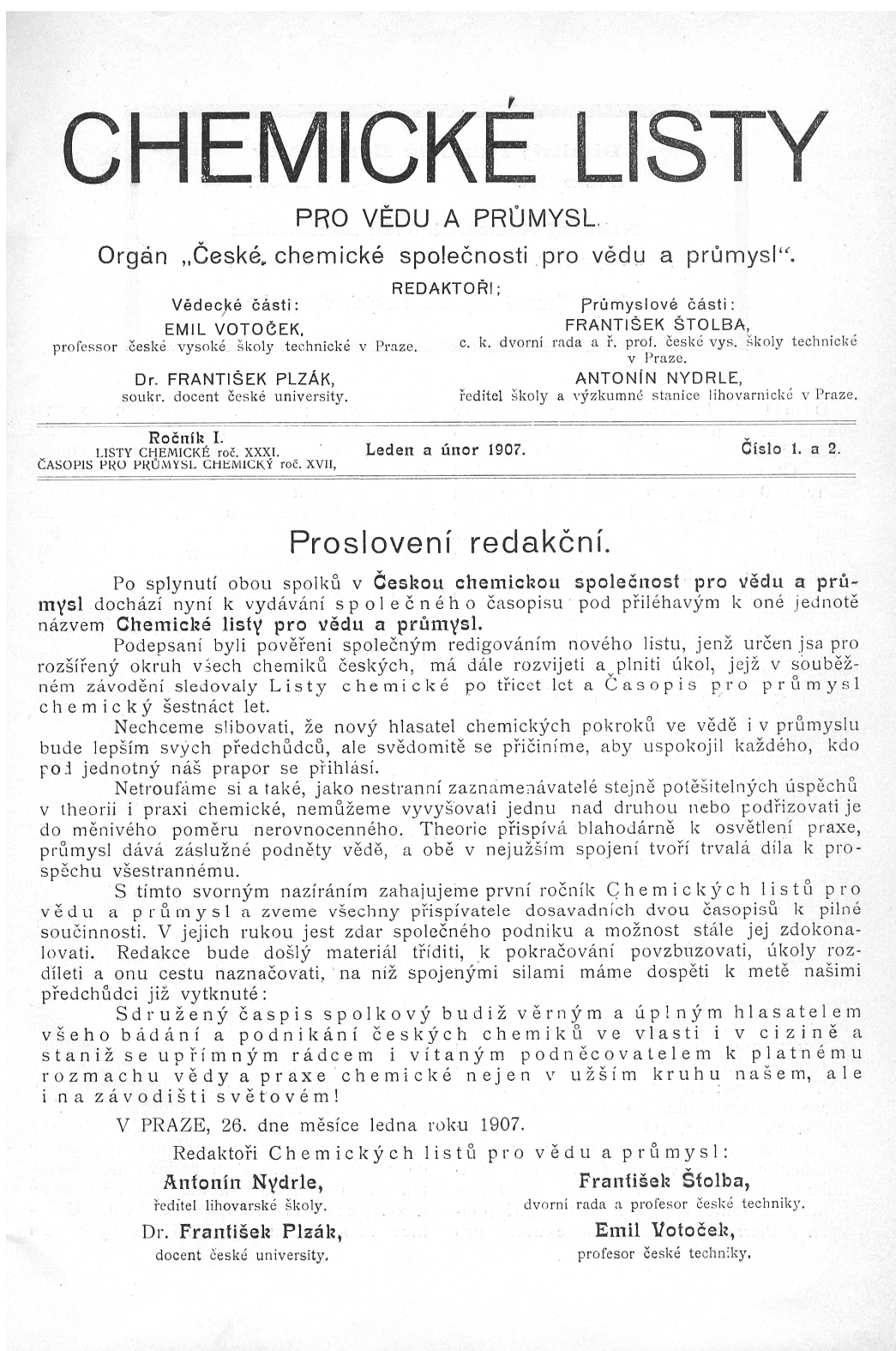
Kulaté číslo ročníku *Chemických listů* je vhodnou příležitostí k historickému zamyšlení, ovšem hned na počátku je třeba upozornit, že historie českého chemického časopisu zasahuje ještě hlouběji.

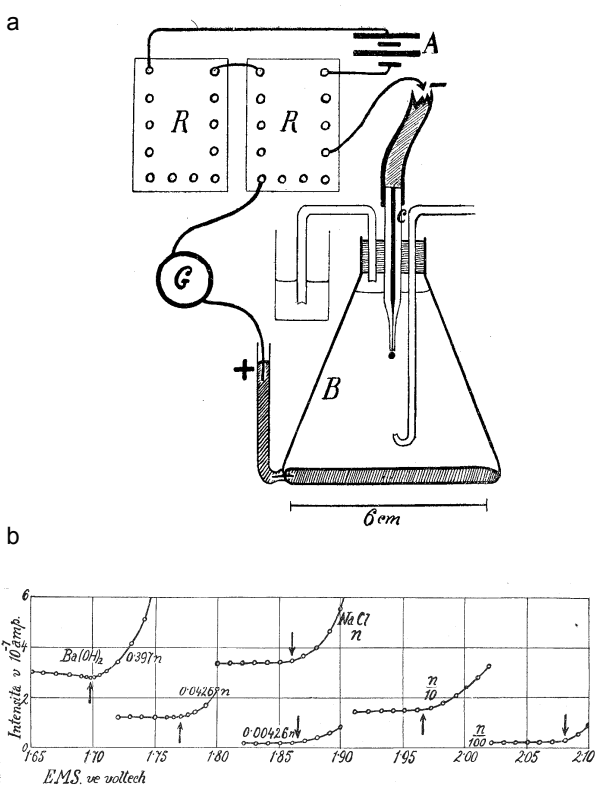
Vznik českého odborného časopisu s chemickým zaměřením vycházel z podmínek velmi rozvinuté průmyslové výroby v českých zemích v druhé polovině 19. století, ve které významné místo zaujímal průmysl cukrovarnický a těžební. Požadavky na zdokonalování výrobních postupů podnítily rozvoj chemického výzkumu a potřeba v chemii vzdělaných odborníků působila i na rozvoj chemického školství. Řada praktických potřeb vedla tehdy ke sdružovacím tendencím přírodovědně (a zvláště chemicky) orientovaných odborníků a studentů. Na valné hromadě 28. ledna 1872 přešlo na základě reformy stanov přírodovědné studentské sdružení „Isis“ (existující již od roku 1866) ve „Spolek chemiků českých“. Tento spolek se v červnu 1875 usnesl vydávat nový časopis *Listy chemické*,

jehož první číslo vyšlo 1. října 1876. *Listy chemické* redigoval po 20 let Karel Preis. Původně byl tento časopis orientován především na původní zprávy z technické chemie, avšak hlavně po roce 1882, kdy časopis po určitou dobu vydával Preis vlastním nákladem, začaly převažovat práce vědecké. V roce 1891 byl prohlášen časopis *Listy chemické* spolkovým orgánem Spolku a jeho členové v důsledku tehdy příznivého stavu spolkové pokladny začali dostávat časopis zdarma. Ve stejném roce započali vydávat Antonín Bělohoubek a František Štolba nový chemický časopis zaměřený technologicky – *Časopis pro chemický průmysl*. Rok poté (17. prosince 1892) byla na ustavující schůzi založena „Společnost pro průmysl chemický v Království českém“. V prvních letech koexistence „Spolku chemiků českých“ a „Společnosti pro průmysl chemický“ se zdálo takové rozdělení zájmových oblastí prospěšné pro cílenou propagační činnost a obě tato chemická sdružení zaznamenala značný nárůst členů. V dalším období však hlavně mladší generace začala usilovat o soustředění aktivit vědeckých a technologických a tím o posílení vlivu společné organizace. Tak byla na schůzi 26. ledna 1907 ustavena „Česká společnost chemická pro vědu a průmysl“. Současně byl jako spolkový orgán označen časopis s názvem *Chemické listy pro vědu a průmysl*, který sice přímo navazoval na předcházející existenci *Listů chemických*, ovšem číslování ročníků bylo zahájeno opět od jedničky, aby byl zdůrazněn nový profil časopisu (obr. 1).

Krátký výtah z historie ukazuje odbornou vyspělost českých chemiků a jejich spolkovou a literární aktivitu již od sedmdesátých let 19. století. V podobě *Listů chemických* si tak dokázali vytvořit národní chemický časopis jen o 9 let později, než byly založeny v Německu *Berichte der Deutschen chemischen Gesellschaft* a dokonce o dva roky dříve, než kam sahá historie časopisu *Journal of the American Chemical Society*.

Chemické listy se záhy staly výkladní skříní výsledků české chemie a přinesly české chemii i mezinárodní uznání, protože na stránkách *Chemických listů* (jako národního časopisu) byly zveřejňovány výsledky s významem nadnárodním. Jako příklad je možno uvést krátký článek „Elektrolýza se rtuťovou kapkovou elektrodou“, který sepsal v roce 1922 Dr. J. Heyrovský a který ve stejném roce uveřejnily *Chemické listy*. Navzdory tomu, že v článku znázorněné přístrojové uspořádání ještě nemá charakteristické znaky pozdějších polarografů a publikované křivky závislosti proudu na vkládaném napětí zachycují jen náběhové části polarografických vln (obr. 2a,b), tato práce dokumentuje základní princip polarografie, a proto je všeobecně považována za prvotní prezentaci objevu polarografie. Za tuto analytickou metodu byla v roce 1959 akademiku Heyrovskému udělena Nobelova cena. V této souvislosti je článek v *Chemických listech* dodnes hojně citován.

Obr. 1. První strana 1. čísla *Chemických listů* v roce 1907



Obr. 2. Originální náčrtek elektrochemické aparatury (a) a záznam voltamperometrických křivek (b) převzaté z práce: Heyrovský J.: Chem. listy 16, 256 (1922)

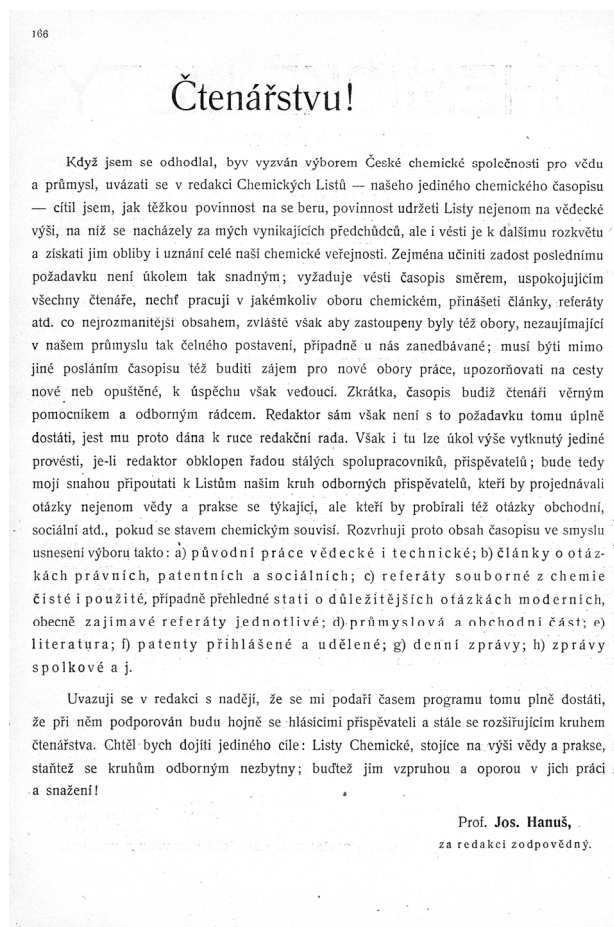
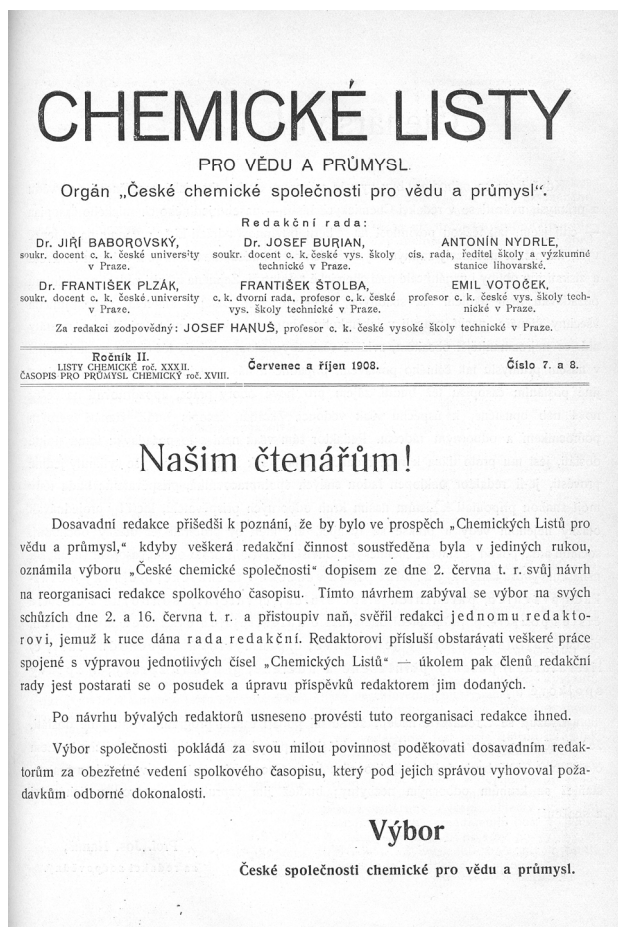
Český jazyk *Chemických listů* byl jistě významným tmelícím prvkem národní chemické komunity, ovšem byl nevýhodou v mezinárodní vědecké komunikaci. Proto na základě úspěchů tohoto národního časopisu byl v roce 1929 založen E. Votočkem a J. Heyrovským časopis *Collection des travaux chimiques de Tchécoslovaquie*, resp. *Collection of the Czechoslovak Chemical Communications*, uveřejňující práce ve francouzštině a angličtině. Historie tohoto časopisu je nyní již také velmi bohatá, představuje však jinou kapitolu, kterou je ale nutno zmínit v souvislosti s historií *Chemických listů*, protože oba tyto časopisy se navzájem výrazně ovlivňovaly.

Časopis se stoletou tradicí je významným odkazem minulých generací. Je proto vhodné připomenout jmenovitě ty, kteří se o existenci a úroveň nejvíce zasloužili. Zvláště je třeba jmenovat osoby, které zastávaly funkci šéfredaktora. Dalo by se předpokládat, že za stoletou existenci časopisu to bude dlouhý seznam jmen, ale skutečnost je jiná. Pohled zpět ukazuje, že *Chemické listy* měly (a dosud mají) mimořádné štěstí na osoby ve vedoucí redakční funkci, protože řada z nich se s maximálním osobním nasazením věnovala vedení časopisu po dlouhou řadu

let. Seznam šéfredaktorů ve stoleté historii *Chemických listů* tak obsahuje pouhých osm jmen.

Vedení časopisu i rozdělení redakční práce prošlo určitým vývojem. Jestliže v *Listech chemických* byl po podstatnou dobu jejich existence vedoucí postavou redakce Karel Preis, *Chemické listy* (s dovětkem „pro vědu a průmysl“) začínaly s vedením kolektivním. Aby bylo zdůrazněno zaměření nového časopisu, jehož 1. ročník byl současně 31. ročníkem *Listů chemických* a 17. ročníkem *Časopisu pro chemický průmysl*, byli pověřeni Emil Votoček a František Plzák redigováním části vědecké a současně převzali odpovědnost za část průmyslovou František Štolba a Antonín Nydrle. Brzy se ukázalo, že je praktičtější svěřit vedení časopisu jedné vůdčí osobě. Proto byl v roce 1908 ustanoven jako odpovědný redaktor Josef Hanuš (obr. 3), který řídil práci redakční rady, ve které byli kromě již výše jmenovaných dále zastoupeni Jiří Babrovský a Josef Burian. Redakční rada pomáhala tehdy vedoucímu redaktorovi při zpracovávání příspěvků. Josef Hanuš řídil *Chemické listy* od roku 1908 až do roku 1926. Úspěšně přenesl časopis přes léta válečná, byť svázané válečné ročníky jsou dosti útlé. O propagaci časopisu v cizině se hned po 1. světové válce zasloužil Emil Votoček, který od roku 1919 pořizoval francouzské souhrny otištěných prací. Po dlouholetém působení Josefa Hanuše se vedení časopisu v roce 1927 ujal Otakar Webr, který v této funkci setrval až do roku 1945. Redakční práci řídil ve spolupráci nejdříve s Janem Šeborem, později pak s Jaroslavem Voříškem. V celém meziválečném období existovala redakční rada, ve které byli vedle již zmíněných klíčových redaktorů zastoupeni F. Herles, F. Hrach, J. Knop, K. Kriso, F. Křehlík, J. Křepelka, A. Kříž, B. Kužma, J. Milbauer, F. Moravec, K. Petrlik, O. Quadrát, J. Šatava, J. Špínka, J. Šplíchal, J. Štěrbaböhm, R. Trnka, V. Veselý a R. Vondráček. V letech válečných bylo těžkým úkolem udržet časopis pro potíže ekonomické, ale i pro nedostatek kvalitních příspěvků.

Po Otakarovi Webrovi, který řídil časopis po 19 let, převzal funkci šéfredaktora od roku 1946 Josef Koštík. V poválečných letech se pomalu začala obnovovat vědecká práce a i činnost České společnosti chemické. Ta tehdy spravovala jak *Chemické listy*, tak i *Collection*, který po válečné přestávce začal v roce 1947 opět vycházet. Oba časopisy měly pak po určitou dobu společnou administrativu, jejich vydávání bylo předáno státnímu nakladatelství, ze kterého později vzniklo Nakladatelství Československé akademie věd. V roce 1950 byly ustaveny redakční rady obou časopisů, které se věnovaly zajišťování a recenzování příspěvků. Redakční radu *Chemických listů* vedl tehdy J. Sicher. Vývoj v následujících letech vedl k tomu, že činnost při redakčním zpracování jednotlivých čísel *Chemických listů* řídil vedoucí redaktor a vykonával ji spolu s užším redakčním kruhem, zatímco redakční rada převzala funkci zaštitovací a poradní. Josef Koštík vedl redakci *Chemických listů* do roku 1951. V letech 1952–1954 byl šéfredaktorem J. Rudinger a členy redakčního kruhu byli nejprve J. Sicher a J. Streibl, později ještě P. Zuman a B. Sedláček. Ten v roce 1955 nahradil J. Rudingera



Obr. 3. První strana čísla s ustavením prof. J. Hanuše šéfredaktorem a jeho nástupní provolání

v pozici šéfredaktora a vedl redakci časopisu do roku 1957. Do redakčního kruhu se v tomto roce začlenili J. Škoda, K. Bláha, M. Kraus, J. Říha, K. Šebesta, Z. Šír a J. Gut. V roce 1958 vedl redakci M. Kraus, od roku 1959 se pak stal šéfredaktorem J. Gut, který tuto funkci vykonával až do roku 1996, tedy řídil vydávání celkem 38 ročníků *Chemických listů*. V roce 1959 také došlo k dohodě, udržované od let šedesátých v podstatě dodnes, upravující vztah *Chemických listů* a *Collectionu*. Skončilo období, kdy *Collection* otiskoval cizojazyčné verze vybraných českých článků *Chemických listů*. Od té doby se *Chemické listy* orientují na česky psané přehledné referáty a krátká sdělení o laboratorní technice a měření, zatímco původní práce jsou otiskovány v *Collectionu*. Pod vedením J. Guta se postupně rekonstruoval a stabilizoval redakční kruh časopisu. Od roku 1959 v něm dlouhou řadu let pracovali redaktoři Z. Holzbecher, A. Komárek, J. Myška, K. Slavík a J. Volke, od roku 1973 dále M. Čapka a od roku 1974 až do roku 1990 také nynější předseda Akademie věd ČR V. Pačes. Od roku 1988 pracoval v redakci F. Švec a v devadesátých letech ještě J. Šatava a J. Stehlíček.

Od konce osmdesátých let se do redakční práce již začali zapojovat současní redaktoři (s výjimkou J. Volkeho, který byl v té době redaktorem již 30 let). Roku 1988 vstoupil do redakce B. Kratochvíl, který pak v roce 1996 převzal po J. Gutovi vedení časopisu a je vedoucím redaktorem nyní již 10 let. Od roku 1989 pracuje v redakci J. Barek, od 1991 se stal redaktorem P. Chuchvalec, v roce 1996 pak J. Hetflejš a P. Rauch, o rok později Z. Bělohlav a P. Drašar a v roce 1999 J. Podešva. V roce 2002 zemřel J. Gut. Tím se uzavřela jeho obětavá a záslužná práce pro časopis, která trvala 45 let. V posledních letech ještě doplnili redakční kruh P. Holý (v roce 2002) a J. Horák (2004).

Kromě výše jmenovaných redaktorů mají současné *Chemické listy* ještě zahraniční redaktory (F. Švece a V. Větvíčku v USA) a oblastního redaktora L. Opletala v Hradci Králové. S redaktory spolupracuje již několik let ve funkci konzultanta J. Kahovec. Pro redakci jsou zvláště cenné jeho znalost a praxe v chemické nomenklatuře. V poslední době stále vzrůstá význam elektronické formy časopisu přístupné na internetových stránkách, o které se starají P. Zámotný a R. Liboska. Obsah Bulletinů ČSCH

jako součástí čtyř čísel v ročníku vytvářejí redaktori P. Drašar a I. Valterová. Do výčtu osob, zajišťujících pravidelné vydávání časopisu, patří funkce technické redaktorky. V současné době vytváří k všestranné spokojenosti tiskovou formu článků R. Řápková, která nahradila v této funkci M. Setničkovou. V této souvislosti je třeba připomenout jména technických redaktorek a administrativních pracovnic, které dříve pracovaly v redakci *Chemických listů* po dlouhou řadu let: Z. Jirátová, V. Čermáková, K. Šírová, A. Pelikánová, M. Zahradníková, C. Jirátová a M. Polánková.

Od svého znovuustavení na konci padesátých let až doposud existuje vedle redakčního kruhu *Chemických listů* i širší redakční rada s funkcí poradní a v ní se za tu dobu vystřídal několik generací významných chemiků. Redakční rada, i když nebyla spojena s pravidelnou přípravou jednotlivých čísel, se vždy intenzivně zajímala o problémy časopisu. Řada členů redakční rady obstarávala pro časopis kvalitní příspěvky a mnozí takové příspěvky sami dodávali. Po roce 1945 byli postupně členy redakční rady J. Bárta, R. Brdička, O. Hanč, J. Koštíř, J. Knop, J. Mečíř, O. Tomíček, J. Voříšek, J. Dykyj, J. Hampl, V. Hovorka, A. Jílek, M. Protiva, J. Staněk, F. Toul, O. Wichterle, J. Gašperík, V. Herout, J. Heyrovský, R. Lukeš, A. Okáč, F. Šorm, P. Zuman, B. Keil, M. Večeřa, M. Zikmund, F. Čůta, V. Horák, J. Jelínek, V. Kellö, J.V.A. Novák, M. Semonský, E. Slavíček, V. Sýkora, F. Šantavý, Z. Šormová, Z. Čekan, M. Štěpán, Č. Jech, A. Zeman, M. Malinovsky, B. Hájek, J. Pick, A.A. Vlček, E. Hála, I. Votruba, E. Erdős, J. Gabaj, V. Chvalovský, J. Janča, J. Koryta, V. Kostka, V. Kubánek, L. Nondek, R. Ponec, Š. Toma, V. Bekárek, O. Exner, J. Churáček, J. Janák, A. Kovář, Z. Mička, J. Plešek, A. Valent, D. Bustín, J. Valoušek, Z. Vedral, V. Domalíp, I. Lapčík, P. Pavlas, M. Drdák, J. Lederer. Současnou redakční radu nyní tvoří E. Borsig, M. Černá, L. Červený, E. Dibuszová, J. Hanika, Z. Havlas, J. Kadlecová, J. Káš, J. Koubek, T. Míšek, J. Pacák, V. Pačes, O. Paleta, V. Růžička, I. Stibor, V. Šimánek a R. Zahradník.

Takto stručně naznačené dějiny *Chemických listů* a výčet významných osobností české chemie, které jsou s touto historií spojeny, dokládá význam, který *Chemické listy* v celé své historii měly. Současný redakční kolektiv si je vědom ceny tohoto historického odkazu a usiluje o zachování tohoto dědictví v co nejdůstojnější formě. V současné době je hlavní snahou zachovat současný rozsah a formu časopisu. Znamená to zachovat vydávání 12 čísel v ročníku s tím, že v číslech 1, 4, 7 a 10 je včleněn *Bulletin ČSCH*. Pro pozici časopisu v české chemické komunitě je významné, že tato čísla dostávají všichni členové ČSCH bezplatně. Udržet odpovídající náklad a rozsah čísel je v současné ekonomické situaci značně obtížné. Dávno pryč jsou doby, kdy roční státní příspěvek ve výši 300 tisíc Kčs bohatě stačil na vydávání celého ročníku. Při současných cenách, kdy se ediční náklady zvýšily bezmála o řád a státní dotace (ač nyní v Kč) klesla na polovinu tehdejší sumy, je nutné získat většinu finančních prostřed-

ků z jiných zdrojů. Z toho jen malou část tvoří předplatné a prodej jednotlivých čísel. Podstatnější částkou jsou poplatky za reklamy otiskované nebo vkládané do jednotlivých čísel. Další finanční příspěvky je možno získávat z grantových fondů ministerstev (životního prostředí, zemědělství, školství), ovšem o většinu těchto položek rozpočtu je nutno každoročně opakovaně usilovat a jejich získání není zdaleka automatické a snadné a některé jsou podmíněny vydáváním příslušných tematických čísel. K naplnění rozpočtu *Chemických listů* významně přispívají chemické vysoké školy (zvláště VŠCHT Praha, PFF UK Praha a Univerzita Pardubice) a pražské chemické ústavy AV ČR (Ústav organické chemie a biochemie, Ústav makromolekulární chemie, Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského, Ústav chemických procesů). Zatím se vždy v posledních letech podařilo rozpočet pokrýt, ovšem jen za podmínky vysoké hospodárnosti. I úspěšnost musí mít své meze, protože není cílem, aby časopis vycházel ve formě neúhledných brožurek. Snad dobrým kompromisem je současný vzhled jednotlivých čísel. Současné tiskárenské a distribuční náklady se podařilo v posledních letech vyladit na nejvýhodnější poměr cena/výkon a není tak v nich možno dosáhnout úspor. Za těchto ekonomických podmínek je proto nezbytné požadovat úhradu od autorů za nadstandardní tiskové služby (například barevný tisk obrázků) a redakce musela přistoupit na účtování poplatků za otištění příspěvků, které vznikly s podporou některé z grantových agencí.

Vzhledová stránka časopisu je sice věc důležitá, ale skutečným kritériem kvality časopisu je jeho obsah. Redaktori jsou připraveni zpracovávat příspěvky s vysokou pečlivostí a náročností, ale základem kvalitního obsahu časopisu je dostatek zajímavých a dobře psaných příspěvků. V posledních letech je počet do redakce docházejících prací dostatečný a nemá klesající trend. Kromě nich zahrnují *Chemické listy* také abstrakty příspěvků národních i mezinárodních konferencí konaných v České republice, na jejichž organizaci se podílí ČSCH. V českém měřítku se tak *Chemické listy* jeví jako velmi významné publikační médium a bohatý informační zdroj pro mnoho chemických oborů. Ze statistik vyplývá, že za posledních 10 let téměř 10 % záznamů v RIV (RIV = Registr informací o výsledcích státem podporovaného výzkumu a vývoje) týkajících se chemie odkazuje na *Chemické listy*. Přes tuto překvapivou a potěšující bilanci by bylo výhodnější pro redakci, časopis a samozřejmě i jeho čtenáře, kdyby nové příspěvky vytvářely mohutnější přetlak. Redakce by tak mohla více uplatňovat kriteria aktuálnosti a atraktivity a odkazovat příspěvky, oslovující pouze úzký okruh čtenářů, do specializovanějších periodik.

Pro kvalitu časopisu tak stále platí to, co vyjádřil Josef Hanuš ve svém nástupním provolání, když se v roce 1908 ujal vedení časopisu. V textu (viz obr. 3) se podmíněně zavazuje: "...udržeti *Listy* nejen na vědecké výši, ale vésti je k dalšímu rozkvětu... Však i tu lze úkol výše vytknutý jedině provést, je-li redaktor obklopen řadou stálých spolupracovníků, přispěvatelů." Stejně jako tehdy

i nyní záleží především na každém členu české (a případně i slovenské) chemické obce, jak se v konkurenci jiných časopisů, znamenajících v různých publikace hodnotících kritériích i výhodnější efekt, postaví za tradici *Chemických listů* a i v začínajícím druhém století jejich existence je podpoří svými kvalitními příspěvky.

P. Holý (*Institute of Organic Chemistry and Biochemistry, Academy of Sciences of the Czech Republic, Prague*): **Chemické Listy - Volume 100**

The journal is celebrating its jubilee volume this year. The article describes the history and significance of the reputable national chemical journal. All the Editors-in-Chief and members of editorial and advisory boards are listed.

Interpharma Praha a.s. nabízí zaměstnání na pozici:

Organický chemik (výzkum a vývoj farmaceutických substancí)

Náplň práce: vývoj syntetických metod, vývoj procesů a zvětšování měřítka.

Požadavky: VŠ chemického směru, znalost instrumentálních analytických metod, dobrá znalost AJ.

Nástup ihned.

Žádosti s profesním životopisem: Interpharma Praha, a.s., Komořanská 955, 143 10 Praha 12, fax: 241 773 235, e-mail: interpharma@interpharma-praha.cz (<http://www.interpharma-praha.com>)

Vedoucí výroby chemie (farmaceutické substance)

Nutný předpoklad: praktická zkušenost organizace výroby, VŠ chemie či chemické inženýrství.

Zavedený systém, 40 pracovníků, rozvojové projekty.

Nástup ihned.

Žádosti s profesním životopisem: Interpharma Praha, a.s. Komořanská 955, 143 10 Praha 12, fax: 241 773 235, e-mail: interpharma@interpharma-praha.cz (<http://www.interpharma-praha.com>)

Společnost Mar-Con nabízí zaměstnání

Firma zabývající se dovozem a prodejem laboratorního vybavení (www.mar-con.cz) hledá pro pražskou kancelář spolupracovníka. Požadavky: VŠ/SS, aktivně anglický (německý) jazyk, ŘP sk. B, dobrá uživatelská znalost PC. CV prosíme zaslat na: bazantv@mar-con.cz , tel. 251 815 240/50. Nástup možný ihned.

FYTOKANABINOIDY

ZDENĚK FIŠAR

Psychiatrická klinika, 1. lékařská fakulta Univerzity Karlovy, Ke Karlovu 11, 120 00 Praha 2
zfiisar@fl.cuni.cz

Došlo 6.4.05, přijato 12.11.05.

Klíčová slova: kanabinoidy, marihuana, kanabinoidní receptory

Obsah

1. Úvod
2. Definice pojmů
3. Historie
4. Botanika
5. Chemické složky konopí
6. Účinky kanabinoidů
7. Farmakokinetika
8. Mechanismy působení
9. Akutní účinky kanabinoidů na CNS
10. Chronické účinky kanabinoidů na CNS
11. Potenciální terapeutické účinky
12. Závěry

1. Úvod

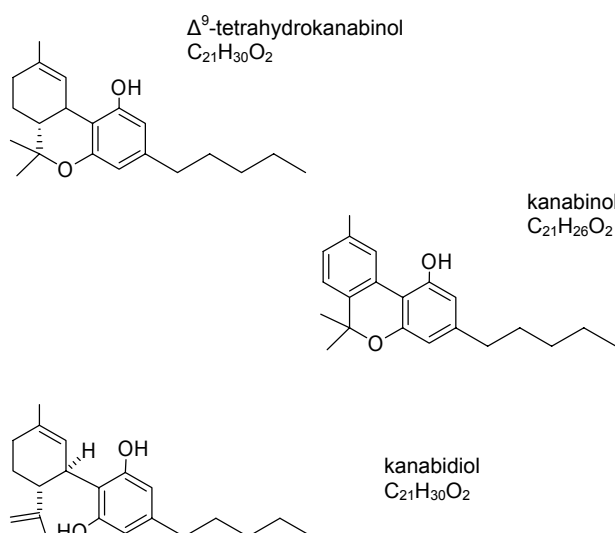
Konopné drogy jsou nejrozšířenější nelegální psychoaktivní drogy. Užívají se obvykle inhalačně nebo perorálně ve formě marihuany, hašiše nebo hašišového oleje. Ačkoli jsou jejich účinky studovány již velmi dlouho, výraznější pokrok v poznání molekulárních mechanismů jejich působení byl možný až po průkazu existence kanabinoidních receptorů v roce 1988 a po objevení endogenního metabolitu s afinitou ke kanabinoidnímu receptoru v roce 1992. Hlavní psychoaktivní složkou konopné pryskyřice je Δ^9 -tetrahydrokanabinol (Δ^9 -THC), ale konopí obsahuje desítky různých kanabinoidů, z nichž některé vykazují podobné účinky jako Δ^9 -THC. Farmakokinetika Δ^9 -THC je silně ovlivněna jeho lipofilními vlastnostmi a tedy akumulací v tukových tkáních.

Akutní účinky konopných drog na psychické, psychomotorické a fyziologické funkce jsou dobře známy, méně spolehlivých údajů je zatím o vlivu jejich chronického užívání. Δ^9 -THC je agonistou kanabinoidních receptorů CB_1 i CB_2 , které jsou spojeny s G proteiny – negativně k adenylátcyklase a napětově řízeným kalciovým kaná-

lům, pozitivně k mitogenem aktivované proteinkinase a k uvolňování draslíku. Za psychotropní účinky kanabinoidů je odpovědná aktivace receptorů CB_1 v mozku. Výsledné působení kanabinoidů na přenos nervového signálu je především inhibiční. V současné době se diskutují jak negativní účinky Δ^9 -THC, tak možnost lékařského využití kanabinoidů a jejich analogů.

2. Definice pojmů

Termínem „kanabinoidy“ se rozumí typická třída sloučenin vyskytující se v konopí setém (přírodní fytokanabinoidy), v širším smyslu potom všechny látky, které jsou specificky rozpoznány kanabinoidním systémem. Endogenní aktivátory kanabinoidních receptorů se označují jako endokanabinoidy. Tetrahydrokanabinolem (THC) se obvykle rozumí izomer Δ^9 -tetrahydrokanabinol (Δ^9 -THC, dříve Δ^1 -3,4-trans-tetrahydrokanabinol). Chemicky se jedná o (6aR, 10aR)-6a,7,8,10a-tetrahydro-6,6,9-trimethyl-3-pentyl-6H-dibenzo[b,d]pyran-1-ol ($C_{21}H_{30}O_2$, MW 314,47) (obr. 1). Latinský botanický název konopí setého je *Cannabis sativa*. Marihuana (bhanga, dagga, kif) je hovorově označení sušených listů a malých stonků (obsahujících 1 až 3 % Δ^9 -THC), případně i květů této rostliny (obsahujících 3–20 % Δ^9 -THC). Hašiš (charas) je arabské (indické) označení pro pryskyřici z této rostliny (obsahující 5–20 % Δ^9 -THC). Neoppylené horní květy samičích rostlin bohaté na pryskyřici jsou po usušení a sliso-



Obr. 1. Přírodní fytokanabinoidy: psychoaktivní Δ^9 -tetrahydrokanabinol (Δ^9 -THC), slabě psychoaktivní cannabinol a nep psychoaktivní cannabidiol

vání známy jako ganja (4–8 % Δ^9 -THC). Hašišový olej je alkoholový extrakt z konopné pryskyřice (obsahuje 20 až 60 % Δ^9 -THC).

3. Historie

Konopí patří mezi nejstarší víceúčelové ekonomické rostliny a bylo pěstováno pro vlákna, jedlá semena nebo psychoaktivní látky (konopnou pryskyřici)¹. Pochází pravděpodobně ze střední Asie a bylo pěstováno nejprve v Číně a poté v Indii. Nejstarší zprávy o medicínském využití konopí pocházejí z Číny (lékařský text Shen Nung Pen-ts'ao Ching z doby legendárního císaře Shen Nunga, 2737 let př.n.l.) a Indie (Atharva Věda, 2000–1400 př.n.l.), ale také z Egypta, Sýrie, Persie a Tibetu. Staří Řekové a Římané využívali konopí především jako zdroj vláken, ale také jako víceúčelový lék. Mnoho arabských doktorů (např. Avicenna) popsalo lékařské využití konopí. Ve středověké Evropě se konopí pěstovalo pro svá výživná semena, ale je zmiňováno i v lékařských knihách. Koncem 19. století došlo k určitému vyvrcholení ve výzkumu a lékařském využívání konopných produktů, které nabízela řada významných společností pro léčbu bolesti, sívavého kašle, záduchy a jako uspávací či uklidňující prostředek.

20. století přineslo řadu chemicky orientovaných studií o účinných látkách v konopí. Nicméně do poloviny 20. století popularita konopných produktů v medicíně zcela uhasla a moderní výzkum musí teprve prokázat, do jaké míry lze kanabinoidy indikovat pro určité pacienty a za jakých podmínek. Je zajímavé, že antibiotické a analgetické účinky konopí potvrdila již koncem 50. let řada studií provedených v tehdejší Československu (Kabelík, Krejčí, Horák, Šantavý). Čeští vědci se významně podíleli na vědeckém výzkumu konopí i v pozdějších letech; úplný přehled těchto prací publikoval nedávno Hanuš². V druhé polovině 60. let byla společnost relativně tolerantní k užívání konopných drog pro rekreační účely a řada farmakologických společností se pokoušela vyvinout deriváty THC, které by měly terapeutické účinky bez účinků psychoaktivních. To se nepodařilo a postupně se sociální a politická stanoviska k užívání kanabinoidů stala konzervativnější s postihem prodejců a uživatelů.

Proces pro extrakci farmakologicky účinných látek z konopí byl patentován již roku 1914, ale izolace jednotlivých čistých složek z této směsi vyžadovala vývoj nových chemických technik. V první polovině 20. století byla provedena nejprve úspěšná izolace a určení chemické struktury kanabinolu (slabě psychoaktivní složka) a později kanabidiolu (nep psychoaktivní složka s jinými farmakologickými účinky) (obr. 1). Syntézou a testováním různých derivátů těchto sloučenin bylo potvrzeno, že za psychotropní aktivitu konopné pryskyřice jsou odpovědný především tetrahydrokanabinoly a byly činěny pokusy o jejich izolaci. Teprve v 60. letech však bylo prokázáno, že hlavní psychoaktivní složkou v pryskyřici z konopí je Δ^9 -THC (obr. 1); přesná chemická struktura Δ^9 -THC byla určena roku

1964 (cit.³) a úplná syntéza Δ^9 -THC (přesněji směsi jeho (–) a (+)-optických izomerů) byla publikována roku 1965 (cit.⁴). Z hlediska výzkumu mechanismů účinků kanabinoidů byl významný průkaz existence kanabinoidních receptorů v centrálním nervovém systému (CNS) roku 1988 (cit.⁵) a objev prvních endogenních kanabinoidů, nejprve anandamidu⁶, poté 2-arachidonoyl-glycerolu (2-AG)⁷ a dalších.

V polovině 90. let minulého století se pozornost opět vrátila k možnému lékařskému využití kanabinoidů. Příčinou byly výsledky řady studií, které ukázaly, že kouření marihuany často umožňuje pacientům vyrovnat se lépe s bolestí a nauzeou při léčbě rakoviny, a že dochází ke snížení nitroočního tlaku u pacientů s glaukomem. Protože se farmaceutickým firmám stále nepodařilo vyvinout účinné deriváty THC bez psychotropních účinků, některé státy povolily lékařské využití kanabinoidů, což ale vedlo k obavám o možném zneužití této péče ze strany rekreačních uživatelů marihuany. Je známo, že v Holandsku je marihuana dostupná pro osobní použití již více než 20 let. Holandský přístup přijaly další země jako Kanada, Švýcarsko, Dánsko, Řecko a Španělsko. Některé státy USA schválily lékařské využití marihuany, avšak nedošlo k plné realizaci tohoto záměru díky nesmiřitelnému postoji federální vlády k legalizaci této drogy. V současné době je ve většině západních států marihuana zařazena mezi nezákonné drogy bez lékařského využití.

4. Botanika

Konopí seté (*Cannabis sativa*) je jednorocí rostlina, roste ze semen na otevřených slunných místech a dosahuje až 5 metrů výšky v průběhu 4- až 6-ti měsíčního růstu. Existují však i poddruhy dosahující výšky pouze kolem 1 metru (*Cannabis indica*). Výkvět je indukován zkracujícími se dny po slunovratu. V pokojových podmínkách dozrává za optimálních světelných a tepelných podmínek již po 2 měsících. Normálně je konopí dvoudomá rostlina; anatomicky nelze rozpoznat samčí a samičí rostliny před začátkem květu. Samčí květy visí ve volných shlucích podél relativně bezlistých vztyčených větví, oproti tomu samičí květy tvoří husté shluky při bázi každého listu podél větve. Psychoaktivní Δ^9 -THC se vyskytuje ve většině částí rostliny, ale nejkoncentrovanější je v drobných kapičkách lepkavé pryskyřice produkované žlázkami u základny jemných chloupků, které pokrývají listy samičích i samčích rostlin a zvláště listeny samičích květů⁸. Konopná pryskyřice se získává setřením z květů nebo mnutím sušených květů a listů přes řadu sít, kdy jsou získány vysušené částice pryskyřice; po slisování s pojídlem (např. tukem) do denzní masy je získán žlutý až tmavě hnědý hašiš. Od 70. let minulého století se pěstuje rovněž marihuana *sinsémilla* (marihuana bez semen), tj. ponechávají se růst jen neoplozené samičí rostliny, které vytvářejí více květů. Především v Holandsku a v Kalifornii byla vyprodukována řada odrůd konopí, které se liší obsahem Δ^9 -THC.

Velká samičí rostlina vyprodukuje po opylení více než kilogram semen. Jádra konopných semen obsahují

esenciální mastné kyseliny a snadno stravitelné proteiny a jsou vhodná jako lidská i zvířecí potrava. Semena obsahují pouze nepatrné množství Δ^9 -THC a jejich požívání proto nemá nevhodné účinky. Konopný olej z těchto semen obsahuje n-6 (kyselina linolová) a n-3 (kyselina α -linolenová) nenasycené mastné kyseliny v poměru vhodném pro správnou výživu a mimo jiné obsahuje i relativně vysoké koncentrace vitamínu E (antioxidantu).

5. Chemické složky konopí

Konopí obsahuje alespoň 483 chemických složek, z nichž 66 jsou kanabinoidy. Byly identifikovány různé podtřídy kanabinoidů⁹:

- typu kanabigerolu (CBG),
- typu kanabichromenu (CBC),
- typu kanabidiolu (CBD),
- typu Δ^9 -tetrahydrokanabinolu (Δ^9 -THC),
- typu Δ^8 -tetrahydrokanabinolu (Δ^8 -THC),
- typu kanabinolu (CBN) a kanabinodiolu,
- jiné kanabinoidy.

Δ^9 -THC a CBD jsou hlavní složky marihuany s rozdílnými farmakologickými profily: Δ^9 -THC aktivuje kanabinoidní receptory typu 1 (CB₁) a typu 2 (CB₂), zatímco CBD nikoli. Poměr Δ^9 -THC k CBD se liší v rostlinách pěstovaných venku v tropických oblastech (10:1 i vyšší) a v severnějších zemích (až 1:2). Velikost

účinků marihuany je vztažena k obsahu Δ^9 -THC. Farmakologické působení Δ^9 -THC je stereoselektivní; přírodně se vyskytuje pouze (–)-izomer, který je biologicky mnohem aktivnější než jeho zrcadlový (+)-izomer. CBN je velmi slabě psychotropní a CBD, CBG a CBC jsou neppsychotropní kanabinoidy. Konopí obsahuje také různá množství derivátů Δ^9 -THC nesoucích karboxylovou skupinu, jejichž význam spočívá ve skutečnosti, že po zahřátí (při kouření nebo vaření) přecházejí na aktivní formu THC. Naopak při skladování konopné pryskyřice může docházet k oxidaci Δ^9 -THC na neaktivní složky.

6. Účinky kanabinoidů

Účinky kanabinoidů na psychiku, vědomí a psychomotorické funkce mohou být rozdílné podle zkušenosti uživatele a podle jeho stavu v době požití drogy¹⁰ (tabulka I). Rovněž některé fyziologické účinky (např. vliv na krevní tlak) mohou být odlišné u zkušených a nezkušených uživatelů marihuany. Zvýšení klidového pulzu až o 60 %, ke kterému dochází v první půlhodině po vykouření marihuanové cigarety, může být nebezpečné pro osoby se srdeční chorobou. Účinky THC na kardiovaskulární systém jsou tedy dosti výrazné a jsou zprostředkovány hlavně receptory CB₁ v krevních cévách a v srdci. Rovněž snížení nitroočního tlaku vlivem kanabinoidů je pravděpodobně umožněno existencí receptorů CB₁ v oku.

Bylo zjištěno, že kanabinoidy mění funkci řady buněk

Tabulka I

Pozorované a předpokládané účinky konopných drog¹⁰

Účinky konopných drog

Psychika a vnímání: euforie, zvýšená pohoda, únava, dysforie, úzkost, snížení úzkosti, depersonalizace, zvýšené senzorické vnímání, zvýrazněné sexuální zážitky, halucinace, změna vnímání času, psychotické stavy

Vědomí a psychomotorický výkon: fragmentované myšlení, zvýšená tvořivost, narušená paměť, vratká chůze, porucha koordinace pohybů, splývavá řeč, zhoršování nebo zlepšování pohybové koordinace

Nervový systém: analgezie, svalová relaxace, stimulace chuti k jídlu, zvracení, antiemetické účinky, neuroprotektivní účinky při ischemii a hypoxii

Tělesná teplota: snížení tělesné teploty

Kardiovaskulární systém: tachykardie, zvýšená potřeba kyslíku, vasodilatace, ortostatická nebo posturální hypotenze (snížená schopnost upravit krevní tlak při změně polohy), hypertenze (u nezkušených uživatelů), inhibice agregace trombocytů

Oči: zarudlé oči (v důsledku dilatace cév ve spojivkách), snížený tok slz, snížení nitroočního tlaku

Respirační systém: bronchodilatace, hyposalivace, sucho v ústech

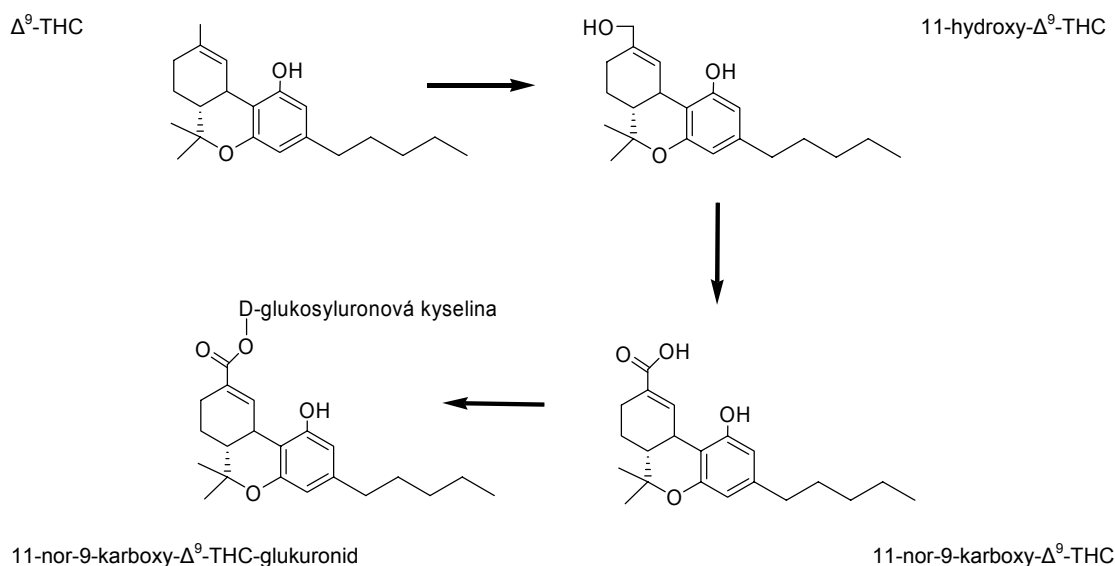
Genetický materiál a rakovina: protinádorová aktivita, inhibice syntézy DNA, RNA a proteinů

Gastrointestinální trakt: snížený pohyb střev a zpožděné vyprazdňování žaludku

Hormonální systém: vliv na luteinizační hormon, folikulostimulační hormon, testosteron, prolaktin, somatotropin, thyreostimulační hormon, glukosový metabolismus; snížený počet a pohyblivost spermií, narušený menstruační cyklus a potlačená ovulace

Imunitní systém: narušená buněčná a humorální imunita, protizánětlivé a stimulační účinky

Vývoj plodu: malformace, růstová retardace, narušený fetální a postnatální vývoj mozku, narušené kognitivní funkce

Obr. 2. Metabolismus Δ^9 -tetrahydrokanabinolu (Δ^9 -THC)

imunitního systému. Zpráva Světové zdravotnické organizace z roku 1997 však uvádí, že většina těchto změn je relativně malých, zcela reverzibilních po odstranění kannabinoidů, a vznikajících pouze při koncentracích vyšších než jsou ty, které jsou potřebné pro psychoaktivitu THC (více než $10 \mu\text{mol l}^{-1}$ *in vitro* nebo více než 5 mg kg^{-1} *in vivo*)¹¹.

Farmakologicky a toxikologicky nejvýznamnější složkou konopí je Δ^9 -THC. Působení nízkých dávek Δ^9 -THC je charakterizováno směsí depresivních a stimulačních účinků na CNS. Podobně jako u řady jiných psychofarmak jsou dobře známy akutní účinky Δ^9 -THC, ale o jeho dlouhodobých účincích je méně prokázanych poznatků. Rovněž neurochemické procesy vedoucí k narušení kognitivních funkcí u kuřáků marihuany nejsou dostatečně známy. Nejvýraznější psychologické účinky THC ze rozdělil do 4 skupin:

- afektivní (euforie, veselost),
- senzorické (zvýšené vnímání vnějších podnětů a vlastního těla),
- somatické (pocit plovoucího těla nebo klesání v posteli),
- kognitivní (narušení vnímání času, selhání paměti, potíže s koncentrací).

7. Farmakokinetika

V závislosti na způsobu požití existují výrazné rozdíly v resorpci a metabolismu THC a v jeho průvodních projevech. Kouření je zvláště účinný způsob, jak dostat Δ^9 -THC do mozku. Po inhalaci je Δ^9 -THC rychle resorbováno do krevního toku a distribuováno¹². Do tělního oběhu se do-

stane 15–50 % Δ^9 -THC z marihuánové cigarety, přičemž ztráty zkušených kuřáků jsou až poloviční oproti kuřákům náhodným. Při kouření marihuany jsou subjektivní pocity vnímány již během vteřin až minut, dosahují maxima po 30 min a trvají 2 až 3 h (slabší účinky i déle), po orálním požití se účinky dostávají až po 0,5–2 hodinách, jsou stálejší a trvají 5 až 8 hodin (při vyšších dávkách i déle). Intravenózní aplikace THC je obtížná vzhledem k jeho nerozpustnosti ve vodě. Při ústním podání je resorpce THC lepší, pokud je současně požíván nějaký tuk. Psychotropní práh je při vdechování $0,03$ – $0,1 \text{ mg kg}^{-1}$, při perorálním požití (s lipofilním nosičem) $0,2$ – $0,3 \text{ mg kg}^{-1}$ a při intravenózním podání $0,01$ – $0,02 \text{ mg kg}^{-1}$ (cit.¹³).

THC a jeho metabolity rychle prostupují do tkání; vzhledem k vysoké rozpustnosti THC v tucích dochází k jeho hromadění především v tělním tuku. Zdánlivý distribuční objem THC je kolem 10 l kg^{-1} . V plazmě je většina THC vázána k lipoproteinům, albuminu a erytrocytům, volná frakce činí pouze cca 3 %. Pomalé uvolňování THC z tukových tkání do krve nevede normálně ke koncentracím způsobujícím psychologické účinky. Při pravidelném užívání marihuany dochází k výraznější akumulaci THC v tukových tkáních, což může mít škodlivé následky a snad by tak mohl být vysvětlen náhodný opětovný výskyt („flashback“) subjektivní nálady odpovídající požití drogy („high“), aniž by k jejímu požití došlo.

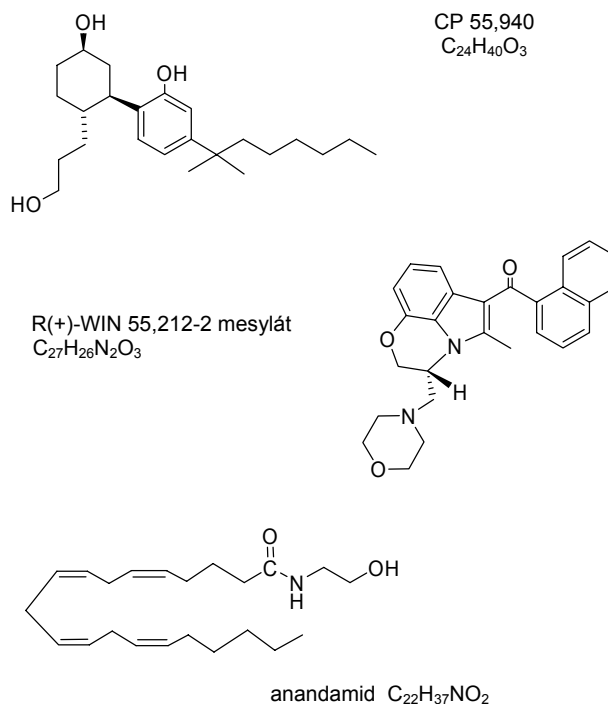
Prvotní metabolismus Δ^9 -THC nastává v plicích nebo játrech, kdy je hlavním aktivním metabolitem 11-hydroxy- Δ^9 -THC (11-OH-THC); účinný metabolismus v játrech dále mění 11-OH-THC na nep psychoaktivní 11-nor-9-karboxy- Δ^9 -THC (THC-COOH) a další metabolity (obr. 2). Plazmatické hladiny Δ^9 -THC se při kouření marihuany zvyšují velmi rychle a dosahují maxima (obvykle

desítky ng ml^{-1}) ještě před koncem kouření a poté rychle klesají díky distribuci do vysoce vaskulárních tkání (eliminací fáze α), po níž následuje pomalejší distribuce do tukové tkáně (eliminací fáze β). Clearance je 760 až 1200 ml min^{-1} , konečný plazmatický eliminační poločas se udává 1–4 dny. Úplná eliminace jedné dávky Δ^9 -THC může trvat až 5 týdnů, ale metabolity THC v moči chronických kuřáků marihuany byly nalezeny i po 80 dnech po poslední dávce. Hlavním metabolitem v moči je 11-nor-9-karboxy- Δ^9 -THC-glukuronid (THC-COOHglu) (cit. ^{14,15}).

8. Mechanismy působení

Vzhledem k lipofilním vlastnostem kanabinoidů se zpočátku předpokládalo, že kanabinoidy působí přes narušení uspořádání lipidové části buněčných membrán^{16,17}. Ačkoliv tento mechanismus působení nemůže být zcela vyloučen, je hlavním kandidátem pro zprostředkování centrálních účinků kanabinoidů receptorový mechanismus^{18,19}. Kanabinoidní signální systém byl pozorován u savců, ryb i bezobratlých²⁰. Δ^9 -THC je agonistou CB_1 a CB_2 kanabinoidních receptorů. Oba tyto receptorové typy jsou spojeny s G proteiny, negativně k adenylátcyklase a pozitivně k mitogenem aktivované proteinkinase. Maximální inhibice adenylátcyklasy, a tedy tvorby cyklického adenosinmonofosfátu (cAMP), je dosaženo již při koncentraci Δ^9 -THC kolem $0,1 \mu\text{mol l}^{-1}$ (cit. ²¹). cAMP je významný druhý posel, který přenáší signál o aktivaci různých neurotransmiterových receptorů a podílí se na regulaci buněčných funkcí přes aktivaci proteinkinasy typu A. Δ^9 -THC je parciálním agonistou receptorů CB_1 , neboť není schopen vyvolat plnou aktivaci receptoru, jako je tomu syntetických kanabinoidů CP 55, 940 nebo WIN 55, 212-2 (obr. 3). Navíc jsou receptory CB_1 spojeny přes $\text{G}_{i/o}$ proteiny s iontovými kanály, negativně s N-typem a P/Q-typem kalciových kanálů a pozitivně s různými typy draslíkových kanálů²². Inhibicí kalciových kanálů lze vysvětlit kanabinoidy vyvolané snížení uvolňování neurotransmiterů, jako je glutamát, kyselina γ -aminomáselná (GABA), acetylcholin, noradrenalin a dalších, z presynaptických zakončení.

Receptory CB_1 se nacházejí především v CNS, ale také v míše a periferním nervovém systému. Jsou lokalizovány především v oblasti synapsí a jednou z jejich funkcí je modulace uvolňování neurotransmiterů. Receptory CB_2 jsou exprimovány primárně v buňkách imunitního systému. Buňky zdravého mozku CB_2 receptory nenesou, avšak tyto receptory byly zjištěny v zaníceném mozku, kdy je jejich exprese v mikroglíích modulována cytokiny²³. Dosaďované poznatky ukazují, že za psychoaktivní vlastnosti kanabinoidů, včetně efektu odměny, tolerance a fyzické závislosti, jsou odpovědné receptory CB_1 v mozku²⁴. Hustota receptorů CB_1 v mozku je srovnatelná s jinými receptory spřáhanými s G proteiny, jako jsou mí opioidní peptidové receptory nebo dopaminové D2 receptory. Početné jsou receptory CB_1 hlavně v mozečku, substantia nigra, globus pallidus, hipokampu a laterálních částech striáta²⁵.



Obr. 3. Neselektivní agonisté (CP 55,940 a WIN 55,212-2) a anandamid

Receptory CB_1 regulují aktivitu osteoklastů. Terapeutické použití kanabinoidů může zvyšovat ztrátu kostní hmoty a predispozici k osteoporóze²⁶.

9. Akutní účinky kanabinoidů na CNS

Řada studií se věnovala a věnuje studiu vyšších funkcí mozku u lidí při intoxikaci kanabinoidy. Rovněž účinky THC na chování pokusných zvířat a na jejich neurochemické procesy umožňují lépe pochopit působení této drogy na lidský mozek. Zatímco akutní účinky THC jsou dobře známy, poznání vlivu chronického užívání marihuany na kognitivní funkce, neurochemické procesy, endokrinní a imunitní systém není dostatečné^{27,28}. Zhoršení kognitivních funkcí je přitom výraznější u osob, které začaly konopné drogy užívat v adolescenci²⁹.

Akutní účinky psychoaktivních kanabinoidů jsou závislé na dávce, způsobu požití, dřívější zkušenosti uživatele marihuany a jeho individuální náchylnosti k psychotropnímu působení Δ^9 -THC, ale také na psychickém stavu uživatele v době užití drogy. Při nízkých dávkách Δ^9 -THC dochází ke kombinaci stimulačních a sedativních účinků, zatímco při vyšších dávkách převažují účinky sedativní³⁰. Psychoaktivní kanabinoidy způsobují v nízkých a středních dávkách (2–10 mg Δ^9 -THC) především kvalitativní změny v sensorickém vnímání, dále pocit pohody, nesmy-

Tabulka II
Nepříznivé akutní vedlejší účinky kouření marihuany²⁷

Akutní vedlejší účinky a rizika
Úzkost a strach
Narušená pozornost
Narušená krátkodobá paměť
Narušený reakční čas, psychomotorické dovednosti a koordinace
Zvýšené riziko dopravních nehod
Zvýšené riziko psychotických příznaků u náchylných osob

slnou euforii, uvolnění a uklidnění; může však dojít i ke zhoršení již předtím špatné nálady či úzkosti. Střední dávky (10–20 mg Δ^9 -THC) vedou k výraznějším projevům citového chování a reaktivity, vnímání a přechodných halucinacích. Vážnější nepříznivé účinky²⁷ (tabulka II) nastávají obvykle až při vysokých dávkách (>20 mg Δ^9 -THC), avšak díky vysoké interindividuální variabilitě v odezvě na kanabinoidy k nim může docházet i při dávkách nízkých. Z tohoto hlediska je dávkování drogy mnohem lépe kontrolovatelné při kouření než při perorálním požití.

Akutní toxicita Δ^9 -THC je nízká a nebylo dosud popsáno úmrtí v důsledku jeho požívání. Intoxikace konopnými drogami je obvykle popisována jako příjemná zkušenost (smích, hovornost, zvýšené sensorické vnímání, zvýšená sexuální touha a prožívání), mohou se však vyskytnout i nepříjemné pocity (úzkost, panika, strach) a období pohody může být vystřídáno dysforickou fází, aktivita vystřídána fází sedace nebo spánku. Výrazný je vliv marihuany na zhoršení krátkodobé paměti, avšak schopnost vyvolávat dříve naučené informace zřejmě narušena není. Akutní účinky marihuany na pracovní paměť mizí po asi 3–4 hodinách; do jaké míry dochází k poškození paměti a jiných intelektuálních funkcí při pravidelném užívání vysokých dávek kanabinoidů, je dosud předmětem výzkumu¹⁴. Dalším efektem kanabinoidů je zvýšení chuti k jídlu. Somatické účinky zahrnují hyposalivaci se suchostí v ústech a hrdle, zvýšenou srdeční činnost, zarudlé spojivky, snížení toku slz, někdy ortostatickou hypotenzi s tendencí padat (zřídka se synkopou) a zvýšení krevního tlaku při ulehnutí.

Narušení krátkodobé paměti, psychomotorických funkcí a tendence k prodloužení reakčního času jsou po užití marihuany podobné, jako při intoxikaci alkoholem. Vnímání času je však opačné, marihuana urychluje vnitřní hodiny (1 minuta se zdá být dlouhá několik minut) zatímco alkohol je zpomaluje¹⁴. Uživatelé marihuany jsou spíše uvolnění a klidní, zatímco alkohol může uvolňovat agresivní a násilné chování. Dlouhodobé užívání větších dávek alkoholu vede obvykle k trvalému poškození intelektuálních funkcí až k organickému poškození mozku a psychóze či demenci. Podobné účinky sice nebyly u chronických kuřáků marihuany pozorovány, ale není dosud jasné, do

jaké míry je ovlivněn vývoj a funkce mozku u velmi mladých uživatelů této drogy.

Většina akutních jevů spojených s užíváním marihuany je vratných a tudíž pravděpodobně spojených se změnami mozkových funkcí. Pro studium změn mozkových funkcí při intoxikaci kanabinoidy je vhodné měření regionálního mozkového krevního toku (rCBF) a metabolismu (CMR). Tato měření umožňují nové techniky s využitím metod magnetické rezonance nebo pozitronové emisní tomografie. Bylo tak prokázáno, že užití marihuany je spojeno s celkovým zvýšením rCBF, přetrvávajícím až 2 hodiny, přičemž významné zvýšení bylo pozorováno ve frontálních, inzulárních a předních oblastech cingula. Tyto změny byly větší v pravé hemisféře³¹. Zvýšení rCBF ve frontální a temporální kůře je vztahováno k narušení krátkodobé paměti. Depersonalizace indukovaná s užitím marihuany koreluje se zvýšením rCBF v pravém předním cingulu a v pravé frontální oblasti³². Marihuanou indukované změny ve vnímání času jsou pravděpodobně spojeny se změněným krevním tokem v mozečku³³. Změny celkového CMR glukózy v mozku vlivem THC byly různé, ale vždy došlo k významnému zvýšení v mozečku³⁴.

Zneužívání kanabinoidů může zhoršit příznaky schizofrenie, ale není zřejmě příčinně vázáno ke vzniku schizofrenie. Nicméně existují jasné důkazy o tom, že konopné drogy mohou u náchylných osob přivodit latentní schizofrenní psychózu nebo mohou nepříznivě ovlivnit její průběh³⁵. Není však dosud jasné, do jaké míry způsobuje intoxikace kanabinoidy další duševní poruchy, jako je deprese, úzkostné poruchy apod.^{36,37}. U vulnerabilních jedinců může po požití drogy vzniknout psychotická porucha („toxická psychóza“) trvající delší dobu a zahrnující např. smyslově živé halucinace, záměny osob, bludy (paranoidní, perzekuční) nebo vztahovačnost, psychomotorické poruchy nebo abnormální emoce. Mnohem častější jsou ale neklinické pozitivní psychotické zážitky. Dosud známé poznatky podporují hypotézu, že změny duševního stavu vyvolané užíváním konopných drog vedou ke zvýšenému riziku vzniku pozitivních (halucinace, bludy, bizarní chování, porucha platného společenského myšlení) i negativních (nedostatky v řeči, afektivní ploštnost, apatie, anhedonie – asocialita, narušená pozornost) psychotických příznaků, přičemž největší vliv má frekvence užívání marihuany a počátek užívání této drogy v časně adolescenci^{38–41}. Teprve další longitudinální studie výskytu psychotických příznaků ve společnosti umožní porozumět vztahu mezi užíváním marihuany a psychózou a zjistit, zda existuje kritické období ve vývoji mozku, kdy jsou kanabinoidy zvláště nebezpečné.

10. Chronické účinky kanabinoidů na CNS

Chronické kouření marihuany přináší obdobná rizika pro respirační trakt jako kouření tabáku, s tím, že jedna marihuanová cigareta (bez filtru a s delší dobou zadržení dechu) odpovídá asi 4 tabákovým cigaretám. Dle neuropsychologických studií se řada chronických účinků ka-

Tabulka III
Nepříznivé chronické vedlejší účinky kouření marihuany²⁷

Pravděpodobné chronické účinky kanabinoidů

Chronická bronchitida

Syndrom závislosti na kanabinoidech

Narušení pozornosti

Narušení krátkodobé paměti

Narušení schopnosti organizovat a integrovat komplexní informace

Další vedlejší účinky se předpokládají, ale nejsou dosud prokázány

kanabinoidů pokládá za pravděpodobné (tabulka III) a mnohé další se předpokládají^{42,43}. Kromě narušení krátkodobé paměti a pozornosti je to především narušení schopnosti organizovat a integrovat komplexní informace. Ačkoli tyto poruchy nemají obvykle kritický dopad na schopnost kuřáků marihuany relativně normálně fungovat, dochází k jasněmu narušení výkonných funkcí mozku a např. ke zvýšenému riziku všech typů úrazů. Hypotéza, podle níž je zneužívání konopných drog spojeno se zvýšeným rizikem vzniku závislosti na jiné drogy, je předmětem diskuzí, neboť neurobiologická podstata tohoto spojení není prokázána a ve skutečnosti se může jednat o jev sociálního charakteru^{14,44,45}. Velká pozornost je věnována účinkům konopných drog na vývoj adolescentů, na schopnost jejich dalšího vzdělání a na vznik tzv. „amotivačního syndromu“. Chroničtí uživatelé marihuany mohou být apatičtí, letargičtí, stažení a nemotivovaní, avšak spíše než o amotivační syndrom se může jednat o příznaky deprese, chronické intoxikace a o narušení kognitivních funkcí. Na druhou stranu, lze považovat za prokázané, že dlouhodobé užívání kanabinoidů *i*) nezpůsobuje strukturální poškození mozku, *ii*) neindukuje u lidí poruchu imunitních funkcí, *iii*) nezpůsobuje snížení plodnosti nebo sexuálních funkcí ani u žen, ani u mužů, *iv*) nezpůsobuje klinicky významné genetické změny. Ačkoli riziko negativních účinků kanabinoidů během těhotenství zřejmě není vysoké, je jistější vyhnout se v tomto období všem drogám, včetně marihuany, neboť podle některých studií kanabinoidy ovlivňují hladiny hormonů⁴⁶.

Po chronickém užívání kanabinoidů se vyvíjí tolerance, nikoli však ke všem účinkům a nikoli se stejnou rychlostí a intenzitou. Tolerance je zřejmě způsobena především farmakodynamickými změnami, tj. downregulací a internalizací receptorů v různých oblastech mozku. U lidí vyvolávají toleranci ke kardiovaskulárním i psychickým účinkům kanabinoidů teprve opakované vysoké dávky THC. Přerušení chronického požívání kanabinoidů může způsobit tzv. návratovou reakci („rebound fenomén“), např. zvýšení nitroočního tlaku, ztrátu chuti k jídlu, apod. Tolerance a odvykáací stav, resp. „abstinenční syndrom“ byly prokázány u experimentálních zvířat²⁴. Avšak i u některých chronických kuřáků marihuany vzniká po

náhlém přerušení příjmu kanabinoidů odvykáací stav s podrážděností, agitací, úzkostí, poruchami spánku, nadměrným pocením, ztrátou chuti k jídlu, atd. Tyto symptomy jsou však obvykle mírné. Na této skutečnosti se pravděpodobně podílí dlouhý poločas vylučování kanabinoidů.

Náchylnost ke vzniku závislosti je oproti opiátům, kokainu, alkoholu, tabáku nebo benzodiazepinům relativně malá a mechanismus jejího vzniku není dostatečně znám⁴³. Závislost na kanabinoidech je dána více psychologickými faktory než fyziologickými (pozn.: zneužívání návykových látek s fyziologickou závislostí je diagnostikováno, pokud je prokázána tolerance nebo odvykáací stav). Alespoň některá diagnostická vodítka pro syndrom závislosti (touha nebo pocit puzení užívat drogu, potíže v kontrole užívání kanabinoidů, somatický odvykáací stav, průkaz tolerance, postupné zanedbávání jiných potěšení a zájmů, trvalé užívání konopných drog bez ohledu na jasné škodlivé důsledky) jsou však poměrně často splněna. Různé studie uvádějí, že procento čistých uživatelů marihuany, které lze klasifikovat jako závislé, se pohybuje mezi 2 a 10 %. Celoživotní prevalence závislosti na kanabinoidech je třetí nejčastější diagnóza závislosti na návykových látkách, hned po tabáku a alkoholu. Riziko vzniku závislosti je přitom nezávislé na době užívání této drogy, ale zvyšuje se s množstvím a frekvencí užívání marihuany. Zvýšené riziko (téměř 22 %) vzniku pozdější závislosti na kanabinoidech bylo pozorováno u osob, které měly pozitivní reakci na užití kanabinoidů ve věku pod 16 let^{40,47}.

11. Potenciální terapeutické účinky

Z klinického hlediska Δ^9 -THC, jeho metabolit THC-COOH, nepsychotropní kanabidiol, různé analogy kanabinoidů a nově objevené modulatory endogenního kanabinoidního systému vykazují určité terapeutické účinky. Působení kanabinoidů na přenos signálu je především inhibiční, což ukazuje na jejich možnou úlohu v léčbě nemocí, kde je vhodná inhibice uvolňování neurotransmiterů⁴⁸.

Za prokázané lze považovat příznivé účinky kanabinoidů na nevolnost a zvracení (jako vedlejších účinků protinádorové terapie), anorexii a kachexii. Relativně dobře potvrzené jsou i účinky na spasticitu (způsobenou roztroušenou sklerózou nebo poraněním míchy), neurogenní bolest, poruchy pohybu (Tourettův syndrom, dystonie, Parkinsonova choroba, třes, tardivní dyskineza), astma (pouze p.o.) a glaukom. Méně potvrzené jsou účinky na alergie, záněty, infekce, epilepsii, závislost a abstinenční syndrom (při závislosti na benzodiazepinech, opiátech nebo alkoholu); z psychiatrických symptomů je to vliv na reaktivní deprese, poruchy spánku, úzkostné poruchy a bipolární poruchy. Ve stádiu výzkumu jsou i neuroprotektivní účinky THC a jeho působení na autoimunitní nemoci, rakovinu a poruchy krevního tlaku^{1,49–53}.

Byly vyvinuty jak agonisté a antagonisté kanabinoidních receptorů, tak inhibitory zpětného vychytávání endo-

Tabulka IV

Látky působící na kanabinoidní systém zkoumané pro jejich možné terapeutické účinky

 Látky působící na kanabinoidní systém

Nepsychotropní kanabinoidy (např. kanabidiol)

Nepsychotropní metabolity Δ^9 -THC

Endokanabinoidy a jejich analogy

Kanabinoidy a jim podobné látky, které nepůsobí přes CB receptory

Látky, které ovlivňují transport a metabolismus endokanabinoidů

Antagonisté kanabinoidních receptorů

kanabinoidů a inhibitory jejich nitro-buněčné enzymové hydrolyzy. Molekulárními cíly léčiv zasahujících do kanabinoidního systému jsou proto jak receptory CB₁ a CB₂, tak transportní protein pro anandamid nebo enzymy katabolizující endokanabinoidy (tabulka IV).

Žádný lék či droga nejsou zcela bezpečné, proto není třeba diskutovat o tom, zda jsou či nejsou kanabinoidy látkou, jejíž užívání není vůbec nebezpečné pro zdraví. Je nepochybné, že marihuana je návyková látka se škodlivými vedlejšími účinky, které nejsou tak nebezpečné jako u kokainu, heroinu nebo amfetaminů, ale jejichž závažnost je umocněna skutečností, že se jedná o nejrozšířenější psychoaktivní drogu. Socioekonomické důsledky jejího zneužívání lze proto těžko srovnávat s ostatními návykovými látkami, kromě alkoholu, kofeinu a nikotinu.

O možnostech lékařského využití marihuany je dlouhodobě vedena diskuse. Klinické zkoušky léků působících na kanabinoidní systém v CNS teprve probíhají a na jejich výsledku závisí, zda budou zavedeny do lékařské praxe v západních zemích. Skutečností je, že s nadějí na zlepšení svého stavu kouří marihuanu ilegálně mnoho pacientů s AIDS, roztroušenou sklerózou, rakovinou nebo glaukolem.

V některých státech jsou dostupné léky, které jsou syntetickými kanabinoidy: dronabinol a nabilon. Dronabinol (Marinol[®]) je generický název, který byl dán Δ^9 -THC. Čistá substance je světle žlutá pryskyřice, která je prakticky nerozpustná ve vodě. Marinol[®] se proto připravuje rozpuštěním dronabinolu v sezamovém oleji. V USA je cca 80 % Marinolu[®] předepisováno pacientům s AIDS (pro stimulaci chuti k jídlu), 10 % při chemoterapii rakoviny (proti nevolnosti a zvracení) a 10 % při jiných indikacích¹⁴. Nabilon (Cesamet[®]) je keto-kanabinoid; je jedinou klasickou syntetickou obdobou THC, která může být předepisována v některých státech (v Kanadě, Švýcarsku, Velké Británii). Čistá substance je pevná krystalická látka a pro užití se Cesamet[®] připravuje v pevné podobě. Klinické zkoušky tohoto léku se zaměřují na jeho použití při léčbě nevolnosti a zvracení při chemoterapii rakoviny.

12. Závěry

Mechanismy účinků kanabinoidů jsou studovány jednak proto, že jsou psychoaktivní složkou marihuany či hašiše, jednak proto, že úloha endokanabinoidního systému u člověka není dosud dostatečně známa. Zatímco akutní účinky kanabinoidů jsou celkem dobře známy, poznatky o důsledcích chronického zneužívání konopných drog nejsou dostatečné. Akutní účinky kouření marihuany mohou zahrnovat kromě euforie a povznesené nálady také úzkost a strach, narušení krátkodobé paměti a pozornosti, řadu dalších vlivů na psychiku, vnímání, vědomí, psychomotorický výkon a na různé fyziologické funkce. Mezi pravděpodobné důsledky chronického užívání kanabinoidů patří chronická bronchitida (při kouření), narušení krátkodobé paměti a pozornosti, narušení schopnosti organizovat a integrovat komplexní informace, syndrom závislosti a další. Není dosud jasné, do jaké míry je narušen výkon a funkce mozku u velmi mladých uživatelů marihuany, ale bylo prokázáno, že tato skupina uživatelů má zvýšené riziko vzniku závislosti. Konopné drogy mohou u náchylných osob přivodit latentní schizofrenní psychózu nebo mohou nepříznivě ovlivnit její průběh a těžcí kuřáci marihuany mohou mít oproti ostatním zvýšené depresivní příznaky. Teprve další studie však umožní porozumět vztahu mezi užíváním marihuany a psychózou a zjistit, zda existuje kritické období ve vývoji mozku, kdy jsou kanabinoidy zvláště nebezpečné.

Specifické účinky kanabinoidů jsou dány především ovlivněním aktivity kanabinoidních systémů v mozku a systémů s nimi spojených. Primární biochemické účinky látek ovlivňujících kanabinoidní systém spočívají v agonistickém či antagonistickém působení na kanabinoidní receptory, v inhibici enzymů podílejících se na katabolismu kanabinoidů nebo v ovlivnění kanabinoidních přenašečů. U chronických uživatelů konopných drog lze předpokládat adaptivní změny v jejich kanabinoidním systému a v souvisejících neurotransmiterových systémech, jako je regulace hustoty a senzibility membránových receptorů a aktivity jejich přenosových systémů.

Hodně se diskutuje o možnostech lékařského využití marihuany. Předmětem výzkumu je syntéza analogů kanabinoidů, které by neměly psychoaktivní vlastnosti Δ^9 -THC, ale měly jeho případné terapeutické účinky. Klinické zkoušky léků působících na kanabinoidní systém v CNS ale teprve probíhají a teprve na jejich výsledku závisí, zda budou zavedeny do lékařské praxe.

Tato práce vznikla s podporou grantu IGA MZ ČR č. NR8408-3/2005.

LITERATURA

1. Earleywine M.: *Understanding Marijuana. A New Look at the Scientific Evidence*. Oxford Univ. Press, New York 2002.

2. Hanuš L. O.: *Adiktologie* 4, 511 (2004).
3. Gaoni Y., Mechoulam R.: *J. Am. Chem. Soc.* 86, 1646 (1964).
4. Mechoulam R., Gaoni Y.: *J. Am. Chem. Soc.* 87, 3273 (1965).
5. Devane W. A., Dysarz F. A., Johnson M. R., Melvin L. S., Howlett A. C.: *Mol. Pharmacol.* 34, 605 (1988).
6. Devane W. A., Hanuš L., Breuer A., Pertwee R. G., Stevenson L. A., Griffin G., Gibson D., Mandelbaum A., Etinger A., Mechoulam R.: *Science* 258, 1946 (1992).
7. Mechoulam R., Ben-Shabat S., Hanus L., Ligumsky M., Kaminski N. E., Schatz A. R., Gopher A., Almgog S., Martin B. R., Compton D. R., Pertwee R. G., Griffin G., Bayewitch M., Barg J., Vogel Z.: *Biochem. Pharmacol.* 50, 83 (1995).
8. Clarke R. C., Watson D. P., v knize: *Cannabis and Cannabinoids. Pharmacology, Toxicology, and Therapeutic Potential* (Grotenhermen F., Russo E., ed.), kap. 1. The Haworth Integrative Healing Press, New York, London, Oxford 2002.
9. ElSohly M. A., v knize: *Cannabis and Cannabinoids. Pharmacology, Toxicology, and Therapeutic Potential* (Grotenhermen F., Russo E., ed.), kap. 3. The Haworth Integrative Healing Press, New York, London, Oxford 2002.
10. Grotenhermen F., v knize: *Cannabis and Cannabinoids. Pharmacology, Toxicology, and Therapeutic Potential* (Grotenhermen F., Russo E., ed.), kap. 5. The Haworth Integrative Healing Press, New York, London, Oxford 2002.
11. World Health Organization: *Cannabis: A Health Perspective and Research Agenda*. Division of Mental Health and Prevention of Substance Abuse, WHO, 1977.
12. Huestis M. A., Henningfield J. E., Cone E. J.: *J. Anal. Toxicol.* 16, 276 (1992).
13. Grotenhermen F., v knize: *Cannabis and Cannabinoids. Pharmacology, Toxicology, and Therapeutic Potential* (Grotenhermen F., Russo E., ed.), kap. 31. The Haworth Integrative Healing Press, New York, London, Oxford 2002.
14. Iversen L. L.: *The Science of Marijuana*. Oxford Univ. Press, New York 2000.
15. Brenneisen R., v knize: *Cannabis and Cannabinoids. Pharmacology, Toxicology, and Therapeutic Potential* (Grotenhermen F., Russo E., ed.), kap. 6. The Haworth Integrative Healing Press, New York, London, Oxford 2002.
16. Paton W. D.: *Annu. Rev. Pharmacol.* 15, 191 (1975).
17. Leuschner J. T., Wing D. R., Harvey D. J., Brent G. A., Dempsey C. E., Watts A., Paton W. D.: *Experientia* 40, 866 (1984).
18. Pertwee R. G., Ross R. A.: *Prostaglandins Leukot. Essent. Fatty Acids* 66, 101 (2002).
19. Glass M., Felder C. C.: *Neurotransmission* 14, 3 (1998).
20. Elphick M. R., Egertová M.: *Phil. Trans. R. Soc. Lond., B* 356, 381 (2001).
21. Matsuda L. A., Lolait S. J., Brownstein M. J., Young A. C., Bonner T. I.: *Nature* 346, 561 (1990).
22. Ameri A.: *Prog. Neurobiol.* 58, 315 (1999).
23. Walter L., Stella N.: *Br. J. Pharmacol.* 141, 775 (2004).
24. Tanda G., Goldberg S. R.: *Psychopharmacology (Berl.)* 169, 115 (2003).
25. Herkenham M., Lynn A. B., Little M. D., Johnson M. R., Melvin L. S., de Costa B. R., Rice K. C.: *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 87, 1932 (1990).
26. Idris A. I., van 't Hof R. J., Greig I. R., Ridge S. A., Baker D., Ross R. A., Ralston S. H.: *Nat. Med.* 11, 774 (2005).
27. Hall W., Solowij N.: *Lancet* 352, 1611 (1998).
28. Iversen L.: *Brain* 126, 1252 (2003).
29. Pope H. G. Jr., Gruber A. J., Hudson J. I., Cohane G., Huestis M. A., Yurgelun-Todd D.: *Drug Alcohol Depend.* 69, 303 (2003).
30. Leweke F. M., v knize: *Cannabis and Cannabinoids. Pharmacology, Toxicology, and Therapeutic Potential* (Grotenhermen F., Russo E., ed.), kap. 22. The Haworth Integrative Healing Press, New York, London, Oxford 2002.
31. Mathew R. J., Wilson W. H., Turkington T. G., Hawk T. C., Coleman R. E., DeGrado T. R., Provenzale J.: *Psychiatry Res.: Neuroimaging* 116, 173 (2002).
32. Mathew R. J., Wilson W. H., Chiu N. Y., Turkington T. G., DeGrado T. R., Coleman R. E.: *Acta Psychiatr. Scand.* 100, 67 (1999).
33. Mathew R. J., Wilson W. H., Turkington T. G., Coleman R. E.: *Brain Res.* 797, 183 (1998).
34. Volkow N. D., Gillespie H., Mullani N., Tancredi L., Grant C., Ivanovic M., Hollister L.: *Psychiatry Res.: Neuroimaging* 40, 69 (1991).
35. Degenhardt L., Hall W.: *Curr. Psychiatry Rep.* 4, 191 (2002).
36. Patton G. C., Coffey C., Carlin J. B., Degenhardt L., Lynskey M., Hall W.: *BMJ* 325, 1195 (2002).
37. Degenhardt L., Hall W., Lynskey M.: *Addiction* 98, 1493 (2003).
38. Arseneault L., Cannon M., Poulton R., Murray R., Caspi A., Moffitt T. E.: *BMJ* 325, 1212 (2002).
39. Zammit S., Allebeck P., Andreasson S., Lundberg I., Lewis G.: *BMJ* 325, 1199 (2002).
40. Fergusson D. M., Horwood L. J., Lynskey M. T., Madden P. A.: *Arch. Gen. Psychiatry* 60, 1033 (2003).
41. Stefanis N. C., Delespaul P., Henquet C., Bakoula C., Stefanis C. N., Van Os J.: *Addiction* 99, 1333 (2004).
42. Solowij N., Stephens R. S., Roffman R. A., Babor T., Kadden R., Miller M., Christiansen K., McRee B., Vendetti J., for the Marijuana Treatment Project Research Group: *JAMA* 287, 1123 (2002).
43. Grotenhermen F., v knize: *Cannabis and Cannabinoids. Pharmacology, Toxicology, and Therapeutic Potential* (Grotenhermen F., Russo E., ed.), kap. 21. The Haworth Integrative Healing Press, New York, London, Oxford 2002.

44. Degenhardt L., Hall W., Lynskey M.: *Drug Alcohol Depend.* 64, 319 (2001).
45. Kandel D. B.: *JAMA* 289, 482 (2003).
46. Murphy L. L., v knize: *Cannabis and Cannabinoids. Pharmacology, Toxicology, and Therapeutic Potential* (Grotenhermen F., Russo E., ed.), kap. 26. The Haworth Integrative Healing Press, New York, London, Oxford 2002.
47. von Sydow K., Lieb R., Pfister H., Höfler M., Wittchen H.-U.: *Drug Alcohol Depend.* 68, 49 (2002).
48. Croxford J. L.: *CNS Drugs* 17, 179 (2003).
49. Piomelli D., Giuffrida A., Calignano A., Rodríguez de Fonseca F.: *TiPS* 21, 218 (2000).
50. Mechoulam R., Hanuš L.: *Pain Res. Manag.* 6, 67 (2001).
51. Grotenhermen F., v knize: *Cannabis and Cannabinoids. Pharmacology, Toxicology, and Therapeutic Potential* (Grotenhermen F., Russo E., ed.), kap. 11. The Haworth Integrative Healing Press, New York, London, Oxford 2002.
52. Goutopoulos A., Makriyannis A.: *Pharmacol. Ther.* 95, 103 (2002).
53. Fowler C. J.: *Brain Res. Rev.* 41, 26 (2003).

Z. Fišar (*1st Faculty of Medicine, Charles University in Prague*): **Phytocannabinoids**

Cannabis is one of the most widely used illicit psychoactive drugs. Both mechanisms of action of cannabinoids and adverse effects of cannabis use are reviewed in this paper. While the effects of cannabinoids have been studied for a long time, a marked progress in knowledge of molecular mechanisms of their action was possible following confirmation of cannabinoid receptors in 1988 and discovery of the endogenous cannabinoid system in 1992. Δ^9 -tetrahydro-cannabinol (Δ^9 -THC) is the major psychoactive component of marijuana. Pharmacokinetics of Δ^9 -THC is strongly influenced by its accumulation in fatty tissues. Acute effects of cannabis on psychic, psychomotor and physiological functions are well known; however, there is little information about the effects of chronic cannabis use. Δ^9 -THC acts as agonist of cannabinoid receptors CB₁ and CB₂, which are coupled through G proteins, negatively to adenylate cyclase and to voltage-dependent calcium channels, positively to mitogen-activated protein kinase or to potassium channels. Activation of cannabinoid receptors CB₁ in the brain is responsible for psychotropic effects of cannabinoids. The effect of cannabinoids on signal transduction is mainly inhibitory. Both negative actions of Δ^9 -THC and therapeutic effects of cannabinoids and their analogues are discussed.

NOVÁ VÝZVA

* **POZOR ZMĚNA - GRANTY NA 5 LET** *

Výzva k podávání žádostí o podporu česko-americké vědeckotechnické spolupráce

Bližší informace a formuláře na www.amvis.cz

Uzávěrka přijímání návrhů je 31. května 2006.

Kontakt:

AMVIS, o.p.s.
Senovážné nám. 24
116 47 Praha 1

e-mail: amvis@amvis.cz
tel.: 234 621 222 nebo 441
fax: 234 621 552

BIOSYNTÉZA HMYZÍCH FEROMONŮ

ANNA LUXOVÁ a IRENA VALTEROVÁ*

Ústav organické chemie a biochemie, Akademie věd České republiky, Flemingovo náměstí 2, 166 10 Praha 6
irena@uochb.cas.cz

Došlo 21.7.05, přijato 16.1.06.

Klíčová slova: biosyntéza, feromony, Blattodea, Coleoptera, Diptera, Lepidoptera, Hymenoptera

Obsah

1. Úvod
2. Chemické metody výzkumu biosyntézy feromonů
3. Biosyntéza feromonů různých řádů hmyzu
 - 3.1. Biosyntéza sexuálních feromonů u švábů (Blattodea)
 - 3.2. Sexuální a agregční feromony u brouků (Coleoptera)
 - 3.3. Biosyntéza sexuálních feromonů u much (Diptera)
 - 3.4. Biosyntéza feromonů u motýlů (Lepidoptera)
 - 3.5. Biosyntéza feromonů blanokřídlých (Hymenoptera)
4. Závěr

1. Úvod

Feromony jakožto komunikační látky ovlivňují chování většiny živočichů v důležitých fázích jejich života. U hmyzu je chemická komunikace prakticky základem existence jednotlivých druhů. Chemické signály jsou ve třídě hmyzu podstatně důležitější než jiné vjemy, např. zrakové či sluchové.

Feromony jsou z hlediska chemické struktury množinou obsahující značné množství strukturních typů (alifatické nenasyčené látky, heterocykly, makrocycly, spiroacetyly, terpeny, aromatické látky apod.)¹. Klíčovou roli hraje i stereochemické uspořádání těchto sloučenin. Např. enantiomery, různé polohové isomery či látky s jinou konfigurací na dvojně vazbě mohou vyvolat zcela odlišné chování u hmyzu a mají tak jinou biologickou funkci. V některých případech určité chování vyvolá jen

specifická směs stereoisomerů, jindy jeden enantiomer inhibuje účinky druhého².

Na rozdíl od dobré znalosti chemické struktury feromonů a mechanismů jejich působení v regulaci hmyzího chování je výzkum jejich biosyntézy, její endokrinní regulace a dějů na úrovni molekul novou, prozatím okrajově probádanou oblastí^{3–5}. Studium biogeneze feromonů, ať již pomocí technik organické chemie či molekulární biologie, zaznamenalo prudký vývoj teprve v poslední době. Objasnění biosyntézy unikátních struktur, mezi něž většina feromonů patří, umožňuje komplexní pohled na principy sekundárního metabolismu nejen u hmyzu. Určení funkce enzymů, které katalyzují klíčové kroky biosyntézy feromonů, pomáhá biologům pochopit evoluční vztahy mezi primárním metabolismem a vývojově mladším sekundárním metabolismem. Rovněž určení původu prekurzorů feromonů přináší odpověď na otázku, zda jsou tyto chemické signály v organismu syntetizovány *de novo* ze základních metabolických dvou- nebo tříuhlíkatých jednotek, či zda se jejich skelet tvoří biotransformací již hotového skeletu látky, přijaté např. potravou.

Současný výzkum se zaměřuje přednostně na čtyři řády hmyzu: šváby (Blattodea)⁵, brouky (Coleoptera)^{5,6}, dvoukřídle (Diptera)⁵ a motýly (Lepidoptera)⁵. Důvod hlubšího výzkumu feromonové biosyntézy zástupců těchto řádů vyplývá z toho, že jsou ekonomicky významné jako škůdci (např. kůrovci, švábi, skladištní škůdci, zavíječi, housenky motýlů atd.), nebo jako přirození nepřátelé škůdců (např. sluněčka, chalcidky). Výhodou hmyzu jako modelu je snadná experimentální práce s dostupným materiálem z laboratorních chovů, čímž lze získat větší množství feromonu. Příkladem dobře prozkoumaného modelového hmyzu je např. lišaj tabákový, *Manduca sexta* (Lepidoptera), nebo octomilka, *Drosophila melanogaster* (Diptera).

2. Chemické metody výzkumu biosyntézy feromonů (přehledy^{5,6} a doprovodný materiál)

Experimentální možnosti výzkumu biosyntézy hmyzích feromonů jsou založeny na aplikaci neznačených nebo značených prekurzorů těchto látek. Pokusy mohou probíhat buď *in vivo* aplikací substrátů potravou, vystavením parám, injekcí či rozetřením po povrchu žlázy hmyzu, anebo *in vitro*, kdy se s roztokem substrátu inkubuje izolovaná tkáň, nebo její extrakt.

Nejvíce probádané metody aplikace neznačených látek byly publikovány u brouků rodu *Ips* při výzkumu

* autor pro korespondenci

biosyntézy terpenických feromonů ipsenolu a ipsdienolu z myrcenu a verbenolu z pinenu. Mnohem běžnější metodou výzkumu je aplikace značených prekurzorů feromonů. Značkou ve struktuře substrátu může být např. stabilní isotop (^{13}C , ^2H , ^{18}O , ^{15}N , ^{31}P), nestabilní isotop (^{14}C , ^3H), nebo atom fluoru.

Pro výzkum biosyntézy *de novo* se používají následující prekurzory: *i*) značený acetát či malonát^{7,8} pro výzkum biosyntézy nevětvených mastných kyselin, *ii*) sukcinát, propionát a aminokyseliny, které jsou prekurzorem propionátu jako např. valin, isoleucin, či methionin⁹ pro studium biosyntézy alifatických feromonů substituovaných methylem, *iii*) butyrát pro výzkum biosyntézy alifatických struktur substituovaných ethylem, *iv*) mevalonát, mevalonolaktone hydroxymethyl-glutarát, isopentenyl-difosfát, isopentenol, dimethylallyl-difosfát pro studium biosyntézy terpenických a steroidních látek a *v*) šikimát, aminokyseliny tyrosin, fenylalanin, tryptofan¹⁰ pro výzkum biosyntézy aromatických strukturálních typů feromonů.

Při studiu specifických kroků biosyntézy specializovaných feromonů u hmyzu byla použita celá řada značených struktur složitějších prekurzorů. Příkladem mohou být terpeny, jako jsou ($^2\text{H}_6$)-značený α -pinen, deuteriem substituované ipsdienol, ipsenol a myrcen či tritiovány geraniol, dále keton (6,7- $^2\text{H}_2$)-(Z)-non-6-en-2-on, deuteriem selektivně značené mastné kyseliny nebo hydroxykyseliny jako např. kyselina (9,10- $^2\text{H}_2$)-8-hydroxypalmitolejová a v neposlední řadě aminokyseliny, jako je (3,4,5- $^3\text{H}_3$)-leucin¹¹.

Pokud jsou jako značené atomy ve struktuře metabolitu použity stabilní isotopy, je k jejich stanovení nejčastěji využito metod plynové a kapalinové chromatografie s hmotnostními detektory se dvěma typy analyzátorů: kvadrupólovým nebo s iontovou pastí. Dalším typem detektoru zapojovaným paralelně s výše jmenovanými klasickými hmotnostními spektrometry a používaným především pro značení uhlíkem ^{13}C je detektor „isotope-ratio-monitoring-MS“ (cit.¹²). Jeho princip je následující. Po průchodu plynovým chromatografem se eluent dělí do dvou proudů ve vyhřívaném dělicím ventilu. Jedna část pokračuje do klasického hmotnostního detektoru, zatímco druhá část organického eluentu se oxidačně spálí za vysoké teploty (940 °C) v peci za katalýzy CuO/Ni/Pt na $^{12}\text{CO}_2$ s konstantní příměsí $^{13}\text{CO}_2$. Směs pokračuje do detektoru s vysokou citlivostí, který měří poměr $^{13}\text{CO}_2/^{12}\text{CO}_2$, tedy m/z 45/44. Detektor je kalibrován na standard – přírodní látku z neradioaktivní oblasti např. Peedee Belemnite (křídové zkamenělé mušle z oblasti Peedee v Jižní Kalifornii) s konstantním poměrem $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$. Hodnoty $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ naměřené v neznámém vzorku se počítají v promile

$$\delta \text{‰} = \left[\frac{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{vzorku}}}{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{stand}}} - 1 \right] \times 1000$$

Je-li hodnota pro vzorek malá nebo negativní (na detektoru není pík), žádný atom ^{13}C se do struktury molekuly neinkorporoval, zatímco naměřené hodnoty větší než šum (vizuálně jsou zobrazeny jako pík) dokazují inkorporaci značené látky do molekuly. Struktura látky, do které se ^{13}C značka zapojila, se poté identifikuje podle hmotnostního spektra z paralelně zapojeného hmotnostního

detektoru na základě shody retenčních časů. Tato nová metoda byla dosud publikována při výzkumu biosyntézy frontalínu, agregačního feromonu brouků rodu *Dendroctonus*.

Další, vysoce efektivní metodou pro určení polohy inkorporovaného uhlíku ^{13}C je ^{13}C -nukleární magnetická rezonance. Přírodní obsah isotopu uhlíku ^{13}C v přírodě je pouze 1,1 % a ^{13}C -NMR-spektra se musí akumulovat po delší čas. Inkorporovanému ^{13}C atomu uhlíku se proto v ^{13}C -NMR spektru měřené molekuly mnohonásobně zvýší intenzita signálu. O chemické povaze inkorporovaného isotopu ^{13}C vypovídá jeho chemický posun. K upřesnění struktury molekuly *resp.* polohy inkorporovaného atomu slouží interakční konstanty $J_{\text{C-H}}$, event. $J_{\text{C-C}}$, které jsou ve spektrech díky vyššímu zastoupení ^{13}C isotopu detegovatelné. U studia biosyntézy feromonu hmyzu je využití NMR-spektroskopie problematické, protože feromony jsou mnohdy mnohasložkové směsi látek o nízké koncentraci. Přesto bylo použití této metody publikováno, a to především při studiu feromonálních látek substituovaných methylem. Pomocí ^{13}C -NMR byly např. studovány kutikulární uhlovodíky termitů *Zootermes angusticolis*. Po aplikaci (2,3- ^{13}C)-sukcinátu v potravě se značka objevila v terciárních uhlících monomethyl- či dimethylalkanů. Na základě ^{13}C -NMR spekter po aplikaci (^{13}C -methyl)-2-methylmalonátu byl určen 2-methylmalonát jako prekurzor 3-methylpentakosenu, feromonu švába *Periplaneta americana*. Methylové větvení v kutikulárních uhlovodících mouchy *Musca domestica* vzniklo inkorporací methylmalonylu-CoA, který pochází z aminokyseliny valinu. Do mouchy byl aplikován (1- ^{13}C)-propionát. Halarknar a spol. dokázali zkracování propionátu na acetát při vzniku methylovaných uhlovodíků u švába *Periplaneta americana*. Používali (2- ^{13}C)-propionát a (3- ^{13}C)-propionát a zjistili řazení značených uhlíků do sudých *resp.* lichých poloh uhlovodíku. Acetát v této biosyntéze tedy pochází rovněž z propionátu.

K detekci zabudovaných prekurzorů značených nestabilními isotopy (^{14}C ; $t_{1/2} = 5730$ r) a (^3H ; $t_{1/2} = 12,3$ r) se k měření radioaktivního záření využívá kapalinově-scintilačních analyzátorů. K molekulám, do kterých se radioaktivní atom inkorporoval, je přidána scintilační látka, která je schopna absorbovanou energii záření emitovat ve formě viditelného světla. Tyto scintilační záblesky jsou ve fotonásobiči transformovány na elektrické impulsy a detegovány. Zabudování radioaktivních značených prekurzorů do terpenických feromonů brouků rodů *Ips* a *Scolytus* bylo zjištěno metodou radio-HPLC. Frakce získané z kapalinové chromatografie byly měřeny po přidání scintilačního koktejlu na kapalinově-scintilačním analyzátoru. Ze získaných hodnot radioaktivity jednotlivých frakcí byl rekonstruován chromatografický pík. Látka byla identifikována po srovnání s retenčním časem standardu.

Spojení plynového chromatografu s tepelně vodivostním detektorem (TCD), který nedestruuje analyzované sloučeniny, a s plynově-ionizačním radiodetektoem umožňuje analyzovat inkorporaci radioaktivně značených látek do těkavých složek feromonů. Takto byla studována

např. biosyntéza monoterpenických feromonů u brouků rodu *Ips*. Na sledování distribuce radioaktivity mezi jednotlivými třídami sloučenin je starší, ale stále hojně užívaná metoda tenkovrstvé chromatografie s autoradiografickou detekcí. Vyvinutá TLC deska se přiloží k fotografickému papíru (bromid stříbrný v želatině). Ionizující záření emitované zónami, ve kterých se elují radioaktivní látky, převede AgBr do excitovaného stavu. Excitovaná zrna jsou snadno redukovatelná na elementární stříbro, a proto jsou po vyvolání a ustálení na fotografickém papíře dobře patrné zóny radioaktivních látek¹³. V současné době se TLC desky rovněž skenují pomocí speciálních zařízení, která mapují radioaktivitu na ploše desky. Jedním z nich je např. IP Autoradiography System.

3. Biosyntéza feromonů různých řádů hmyzu

Hlavními otázkami při výzkumu tvorby feromonů jsou především: *i*) kde se nachází sekreční žláza produkující

cí feromon a jaká je její fyziologie, *ii*) jaké enzymy se podílejí na jednotlivých krocích biosyntézy, *iii*) jak je regulována feromonová biosyntéza, probíhá regulace přímo inhibicí, či aktivací těchto enzymů, anebo prostřednictvím regulace genové exprese těchto enzymů, *iv*) jak se syntetizuje skelet molekuly feromonu, používá hmyz hotový skelet nebo část skeletu molekuly feromonu, který získal v potravě, a pouze ho jednoduššími reakcemi modifikuje na výsledný funkční feromon, nebo se molekula feromonu staví ze základních prekurzorů *de novo*?

Odpovědi na první otázku získávají entomologové zabývající se fyziologií hmyzu. Pomůckou jsou jim snímky tkání hmyzu získané z elektronového mikroskopu. Řešení druhých dvou problémů vyžaduje použití mnoha chemických technik. Jde o navržení možné biosyntetické cesty, syntézu značených prekurzorů, jejich aplikaci a následnou identifikaci metabolitů. Dále se zjišťují vlastnosti enzymů podílejících se na přeměně určených metabolitů.

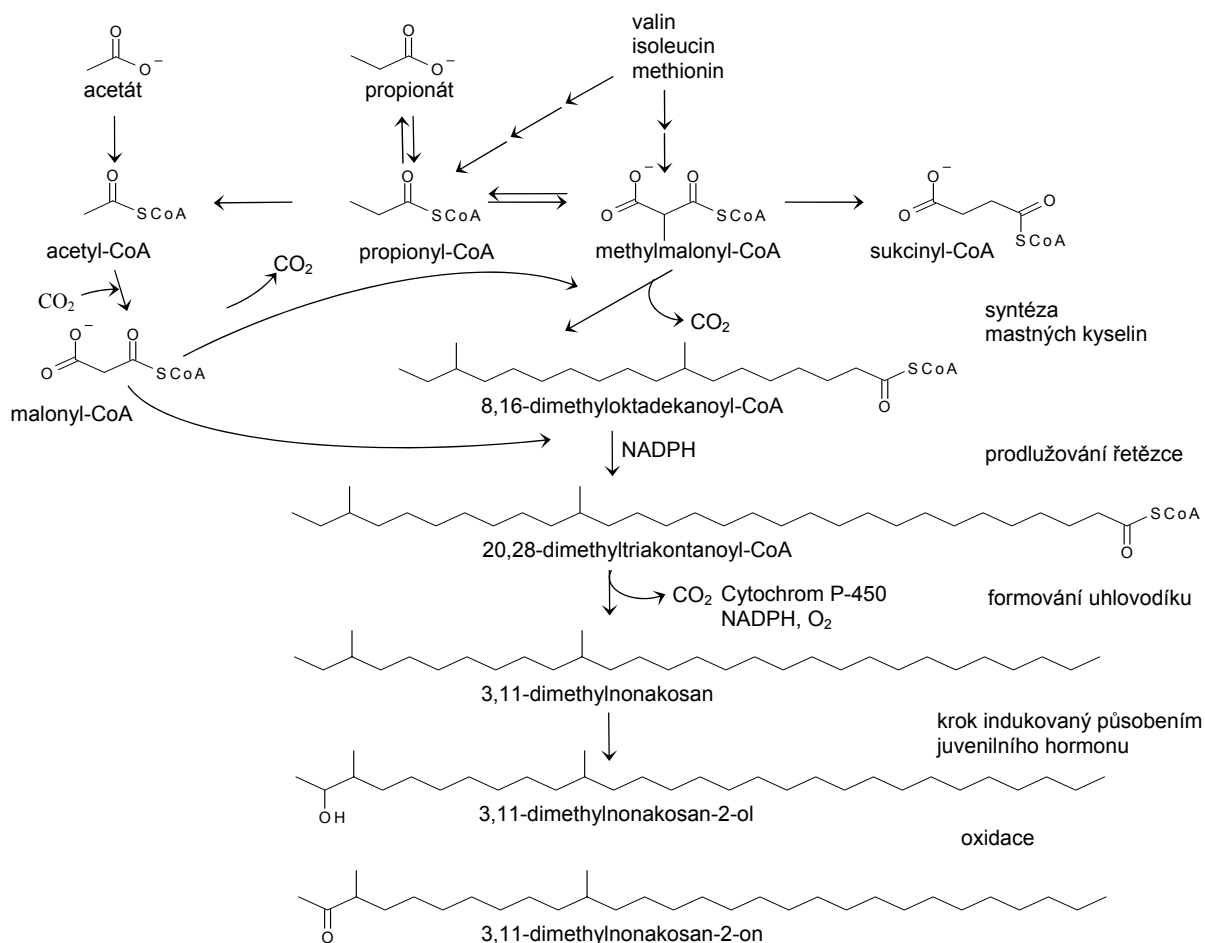


Schéma 1. Biosyntéza sexuálních feromonů u švábů (podle cit.⁵)

3.1. Biosyntéza sexuálních feromonů u švábů (Blattodea) (přehled⁵ a doprovodný materiál)

Komunikačními látkami příslušníků tohoto řádu hmyzu jsou látky vznikající v metabolismu z mastných kyselin. Nejvíce prostudovaná je biosyntéza samičího feromonu rusa domácího *Blattella germanica*, kterým je 3,11-dimethylnonakosan-2-on (schéma 1). Biosyntéza větveného 20,28-dimethyltriakontanoyl-CoA, který je meziproduktem feromonu, začíná z propionyl-CoA. Ten může vzniknout z aminokyselin valinu, methioninu nebo isoleucinu. Propionyl-CoA se dále karboxyluje za vzniku methylmalonyl-CoA, klíčového metabolitu pro vznik větvení. Řetězec se prodlužuje ve sledu syntézy mastných kyselin vždy o dva uhlíky a do specifických poloh se řadí methylmalonyl-CoA za vzniku methylového větvení v 20,28-dimethyltriakontanoyl-CoA. Redukcí 20,28-dimethyltriakontanoyl-CoA vzniká uhlovodík 3,11-dimethylnonakosan, který je oxidován v dalším kroku na sekundární alkohol 3,11-dimethylnonakosan-2-ol a ten se dále oxidační na 3,11-dimethylnonakosan-2-on.

3.2. Sexuální a agregační feromony brouků (Coleoptera) (přehledy^{5,6} a doprovodný materiál)

Řád brouků zahrnuje cca 300 000 druhů, a proto je chemická různorodost látek uplatňujících se ve vnitrodruhové komunikaci obrovská. Feromony brouků mohou vznikat některým ze tří hlavních způsobů: *i*) ukládáním rostlinných látek a jejich pozdějším použitím v nezměněné formě k signálnímu účelu¹⁴, *ii*) modifikací látek přijatých potravou dalšími biosyntetickými reakcemi, jejichž výsledkem je struktura feromonu či *iii*) *de novo* biosyntézou feromonu ze základních dvou- či tříuhlíkatých jednotek. Předmětem počátečních výzkumů, kdy ještě nebylo možno rekonstruovat celou biosyntetickou cestu, bylo přiřazení syntézy feromonu do jedné z těchto kategorií. Biogeneze feromonu ale často probíhá více způsoby, kdy se biosyntetická cesta *de novo* aktivuje či výrazněji podílí při nedostatečném přísunu prekurzorů z potravy.

Feromony brouků lze velice hrubě rozdělit podle typu řetězce a charakteristické funkční skupiny do několika základních skupin. Cestou mastných kyselin se syntetizují alkoholy, aldehydy, ketony a estery. Příkladem alkoholu je (4*R*)-4-methylnonan-1-ol vylučovaný potměníkem *Tenebrio molitor* (Tenebrionidae). Japonský brouk *Popilia japonica* (Scarabeidae) tvoří keton (5*R*)-5-[(1*Z*)-dec-1-enyl]-oxacyklopentan-2-on zvaný japonilur a kůrovec *Pityogenes chalcographus* (Scolytidae) produkuje ester (2*E*,4*Z*)-methyl-deka-2,4-dienoát jako agregační feromon. Samice kovaříků rodu *Limoni* (Elateridae) lákají samce produkcí krátkých mastných kyselin, zatímco kovaříci rodu *Melanotus* (Elateridae) používají jako feromon tetradecenaly či tetradecenyl-acetáty – sloučeniny podobné sexuálním feromonům nočních motýlů. Dalším broukem využívajícím ke komunikaci kyselinu (3*E*,5*Z*)-tetradeka-

-3,5-dienovou je kůrojed *Attagenus megatoma* (Dermestidae). Kutikulární uhlovodíky používá většina hmyzu k impregnaci povrchu těla, ale u některých druhů brouků se vyvinula i sekundární komunikační funkce.

Sloučeniny, jejichž původ je kombinací terpenické a acetogenní biosyntetické cesty, byly jako feromon identifikovány u samic kovaříků *Agriotes obscurus* a *A. lineatus* (Elateridae). Jsou jimi geranyl-hexanoát a geranyl-oktanoát. Dalším strukturním typem jsou makrolidy. Tyto mnohohlíkaté kruhové laktony produkují např. brouci rodu *Cryptolestes* či *Oryzaephilus* (Silvanidae). Spiroacetyly syntetizují především brouci rodu *Dendroctonus* z čeledi kůrovcovitých (Scolytidae).

Vznik aromatických feromonů u brouků biosyntetickou cestou kyseliny šikimové nebyl dosud u žádného druhu pozorován. Většina signálních látek s touto strukturou je u brouků syntetizována modifikací aminokyselin. Např. někteří chrousti využívají ke komunikaci deriváty tyrosinu, fenylalaninu či tryptofanu¹⁵. Chroust *Holotrichia parallela* syntetizuje z L-isoleucinu (2*S*,3*S*)-2-amino-3-methyl-methyl-pentanoát (methylester L-isoleucinu).

Biosyntéze terpenických feromonů u brouků byla věnována velká pozornost, protože právě tyto látky využívají ke komunikaci významní lesní škůdci. Jde např. o nosatce *Anthrenus grandis* (Curculionidae) nebo kůrovce *Scolytus spp.*, *Ips spp.*, *Dendroctonus spp.* (Scolytidae), kteří syntetizují monoterpenické feromonové komponenty¹⁶. Biosyntéza agregačních feromonů u brouků čeledi Scolytidae, kterými jsou monoterpenické alkoholy či ketony, může vycházet z monoterpenů přijatých potravou. Modifikace těchto látek na feromon se poté uskutečňuje oxidačními či hydratačními reakcemi. Zapojovat se mohou i následné oxidace, hydrogenace či intramolekulární přesmyky. Původní acyklické monoterpeny z potravy jsou pro brouky většinou toxické, proto mohla být biotransformace monoterpenů z potravy původně detoxikačním krokem a až během vývoje pravděpodobně získala sekundární funkci chemického informačního mediátoru.

Příklady brouků oxidujících monoterpeny přijaté z potravy na feromony jsou samci lýkožrouta *Ips paraconfusus*, kteří přeměňují (–)- α -pinen z pryskyřice borovice *Pinus ponderosa* na (+)-*cis*-verbenol, který je součástí feromonové agregační směsi (schéma 2). Samci i samice kůrovce *Dendroctonus brevicomis* přeměňují (–)- α -pinen na (–)-*trans*-verbenol, který působí jako jejich antiagregační feromon. Oxidace monoterpenických alkoholů na feromonové komponenty jsou vysoce stereo- a enantioselektivní reakce. Např. u *Ips* spp. odstupuje právě *pro-4S* vodík

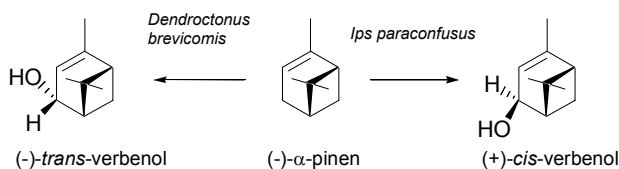
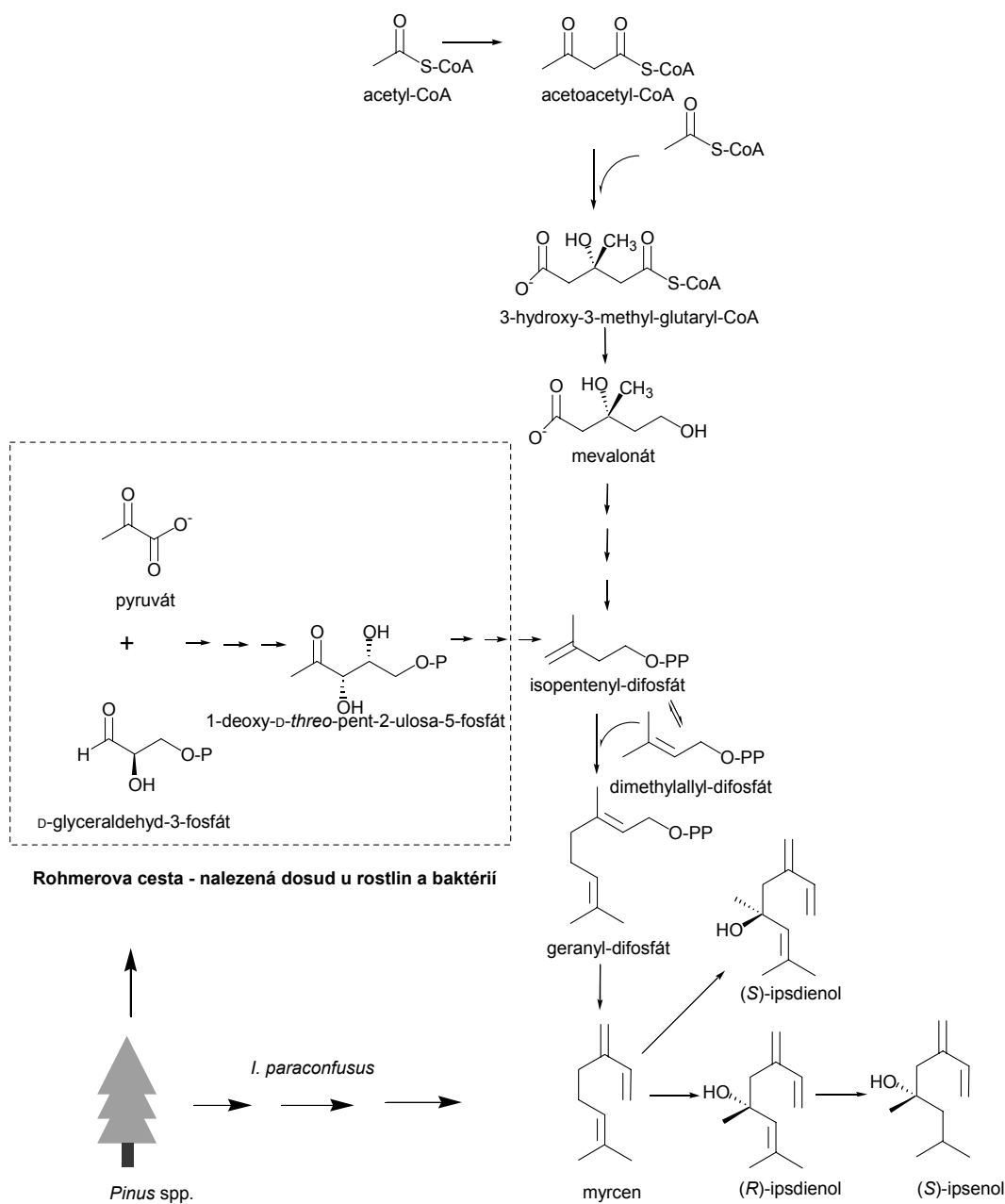


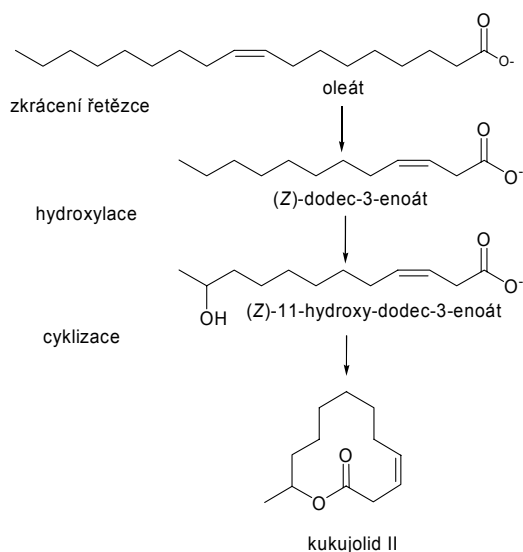
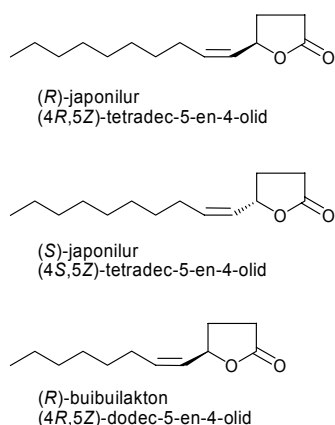
Schéma 2. Přeměna (–)- α -pinenu na (–)-*trans*-verbenol a (+)-*cis*-verbenol (podle cit.⁶)

Schéma 3. Biosyntéza isoprenoidních feromónů u brouků *Ips pini* a *I. paraconfusus* (podle cit.⁵)

z (+)- nebo (-)- α -pinenu za vzniku *cis*-, resp. *trans*-verbenolu.

Někteří lýkožrouti např. *Ips paraconfusus*, *I. pini* a *I. duplicatus* přeměňují acyklické monoterpeny z potravy (např. myrcen) na acyklické alkoholy, které jsou součástí feromonu. Jde o ipsdienol či ipsenol (schéma 3). Některé pozdější práce však řeší otázku, zda modifikace přijatého myrcenu stačí pokrýt veškerou potřebu ipsenolu a ipsdie-

nolu, nebo zda jsou tyto alkoholy syntetizovány zároveň *de novo*. Novější studie používající ^{14}C substituované prekurzory prokázaly zabudování značených látek do skeletů feromonových alkoholů. Nejnovější poznatky u *I. pini* plně dokazují souběžný vznik ipsdienolu *de novo* i modifikací myrcenu z potravy, dosud se však nepodařilo určit příspěvek té či oné cesty. Klasická *de novo* isoprenoidní cesta vzniku terpenů vede od acetátu přes hydroxymethylgluta-

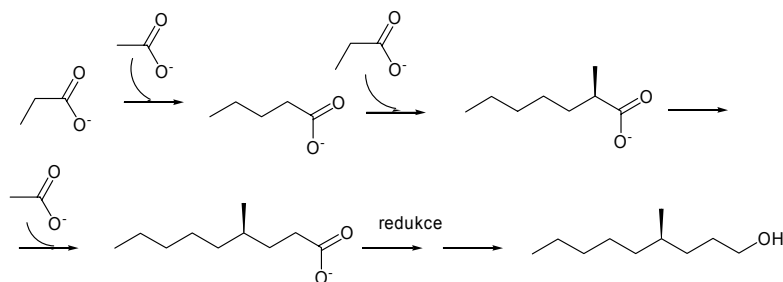
Schéma 4. Biosyntéza kujukolidu II broukem *Cryptolestes ferrugineus* (podle cit.⁶)Schéma 5. (R)- a (S)-japonilur a (R)-buiuilakton (podle cit.¹¹)

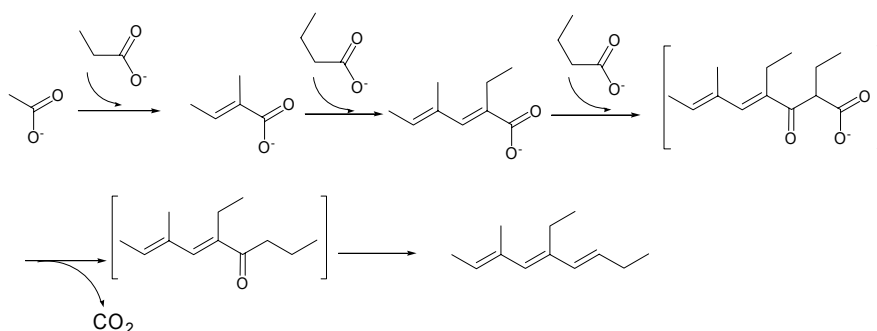
ryl-CoA po mevalonát, ze kterého vzniká dále isopentenyl-difosfát a ten kondenzuje za vzniku monoterpenických jednotek (schéma 3).

V posledních několika letech byl u biologických systémů prokázán i jiný alternativní způsob biosyntézy isoprenoidních látek. Poprvé byl popsán Rohmerem¹⁷ u bakterií a byl po něm pojmenován. Později byl prokázán i u řas a vyšších rostlin. V Rohmerově biosyntetické cestě kondenzují D-glyceraldehyd-3-fosfát a pyruvát, metabolity citrátového cyklu a glykolýzy, za katalýzy enzymovým systémem pentosového cyklu na 1-deoxy-D-threo-pent-2-ulosu-5-fosfát, ze kterého následně vzniká isopentenyl-difosfát. Enzymový systém je umístěn v plastidech a nikoliv v cytoplazmě, jako je tomu u klasické mevalonátové cesty. Rostliny právě tímto způsobem syntetizují monoterpenické sekundární metabolity, které se po požití broukem stanou prekurzory jeho feromonu (schéma 3).

Struktury molekul feromonů mnoha brouků vznikají z mastných kyselin. Příkladem jsou makrolidy zvané kujukolidy II-IX (kujukolid I vzniká z farnesolu získaného potravou), které ke komunikaci používají brouci rodu *Cryptolestes* a *Oryzaephilus* (Cucujidae). Kujukolidy obsahují ve struktuře molekuly dvojně vazby s (Z)-konfigurací, což ukazuje na jejich původ z nenasycených mastných kyselin. Proto byly lesanovi *Cryptolestes ferrugineus* podávány v potravě ¹⁴C isotopově substituované kyseliny palmitová, olejová a linolová. Isotopové značení bylo ve všech případech nalezeno ve struktuře kujukolidu II. Biosyntetická cesta jeho vzniku vede přes desaturaci stearové kyseliny v poloze 9, zkrácení řetězce o 6 uhlíků v β-oxidačním cyklu následované stereoselektivní hydroxylací v poloze 11 a nakonec cyklizací na makrolidový skelet (schéma 4). Do stejné skupiny laktonových feromonů patří i (R)- a (S)-japonilur a (R)-buiuilakton (schéma 5). Produkují je samice několika druhů vrubounů (*Scarabeus spp.*) jako sexuální atraktant. Jejich biosyntéza je podobná biosyntéze kujukolidů, liší se však pořadím zavedení hydroxyskupiny a zkrácením uhlíkového řetězce ne o šest, ale pouze o čtyři uhlíky¹¹.

Samice skladištního škůdce potěmníka *Tenebrio molitor* syntetizuje *de novo* (R)-4-methylnonan-1-ol jako sexuální feromon. Prekurzorem je propionová kyselina, což vede k lichému počtu uhlíků v řetězci, jinak je jeho biosyntéza analogií biosyntézy mastných kyselin. Díky zavedení dalšího propionyl-CoA se řetězec substituuje

Schéma 6. Biosyntéza (R)-4-methylnonan-1-olu, samičího sexuálního feromonu potěmníka *Tenebrio molitor* (podle cit.⁶)

Schéma 7. Biosyntéza agregačního feromonu druhu *Carphophilus freemani* (podle cit.⁶)

methylskupinou. V konečné fázi se karboxyl redukuje na hydroxyskupinu a vzniká feromon (schéma 6).

Blýskáček *Carphophilus freemani* (Nitidulidae) produkuje agregační feromon, který je směsí methylem a ethylem substituovaných konjugovaných polyenů se třemi až čtyřmi dvojnými vazbami. Po aplikaci značených prekurzorů byla rekonstruována následná biosyntetická cesta, která je podobná biosyntéze mastných kyselin. Základní jednotkou je acetyl-CoA, se kterým kondenzuje propionyl-CoA a vzniká první substituce methylem. Aniž by docházelo k redukci vzniklé dvojně vazby, připojuje se butyryl-CoA za vzniku ethylskupiny. Poté kondenzuje poslední butyryl-CoA, z prekurzoru se odštěpuje oxid uhličitý a dekarboxylovaný produkt se stabilizuje dehydratací za vzniku třetí konjugované dvojně vazby v (2*E*,4*E*,6*E*)-5-ethyl-3-methylnona-2,4,6-trienu (schéma 7). Biosyntéza

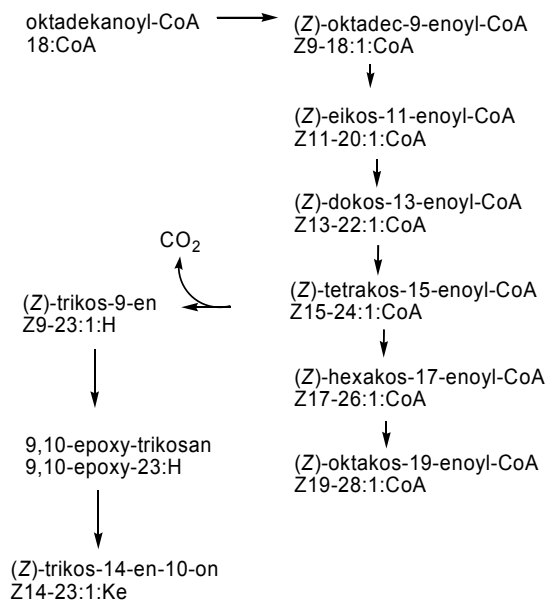
čtrnáctiuhlíkatých, vícenásobně nenasycených uhlovodíků substituovaných methyly a ethyly byla prokázána též u příbuzných druhů *C. davidsoni* a *C. mutilatus*.

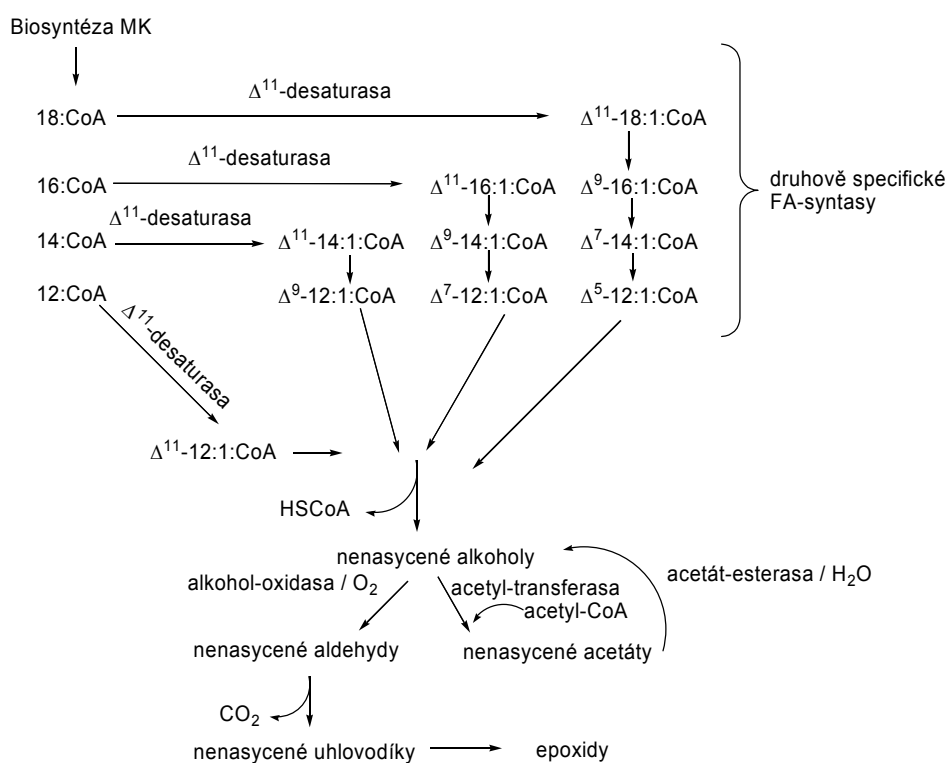
3.3. Biosyntéza sexuálních feromonů u much (Diptera) (přehled⁵ a doprovodný materiál)

Feromony na bázi uhlovodíků jsou u much přítomny v kutikule a jsou strukturně podobné uhlovodíkům v epikutikulární lipidové vrstvě, shodné u všech druhů hmyzu¹⁸. Tyto feromony syntetizované dekarboxylací mastných kyselin¹⁹ byly podrobně studovány u dvou modelových druhů much: octomilky *Drosophila melanogaster* a v domácnostech běžně se vyskytující mouchy, *Musca domestica*.

U samic druhu *D. melanogaster* je (7*Z*,11*Z*)-heptakosa-7,11-dien nejběžněji zastoupeným kutikulárním uhlovodíkem, zatímco u samců se nejvíce vyskytuje (*Z*)-trikos-9-en. Biosyntéza těchto nenasycených uhlovodíků vychází z palmitové kyseliny. Společným krokem u samic i samců je desaturace palmitové kyseliny v poloze 9. Následnost desaturací při vzniku samičího (7*Z*,11*Z*)-heptakosa-7,11-dienu nebyla dosud prokázána. Dochází buď k desaturaci (*Z*)-ikosa-13-enové kyseliny v poloze 9, nebo k desaturaci (*Z*)-oktadec-11-enové kyseliny v poloze 7.

Druhým podrobně studovaným druhem mouchy je *Musca domestica*. Samice mají jako hlavní a účinnou složku feromonu (*Z*)-trikos-9-en a dále jsou přítomny 9,10-epoxytrikosan, (*Z*)-trikos-14-en-10-on a specifická směs methylalkanů. Po aplikaci příslušných isotopově substituovaných prekurzorů acetátu, stearátu a oleátu byl zjištěn následující biosyntetický postup. Klasickou syntézou mastných kyselin vzniká stearyl-CoA, který je desaturován v poloze 9 a následně ve 3 krocích prodloužen za katalýzy mikrozomální elongasou mastných kyselin na (*Z*)-tetrakos-10-enyl-CoA. Dekarboxylací této látky vzniká (*Z*)-trikos-9-en. V posledních krocích se tento uhlovodík oxiduje na 9,10-epoxytrikosan a (*Z*)-trikos-14-en-10-on, které tvoří další složky feromonu (schéma 8).

Schéma 8. Biosyntéza samičího feromonu mouchy *Musca domestica* (podle cit.¹⁹)

Schéma 9. Obecné schéma biosyntézy alifatických feromonů motýlů (podle cit.⁵ a cit.¹³)

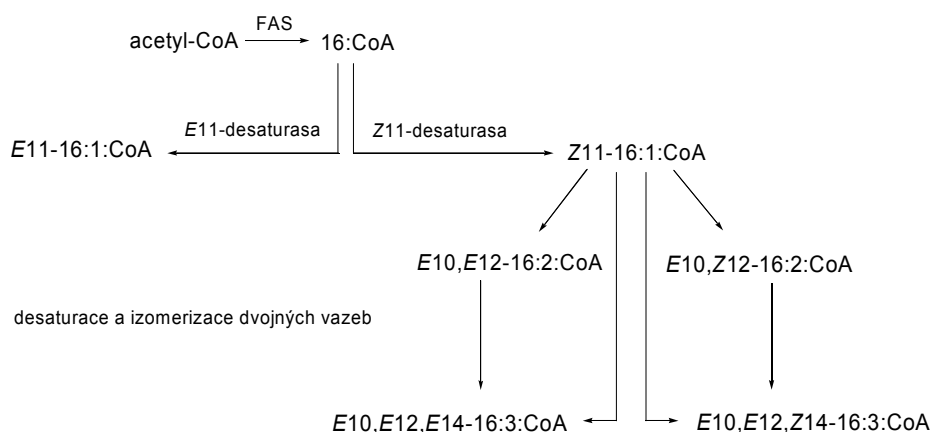
3.4. Biosyntéza feromonů u motýlů (Lepidoptera) (přehled⁵ a doprovodný materiál)

Sexuální feromony produkované motýly jsou obecně lineární deriváty mastných kyselin s počtem uhlíků od 12 do 18. Ve feromonech byly identifikovány především alkoholy, aldehydy nebo acetáty, a to od nasycených po trojnásobně nenasycené. Konfigurace dvojných vazeb je obvykle *cis*²⁰, ale vyskytuje se i *trans* konfigurace. Dalším minoritně zastoupeným strukturálním typem látek jsou lineární či methylem větvené nenasycené uhlovodíky a z nich vznikající epoxidy, alleny či eniny. Díky variabilitě poloh a konfigurací dvojných vazeb, délek řetězců a kyslíkatých funkčních skupin, případně různých poměrů zastoupení jednotlivých komponent ve feromonových směsích vzniká široká škála druhově specifických feromonů²¹. K podrobnému výzkumu biosyntézy feromonů motýlů byly nejprve zvoleny tři druhy *Trichoplusia ni* (Noctuidae), *Agryrotaenia velutinana* (Totricidae) a *Choristoneura fumiferana* (Totricidae). Jako prekurzory byly použity ¹⁴C isotopově substituované acetáty alifatických alkoholů a mastné kyseliny⁷.

Prvotním cílem bylo rozhodnout, zda dvanácti- a čtrnáctiuhlíkaté skelety feromonových komponent jsou přímo produktem biosyntézy kratších mastných kyselin katalyzované specifickými syntasami mastných kyselin, nebo zda

vznikají zkrácením z palmitové a stearové kyseliny, které jsou produktem klasické biosyntézy mastných kyselin. Po objevu Δ^{11} -desaturas, pracujících s osmnácti-, šestnácti-, čtrnácti- a dvanáctiuhlíkatými thioestery mastných kyselin, a po určení vysoce selektivních zkracovacích reakcí byla jednoznačně potvrzena cesta zkrácení produktů klasické biosyntézy mastných kyselin katalyzované cytosolickou syntasou mastných kyselin⁷. Následovalo shrnutí a definování modelové biosyntézy feromonových derivátů mastných kyselin motýlů¹³ (schéma 9). Enzymový komplex syntasy mastných kyselin je lokalizován v cytoplazmě, desaturasy a enzymy podílející se na zkrácení řetězce jsou asociovány s endoplazmatickým retikulem²¹.

Ne všechny dvojně vazby v řetězcích vznikají činností Δ^{11} -desaturas. Např. u samic makadlovky *Pectinophora gossypiella* (Gelechiidae) se tímto enzymem dehydrogenuje (Z)-oktadec-9-enoyl-CoA (Z9-18:1:CoA), kde první dvojná vazba vznikla za katalýzy běžné Δ^9 -desaturasy. Po modifikaci karboxylu je výsledkem acetát Z9,Z11-C18:2:OAc. Naproti tomu dvojná vazba ve feromonu obaleče *Cteptoseutius herana* (Totricidae), jímž je acetát Z5-14:1:OAc, vzniká rovnou desaturací v poloze 5 čtrnáctiuhlíkaté kyseliny. Také dvojně vazby se sudou polohou nemusejí vznikat působením nejběžnějších Δ^5 - nebo Δ^{11} -desaturas. Např. Jurenka popsal vznik dvojně vazby v poloze 12 u Z9,E12-C14:2:OAc, feromonu dvou druhů zavíječů *Cadra cautella* (Pyralidae) a *Spodoptera exigua*

Schéma 10. Schéma následné desaturace monoenoových a dienových prekurzorů feromonu samic *Manduca sexta* (podle cit.²³)

(Noctuidae), dehydrogenací Z9-C14:1:CoA Δ^{12} -desaturasou. Další dvojná vazba se sudou polohou v acetátovém feromonu Z8-14:1:OAc obaleče *Planotortrix excesana* se do polohy 8 posunula po zkrácení Z10-C16:1:CoA. Tento meziprodukt vznikl desaturací 16:CoA specifickou Δ^{10} -desaturasou, dále byl zkrácen na Z8-14:1:CoA, redukován a acetylován na samotný acetat Z8-14:1:OAc. Další desaturasa byla identifikována při vzniku feromonu E12- a Z12-14:1:OAc u zavíječe *Ostrinia furnicalis*. Tento feromon vzniká dehydrogenací 16:CoA Δ^{14} -desaturasou za vzniku E14-, nebo Z14-16:1:CoA. Intermediát je dále zkrácen o dva uhlíky a převeden na acetátovou komponentu feromonu.

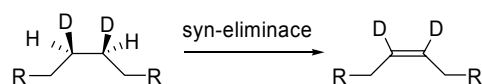
Feromonová biosyntéza u motýlů je regulována prostřednictvím neuropeptidu indukujícího biosyntézu feromonu (PBAN). Tento neuropeptid byl poprvé lokalizován v mozkových gangliích *Heliothis zea*²². Z mozku je v určité časové periodě skotofáze vyplaven do hemolymfy, kterou se transportuje do feromonové žlázy. Tam se naváže na receptor na povrchu sekrečních buněk, čímž podnítl otevření vápenatých kanálků v buněčné membráně. Vápenaté ionty vstupují do cytosolu buňky a aktivují enzym adenylátcyklasu, která dále katalyzuje vznik nitrobuněčného posla cyklického adenosinmonofosfátu (cAMP) z ATP. cAMP aktivuje enzymy proteinkinasy, které fosforylací dalších enzymů spouštějí celou signální kaskádu vedoucí k aktivaci enzymů feromonové biosyntézy.

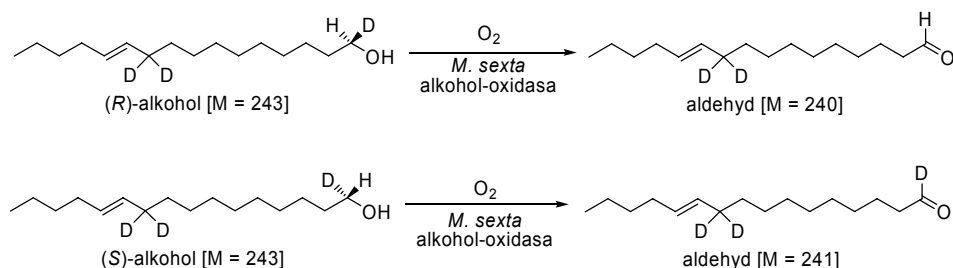
Významným modelovým druhem motýla je lišaj tabákový, *Manduca sexta*. O studiu složení jeho sexuálního feromonu, biosyntetických drah jeho tvorby a mechanismů jeho percepce hmyzem existuje bezpočet prací. Sexuálním atraktantem tohoto tabákového škůdce je směs osmi šestnáctiuhlíkatých aldehydů. Tyto aldehydy jsou produkovány ve feromonové žláze umístěné v intersegmentální membráně mezi šestým a osmým segmentem samičího abdomenu. Produkce feromonu trvá pouze 3–5 hodin. Pro laboratorní studie lze tuto fázi prodloužit injekcí neuropeptidu PBAN do abdomenu samic. Feromon není ve žláze sklado-

ván, ale okamžitě vypouštěn do ovzduší. Aby se mohl feromon syntetizovat dle potřeby, jsou prekurzory biosyntézy, jimiž jsou již v příslušných polohách nenasycené mastné kyseliny, uloženy do zásoby ve formě triacylglycerolů (TAG) v tukovém tělese v abdomenu samic *Manduca sexta*. Množství a složení nenasycených mastných kyselin, vázaných v TAG, koreluje s polohami dvojných vazeb ve feromonálních aldehydech.

Biosyntézou konjugovaných systémů se zabýval Fang a spol.²³ Průběh je patrný ze schématu 10. 16:CoA je desaturován dvěma typy desaturasy na Z11-16:1:CoA a E11-16:1:CoA. Tyto prekurzory se ukládají do zásoby ve formě TAG a v případě potřeby jsou z nich syntetizovány feromonové komponenty. Jako prekurzor k dalším modifikacím je dále využíván pouze Z11-16:1:CoA, který je selektivně přeměňován následnými desaturacemi a isomerizacemi dvojných vazeb. Výslednými produkty jsou E10,E12-C16:2:CoA a E10,Z12-C16:2:CoA a také oba trienoyly E10,E12,E14-C16:3:CoA a E10,E12,E14-C16:3:CoA. Druhá cesta vzniku trienoyl-CoA vede přes desaturaci Z11-16:1:CoA na oba dienoyl-CoA a teprve z nich se v dalším kroku tvoří následnou desaturací oba trienoyl-CoA. (viz schéma 10). Přesný mechanismus následných desaturací nebyl dosud plně objasněn.

Stereochemie desaturace hexadekanové kyseliny Δ^{11} -(Z)-desaturasou z feromonové žlázy samic lišaje tabákového byla objasněna²⁴. Jako prekurzor byly použity enantioselektivně deuteriem substituované kyseliny (2,2,3,4,5,5,6,6,7,8,9,9,11,12-²H₁₄)-(11R,12S)-hexadekanová a (2,2,3,4,5,5,6,6,7,8,9,9,11,12-²H₁₄)-(11S,12R)-hexadekanová kyselina. Po inkubaci feromonové žlázy

Schéma 11. Stereochemie desaturace hexadekanové kyseliny Δ^{11} -(Z)-desaturasou (podle cit.²⁴)

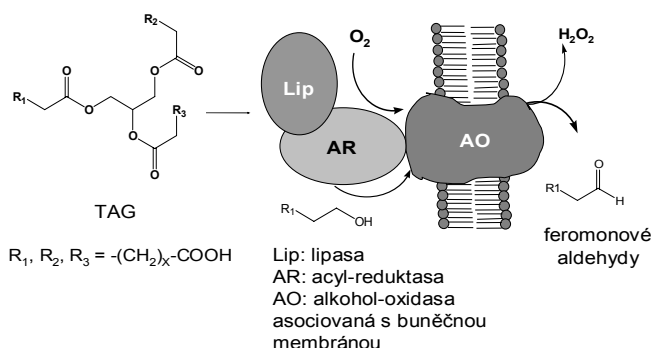
Schéma 12. Stereospecifický průběh oxidace alkoholických prekurzorů feromonu lišaje tabákového, *Manduca sexta*²⁵

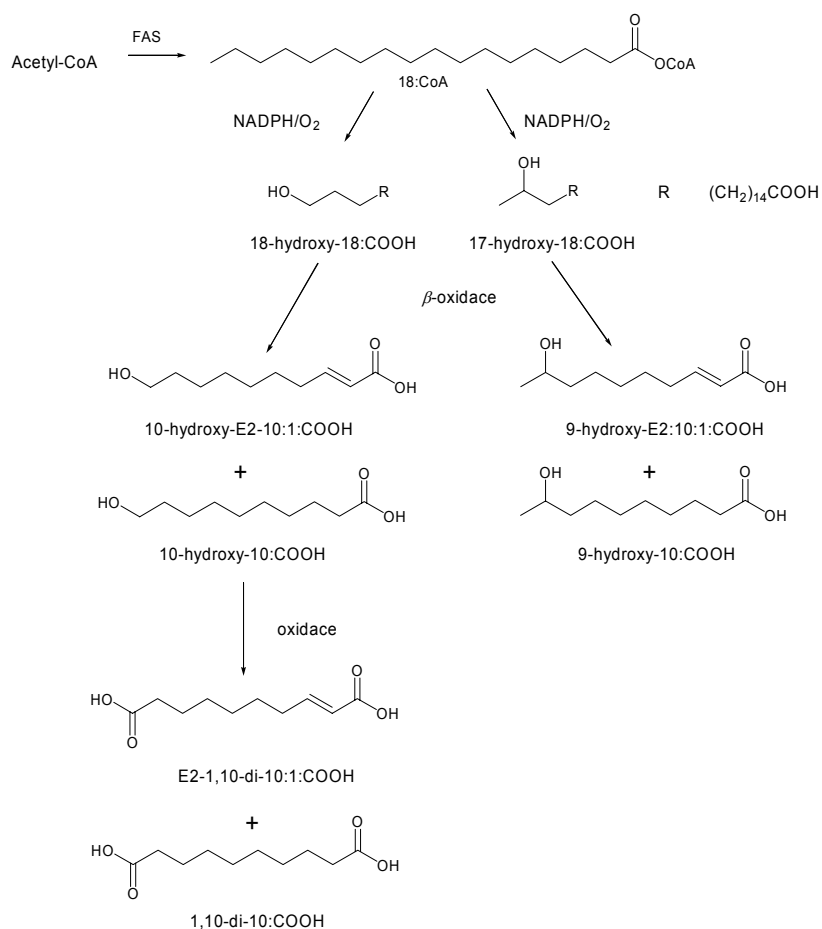
s deuteriem značeným enantiomerem (11*R*,12*S*) byly působením Δ^{11} -(*Z*)-desaturasy odstraněny dva vodíky za vzniku (2,2,3,4,5,5,6,6,7,8,9,9,11,12-²H₁₄)-(Z)-hexadec-11-enové kyseliny. Druhý enantiomer (11*S*,12*R*) byl desaturován Δ^{11} -(*Z*)-desaturasou na [2,2,3,4,5,5,6,6,7,8,9,9-²H₁₂]-(*Z*)-hexadec-11-enovou kyselinu. Z poloh 11,12 odstoupila obě deuteria. Z experimentů vyplývá, že Δ^{11} -(*Z*)-desaturasa katalyzující vznik dvojné vazby ve složkách feromonu samic *Manduca sexta* má *pro*-(*R*)-C(11) a *pro*-(*R*)-C(12) stereospecifitu a katalyzuje *syn* eliminaci dvou vodíkových atomů (viz schéma 11). Stereochemie oxidace hexadec-11-en-1-olu na hexadec-11-enal byla též objasněna²⁵. Pomocí deuteriem selektivně značených alkoholů o známé absolutní konfiguraci bylo zjištěno, že oxidace probíhá s *Re* stereospecifitou (schéma 12).

Rekonstrukce celé biosyntetické cesty feromonu *Manduca sexta* je pravděpodobně následující (schéma 13). Klasickou biosyntézou mastných kyselin vznikají acyl-CoA, které jsou desaturovány specifickými desaturasami a isomerasami na monoenoové, dienové a trienové prekurzory feromonu. Tyto prekurzory jsou zabudovány do TAG v tukovém tělese v abdomenu samic. V příslušné periodě

skotofáze se kyseliny z TAG uvolní působením lipas, a to buď ve volné formě, nebo ve formě acyl CoA a redukují se uvnitř sekrečních buněk na alkoholy. Alkoholy se dále oxidují na aldehydy selektivní oxidasou lokalizovanou ve feromonové žláze. Celý proces je endokrinně regulován za účasti neuropeptidu PBAN. Zajímavé je, že alkoholy odpovídající konfigurací dvojných vazeb feromonovým složkám nebyly ve feromonové žláze detegovány. Oxidasa má zřejmě tak vysokou účinnost, že oxiduje alkoholy na aldehydy okamžitě po jejich vzniku.

Oxidační aktivita a charakterizace feromonové oxidasy byla popsána Fangem²⁶. Membrána konce abdomenu byla rozdělena na osm částí, z nichž nejvyšší oxidační aktivitu ukázaly kromě feromonové žlázy i řitní papily, ze kterých je feromon do ovzduší odpařován. Autoři prokázali oxidační aktivitu tkáně také v nevodném prostředí, např. v hexanu. Inhibice oxidasy známým inhibitorem monooxygenas piperonylbutoxidem potvrdila příslušnost enzymu k této třídě. Možné uplatnění enzymového mechanismu, kdy je zapotřebí molekulární kyslík jako jeden z kaskády kofaktorů, naznačily pokusy, ve kterých se oxidační aktivita enzymu snížila v prostředí inertního plynu. Dále bylo

Schéma 13. Konečná fáze biosyntézy feromonových aldehydů ve feromonové žláze samic *Manduca sexta*

Schéma 14. Kastově specifická biosyntéza kyselin dělnic včely medonosné *Apis mellifera* (podle cit.²⁸)

zjištěno, že feromonová oxidasa samic *M. sexta* má jen malou specifitu pro délku řetězce alkoholového substrátu.

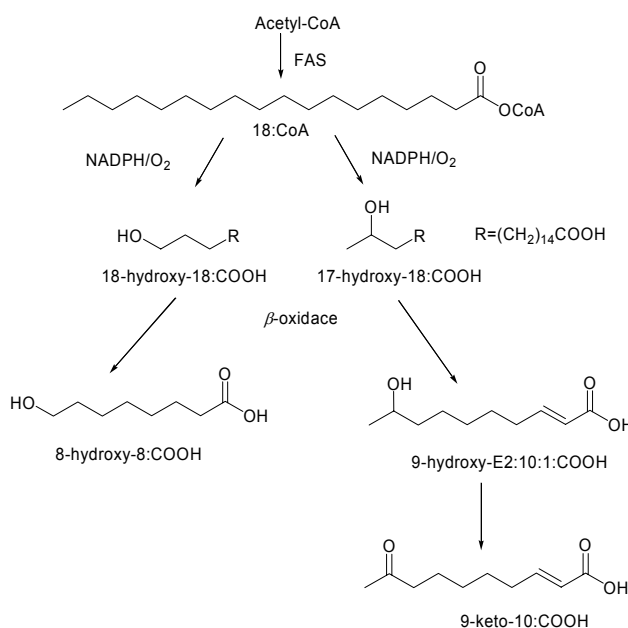
3.5. Biosyntéza feromonů blanokřídých (Hymenoptera)

Informace o biosyntéze feromonů tohoto řádu jsou velmi kusé, protože identifikované feromony blanokřídých, jejichž typickými zástupci jsou včely, vosy, čmeláci či mravenci, jsou komplexní směsi vylučované v malém množství identifikovatelném pouze citlivými analytickými přístroji.

Studie zaměřené především na lokalizaci biosyntézy kutikulárních uhlovodíků mravenců *Cataglyphis niger* byly provedeny v Izraeli²⁷. Jako kontaktní rozpoznávací feromon využívají tyto mravenci směs mono- či dimethylovaných nasycených dlouhých uhlovodíků, kde převládá heptakosan, nonakosan, triakontan či hentriakontan. Po aplikaci ¹⁴C značeného acetátu byla sledována distribuce radioaktivity mezi jednotlivé třídy lipidů v závislosti na čase a na lokalizaci v jednotlivých tkáních. Formulované závěry jsou následující. Uhlovodíky se syntetizují

v tukovém tělese mravenců z mastných kyselin deponovaných v TAG. Odtud jsou transportovány hemolymfou do postfaryngeální žlázy, kde se ukládají. Mravenci je z této žlázy vylučují a třením nohou o kutikulu se jimi impregnují.

Ojedinelé biosyntetické studie feromonů nadčeledi včelovitých byly provedeny na výměšcích mandibulárních (kusadlových) žláz dělnic a královen včely medonosné, *Apis mellifera*²⁸. Produkované hydroxy- a ketokyseliny mají v kolonii základní komunikační a regulační funkci. Dělnice syntetizují v mandibulární žláze směs (*E*)-10-hydroxydec-2-enové kyseliny, 10-hydroxydekanové kyseliny a 8-hydroxyoktanové kyseliny. Dále byly ve žláze dělnic identifikovány dikarboxylové kyseliny (*E*)-dec-2-en-1,10-diová a dekan-1,10-diová, jež slouží především jako konzervant a ochucovač potravy, kterou dělnice krmí larvy (schéma 14). Výměšek mandibulární žlázy královen, zvaný mateří látka, se skládá především z (*E*)-9-oxodec-2-enové a (*E*)-9-hydroxydec-2-enové kyseliny (schéma 15). Matka si pomocí mateří látky udržuje dominantní postavení v kolonii. Dělnice, které olizují feromon z matčina těla, mají potlačen vývoj vaječníků a nekladou vajíčka. Jejich chování pod vlivem mateří látky nepodporuje výchovu

Schéma 15. Kastově specifická biosyntéza mateří látky u včely medonosné *Apis mellifera* (podle cit.²⁸)

nových matek v hnízdě, ale v době rojení nutí dělnice shlukovat se kolem vylétající mladé matky²⁹.

Série experimentů s prekurzory složek mateřího feromonu substituovanými stabilními isotopy dokázala, že biosyntéza těchto kyselin začíná *de novo* tvorbou kyseliny stearové. Kyselina stearová je selektivně hydroxylována v poloze 17 a 18, avšak hydroxylace může probíhat dvěma možnými mechanismy. První je dvoukrokový a spočívá nejprve v desaturaci kyseliny a následné hydrataci dvojně vazby za vzniku hydroxykyseliny. Druhý mechanismus spočívá v přímém zavedení hydroxyskupiny oxidací vzdušným kyslíkem za katalýzy NADPH. Nepřítomnost prekurzoru s dvojnou vazbou na konci řetězce podporuje druhý způsob vzniku hydroxykyselin. Hydroxylovaná stearová kyselina je potom zkrácena β-oxidací. Tento proces je selektivní pro různé kasty. Královny zkracují především 17-hydroxystearovou kyselinu na 9-hydroxydekanovou a 9-hydroxydec-2-enovou kyselinu a dále 18-hydroxystearovou kyselinu na 8-hydroxyoktanovou kyselinu (schéma 15). Dělnice preferují jako prekurzor 18-hydroxystearovou kyselinu, kterou zkracují na osmi- a desetiuhlíkaté kyseliny, především pak na kyselinu 10-hydroxydec-2-enovou. Z té se potom oxidací hydroxyskupiny tvoří dikarboxylové kyseliny (schéma 14).

V začátcích jsou i studie biosyntézy samčích značkovacích feromonů čmeláků. Tyto feromony hrají klíčovou roli při námluvách čmeláků a slouží k přilákání samic (hlavovou) částí samčí labiální žlázy. Po chemické stránce jsou tyto feromony směsí látek, v níž převažují buď terpenické alkoholy či jejich estery, nebo deriváty mastných kyselin. V každém případě jsou tyto směsi feromonových komponent druhově specifické a jednotlivé druhy si udržu-

jí konstantní složení feromonu bez ohledu na značné vzdálenosti lokalit výskytu či jejich úplné geografické oddělení. Zatímco biosyntéza terpenických složek samčích značkovacích feromonů studována nebyla, o alifatických složkách se v literatuře spekulovalo již dříve, avšak bez konkrétní experimentální evidence. V současné době již máme první informace o pochodech, jimiž vznikají ethylestery mastných kyselin (převážně ethyl-(*Z*)-tetradec-9-enoát) u čmeláka hájového (*Bombus lucorum*) či alkoholy (převážně (*Z*)-hexadec-9-en-1-ol) u čmeláka skalního (*B. lapidarius*)³⁰. Zdá se, že základní principy známé z biogeneze feromonů motýlů se uplatňují i u čmeláků. Prekurzory feromonových složek (kyseliny (*Z*)-tetradec-9-enová či (*Z*)-hexadec-9-enová) jsou s největší pravděpodobností skladovány v tukovém tělese ve formě triacylglycerolů a posléze transportovány hemolymfou do labiální žlázy, kde jsou modifikovány na vlastní feromonové složky. Z desaturacích enzymů, uplatňujících se při biosyntéze, byla zatím nalezena jen Δ^9 -desaturasa na rozdíl od Δ^{11} -desaturas typických pro feromony motýlů.

4. Závěr

Z uvedeného souhrnu je zřejmé, jak rozmanitými cestami vznikají feromony u hmyzu. Nelze předem odhadnout, která biosyntetická cesta se uplatní při tvorbě stejného nebo podobných látek, neboť k nim hmyz často dospěje odlišnými cestami. Navíc se v řadě případů uplatňují i alternativní cesty k téže látce podle dostupnosti potřebných prekurzorů. Proto je studium biosyntézy feromonů tak zajímavé, neboť často vede i k objasnění základních principů funkce a selektivity enzymů.

Výzkum biosyntézy hmyzích feromonů byl v ČR podporován granty GA AV ČR (# A4055403) a GAČR (# 203/02/0158).

LITERATURA

1. Francke W., Schulz S., v knize: *Comprehensive Natural Products 8* (Barton D., Nakanishi K., Meth-Cohn O., ed.), str. 191. Elsevier Science Ltd., Oxford 1999.
2. Mori K.: Eur. J. Org. Chem. 1998, 1479.
3. Prestwich G. D., Blomquist G. J., v knize: *Pheromone Biochemistry*. Academic Press, Orlando 1987.
4. Carde R. T., Minks A. K., v knize: *Insect Pheromone Research, New Directions*. Chapman and Hall, New York 1997.
5. Tillman J. A., Seybold S. J., Jurenka R. A., Blomquist G. J.: Insect Biochem. Mol. Biol. 29, 481 (1999).
6. Seybold S. J., Vanderwel D., v knize: *Insect Pheromone Biochemistry and Molecular Biology* (Blomquist G. J., Vogt R. G., ed.) str. 137. Elsevier Academic Press, Amsterdam 2003.
7. Bjostad L. B., Wolf W. A., Roelofs W. L., v knize: *Pheromone Biochemistry* (Blomquist G. J., Prestwich G. D., ed.) str. 77. Academic Press, Orlando 1987.
8. Volpe J. J., Vagelos P. R.: Annu. Rev. Biochem. 42, 2 (1973).
9. Blomquist G. K., Borgeson C. E., De Renoables M., v knize: *Insect Lipids, Chemistry, Biochemistry and Biology* (Stanley-Samuelson, Nelson D. R., ed.) str. 318. Univ. of Nebraska Press, Lincoln 1993.
10. Leal W. S., v knize: *Insect Pheromone Research, New Directions* (Carde R. T., Minks A. K., ed.) str. 505. Chapman and Hall, New York 1997.
11. Leal W. S., v knize: *Pheromones of Non-Lepidopteran Insect Associated With Agricultural Plants* (Hardie J., Minks A. K., ed.), str. 51. CABI Publishing, New York 1999.
12. Platzner I. T., v knize: *Modern Isotope Ratio Mass Spectrometry*. John Wiley and Sons, West Sussex 1997.
13. Morse D., Meighen E. A., v knize: *Pheromone Biochemistry* (Blomquist G. J., Prestwich G. D., ed.) str. 121. Academic Press, Orlando 1987.
14. Vanderwell D., Oehlschlager A. C., v knize: *Pheromone Biochemistry* (Blomquist G. J., Prestwich G. D., ed.) str. 175. Academic Press, Orlando 1987.
15. Leal W. S.: Annu. Rev. Entomol. 43, 39 (1998).
16. Seybold S. J., Tittiger C.: Annu. Rev. Entomol. 48, 425 (2003).
17. Rohmer M., Knani M., Simonin P., Sutter B., Sahn H.: Biochem. J. 295, 517 (1993).
18. Blomquist G. J., Tillman J. A., Mpuru S., v knize: *Pheromone Communication in Social Insect: Ants, Wasp, Bees, Termites* (Vander Meer R. K., Breed M. D., Espelie K. E., Winston M., ed.) str. 34. Westview Press Boulder, Colorado 1998.
19. Blomquist G. J., Dillwith J. W., Adams J. G., v knize: *Pheromone Biochemistry* (Blomquist G. J., Prestwich G. D., ed.), str. 217. Academic Press, Orlando 1987.
20. Tamaki Y., v knize: *Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology* (Kerkut G. A., Gilbert L. I. ed.) str. 145. Pergamon Press, Oxford 1985.
21. Jurenka R. A., Roelofs W. L., v knize: *Insect Lipids. Chemistry, Biochemistry, and Biology* (Stanley-Samuelson D. W., Nelson D. R., ed.) str. 353. University of Nebraska Press, Lincoln 1993.
22. Raina A. K., Klun J. A.: Science 225, 531 (1984).
23. Fang N., Teal P. E. A., Doolittle R. E., Tumlinson J. H.: Insect Biochem. Mol. Biol. 25, 39 (1995).
24. Svatoš A., Kalinová B., Boland W.: Insect. Biochem. Mol. Biol. 29, 225 (1999).
25. Hoskovec M., Luxová A., Svatoš A., Boland W.: Tetrahedron 58, 9193 (2002).
26. Fang N., Teal P. E. A., Tumlinson J. H.: Arch. Insect Biochem. Physiol. 29, 243 (1995).
27. Soroker V., Hefetz A.: J. Insect Physiol. 46, 1097 (2000).
28. Plettner E., Slessor K. N., Winston M. L.: Insect Biochem. Mol. Biol. 28, 31 (1998).
29. Slessor K. N., Kaminski L. A., King G. G., Borden J. H., Winston M. L.: Nature 332, 354 (1988).
30. Luxová A., Valterová I., Stránský K., Hovorka O., Svatoš A.: Chemoecology 13, 81 (2003).

Další citace jsou uvedeny v doprovodném materiálu na webových stránkách našeho časopisu:
<http://chemicke-listy.vscht.cz>

A. Luxová and I. Valterová (*Institute of Organic Chemistry and Biochemistry, Academy of Sciences of the Czech Republic, Prague*): **Biosynthesis of Insect Pheromones**

The review summarizes recent knowledge on chemical methods used in the research of biosynthetic pathways of insect pheromones. Precursors labelled with stable isotopes (^{13}C , ^2H , ^{18}O , ^{15}N , ^{31}P) or radioactive isotopes (^{14}C , ^3H) are used in different forms and their metabolites are searched for using spectral methods (MS, isotope-ratio-monitoring MS, ^{13}C NMR) or chromatographic methods (radio-HPLC or radio-GC). Specific examples and information are given on the pheromone biosynthesis in the insect genera of cockroaches (Blattodea), beetles (Coleoptera), flies (Diptera), butterflies and moths (Lepidoptera), ants and bees (Hymenoptera).

PROČ JSOU STUDENÉ MOLEKULY TAK ŽHAVÉ?

BŘETISLAV FRIEDRICH

*Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft, Faradayweg 6, D-14195 Berlin, Německo
bretislav.friedrich@fhi-berlin.mpg.de
www.fhi-berlin.mpg.de/mp/friedrich*

Došlo 4.1.06, přijato 31.1.06.

Klíčová slova: záchyt molekul, elektrická a magnetická past, fotoasociace, Feshbachovy rezonance, chlazení molekul srážkami s nárazníkovým plynem, Starkovo zpomalování, zatížené kyvadlo, ultrastudená chemie, testování fundamentálních symetrií

1. Úvod

V první třetině minulého století došlo ve fyzice k největší revoluci od doby Isaaka Newtona. Z této revoluce vzešly dvě teorie, které definovaly stávající fyzikální éru, totiž obecná teorie relativity a kvantová teorie. Makrokosmos se stal doménou první, mikrokosmos druhé teorie.

Kvantová teorie se vyvíjela až do 30. let 20. století převážně jako teorie atomů a molekul. Atomy a molekuly tehdy sehrály roli jak inspirující múzy, tak i prubířského kamene rodící se moderní teorie mikrosvěta. Ve 40. letech tuto dvojí úlohu částečně převzala fyzika jádra a elementárních částic. V posledních desetiletích se k nim připojila i astrofyzika spolu s kosmologií, které mají zároveň klíčový dopad na teorii makrokosmu¹. Zatím není jasné, jak bude vypadat obraz přírody, který pod vlivem těchto, případně dalších múz vznikne. Převažuje ale domněnka, že to bude obraz, na němž vlastnosti mikro- a makrokosmu budou zachyceny teorií jedinou. Skončí tak dělba práce mezi kvantovou teorií a obecnou relativitou a mikrokosmos spolu s makrokosmem se stanou společnou doménou nové „teorie všeho“².

Atomová a molekulová fyzika prochází v současnosti obdobím nového rozkvětu, vyvolaného objevem metod dovolujících chladit či zpomalovat atomy a molekuly. Studené atomy a molekuly vykazují chování natolik nové a neobvyklé, že jim připadlo zvláštní místo na výsluní současné fyziky³; jejich studium získalo auru intelektuálního dobrodružství, jehož prostřednictvím se nejen atomová a molekulová fyzika, ale i fyzika jako celek ocitá na novém teritoriu. Fyzika atomů a molekul tak dnes patří k nejvitalnějším fyzikálním oborům – téměř jako kdysi, v heroickém období vzniku kvantové teorie.

Nové fyzice se dostalo i široké publicity. Zprávy o dosažení Boseho-Einsteinovy kondenzace v plynu, vytvoření prototypu atomového laseru, nebo záchytu mole-

kul v magnetické pasti dokonce figurovaly na stránkách předních světových deníků. Výjimečná pozornost novinářů měla ale jistě také co činit s tím, že se v příslušných dnech ve světě zrovna nepříhodilo nic hrozného. Škoda, že studené atomy a molekuly nemají schopnost takový stav světa způsobovat ...

2. Základní rysy studených atomů a molekul

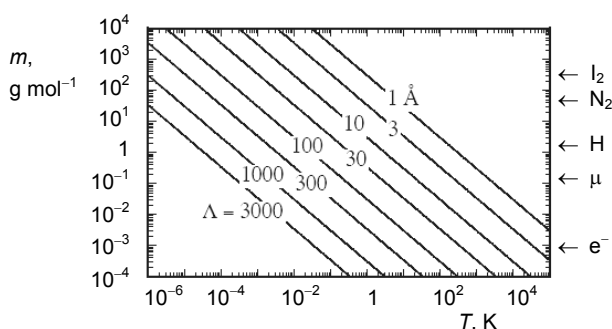
Při pokojové teplotě se atomy či molekuly plynu pohybují rychlostmi blízkými rychlosti projektilu vystřeleného z pušky – a také se v mnoha ohledech jako projektil chovají. Zklidní se pouze při teplotách blízkých absolutní nule (tj. $-273,15$ °C); např. molekula dusíku se pohybuje rychlostí zdravého mravence (několik centimetrů za sekundu) až při teplotě jedné miliontiny stupně nad absolutní nulou (tj. 1 μ K). Při nízkých teplotách (rychlostech) dojde k dramatické změně chování atomů a molekul: jejich vlnové vlastnosti začnou převládat nad vlastnostmi částicovými – atomy či molekuly se stanou vlnami. Nabudou tedy charakter obvykle spojovaný s chováním světla či jiného elektromagnetického záření; na rozdíl od záření mají však tyto materiální vlny nenulovou klidovou hmotnost.

Zpomalením (ochlazením) je možno prodloužit dobu, po kterou lze dané atomy či molekuly pozorovat, a tak toto pozorování značně zpřesnit. Lze dokonce říci, že na pomalých atomech či molekulách je možné provádět ta nejpreciznější měření vůbec⁴. Kombinace neobvyklého vlnového chování a možnosti toto chování přesně pozorovat je tedy nanejvýš šťastnou okolností, která přispívá k rozmachu fyziky studených atomů a molekul.

Materiální vlny jsou charakterizovány de Broglieho vlnovou délkou⁵

$$\lambda = \frac{h}{mv} \quad \text{nebo} \quad \frac{h}{(2\pi mkT)^{1/2}} \quad (1)$$

kde $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Js je Planckova konstanta, $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ JK⁻¹ Boltzmannova konstanta, m klidová hmotnost, v rychlost a T absolutní teplota. Nomogram na obrázku 1 ukazuje závislost de Broglieho vlnové délky na teplotě T a klidové hmotnosti m . Z tohoto nomogramu je např. možné vyčíst, že molekula dusíku (hmotnost 28 g mol⁻¹) má při pokojové teplotě (300 K) vlnovou délku $0,2$ Å (tj. $2 \cdot 10^{-9}$ cm). Vzhledem k tomu, že vazebná délka molekuly N₂ je zhruba $1,1$ Å, vidíme, že tato vlnová délka je menší než rozměr molekuly N₂. Ochlazením na teplotu 1 K vlnová délka N₂ vzroste na $3,3$ Å, tj. nabyde velikosti stejného řádu jako rozměr molekuly (jenž se s teplotou nemění). Při snížení teploty na 1 mK vlnová délka N₂ vzroste na 104 Å, při teplotě 1 μ K na



Obr. 1. Nomogram dovolující určit, jakou de Broglieho vlnovou délku λ má částice hmotnosti m při absolutní teplotě T ; napravo jsou šipkami vyznačeny hmotnosti molekul jódu a dusíku, atomu vodíku, a elementárních částic mionu a elektronu

3464 Å, tj. 0,35 μm . To je obrovská změna vzhledem k vlnové délce, kterou má dusík při pokojové teplotě: tato změna je dána faktorem $3464/0,2 = 17320 = (300/10^{-6})^{1/2}$, viz rovnici (1). Z tohoto příkladu vidíme, že ochlazením (zpomalením) se z původní molekuly-projektilu při pokojové teplotě (kdy rozměr molekuly řádově přesahuje její vlnovou délku) stane při teplotě 1 μK vlna, jejíž délka dramaticky přesahuje molekulové rozměry.

Abychom lépe ocenili, co to znamená, ujasněme si pojem „rozměru“ atomu či molekuly. Ten je dán velikostí vnější (valenční) slupky daného atomu nebo molekuly. Ale maximální velikost slupky není omezena ničím jiným než de Broglieho vlnovou délkou elektronů, které tuto slupku vytvářejí! Přestože hmotnost elektronu je 1836krát menší než hmotnost protonu, de Broglieho vlnová délka vázaného elektronu je malá. To je dáno tím, že vazebná energie vnějších elektronů (řádově 10 eV) odpovídá teplotám řádově 10^5 K, jak vyplývá z viriálového teorému⁶. Z nomogramu na obr. 1 ihned vidíme, že při těchto teplotách je vlnová délka elektronu řádově rovna 1 Å, tj. vazebné elektrony na sebe navzájem působí nejvýše právě na tuto vzdálenost. Ta pak určuje „typické rozměry“ atomu či malé molekuly, viz náš předchozí odkaz na velikost molekuly N_2 . Jaká je ale „velikost“ atomu či molekuly jako celku, tj. vzdálenost, na kterou celé atomy či molekuly (nikoli jejich vazebné elektrony) mohou pociťovat svou vzájemnou přítomnost? Maximální hodnota této vzdálenosti je dána rovněž de Broglieho vlnovou délkou – ale atomu či molekuly jako celku! Vidíme tedy, že ochlazení atomů či molekul vede k dalekosáhlému zvýšení jejich schopnosti vzájemně na sebe působit. To má nanejvýš dramatický dopad na srážky i kolektivní chování souborů studených atomů a molekul⁷. Právě odtud vyvěrá většina nové fyziky a chemie, kterou studené atomy a molekuly nabízejí.

3. Proč studené molekuly?

Během posledních několika let se řada výzkumných skupin – rozptýlených po celém světě, ale s těžištěm v Evropě – začala zabývat studiem studených molekul^{8,9}. Molekuly jsou totiž nejen složitější než atomy, ale také v mnoha ohledech zajímavější: kromě toho, že mají vibrační a rotační stupně volnosti, molekuly mohou nést dipólové (a jiné) elektrické a magnetické momenty. Tyto momenty molekulám propůjčují vlastnosti, které atomy jednoduše postrádají. Přitom právě na těchto vlastnostech lze založit nové principy (např. kvantových počítačů¹⁰) nebo dosáhnout kvalitativně nového chování hmoty (např. Boseho-Einsteinových kondenzátů strukturovaných elektrickou dipólovou interakcí¹¹).

Potíž je ale v tom, že zpomalovat či chladit molekuly je mnohem obtížnější než činit totéž s atomy. Určitou třídu atomů lze chladit prostřednictvím světla. Metoda tzv. laserového chlazení¹² je založena na mnohonásobném opakování cyklu pohlcení a vyzáření fotonu atomem. Jak pohlcení tak vyzáření fotonu jsou spojeny s přenosem hybnosti. Zatímco pohlcení se děje ve směru pohybu atomu, vyzáření nastává do směru náhodného. V průměru tak každý cyklus vede ke zpomalení atomu ve směru pohybu, tedy k ochlazení. Přes svoji eleganci a účinnost je použitelnost laserového chlazení ostře chemicky omezena: požadavek uzavřeného absorpčního a emisního cyklu totiž splňuje pouze hrstka atomů, nejlépe reprezentovaných skupinou alkalických kovů. Komplikovaná struktura energetických hladin většiny ostatních atomů a všech molekul činí metodu laserového chlazení nepoužitelnou. V případě molekul je to především jejich vibrační struktura, která molekuly diskvalifikuje: zákonitosti přechodů mezi vibračními hladinami totiž zpravidla způsobí rychlou depopulaci výchozího vibračního stavu a tím i ukončení absorpčního/emisního cyklu¹³. Raná éra výzkumu pomalých neutrálních částic tedy byla převážně „alkalickým věkem“.

4. Jak chytit molekulu

Při nízkých teplotách plyny kondenzují a mění se na kapaliny nebo pevné látky. Této kondenzaci je třeba předejít a zabránit tomu, aby se molekuly, z nichž plyn sestává, shlukly mezi sebou nebo s atomy, jež vytvářejí stěny nádoby, v níž je plyn obsažen. Toho lze dosáhnout tak, že se molekuly udržují ve vakuu při nízkých hustotách prostřednictvím elektrických nebo magnetických polí. Vzájemné působení mezi molekulami a těmito poli vytváří energetickou bariéru, jež plní funkci stěn nádoby. Taková nádoba se nazývá molekulovou pastí. Daná past může zadržovat pouze ty molekuly, jejichž pohybová energie je nižší než hloubka pastí (energetická bariéra). Proto je třeba molekuly před záchytem do pastí nejprve ochladit nebo zpomalit. To je důvodem, proč jdou obvykle chlazení a záchyt molekul ruku v ruce¹⁴.

5. Jak chladit molekuly

Nemožnost aplikovat laserové chlazení na molekuly byla výzvou pro hrstku nadšenců, kteří se zhruba v polovině 90. let rozhodli rozšířit výzkum pomalých neutrálních částic právě o molekuly. Nouze se i zde osvědčila jako matka invence: v posledních sedmi letech vznikla celá řada metod, dovolujících chladit molekuly. Tyto metody jsou založeny na nových principech nezávislých na laserovém chlazení.

V roce 1998 bylo dosaženo ochlazení první molekuly, radikálu CaH, studeným nárazníkovým plynem a podařil se i její magnetický záchyt^{15,16}. Vzápětí následovala syntéza homonukleárních bialkalických molekul fotoasociací alkalických atomů ochlazených laserem¹⁷. Nedávno bylo též dosaženo spojení studených atomů na základě srážek kontrolovaných tzv. Feshbachovou rezonancí¹⁸. Dvě poslední metody, založené na syntéze laserem ochlazených atomů, lze nazvat nepřímé. V současné době nepřímé metody vyvíjí a používá zhruba 20 výzkumných skupin. Některé z těchto skupin nyní obracejí svou pozornost na syntézu heteronukleárních bialkalických molekul. Výhody i nevýhody nepřímých metod jsou popsány v odstavci 5.1.

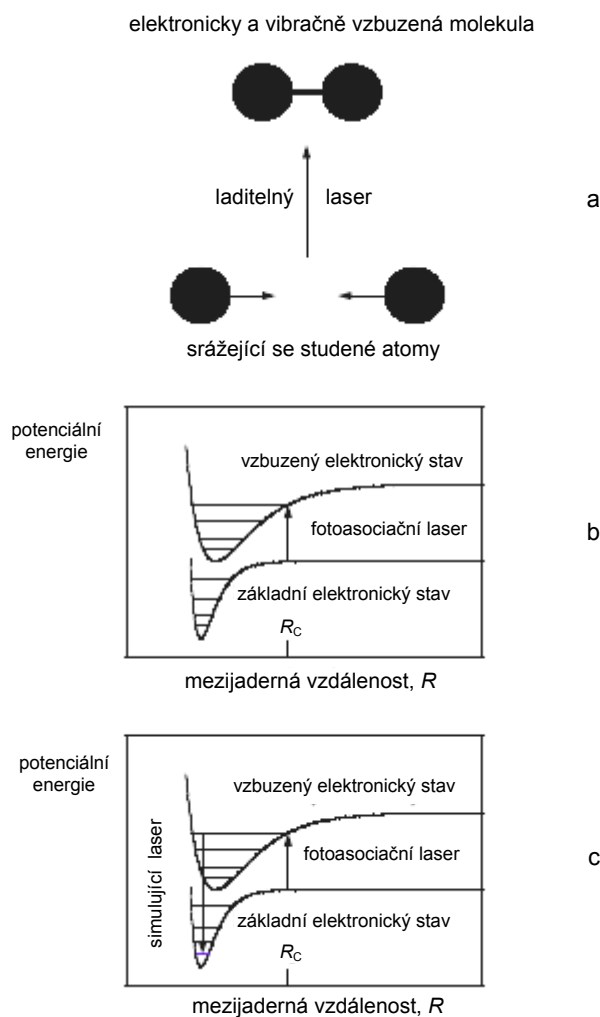
Přímé metody jsou založeny na chlazení již existujících molekul. Zhruba 15 výzkumných skupin se zabývá vývojem a použitím chlazení nárazníkovým plynem¹⁶, Starkovým zpomalováním^{19,20}, zpomalováním nerezonantními světelnými poli^{21,22}, zpomalováním impulzivními srážkami v molekulových paprscích²³, supersonickou expanzí z rotující trysky²⁴, nebo selekcí pomalé frakce Maxwellova-Boltzmannova rozdělení molekul efúzního paprsku²⁵. Všechny přímé metody vycházejí z relativně horkých molekul (200–1000 K), obvykle ve formě supersonického molekulového paprsku. Zatímco nepřímé metody jsou použitelné více méně jen k přípravě bialkalických molekul, přímé metody jsou univerzální, použitelné buď na rozsáhlé třídy molekul (např. Starkova decelerace na všechny polární molekuly, chlazení nárazníkovým plynem spojené s magnetickým záchytem na paramagnetické molekuly) nebo na jakékoli molekuly (ostatní přímé metody).

Připomeňme, že supersonická expanze plynu do vakua, již supersonický molekulový paprsek vzniká, vede k ochlazení všech stupňů volnosti molekuly, (v případě pulsních paprsků typicky na teplotu 1 K). Příslušná výchozí energie plynu je adiabaticky transformována na energii translační podél osy paprsku.

5.1. Syntéza studených molekul ze studených atomů

5.1.1. Fotoasociace

Proces fotoasociace dvojice atomů v jedinou molekulu je schematicky znázorněn na obr. 2a: srážející se volné atomy jsou vystaveny laserovému záření vhodné vlnové délky, které je vzbudí do společného vázaného (tj. molekulárního) stavu. Jelikož molekuly vytvořené



Obr. 2. Fotoasociace studených atomů v translačně studenou molekulu; (a) schéma srážky; (b) křivky potenciální energie molekuly v základním a vzbuzeném elektronickém stavu, s vyznačenou mezijadernou vzdáleností R_C , při které dochází k excitaci fotoasociačním laserem do vázaného elektronicky, vibračně a rotačně vzbuzeného stavu; (c) laserem stimulovaná emise do základního elektronicky, vibračně, a rotačně základního stavu

fotoasociací mají translační teplotu výchozích atomů, lze touto metodou získat ze studených atomů studené molekuly.

Obr. 2b ukazuje závislost potenciální energie atomů na vzdálenosti jejich jader (tj. křivku potenciální energie) pro případy, kdy jsou dané atomy v základním nebo ve vzbuzeném elektronickém stavu. Rovněž vyznačeny jsou vibrační hladiny základního a vzbuzeného molekulárního stavu. Srážka dvojice atomů v základním elektronickém stavu nemůže vést k vytvoření vázaného stavu: chybí totiž mechanismus, kterým by se interagující atomy zbavily své

energie a spadly do potenciálové jámy základního stavu. Vázaný stav je však možné vytvořit ve stavu vzbuzeném: stačí jen vhodným zářením excitovat srážející se atomy do některého z vibračních stavů příslušejících horní křivce potenciální energie, viz obr. 2b. Tento stav má pak automaticky energii nižší než je hloubka potenciálové jámy elektronicky vzbuzeného stavu (translační energie studených atomů je zanedbatelná vůči energii vibrační).

Vytvořením elektronicky a vibračně vzbuzeného vázaného stavu ale příběh nekončí, nýbrž spíše začíná: tento stav je totiž pouze metastabilní a rychle se samovolně rozpadá (typicky během 1 μ s) buď zpátky na atomy v základním stavu nebo na molekulu v základním elektronickém ale vibračně vzbuzeném stavu (střední doba života vzbuzeného vibračního stavu je řádově 100 ms).

V tom, že vzniknou molekulové stavy silně vibračně vzbuzené, je ale potíže. Dojde-li mezi molekulami v takových stavech ke srážce, jejich vibrační energie se zpravidla s velkou účinností přenesou na energii translační, čímž se molekuly stanou translačně žhavými (1000 K i více); celé úsilí molekuly translačně ochladit se tím obrátí v niče. Zatím byly fotoasociací připraveny malé vzorky čítající okolo 10^4 zpravidla homonukleárních bialkalických molekul Cs_2 , Rb_2 , K_2 , a Li_2 .

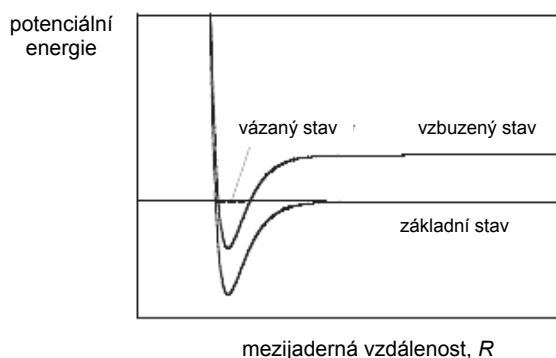
V posledním roce se podařilo přechod z elektronicky vzbuzeného stavu stimulovat použitím dalšího záření (druhého laserového pole) a cíleně tak převést populaci vzbuzeného stavu do stavu elektronicky i vibračně základního, obr. 2c. Tato metoda, která funguje na stejném principu jako koherentní přenos populace (jenž je základem např. elektromagneticky indukované transparence), je obzvláště dobře aplikovatelná na heteronukleární bialkalické molekuly – které jsou žádané, neboť jsou polární (tj. mají elektrický dipólový moment). Zatímco křivky potenciální energie jak základního, tak i vzbuzeného stavu heteronukleárních molekul vykazují závislost typu R^{-6} při velkých mezijaderných vzdálenostech R , v případě homonukleárních dimerů má tuto závislost pouze stav základní. Elektronicky vzbuzený stav homonukleárních dimerů totiž vykazuje závislost typu R^{-3} , danou výměnnou interakcí. Vzhledem k tomu, že fotoasociační krok nastává při velkých mezijaderných vzdálenostech, potenciál typu R^{-3} (který je posunut k větším mezijaderným vzdálenostem) umožňuje dobrý překryv (tj. velký Franckův-Condonův faktor) mezi některým z vibračních stavů elektronicky vzbuzeného stavu a základním elektronickým stavem. Ve druhém, stabilizačním kroku takový překryv zvýhodní přechod buď do nevázaného stavu volných atomů nebo do některého vysoce vibračně vzbuzeného stavu elektronického základního stavu. V případě heteronukleárních molekul je zvýhodněn stimulovaný přechod přímo do základního vibronického (tj. vibračního i elektronického) stavu. Výsledkem je pak molekula studená ve všech stupních volnosti, s translační teplotou řádově 100 μ K. Tato nepřímá metoda chlazení byla zatím demonstrována na molekulách RbCs (cit.²⁶) a KRb (cit.²⁷).

5.1.2. Feshbachovy rezonance

Metoda syntézy studených molekul založená na srážkách studených atomů kontrolovaných Feshbachovými rezonancemi je jednoduchá v principu, ale v praxi značně technicky náročná. Nicméně se již touto metodou podařilo – několika skupinám nezávisle – vytvořit nejen studené molekuly, ale dokonce i molekulové Boseho-Einsteinovy kondenzáty (molekul K_2 a Li_2). Jako by ani to nestačilo, Feshbachovy rezonance hrají rovněž klíčovou roli při studiu přechodu mezi Boseho-Einsteinovým kondenzátem molekul a souborem korelovaných Cooperových párů atomových konstituentů těchto molekul. To je téma, které se dotýká mnohačasticové fyziky, s důsledky pro výzkum jádra, supratekutosti a supravodivosti, včetně té tzv. vysokoteplotní²⁸.

Příklad Feshbachovy rezonance je ukázán na obr. 3. Ta nastává tehdy, když se energie srážejících se atomů (v daném elektronickém stavu) rovná energii vázaného stavu molekuly sestávající ze stejných atomů ale v jiném elektronickém stavu. V případě, kdy volný a vázaný stav mají rozdílné dipólové momenty, lze relativní energii těchto stavů měnit účinkem vnějšího pole. Vzhledem k tomu, že Feshbachova rezonance dramatičtě zvětšuje velikost interakce (srážkový průřez) atomů v obou elektronických stavech, lze vnějším polem velikost této interakce ladit a tak vznik molekul řídit. V dosavadních experimentech bylo k tomuto účelu používáno magnetické pole a jeho účinek na rozdílné spinové magnetické dipólové momenty volného a vázaného stavu.

Molekuly vytvořené Feshbachovou rezonancí jsou v těch nejvyšších vibračních a rotačních stavech, často jen zlomek mK pod disociační mezí. Tak jako každý vzbuzený stav, mají i tyto stavy tendenci relaxovat do nižších stavů; dostupné nižší stavy jsou ale zpravidla nevázané, takže relaxační proces (indukovaný vzájemnými srážkami) vede ke konverzi molekul zpět na atomy. Výsledkem je,



Obr. 3. Schéma energetických hladin vedoucích k Feshbachově rezonanci mezi vázaným (vibračním a rotačním) stavem elektronicky vzbuzeného stavu (vyznačeno čerchovaně) a energií stavu základního (danou asymptotickou energií volných – a pomalých – atomů; vyznačeno tenkou horizontální čarou)

že „Feshbachovy molekuly“ téměř okamžitě zaniknou. Pokud ovšem nesestávají z atomů, které jsou fermiony!

Připomeňme, že veškeré nerozlišitelné částice (a právě takovými se fyzika mikrosvěta zabývá) lze rozdělit do dvou skupin, na bosony a fermiony, podle toho, jak se chovají při záměně. To, zda je daná částice boson anebo fermion, je jednoznačně určeno jejím spinem: částice, jejíž spin je celočíselným násobkem elementárního kvanta momentu hybnosti (Planckovy konstanty vydělené 2π), je boson; částice, jejíž spin je poločíselným násobkem elementárního kvanta, je fermion. Např. fotony a mezony jsou bosony; protony, neutrony a elektrony jsou fermiony. Charakter složené částice, jako je atom nebo molekula, lze jednoduše určit podle toho, zda obsahuje sudý nebo lichý počet fermionů: v prvním případě je složená částice bosonem, ve druhém fermionem. Odtud ihned plyne, že (elektroneutralní) atomy, jejichž jádra obsahují sudý počet neutronů, jsou bosony; atomy, jejichž jádra obsahují lichý počet neutronů, jsou fermiony. Homonukleární dvouatomové molekuly jsou vždy bosony. Bosony a fermiony vykazují dramaticky odlišné kolektivní chování: zatímco bosony se rády shlukují a vytvářejí husté soubory (např. fotony v laserovém rezonátoru), fermiony se jeden druhému vyhýbají (toto chování našlo vyjádření v Pauliho vylučovacím principu, který mimo jiné spoluurčuje atomové konfigurace a tím i chemické vlastnosti prvků). Pauliho vylučovací princip má rovněž dopad na osud Feshbachových molekul.

V závislosti na tom, zda Feshbachova molekula sestává z bosonů nebo fermionů, je její rozpad na atomy buď urychlen nebo zpomalen. Zpomalení rozpadu (v případě molekuly sestávající z fermionů) je natolik dramatické, že poskytuje dostatek času k důkladnému experimentálnímu studiu těchto molekul. Výsledky tohoto studia patří k tomu nejúžasnějšímu, co se zatím se studenými atomy a molekulami podařilo udělat.

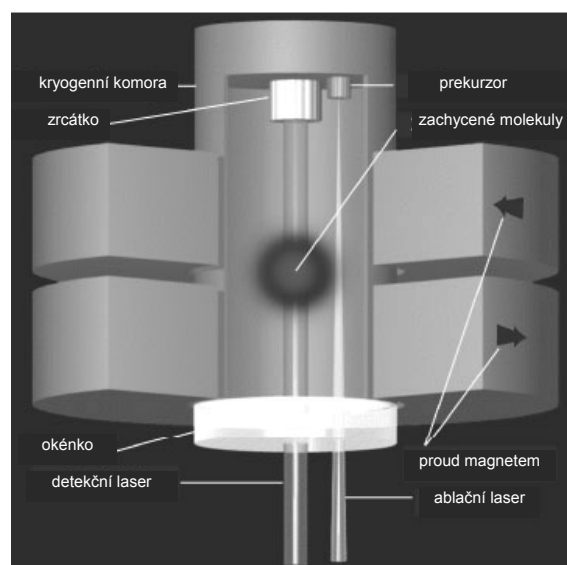
Feshbachova magnetická rezonance (v případě ${}^6\text{Li}_2$ nebo ${}^{40}\text{K}_2$) nastává na rozhraní dvou odlišných režimů kolektivního chování těchto systémů: na jedné straně tohoto rozhraní jsou pevně vázané molekuly, které podléhají Boseho-Einsteinově kondenzaci (režim BEK); na druhé straně rozhraní je supratekutý stav, podobný stavu Cooperových párů elektronů v supravodiči (tzv. režim Bardeenův-Cooperův-Schriefferův, BCS). Možnost detailně studovat „fázový přechod“ mezi režimem BEK a BCS a citlivě kontrolovat všechny parametry, které tento přechod určují, znamená pro fyziku kondenzované fáze sen, který se stal skutečností. Po mnoha desetiletích úsilí, opírajícího se o tradiční metody fyziky kondenzované fáze, se tak dostavilo rozuzlení, které vzešlo nečekaně z fyziky atomové a molekulové. V této souvislosti je instruktivní si připomenout, že atomová a molekulová fyzika byla před dvaceti lety považována za dokončenou kapitolu vědy 20. století a nic nového se od ní již neočekávalo ...

5.2. Chlazení nebo zpomalování existujících molekul a jejich záchyt

Přímé metody chlazení nebo zpomalování existujících molekul jsou nápadné svou rozmanitostí a svědčí o velké vynalézavosti svých autorů. Jako nejdůležitější se osvědčilo chlazení srážkami s nárazníkovým plynem a Starkovo zpomalování. V následujícím bude tedy těmto dvěma metodám věnováno více místa než metodám ostatním, které popíšeme jen telegraficky.

5.2.1. Chlazení srážkami s nárazníkovým plynem a magnetický záchyt paramagnetických molekul

Metoda chlazení srážkami se studeným nárazníkovým plynem byla vypracována na Harvardově univerzitě skupinou Johna Doylea v letech 1994–1998 (cit.^{15,16}). Nárazníkový plyn (helium, He) je sám chlazen tepelným kontaktem se standardním chladicím zařízením (kryostatem či zředřovacím refrigerátorem). Přesněji řečeno, nárazníkový plyn zprostředkovává výměnu tepla mezi chlazenými atomy či molekulami a kryogenním zařízením. Pro-



Obr. 4. Schéma magnetické pasti plněné termalizací nárazníkovým plynem; cívky supravodičového elektromagnetu, energizované proudem opačného směru (anti-Helmholtzovo uspořádání), vytvářejí téměř kulově symetrické nehomogenní magnetické pole, jehož síla roste úměrně se vzdáleností od nulové hodnoty v centru pole k maximu (zhruba 3 Tesla) na okraji pole. Měděná kryogenní komora v otvoru magnetu je tepelně spojena se zředřovacím refrigerátorem, který ji chladí na teplotu zhruba 300 mK. Kryogenní komora je naplněna nárazníkovým plynem o hustotě zhruba 10^{16} atomů He na cm^3 . Molekuly či atomy jsou v tomto případě vpraveny do studeného nárazníkového plynu ablací vhodného precizoru, umístěného přímo v komoře. Převzato z práce¹⁶

tože metoda je nezávislá na struktuře energetických hladin či jiných zvláštních atributech chlazených částic, je stejně dobře aplikovatelná na atomy jako na molekuly.

Termalizační proces, jenž vede k vyrovnání teploty mezi nárazníkovým plynem a molekulami vpravenými do nárazníkového plynu (o vpravování více níže), je výsledkem pružných srážek mezi atomy helia a ochlazovanými molekulami. Za typických podmínek je třeba zhruba stovky těchto srážek. Abychom zajistili dostatečně rychlou termalizaci ochlazovaných částic – a to na dráze, jež je menší než rozměry kryogenní komory (tj. několik centimetrů) – musí mít nárazníkový plyn dostatečně velkou hustotu (počet atomů helia na objemovou jednotku). Jelikož hustota klesá s klesající teplotou, existuje jistá minimální teplota, pod kterou je hustota pro termalizaci příliš nízká (zhruba 10^{16} atomů na cm^3). Tato minimální teplota činí 240 mK v případě isotopu ^3He (jenž má nejvyšší hustotu ze všech stabilních látek při nízkých teplotách).

Jak chlazení nárazníkovým plynem, tak i magnetická past vyžadují kryogeniku a lze tedy výhodně kombinovat chlazení s magnetickým záchytem. Schéma experimentálního zařízení je ukázáno na obr. 4. Zařízení sestává ze tří částí: supravodivého magnetu, kryogenní komory a zředovacího refrigerátoru (ten není ukázán).

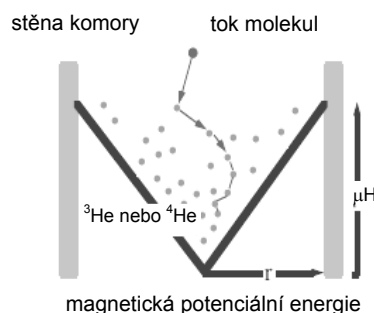
Magnet sestává ze dvou cívek, jimiž prochází elektrický proud v opačných směrech (tomuto uspořádání se říká anti-Helmholtzova konfigurace). Cívky se navzájem silně odpuzují a jsou drženy pohromadě titanovým sudem. Celý magnet je ponořen do kapalného helia.

Měděná kryogenní komora, naplněná nárazníkovým plynem, je umístěna ve středu magnetu. Kryogenní komora je tepelně spojena měděnou kotvou se směšovací komorou refrigerátoru. Teplotu kryogenní komory lze snadno měnit mezi 100 a 800 mK pomocí topného elektrického odporu.

První molekula, kterou se podařilo ochladit termalizací nárazníkovým plynem a zachytit v magnetické pasti, byl monohydrid vápníku (CaH), který byl připraven *in situ* laserovou ablací (ozáření pulsním laserem) pevného (a kovu podobného) hydridu vápenatého (CaH_2). Molekuly CaH nesou magnetický moment velikosti jediného Bohrova magnetonu.

Osud molekul v kryogenní komoře lze dobře sledovat laserovou spektroskopií, např. fluorescencí indukovanou laserem. Závislost intenzity fluorescence na vlnové délce laserového paprsku poskytuje fluorescenční spektrum. Fluorescenční spektra je možné měřit v závislosti na čase (jenž začíná běžet po odpálení ablačního pulzu).

Před zapnutím magnetického pole spektrum ukazuje, že termalizované molekuly jsou studené nejen translačně, ale že jsou rovněž v základním rotačním a vibračním stavu. Po zapnutí pole přechází v případě molekul CaH tento základní rotační stav ve dva Zeemanovy stavy: stav, jehož energie roste a stav, jehož energie klesá s rostoucí silou magnetického pole. Při vystavení nehomogennímu (prostorově se měnícímu) magnetickému poli budou molekuly v prvním stavu vyhledávat oblast minima síly pole, ve druhém stavu oblast maxima síly pole. Toto chování



Obr. 5. Schéma magnetického záchytu; termalizované molekuly mají translační (i vnitřní) energii, jež je nižší než jejich magnetická potenciální energie (ve stavech, jejichž energie roste s rostoucí silou pole)

odráží všeobecnou tendenci dosáhnout stavu minimální energie.

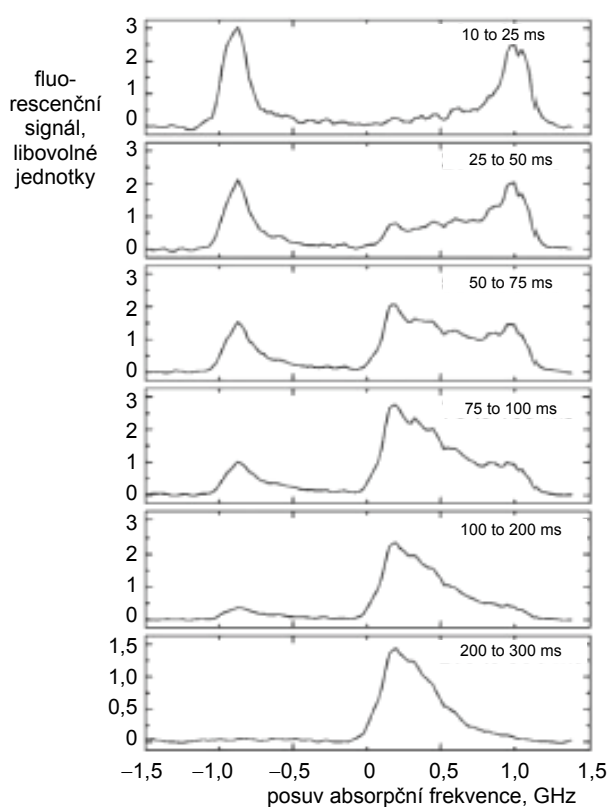
Síla anti-Helmholtzova statického nehomogenního magnetického pole roste přímo úměrně se vzdáleností od nuly v centru k jisté maximální hodnotě na okraji pole. Takové magnetické pole odchyluje molekuly ve stavech, jejichž energie roste s rostoucí silou pole, směrem k minimum v centru pole a molekuly ve stavech, jejichž energie klesá s rostoucí silou pole, směrem k maximum na okraji pole. Obr. 5 ukazuje schéma magnetické pasti. Místo aby chom znázorňovali měnící se velikost magnetického pole, vynesli jsme energii stavu, jež roste s rostoucí silou pole. Právě tato energie představuje onu stěnu, vymezující magnetickou past.

Molekuly vpravené do kryogenní komory difundují nárazníkovým plynem a jsou tak ochlazený na jeho teplotu. Ve středu komory (kde nastává minimum anti-Helmholtzova magnetického pole) pak zůstane levitující zachycený soubor paramagnetických molekul.

Fluorescenční spektrum na obr. 6 ukazuje, že molekuly ve stavu, jehož energie klesá s rostoucí silou pole, jsou vytlačovány do oblastí maxima pole, kde narážejí na studenou stěnu kryogenní komory a jsou na ní adsorbovány. Na druhou stranu, molekuly ve stavu, jejichž energie roste s rostoucí silou pole, jsou tlačeny do středu pasti (tj. směrem k minimum magnetického pole). Po uplynutí zhruba 300 ms měřené rozdělení hustoty zachycených molekul odpovídá rovnovážnému Maxwellovu-Boltzmannovu rozdělení při teplotě blízké teplotě nárazníkového plynu. Analýza dat ukázala, že bylo v pasti zachyceno zhruba 10^8 molekul CaH při teplotě 400 mK.

Fluorescenční spektra zachyceného molekulového souboru obsahují velké bohatství údajů, a to nejen o dynamice procesu záchytu, ale i o zachycených molekulách samých, např. o jejich elektronické struktuře²⁹.

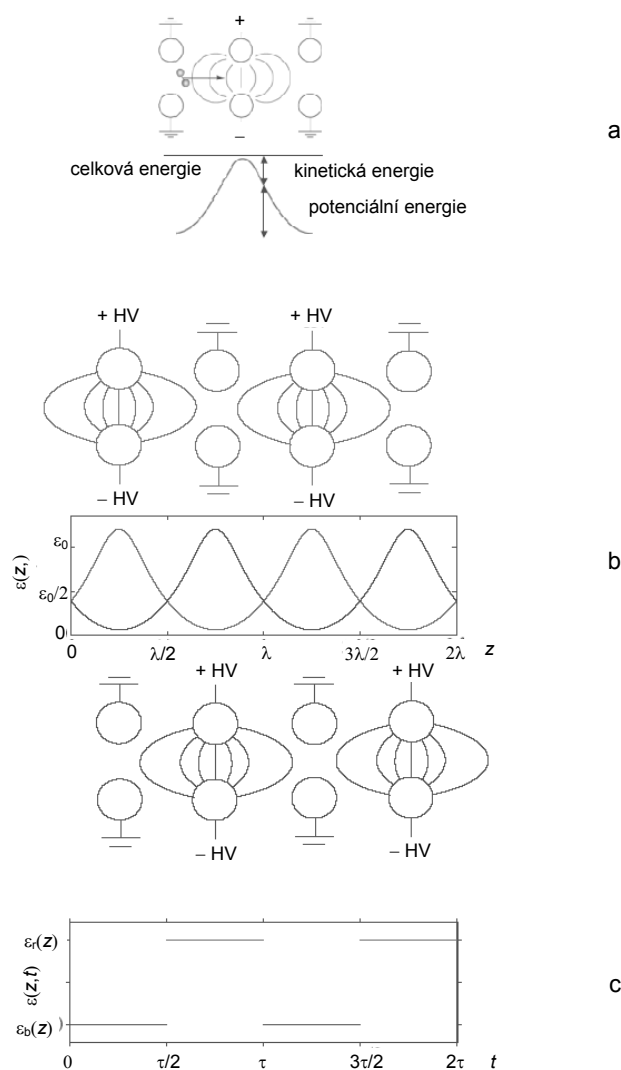
Chlazení studeným nárazníkovým plynem dovoluje dosáhnout teploty zhruba 0,5 K, což není teplota ultrastudená. Velkou předností metody (kromě její obecné aplikovatelnosti) je její schopnost ochladit a magneticky zachytit vysoké počty molekul. Odpálením frakce zachycených



Obr. 6. Fluorescenční spektra zachycených molekul jako funkce času po odpálení ablačního laseru; zatímco molekuly ve stavu, jehož energie klesá s rostoucí silou magnetického pole, jsou vypuzeny z pasti (levé maximum), molekuly ve stavu, jehož energie roste s rostoucí silou pole, jsou vtaženy do oblasti minima pole (pravé maximum). Z analýzy spekter je zřejmé, že bylo zachyceno zhruba 10^8 molekul CaH. Zachycené molekuly vykazují Maxwellovo-Boltzmannovo rozdělení translačních energií, příslušející teplotě zhruba 400 mK. Převzato z práce¹⁵

molekul je pak možno soubor ochladit na teplotu o několik řádů nižší, a dosáhnout tak ultrastudených teplot. Dosaďadní počty zachycených molekul (spolu s dalšími faktory) zatím nedovolily toto tzv. výparné chlazení účinně použít.

Počet zachycených molekul je dán hlavně metodou jejich *vpravení* do nárazníkového plynu. Metoda laserové ablace nedovoluje (jediným laserovým pulsem) „odpařit“ více než 10^8 – 10^{12} molekul. Proto bylo v poslední době značné úsilí věnováno vývoji alternativní metody vpravování molekul do kryogenního prostředí. Nová metoda je založena na použití molekulového paprsku vytvořeného z molekul, které mají být ochlazený. Tento paprsek je zároveň použit k „transportu“ molekul do kryogenní komory. Ta musí být vybavena otvorem dovolujícím průchod paprsku. Nárazníkový plyn stejným otvorem samozřejmě uniká a jeho atomy se srážejí s molekulami paprsku na jejich cestě do kryogenní komory. Naštěstí se ukázalo, že je možné tyto nežádoucí srážky omezit



Obr. 7: (a) Schéma Starkova zpomalování. Celková energie molekuly sestává z potenciální a kinetické energie. Viz text. (b) Prostorová závislost elektrického pole $\epsilon(z)$ vytvořeného čtveřicí párů elektrod. V horní konfiguraci jsou elektrody prvního a třetího páru připojeny ke zdrojům vysokého napětí (HV) opačného znaménka (typicky ± 20 kV), zatímco elektrody druhého a čtvrtého páru jsou uzemněny. V dolní konfiguraci jsou elektrody prvního a třetího páru uzemněny, zatímco elektrody druhého a čtvrtého páru jsou připojeny ke zdrojům vysokého napětí opačného znaménka. Vytvořené elektrické pole mezi elektrodami v podélném směru z (podél dráhy zleva doprava se pohybující molekuly) dosahuje hodnoty zpravidla 100 kV/cm. Potenciální (Starkova) energie typické dvouatomové molekuly v takovém elektrickém poli dosahuje zhruba 1 K v maximu pole. (c) Časová závislost elektrického pole $\epsilon(z,t)$ daná přepínáním mezi horní a dolní konfigurací. Vyznačeny jsou rovněž prostorová a časová perioda λ a τ . Převzato z prací^{19,30}

(volbou vhodného tlaku nárazníkového plynu uvnitř kryogenní komory a jeho vynalézavým čerpáním vně komory). A tak se zdá, že vpravování molekul do kryogenního prostředí molekulovým paprskem má před sebou skvělou

budoucnost. Zatím se touto metodou podařilo termalizovat 10^{14} molekul radikálu NH získaných disociací pulzu molekul NH_3 elektrickým výbojem.

5.2.2. Starkovo zpomalování a elektrický záchyt polárních molekul

Metoda Starkova zpomalování (nebo urychlování) dovoluje nejen libovolně měnit rychlost polárních molekul, ale zároveň i vybrat jejich vnitřní stav (elektronický, vibrační, rotační, hyperjemný) a orientaci¹⁹. Metoda tedy umožňuje úplnou kontrolu molekul ... I když princip metody byl znám přes půl století, k úspěšné realizaci Starkova zpomalovače/urychlovače došlo až v roce 1999, ve skupině Gerarda Meijera na univerzitě v Nijmegen (Gerard Meijer mezitím odešel do Berlína) a ve skupině Harveyho Goulda v Berkeley.

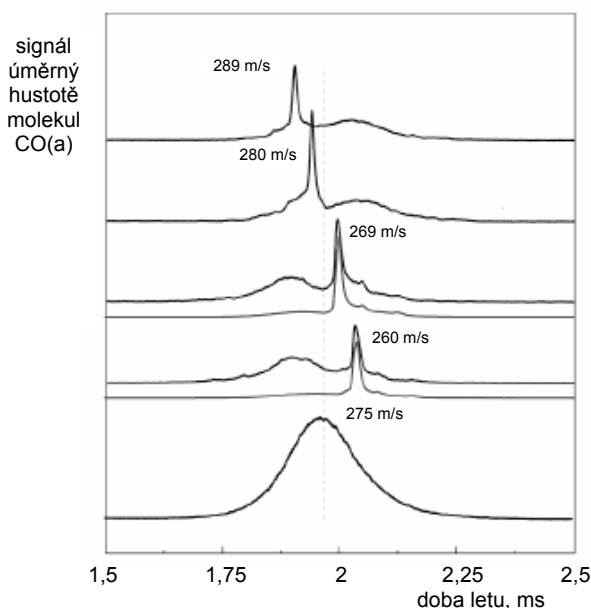
Metoda používá časově závislé nehomogenní elektrické pole, jehož prostřednictvím je kontrolována Starkova energie molekul. Starkova energie reprezentuje potenciální energii molekul v elektrickém poli. Její změna je kompenzována změnou energie translační, tak jak to diktuje zákon zachování energie. Dochází tak buď ke zpomalení nebo k urychlení molekul, podle toho, zda je jejich Starkova energie pozitivní nebo negativní. V dalším se omezíme – v souladu s předmětem tohoto článku – na diskusi případu zpomalování, kdy je translační energie molekul snižována pozitivní Starkovou energií. Obr. 7a schematicky znázorňuje, co se stane, když molekula ve stavu, jehož Starkova energie roste se silou elektrického pole, proletí nehomogenním elektrickým polem. Potenciální energie molekuly vzroste od nuly do maxima a pak opět klesne na nulu. Translační energie současně odpovídající měrou klesne a pak zase vzroste (kinetická energie je dána rozdílem mezi vnesenou křivkou Starkovy energie a konstantní hladinou celkové energie, vyznačenou horizontální čarou). Uvažujme nyní modifikovaný scénář: molekula vletí zleva do elektrického pole (tak jako předtím), ale v okamžiku, kdy dosáhne maxima potenciální energie (a tedy minima energie kinetické), elektrické pole vypneme (tj. střední pár elektrod uzemníme). Vypneme-li pole dostatečně rychle, tj. během doby tak krátké, že se molekula nestáčí během vypínání pohnout, molekula ztracenou translační energii znovu nenabyde a bude tedy zpomalena! Vzhledem k tomu, že odňatá kinetická energie obnáší typicky pouhý 1 K (kinetická energie vydělená Boltzmannovou konstantou), je třeba postup zpomalování mnohokrát opakovat, neboť typická výchozí translační energie molekul činí řádově 100 K (ve schématu na obr. 7a jsme tedy měli správně umístit hladinu celkové energie zhruba stokrát výše než jak jsme to s ohledem na přehlednost obrázku učinili).

Obr. 7b ukazuje, jak je opakování postupu ve Starkově zpomalovači realizováno. Schéma ukazuje zpomalovač sestávající ze čtyř párů elektrod. Podle toho, které páry jsou aktivovány a které uzemněny, nabývá vytvořené nehomogenní pole jedné ze dvou možných konfigurací. Horní konfigurace vytváří pole, jehož prostorová závislost vykazuje maxima při $\lambda/4$, $5\lambda/4$, atd., kde λ je prostorová

perioda elektrického pole. Pole vytvořené dolní konfigurací vykazuje maxima při $3\lambda/4$, $7\lambda/4$, atd. Elektrické pole je možno rychle přepínat z jedné konfigurace do druhé. Střídání konfigurací je načasováno tak, aby molekula stále „stoupala do kopce“. Obr. 7c ukazuje časovou závislost elektrického pole: vzhledem k tomu, že je potřeba pole synchronizovat se stále pomalejším pohybem molekuly, musí být odpovídající frekvence přepínání mezi oběma konfiguracemi pole stále menší. Vynesená časová závislost rovněž ukazuje, že doba přepínání mezi konfiguracemi pole je mnohem kratší než doba $\tau/2$, po kterou je jedna či druhá konfigurace zapnuta.

Obr. 8 ilustruje účinek Starkova urychlovače/zpomalovače na pulz molekul $\text{CO}(a^3\Pi_1)$. Ten spočívá v tom, že urychlovač/zpomalovač vybere frakci původního rozdělení rychlostí a přemístí ji buď k vyšším nebo k nižším rychlostem. Vlastní experimentální zařízení je ukázáno na obr. 9. Sestává ze 108 párů elektrod; rovněž ukázán je pohled na elektrody z perspektivy urychlovaných/zpomalovaných molekul.

Aby bylo možno zpomalit pulz molekul se širokým rozdělením souřadnic a rychlostí, je potřeba provést proces zpomalování za podmínek tzv. fázové stability. Tento pojem stojí za bližší objasnění, o které se nyní pokusíme



Obr. 8. Účinek Starkova zpomalovače na rozdělení rychlostí molekulového paprsku; dolní křivka zachycuje rozdělení rychlostí (dob letu) původního molekulového paprsku. Horní křivky ukazují, že Starkův urychlovač/zpomalovač vyčlení frakci molekul z původního rozdělení a posune ji buď k vyšším rychlostem (kratším dobám letu) nebo nižším rychlostem (delším dobám letu). Měření bylo provedeno na molekulách CO v metastabilním elektronickém stavu. Šedé křivky odpovídají Monte Carlo simulacím molekulových trajektorií v elektrickém poli Starkova urychlovače/zpomalovače. Převzato z práce¹⁹

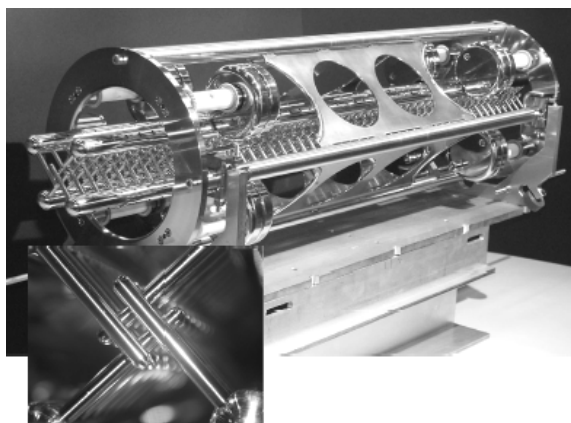
na základě analytického modelu Starkova zpomalovače/urýchlovače.

Proces zpomalování/urýchlování se podařilo popsat analyticky až nedávno³⁰. Příslušný analytický model je navíc exaktní, takže obsahuje veškerou fyziku, která může ve Starkově zpomalovači/urýchlovači nastat. Model vychází z Fourierovy analýzy prostorové a časové závislosti elektrického pole zpomalovače, která ukazuje, že pole sestává z nekonečně mnoha vln. Tyto vlny se pohybují v obou směrech podél osy zpomalovače a vyznačují se tím, že mají ostře definované fázové rychlosti

$$V_{n,l} = \frac{n}{l} V_0 \quad (2)$$

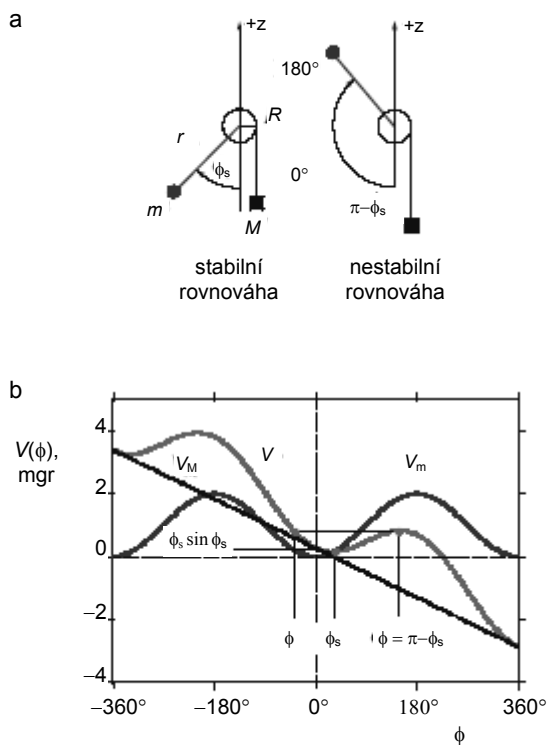
kde n a l jsou lichá přirozená čísla. Veličina $V_0 = \lambda/\tau$ představuje „fundamentální“ fázovou rychlost (danou poměrem prostorové, λ , a časové, τ , periody nehomogenního elektrického pole zpomalovače). Vystává otázka, se kterými molekulami (jež pošleme do zpomalovače) bude interagovat která vlna? Intuice nám napovídá, že molekuly budou silně interagovat s takovou vlnou, jejíž fázová rychlost je blízká rychlosti molekul. Ale jak blízká musí tato rychlost být, aby vlna dané molekuly „svezla“? Odpověď vyplývá z analýzy dynamiky problému.

Sestavíme-li pohybovou rovnici pro molekulu interagující s libovolnou vlnou, zjistíme, že rovnice je izomorfní s pohybovou rovnicí tzv. zatíženého kyvadla. Zjištění tohoto druhu činí fyzika šťastným: může se totiž poučít o novém, neznámém problému (Starkově zpomalovači) na základě jiného problému, jehož řešení je názorné (zatížené kyvadlo) a někdy předem známé (autorovi tohoto článku se žádná užitečná řešení problému zatíženého kyvadla nicméně nalézt v literatuře nepodařilo).



Obr. 9. Starkův zpomalovač/urýchlovač, sestávající ze 108 párů elektrod; elektrody daného páru jsou od sebe vzdáleny 4 mm, jednotlivé páry 11 mm jeden od druhého. Vložené vysoké napětí činí ± 20 kV. Doba přepínání z jedné konfigurace do druhé činí zhruba 500 ns. Ke zpomalení z termální rychlosti do stavu klidu dojde během několika ms. V levém dolním rohu jsou ukázány elektrody Starkova urýchlovače/zpomalovače z perspektivy urýchlovaných/zpomalovaných molekul. Převzato z práce²⁰

Zatížené kyvadlo je ukázáno na obr. 10a. Sestává z normálního kyvadla (hmotnosti m) pevně spojeného s osou, kolem níž je ovinuto vlákno. Na vlákne visí závaží hmotnosti M . Potenciální energie V zatíženého kyvadla je vynesena na obr. 10b jako funkce polohy (přesněji fáze) ϕ ; sestává z potenciální energie kyvadla, V_m , a z potenciální energie závaží, V_M : $V = V_m + V_M$. Potenciální energie V zatíženého kyvadla vykazuje lokální minimum v bodě $\phi = \phi_s$ a lokální maximum v bodě $\phi = \pi - \phi_s$; tyto extrémny odpovídají stabilnímu a nestabilnímu rovnovážnému bodu zatíženého kyvadla. Z obr. 10b přitom vidíme, že nestabilní rovnovážný bod zároveň představuje nejzazší vnější bod obratu zatíženého kyvadla: je-li tento bod překročen (tj. pro $\phi > \pi - \phi_s$), kyvadlo propadne nerovnoměrnému rotačnímu pohybu, hnanému padajícím závažím. Pokud ale tento bod překročen není, zatížené kyvadlo se periodicky kýve mezi vnějším a vnitřním bodem obratu kolem

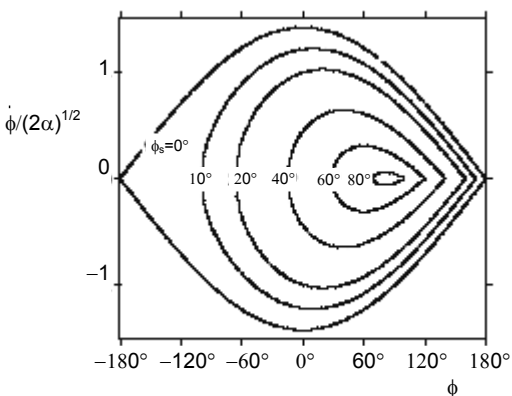


Obr. 10. Zatížené kyvadlo a jeho potenciální energie; (a) Zatížené kyvadlo sestává z normálního kyvadla (hmotnosti m) pevně spojeného s osou, kolem níž je ovinuto vlákno. Na vlákne visí závaží hmotnosti M . (b) Potenciální energie V zatíženého kyvadla jako funkce polohy (přesněji fáze) ϕ sestává z potenciální energie kyvadla, V_m , a z potenciální energie závaží, V_M : $V = V_m + V_M$ (g je gravitační zrychlení). Potenciální energie V zatíženého kyvadla vykazuje lokální minimum v bodě $\phi = \phi_s$ a lokální maximum v bodě $\phi = \pi - \phi_s$; tyto extrémny odpovídají stabilnímu a nestabilnímu rovnovážnému bodu zatíženého kyvadla. Převzato z práce²¹

stabilního rovnovážného bodu ϕ_s (vnitřní bod obratu nelze z energetických důvodů překročit, jak rovněž ukazuje obrázek).

Jaký je vztah mezi zatíženým kyvadlem a Starkovým urychlovačem/zpomalovačem? Z izomorfismu obou problémů okamžitě plyne, že potenciální energie urychlovače/zpomalovače má stejnou formu jako potenciální energie zatíženého kyvadla (liší se od sebe jen konstantou). Potenciál zatíženého kyvadla na obr. 10b je možno ztotožnit s vlnou, která se pohybuje zleva doprava fázovou rychlostí $V_{n,l}$. Přitom rovnovážná fáze ϕ_s odpovídá fázi tzv. synchronní molekuly, tj. molekuly, jejíž rychlost v_s je rovna fázové rychlosti vlny: $v_s = V_{n,l}$. Synchronní molekula udržuje konstantní polohu (přesněji fázi) vzhledem k dané vlně. Ta může nabývat hodnot z rozmezí 0° až 90° , jak plyne ihned z obr. 10a (stabilní a nestabilní rovnovážný bod jsou položeny symetricky vzhledem k rovině kolmé k ose pole). Všechny ostatní molekuly jsou nesynchronní, s rychlostí $v \neq v_s$ a fází $\phi \neq \phi_s$. Jen určité nesynchronní molekuly mohou periodicky oscilovat kolem molekuly synchronní, totiž ty, jejichž fáze je menší než fáze odpovídající vnějšímu bodu obratu, tj. $\phi < \pi - \phi_s$. Takové nesynchronní molekuly tedy zůstanou v potenciálovém valu spolu se synchronní molekulou a budou s ní společně urychleny/zpomaleny. Právě tato skutečnost je zachycena pojmem fázové stability: bez ní by byla urychlena/zpomalena pouze synchronní molekula, a nikoli celá třída molekul s určitým rozmezím rychlostí a poloh.

Hodnota synchronní fáze určuje směrnici potenciálu závaží a tím i „strmost“ potenciálu zatíženého kyvadla, která zase určuje velikost zpomalení/urychlení, jemuž jsou molekuly vystaveny. Čím větší hodnota synchronní fáze,



Obr. 11. “Rybí” diagram ukazující rozmezí rychlostí a poloh (vyjádřených prostřednictvím fáze ϕ a její časové derivace $\dot{\phi}$), které mohou mít nesynchronní molekuly, jež vykonávají stabilní oscilace kolem synchronní molekuly; tento diagram přísluší zpomalování molekul ve stavech, jejichž Starkova energie roste s rostoucí silou elektrického pole. Konstanta α zahrnuje Starkovu energii a hmotnost molekuly. Převzato z práce²¹

tím větší zpomalení/urychlení (tím dále k vrcholku je dovoleno molekule vystoupat na potenciálu Starkovy energie, obr. 7a). Při větším zpomalení/urychlení ale klesá hloubka potenciálového minima vlny a zároveň se zužuje rozmezí hodnot nesynchronní fáze ϕ , pro které dochází ke stabilním periodickým oscilacím nesynchronních molekul kolem molekuly synchronní. Tyto závěry jsou zachyceny fázovým digramem na obr. 11. V praxi je tedy volena kompromisní hodnota synchronní fáze, která dovoluje odejmout pokud možno co nejvíce translační energie pokud možno co největší frakci molekul ($\phi_s \approx 70^\circ$). Starkův zpomalovač/urychlovač je rovněž možno používat k beztrátovému transportu pulzu molekul: tomu odpovídá fázový úhel $\phi_s = 0^\circ$, jemuž zároveň přísluší největší oblast fázové stability (viz obr. 11).

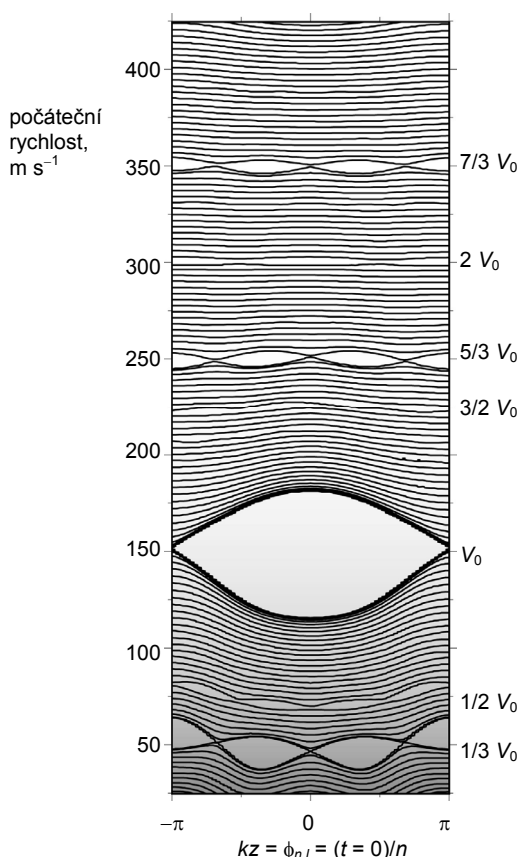
Obr. 12 ukazuje portrét rozsáhlejší oblasti fázového prostoru než je zachycena na obr. 11. Tento fázový portrét byl získán na základě zmíněného analytického modelu pro případ transportu molekul OH a zahrnuje 80 vln. Portrét se detailně shoduje jak se simulacemi dynamiky Starkova zpomalování/urychlování založenými na numerických výpočtech trajektorií molekul, tak s experimentálními výsledky. Portrét ukazuje, že zdaleka největší oblast fázové stability přísluší vlně charakterizované hodnotami $n = l = 1$. Dále vidíme, že fázová stabilita též jasně nastává pro další lichá n a l , tj. pro $1/3 V_0$, $5/3 V_0$, $7/3 V_0$. Kromě toho je ale z portréту zřejmé, že také existují malé oblasti fázové stability, soustředěné kolem rychlostí, jež jsou sudými zlomky fundamentální rychlosti, tj. $1/2 V_0$, $3/2 V_0$, $2 V_0$. Odkud se tyto oblasti berou? Odpověď na tuto otázku vyplývá z „vlnové povahy“ elektrického pole ve Starkově urychlovači/zpomalovači: tam kde jsou vlny, tam jsou také interference mezi vlnami! Analytický model ukazuje, že se molekuly mohou „svězt“ na vlně, jež vznikne interferencí dvojice vln s lichými hodnotami n , l a r , s ; taková interferenční vlna má pak fázovou rychlost

$$V_{n+r, l+s} = \frac{n+r}{l+s} V_0 \quad (3)$$

kteřá je sudým zlomkem fundamentální rychlosti V_0 .

Na základě fázového portrétu na obr. 12 dospíváme k závěru, že zdaleka nejvýznamnější je „jízda“ na první harmonické vlně s $n = l = 1$. Všechny ostatní vlny vytvářejí jen malé či nepatrné oblasti fázové stability, buď díky malým amplitudám (daným nízkou anharmonicitou pole) v případě jednotlivých vln anebo, v případě ineterferencí, malým překryvem dvou sousedních vln, z nichž alepoň jedna má malou amplitudu.

Dostatečně zpomalené polární molekuly je možno zachytit v elektrostatické pasti. Na obr. 13 je ukázáno schéma pasti vhodné pro záchyt polárních molekul ve stavech, jejichž Starkova energie roste s rostoucí silou pole. Past sestává ze tří elektrod, energizovaných nejprve tak, jak je ukázáno na obr. 13a. Levá konfigurace umožňuje zpomaleným molekulám vstoupit do pasti zleva. Starkova energie, vynesena v dolní části obr. 13a, molekuly zastaví někde na půl cesty směrem k vrcholku „kopce“. Mo-

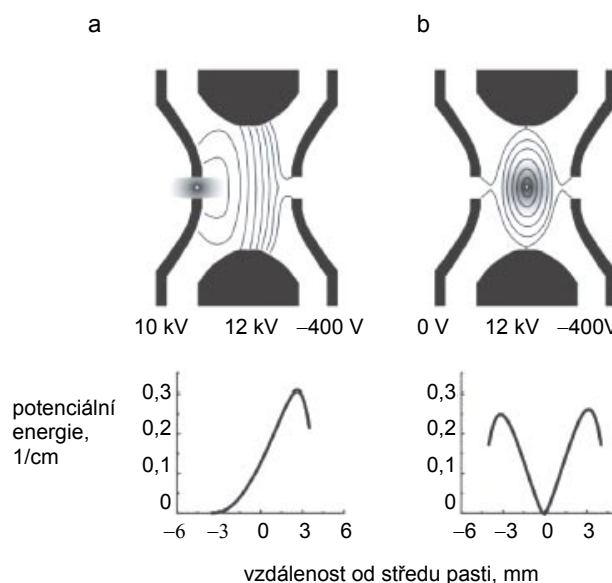


Obr. 12. Globální fázový portrét zkonstruovaný pro případ transportu molekul (nulové zrychlení/zpomalení); kromě oblastí fázové stability koncentrované v okolí rychlostí, jež jsou lichým zlomkem fundamentální fázové rychlosti V_0 , jsou rovněž patrné malé oblasti fázové stability koncentrované v okolí rychlostí, jež jsou sudým zlomkem fundamentální fázové rychlosti. Zatímco první oblasti jsou výsledkem interakce molekul s jednotlivými vlnami elektrického pole, původem druhých oblastí je interference dvojice „lichých“ vln, která dává vzniknout vlně „sudé“.

lekuly se tam obrátí čelem vzad a začnou se ubírat zprava doleva. V tom okamžiku jsou elektrody přepnuty do konfigurace ukázané na obr. 13b, jež vytvoří energetickou bariéru rovněž pro jejich pohyb směrem doleva. Molekuly tak uvíznou mezi pravou a levou bariérou (tj. jsou zachyceny) a mohou se stát předmětem kýženého experimentování.

5.2.3. Zpomalování nerezonantními světelnými poli

Tato metoda v mnohém připomíná Starkovo zpomalování. Jeden z rozdílů je dán tím, že místo statického elektrického pole je použito nerezonantní pole laserové, které interaguje s molekulovou polarizabilitou. Tato interakce indukuje elektrický dipólový moment, který pak interaguje s elektrickým polem laserového záření. Tato interakce může být tak silná (díky síle i gradientu elektrického pole záření), že zpomalení pulzu molekul je možno docílit v jediném kroku (to je druhý rozdíl). Zatím byly

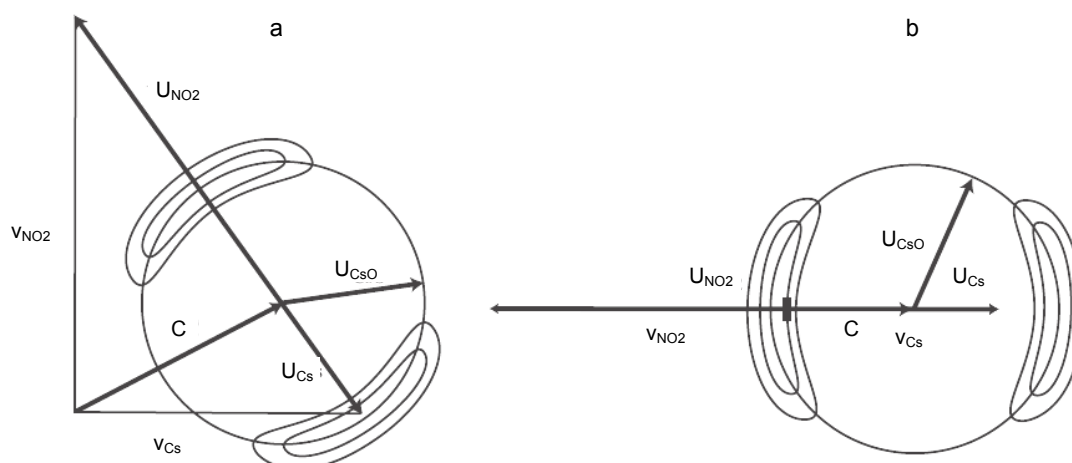


Obr. 13. Schéma elektrostatické pasti pro záchyt polárních molekul ve stavech, jejichž Starkova energie roste s rostoucí silou pole; past sestává ze tří elektrod, energizovaných nejprve tak, jak je ukázáno v části (a); tato konfigurace umožňuje zpomaleným molekulám vstoupit do pasti zleva. V části (b) je ukázána druhá konfigurace, jejímž prostřednictvím je realizován vlastní záchyt. Pro každou konfiguraci je též vynesena příslušná Starkova energie (pro molekulu deuterovaného čpavku). Převzato z práce¹⁹

uvažovány dvě verze tohoto způsobu zpomalování: „molekulová naběračka“²¹ a „optická mřížka“²². V případě naběračky je kontrolován pohyb ohniska laserového záření – a tím i pohyb molekul – vhodným elektro-optickým zařízením; v případě mřížky je vytvořena interferenční optická vlna s laditelnou fázovou rychlostí, která zachytí pulz molekul a zpomalí jej. Do metody zpomalování molekul nerezonantními poli jsou vkládány velké naděje: metoda je totiž obecně použitelná (všechny molekuly – i atomy – jsou polarizovatelné) a kompaktní, odhlédneme-li od vlastních laserů, které jsou naopak relativně komplikované.

5.2.4. Zpomalování impulzivními srážkami v molekulových paprscích

Molekuly, které jsou pomalé v laboratorní souřadnicové soustavě, lze rovněž získat prostřednictvím neelastické srážky nebo elementární chemické reakce mezi rychlými molekulami ve zkřížených molekulových paprscích. Obr. 14 ukazuje příslušný vektorový diagram rychlostí, zkonstruovaný pro reakci $\text{Cs} + \text{NO}_2 \rightarrow \text{CsO} + \text{NO}$. V případě, že laboratorní rychlost \mathbf{C} těžiště systému je rovna rychlosti \mathbf{u}_{CsO} produktu CsO vzhledem k těžišti (tzv. těžišťové rychlosti), tj. $\mathbf{C} = -\mathbf{u}_{\text{CsO}}$, bude mít tento produkt nulovou laboratorní rychlost. Metoda byla zatím úspěšně použita ke zpomalení molekul NO a KBr (cit.²³). Z našeho

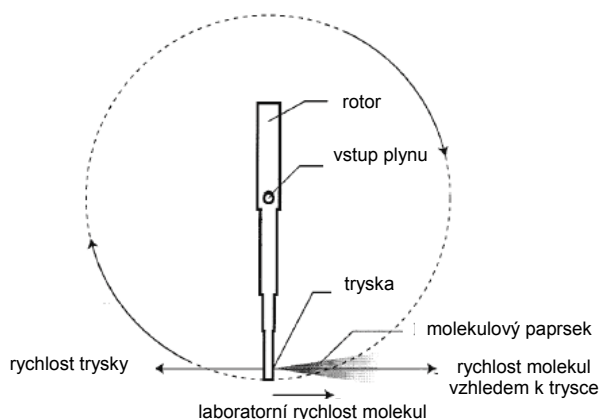


Obr. 14. Schéma produkce pomalých molekul srážkou rychlých molekul v molekulových paprscích; ukázány jsou Newtonovy diagramy pro (a) kolmé a (b) souběžné vektory v_{Cs} a v_{NO_2} laboratorních rychlostí reaktantů Cs a NO_2 . Produkt CsO opouští reakci rychlostí U_{CsO} (vyznačenou Newtonovým kruhem) vzhledem k těžišti reaktantů (či produktů), které se pohybuje rychlostí C vzhledem k laboratorní souřadnicové soustavě. Vrstevnice znázorňují hustotu rozdělení produktu CsO . V obou diagramech jsou laboratorní rychlosti reaktantů nastaveny tak, aby se velikost těžišťové rychlosti produktu CsO rovnala velikosti laboratorní rychlosti těžiště. V případě (b) má velká frakce molekul CsO vzniklých reakcí $\text{Cs} + \text{NO}_2$ těžišťovou rychlost, která má opačný směr než rychlost těžiště. Právě v tomto druhém případě vznikají molekuly CsO převážně ve stavu klidu vůči laboratorní soustavě

příkladu je vidět, že tato metoda může být použita i k přípravě vysoce nestabilních pomalých molekul, jako je CsO .

5.2.5. Zpomalování supersonické expanzí z rotující trysky

Zbývající dvě metody lze dobře vysvětlit pomocí motoristických analogií. Obr. 15 ukazuje rotující trysku, z níž supersonicky expanduje molekulový paprsek ve směru opačném vůči směru pohybu trysky. Je-li velikost rotační rychlosti trysky rovna velikosti rychlosti molekul, paprsek má nulovou rychlost v laboratorní soustavě²⁴. Podobně se to má s rychlostí výfukových plynů pohybujícího se

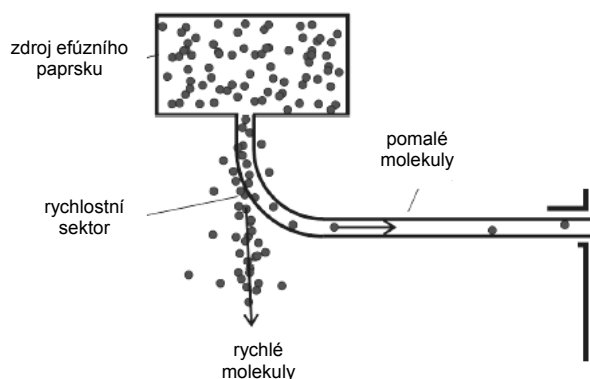


Obr. 15. Schéma produkce pomalých molekul expanzí z rotující trysky; převzato z práce²⁴

automobilu. Výfukové plyny opouštějí výfuk rychlostí zhruba 350 km za hodinu. To je rychlost, jakou se pohybuje závodní automobil formule 1. Výfukové plyny takového na plný plyn jedoucího automobilu končí tedy ve „stavu klidu“ vzhledem k závodní dráze!

5.2.6. Selektce pomalé frakce Maxwellova-Boltzmannova rozdělení molekul efúzního paprsku

Efúzní molekulový paprsek má Maxwellovo-Boltzmannovo rozdělení velikostí rychlostí, a tedy obsahuje frakci pomalých molekul. Nesou-li tyto molekuly elektrický nebo magnetický dipólový moment, je možné pomalé molekuly vyčlenit působením vnějšího pole. Účinkem pole lze totiž molekuly odchýlit, přičemž velikost



Obr. 16. Schéma selektce pomalých molekul efúzního molekulového paprsku statickým polem; převzato z práce²⁵

odchylky (pro danou sílu pole a hodnotu dipólového momentu) je nepřímě úměrná čtverci rychlosti molekul²⁵. K separaci rychlých a pomalých molekul dojde tak, že rychlé molekuly nebudou polem dostatečně odchýleny, jinými slovy, „zatáčku“ definovanou dipólovou interakcí „nevytočí“, viz obr. 16. „Zatáčkou“ projdou bez úhony pouze pomalé molekuly, které je pak možno použít např. ve srážkovém experimentu. Nevýhodou této metody je, že molekuly nejsou efúzní expanzí vnitřně ochlazený, tj. mají vnitřní teplotu zdroje paprsku (zpravidla 300 K).

6. Stávající i budoucí experimenty se studenými molekulami

Jedinečný experiment s molekulami zachycenými v elektrostatické pasti dovolil experimentálně určit poločas zářivého rozpadu molekul ve vibračně vzbuzeném stavu do stavu vibračně základního. Měření bylo provedeno pro molekulu OH v základním elektronickém a rotačním stavu a ukázalo, že poločas rozpadu pro přechod $v' = 1 \rightarrow v'' = 0$ činí 59 ms (cit.³¹). Bylo to vůbec první přímé měření poločasu zářivého rozpadu pro jiný než elektronický stav. Připomeňme si, že pojem poločasu zářivého rozpadu zavedl Albert Einstein v roce 1917. Znalost poločasů zářivých přechodů vibračních stavů je přitom klíčová pro fyziku i chemii mezihvězdného prostoru; jejich laboratorní měření však doposud nebyla možná, neboť v konvenčních experimentech molekuly zaniknou nebo uniknou dříve, než vibrační kvantum vyzáří.

V jiném průkopnickém experimentu se zpomalenými molekulami se podařilo demonstrovat zvýšení rozlišení spektroskopického měření v důsledku prodloužení doby interakce mezi (pomalými) molekulami a elektromagnetickým zářením. Rozlišení ΔE daného měření je limitováno principem neurčitosti $\Delta E \Delta t \approx h$, kde Δt je doba měření a h Planckova konstanta. Zpomalením molekul ND_3 (deuterovaného amoniaku) z rychlosti 280 m s^{-1} na 52 m s^{-1} se podařilo zvýšit rozlišení z 10 kHz na 1 kHz a plně tak zviditelnit hyperjemnou strukturu této důležité modelové molekuly³². Frekvence jednoho z vibračních pohybů amoniaku citlivě závisí na poměru hmotnosti protonu a elektronu. Měření této frekvence by bylo možno použít ke studiu případné závislosti tohoto poměru na stáří vesmíru. Potřebné zvýšení přesnosti si vyžádá prodloužení doby měření na zhruba 1 s. To je čas, který se stane dostupný v tzv. molekulové fontáně, kdy jsou zpomalené molekuly vrženy vertikálně vzhůru a zastaveny účinkem gravitačního pole (které posléze způsobí jejich volný pád).

V úvodu jsme naznačili, že studené molekuly by měly vykazovat nanejvýš neobvyklé chování při srážkách. Toto chování bylo poprvé analyzováno Eugenem Wignerem v roce 1930, který tehdy ukázal, že srážkový průřez při teplotách blízkých absolutní nule je úměrný de Broglieho vlnové délce srážejících se molekul. To znamená, že rychlostní konstanta, jež je dána součinem srážkového průřezu a relativní rychlosti reaktantů, má nenulovou hod-

notu pro $T \rightarrow 0$. Detailní výpočty vibrační relaxace pro systémy $A + A_2(v = 1) \rightarrow A + A_2(v = 0)$ ($A = \text{Na}, \text{Li}$) nebo chemické reakce v systému $F + H_2 \rightarrow FH + H$ potvrdily platnost Wignerova zákona^{32,33}. Přitom se ukázalo, že rychlostní konstanta reakce $F + H_2$ nabývá např. při teplotě $T = 10 \text{ mK}$ hodnoty $1,25 \cdot 10^{-12} \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$. Tento výsledek by se mohl zdát klasickému chemikovi nanejvýš podivný: vždyť aktivační bariéra této intenzivně studované reakce činí $6,3 \text{ kJ mol}^{-1}$, což odpovídá teplotě 758 K! Jak může vůbec dojít k reakci, když celková energie, kterou mají reaktanty k dispozici, činí pouhých 10 mK? Odpověď na tuto otázku je třeba hledat ve vlnové povaze molekul při nízkých teplotách: jsou-li molekuly natolik studené, že jejich de Broglieho vlnová délka přesahuje „tloušťku“ aktivační bariéry, může k chemické reakci dojít tunelováním skrze bariéru – bez ohledu na její „výšku“. Ultrastudená chemie je tedy čistě kvantovým úkazem; tunelování představuje hlavní reakční mechanismus. Reakci při ultrastudených teplotách lze přirovnat spíše k obcování améb než k třesnutí biliárových koulí. Poznamenejme, že v dosavadní reakční kinetice jsme vystačili s klasickým popisem přibližování a oddalování jader pohybujících se na hyperploše potenciální energie, dané energií kvantového stavu elektronů. Ultrastudená chemie vyžaduje kvantový popis nejen elektronů ale i jader. Vyžádá si tedy od chemiků kvalitativně nové chápání chemické přeměny. Srážkové experimenty se studenými molekulami, jež toto nové chápání budou potřebovat pro svou interpretaci, se nyní připravují nejméně v desítkách laboratoří.

Studené molekuly také figurují v zatím poněkud futuristických, nicméně vážně míněných i braných schématech, která by mohla dovolit realizovat kvantový počítač. Zvláště nadějně schéma je založeno na použití souboru ultrastudených polárních molekul zachycených v jedno-rozměrné optické mřížce (podobné té, která se používá ke zpomalování molekul, ale ve stacionární verzi) kombinované s nehomogenním elektrostatickým polem¹⁰. Kvantové superpozice je dosaženo prostřednictvím interakce mezi molekulovými dipóly, které představují jednotlivé „qubits“ (tj. kvantové bity). Tyto kvantové bity jsou individuálně adresovatelné díky Starkovu efektu, který je pro každý qubit v nehomogenním statickém elektrickém poli jiný. Ač byly kvantové počítače antcipovány již před několika desítkami let (např. Richardem Feynmanem), jejich přednosti pro řešení numerických problémů byly objeveny až v roce 1994 Peterem Shorem. Ten ukázal, že kvantové počítače jsou obzvláště vhodné pro řešení problému faktorizace (rozkladu daného celého čísla na součin celých mocnin prvočísel). Např. kvantový počítač sestávající z 500 qubitů (ekvivalentní klasickému počítači s 10^{150} procesory) by byl schopen faktorizovat čísla řádu 10^{200} během sekund. To by mělo velký význam např. pro kryptografii.

Kromě výše uvedeného existuje třída experimentů se studenými molekulami, jež by mohly zodpovědět otázky přesahující tradiční obzor molekulové vědy: v těchto experimentech jsou testovány základní symetrie ve fyzice, jako

je symetrie časové inverze (T), parita (P) nebo Pauliho princip. Tyto symetrie jsou oknem do světa základních sil v přírodě a představují tak alternativu ke srážkovým experimentům s částicemi vysokých energií prováděným v obrovských urychlovačích.

Obzvláště slibné a zajímavé je souběžné testování symetrie časové inverze a parity v experimentech, jež pátrají po elektrickém dipólovém momentu (EDM) elektronu (a případně dalších elementárních částic)³⁵. Nenulová hodnota EDM znamená porušení obou symetrií. Jelikož Standardní model nepřipouští v podstatě žádné narušení T nebo P symetrie, znamenalo by nalezení nenulové hodnoty EDM objev fyziky přesahující Standardní model. Takový objev by byl s největší pravděpodobností následován novou revolucí ve fyzice.

Co má EDM co do činění se studenými molekulami? Z dosavadních experimentů je známo, že EDM elektronu nepřevyšuje hodnotu $5 \cdot 10^{-19}$ Debye. To je hodnota nesmírně malá: měla by ji koule velikosti naší planety nesoucí náboj jednoho elektronu a deformovaná na pólech zploštěním o pouhý jeden mikrometr. Přítomnost dipólového momentu se projevuje Starkovým jevem, tj. posunem energetických hladin systému nesoucího dipólový moment účinkem elektrického pole. Aby byl Starkův posuv co největší (a tedy co nejlépe měřitelný), je potřeba EDM vystavit působení co nejsilnějšího elektrického pole. Nejsilnější elektrická pole jsou k mání uvnitř těžkých atomů (mohou tam díky relativistickým efektům dosáhnout hodnot až 10 GV cm^{-1}). Atomy jsou ale kulově symetrické a před každým měřením EDM je tedy třeba je orientovat v laboratorní souřadnicové soustavě (jinak by byl Starkův posuv vyprůměrován). Orientovat atomy je obtížné, neboť je potřeba se při takovém počínání spoléhat na jejich polarizovatelnost, která je malá. Proto je mnohem výhodnější k danému těžkému atomu připojit jiný atom a měření provést na vzniklé polární molekule. Polární molekuly lze totiž snadno orientovat! (Konec konců Starkův zpomalovač či elektrostatická past jsou samy založeny na snadné orientaci polárních molekul v laboratorní soustavě.) Použití studených polárních molekul dále zvyšuje přesnost měření (viz začátek tohoto oddílu). Experimenty skupiny Eda Hindse na Imperial College v Londýně se zpomalenými molekulami YbF již skutečně poskytují ty nejpřesnější dostupné údaje o EDM elektronu³⁶. Zvýšení přesnosti těchto měření o pouhý jeden řád povede k vyloučení nebo přijetí některých z alternativ Standardního modelu. Žijeme v napínavé době!

Na závěr poznamenejme, že i když máme více než plné ruce práce s výše nastíněnými tématy, nemůžeme se ubránit pocitu, že většina budoucích dobrodružství se studenými molekulami leží za horizontem toho, co si dnes dovedeme představit.

Tento článek byl napsán na podnět profesora Rudolfa Zahradníka. Rudolf Zahradník patří k těm, které všude hledám, ale nacházím jen málokde. Chtěl bych mu tuto pohlednici domů věnovat.

LITERATURA

- Greene B.: *The Fabric of the Cosmos*. Knopf, New York 2004.
- Weinberg S.: *Dreams of a Final Theory*. Random House, New York 1992.
- Herschbach D.: Rev. Mod. Phys. 71, S411 (1999).
- Hänsch T.: <http://nobelprize.org/physics/laureates/2005/hansch-lecture.html>.
- Pathria R.K.: *Statistical mechanics*. Pergamon Press, Oxford 1988.
- Zahradník R.: Chem. Listy 98, 98 (2004).
- Balakrishnan N., Kharchenko V., Frrey R.C., Dalgarno A.: Chem. Phys. Lett. 280, 5 (1997).
- Topical Issue of the European Physical Journal D on *Ultracold polar molecules: Formation and collisions*, Vol. 31 (2004).
- Doyle J. M., Friedrich B., Krems R., Masnou-Seeuws F.: Eur. Phys. J. D 31, 149 (2004).
- DeMille D.: Phys. Rev. Lett. 88, 067901 (2002).
- Santos L., Shlyapnikov G. V., Zoller P., Lewenstein M.: Phys. Rev. Lett. 85, 1791 (2000).
- Chu S.: <http://nobelprize.org/physics/laureates/1997/chu-lecture.html>.
- DiRosa M. D.: Eur. Phys. J., D 31, 395 (2004).
- Doyle J. M., Friedrich B.: Nature (London) 401, 749 (1999).
- Weinstein J. D., DeCarvalho R., Guillet T., Friedrich B., Doyle J. M.: Nature (London) 395, 148 (1998).
- deCarvalho R., Doyle J.M., Friedrich B., Guillet T., Kim J., Patterson D., Weinstein J. D.: Eur. Phys. J., D 7, 289 (1999).
- Masnou-Seeuws F., Pillet, P.: Adv. At. Mol. Opt. Phys. 47, 53 (2001).
- Kleppner D.: Physics Today 57, 12 (2004).
- Bethlem H. L., Meijer G.: Int. Rev. Phys. Chem. 22, 73 (2003).
- Meerakker S. Y. T., Vanhaecke N., Meijer G.: Annu. Rev. Phys. Chem., v tisku.
- Friedrich B.: Phys. Rev., A 61, 025403 (2000).
- Dong G., Lu W., Barker P. F., Shneider M. N.: Prog. Quant. Electronics 29, 1 (2005).
- Elioff M. S., Valentini J. J., Chandler D. W.: Science 302, 1940 (2003).
- Gupta M., Herschbach D.: J. Phys. Chem., A 103, 10670 (1999).
- Rangwala S. A., Junglen T., Rieger T., Pinkse P. W. H., Rempe G.: Phys. Rev., A 67, 043406 (2003).
- Kerman A. J., Sage J. M., Sainis S., Bergeman T., DeMille D.: Phys. Rev. Lett. 92, 153001 (2004).
- Wang D., Qi J., Stone M. F., Nikolayeva O., Wang H., Hattaway B., Gensemer S. D., Gould P. L., Eyler E. E., Stwalley W. C.: Phys. Rev. Lett. 93, 243005 (2004).
- Grimm R.: Nature (London) 435, 1035 (2005).
- Friedrich B., Weinstein J. D., deCarvalho R., Doyle J. M.: J. Chem. Phys. 110, 2376 (1999).
- Friedrich B.: Eur. Phys. J., D 31, 313 (2004).

31. Meerakker S. Y. T. v. d., Vanhaecke N., Loo M. P. J. v. d., Groenenboom G. C., Meijer G.: *Phys. Rev. Lett.* **95**, 013003 (2005).
32. van Veldhoven J., Küpper J., Bethlem H. L., Sartakov B., van Roij A. J. A., Meijer G.: *Eur. Phys. J., D* **31**, 337 (2004).
33. Balakrishnan N., Dalgarno A.: *Chem. Phys. Lett.* **341**, 652 (2001).
34. Soldán P., Cvitaš M. T., Hutson J. M., Honvault P., Launay J.-M.: *Phys. Rev. Lett.* **89**, 153201 (2002).
35. Fortson N., Sandars P., Barr S.: *Physics Today* **56**, 33 (2003).
36. Hudson J. J., Sauer B. E., Tarbutt M. R., Hinds E. A.: *Phys. Rev. Lett.* **89**, 023003 (2002).

B. Friedrich (*Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft, Berlin, Germany*): **Why Are Cold Molecules So Hot?**

The development of techniques to cool/slow and trap atoms and molecules brought about a revolution in atomic and molecular physics, with an impact on physics in large. When slowed/cooled down, atoms and molecules become matter waves whose properties differ vastly from those of thermal matter. In particular, close to absolute zero temperature, the interaction range of atoms or molecules increases far beyond their dimensions, imparting to them highly desirable collective and collisional properties. The latter have been predicted to give rise to a novel ultracold chemistry. The article describes the main techniques of producing cold molecules, both the indirect ones (photoassociation of cold atoms, collisional association of cold atoms controlled via Feshbach resonances) and the direct techniques (buffer-gas cooling, Stark deceleration and others). Ongoing and anticipated future experiments with cold molecules are reviewed, including pioneering ventures aimed at radiative lifetime measurements, reduction of transit time broadening, measurements of ultracold collisional cross-sections, and testing of fundamental symmetries in nature, such as the time-reversal symmetry and parity.

APROCHEM 2006

15. Konference • Chemické technologie • Látky • Materiály

Prostředí • Bezpečnost • Legislativa • Chemický průmysl • Výzkum • Školství

Konference se uskuteční již 24. – 26. dubna 2006 v Milovech Hotel Devět skal
Bezprostředně naváže 26. – 27. dubna 2006 jako samostatná sekce 1. ročník symposia

ODPADOVÉ FÓRUM 2006

Výsledky výzkumu a vývoje pro odpadové hospodářství

Celkem se očekává kolem 250 účastníků. Konečný program obou částí akce zahrnuje 120 a 55 odborných příspěvků strukturovaných do 9 a 6 tématických přednáškových zasedání. Zahrne dále 3 panelové diskuse. Plná znění příspěvků budou k dispozici na CD ROM i jako tištěné sborníky. Doprovodná technická výstavka a možnosti firemních prezentací v materiálech konference. Společenská setkání.

Podrobné informace účastníkům a autorům: www.aprochem.cz • 1. a 2. tištěný cirkulář • pche@csvts.cz • T/F 233 336 138 • Ing. Jaromír Škarka, CSc., Na Dračkách 13, 162 00 Praha 6 • Přípravuje PCHE PetroChemEng ve spolupráci s ČSPCH, ČSCHI, ČSCH, VŠCHT Praha, SCHP ČR, ÚCHP AV ČR a CEMC.

www.aprochem.cz

pche@csvts.cz

LABORATORNÍ PŘÍSTROJE A POSTUPY

CHROMATOGRAFICKÉ STANOVENÍ NAFTOCHINONŮ V ROSTLINÁCH

PETR BABULA^a, RADKA MIKELOVÁ^b,
VOJTĚCH ADAM^b, DAVID POTĚŠIL^b, JOSEF
ZEHNÁLEK^b, RENÉ KIZEK^b, LADISLAV
HAVEL^c a ZDENĚK SLADKÝ^a

^aÚstav přírodních léčiv, Farmaceutická fakulta, Veterinární a farmaceutická univerzita, Palackého 1/3, 612 46 Brno, ^bÚstav chemie a biochemie, ^cÚstav botaniky a fyziologie rostlin, Agronomická fakulta, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno
petr_babula@email.cz

Došlo 12. 12. 04, přepracováno 27. 9. 05, přijato 24.10.05.

Klíčová slova: naftochinony, 1,4-naftochinon, plumbagin, juglon, lawson, HPLC-DAD

Úvod

Naftochinony jsou většinou barevné pigmenty v rostlinách. V buňkách jsou uloženy ve vakuolách, kde jsou především glykosylovány¹. Naftochinony jako skupina sekundárních metabolitů se v přírodě vyskytují v různých čeledích rostlin (*Plumbaginaceae*, *Juglandaceae*, *Ebenaceae*, *Boraginaceae*, *Dioncophyllaceae*, *Ancistrocladaceae*, *Iridaceae*, *Verbenaceae*, *Scrophulariaceae*, *Avicenniaceae*, *Balsaminaceae*, *Bignoniaceae*, *Gentianaceae*, *Droseraceae*, *Nepenthaceae*, *Lythraceae*, *Euphorbiaceae*)^{2–6} a rovněž u hub a mikroorganismů, např. rodů *Streptomyces*, *Fusarium*⁷. Biosyntéza naftochinonů probíhá šesti možnými biosyntetickými cestami. Bylo zjištěno, že základním prekurzorem biosyntézy většiny naftochinonů je kyselina šikimová (3,4,5-trihydroxycyklohex-1-en-1-karboxylová kyselina, C₇H₁₀O₅).

Řada rostlin obsahující naftochinony roste ve velmi exponovaných, vlhkých podmínkách, kde se vyskytuje mnoho patogenních organismů, zejména pak plísní. Naftochinony, hlavně však plumbagin a jeho deriváty, mají výrazný antifungální efekt; mohou tedy sloužit jako aktivní obrana rostlin proti zmíněným patogenům. Naftochinony rovněž slouží jako látky bránící napadení rostlin škůdci, pro které mohou být tyto látky rovněž vysoce toxické. Extrakty z rostlin, které obsahují naftochinony, se již dlou-

hou dobu používají v tradičních medicínách různých národů. V Číně a některých dalších asijských zemích se používají extrakty z rostlin rodu olověnc (*Plumbago*; *P. zeylanica*, *P. rosea*) k léčbě rakoviny, revmatoidní artritidy a bolestivé menstruace, zevně pak při léčbě otoků a zhmožděnin. V Indii má *Plumbago zeylanica* širokou tradici používání na různé nemoci, jako je průjem, poruchy trávení a různé kožní problémy; používání této drogy však může vést až k trvalé sterilitě a používá se i k vyvolání potratu⁸. Ve Francii se dosud používá *Plumbago europaea* ke zmírnění bolestí zubů. Kůra a listy z ořešáku (*Juglans nigra*) se využívají pro své svíravé, projímavé a detergentní účinky k léčbě kožních chorob, zejména ekzémů, oparů a kožních vředů. Kůra *Juglans regia* se používá pro mírně projímavé účinky. Tradiční medicíny ji doporučují rovněž k léčbě syfilis a parazitóz. Zevně se používá jako rubefaciens (látka dráždící pokožku a sliznice, která způsobuje jejich překrvení; tímto mechanismem ohraničují zánět a urychlují jeho průběh).

V českých zemích má dlouhou tradici (od 13. století) používání extraktů z rosnatky *Drosera rotundifolia* proti infekčním nemocem dýchacích cest, jako je nachlazení, bronchitida, kašel a astma. Přípravky z této rostliny se ještě dnes doporučují pro prevenci aterosklerózy, při cukrovce a jako silný antibakteriální a antivirální prostředek. Uvádí se rovněž účinek spasmolytický a sekretolytický¹. V Americe jsou extrakty oblíbeny jako geriatikum. V indické tradiční medicíně se používá *Drosera burmannii* jako účinné rubefaciens, v Jižní Americe zase jiné druhy k léčbě bradavic, kuřích ok, keratóz a k odstranění pih.

Při kašli a nachlazení se používá v ČR schválený přípravek Tussilen® kapky, který obsahuje extrakt z druhu *Drosera rotundifolia*. Jiné zdroje doporučují homeopatické zpracování *Drosera rotundifolia* pro nemoci dýchacích cest; schválená homeopatika z *Drosera rotundifolia* jsou dostupná v četných lékových formách – tablety, roztok, čípky, masti v několika homeopatických ředěních. Mucholapka podivná (*Dionaea muscipula*) nemá v současnosti v ČR terapeutické využití. V Německu se však vyrábí přípravek Carnivora® – extrakt z mucholapky - v lékových formách kapky a injekce – použití jako imunomodulans při malignitách, jako imunostimulans, podpůrná léčba Crohnovy nemoci a ulcerózní kolitis. V České republice však není schválen a registrován. Extrakt z mucholapky je dostupný v USA, kde je vyráběn firmou Vital Health Products jako potravinový doplněk. Naftochinony mají pro své výrazné cytotoxické účinky nepochybně budoucnost v terapii různých onemocnění, včetně nádorových^{9–11}. Z tohoto důvodu vzrůstá zájem o stanovení a charakterizaci derivátů 1,2- a 1,4-naftochinonů v různých biologických vzorcích. Práci zabývající se přímým stanovením naftochinonů v biologickém materiálu je velmi málo. Mezi nejčastěji používané metody pro jejich kvantifikaci patří vy-

sokoúčinná kapalinová chromatografie s UV detekcí (HPLC-UV) a hmotnostní detekcí¹². Navíc byly pro analýzu využity některé elektrochemické metody, které mají značný význam v konstrukci senzorů^{13–18}.

Protože se naftochinony v rostlinném materiálu nevytvářejí samostatně, ale s celou řadou primárních a sekundárních metabolitů, bylo nutné zvolit a optimalizovat vhodnou metodu pro jejich stanovení. Pro současné stanovení biologicky aktivních sekundárních metabolitů se osvědčila vysokoúčinná kapalinová chromatografie spojená s diodovým polem (HPLC-DAD) nebo s elektrochemickým detektorem^{19–21}. Proto jsme se i zde rozhodli využít kapalinové chromatografie s detekcí diodovým polem pro analýzu několika naftochinonů současně (lawson, 1,4-naftochinon, juglon a plumbagin).

Experimentální část

Materiál a metody

Rostliny *Dionaea muscipula* Ell. pocházely z explantátových kultur (Ústav přírodních léčiv, Farmaceutická fakulta, Veterinární a farmaceutická univerzita v Brně), kde byly kultivovány na médiu Murashige-Skoog Medium (MS)²² s přidávkou sacharózy (30 g l^{-1}) a aktivního uhlí ($1,5 \text{ g l}^{-1}$) v 50 ml Erlenmayerových baňkách. Kultivace probíhala v kultivačních boxech (Luminex); box byl zajištěn osvětlením o intenzitě 5000 luxů (zářivky Fluora). Délka fotoperiody byla 14 h, teplota byla konstantní, $26,5 \text{ }^\circ\text{C}$ a vlhkost 60 %. *Drosera rotundifolia* a *Drosera spathulata* pocházely z explantátových kultur Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity v Brně a byly pěstovány za stejných kultivačních podmínek v Laboratoři tkáňových kultur (Ústav přírodních léčiv, Farmaceutická fakulta, Veterinární a farmaceutická univerzita v Brně). Části *Paulownia tomentosa* (listy, plody) byly sbírány z rostliny pěstované v areálu Veterinární a farmaceutické univerzity v Brně 26. 8. 2004.

Chemikálie

Jako standardy čistoty p.a. byly použity naftochinony 1,4-naftochinon, juglon (5-hydroxy-1,4-naftochinon), lawson (2-hydroxy-1,4-naftochinon) a plumbagin (5-hydroxy-2-methyl-1,4-naftochinon) (Sigma-Aldrich, USA). Methanol pro HPLC a ostatní analytická činidla byla ACS čistoty (Sigma-Aldrich, USA). Standardní roztoky naftochinonů byly připraveny o koncentraci $100 \text{ } \mu\text{g ml}^{-1}$ v ACS methanolu (Sigma Aldrich, USA) a uchovávány ve tmě při $4 \text{ }^\circ\text{C}$. Všechny roztoky byly filtrovány přes $0,45 \text{ } \mu\text{m}$ teflonové membránové filtry (MetaChem, Torrance, USA) před dávkováním do systému HPLC.

Analýza vysokoúčinnou kapalinovou chromatografií s detekcí diodovým polem

HP 1100 chromatografický systém (Hewlett-Packard,

Waldbronn, Německo) byl vybaven vakuovým odplyňovačem (G1322A), kvartérní pumpou (G1311A), automatickým dávkovačem (G1313A), kolonovým termostatem (G1313A) a UV/VIS detektorem s diodovým polem (model G1315B). ChemStation software (Rev A07.01) byl použit pro obsluhu celého systému. Naftochinony byly separovány izokratickou elucí na chromatografické koloně s reverzní fází Zorbax C18-AAA ($150 \text{ mm} \times 4,6 \text{ mm}$, velikost částic $3,5 \text{ } \mu\text{m}$, Agilent Technologies, USA). Mobilní fáze byla 0,1 % (v/v) octová kyselina a methanol (35 : 65 v/v). Průtok mobilní fáze byl $0,8 \text{ ml min}^{-1}$. Teplota kolony byla $40 \text{ }^\circ\text{C}$. Spektra byla snímána v rozmezí 190–400 nm; pro chromatografickou analýzu byla vybrána vlnová délka 254 nm. Bylo dávkováno $5 \text{ } \mu\text{l}$ vzorku.

Příprava reálného vzorku

Části rostlin byly lyofilizovány při teplotě $-51 \text{ }^\circ\text{C}$ po dobu 48 h (CHRIST-Alpha 1-2). Poté byly jednotlivé části rostlin nahruho drceny v třecí misce a nejmenno homogениzovány v mlýnku (Ika A11 Basic). Navážka (0,02 až 0,10 g) biologického vzorku byla přenesena do 5 ml methanolu a ultrazvukována při 38 kHz, 150 W (K5, Kraintek) za laboratorní teploty po dobu 30 min. Vzorky rostlinného extraktu byly před dávkováním do systému HPLC filtrovány přes $0,45 \text{ } \mu\text{m}$ teflonové membránové filtry (MetaChem, Torrance, CA, USA).

Návratnost

Návratnost naftochinonů byla vyhodnocena pomocí přidavku $100 \text{ } \mu\text{l}$ standardu (koncentrace byla $10 \text{ } \mu\text{g ml}^{-1}$ anebo $500 \text{ } \mu\text{g ml}^{-1}$) k připraveným homogenátům ($100 \text{ } \mu\text{l}$). Postup přípravy homogenátu je uveden výše. Koncentrace naftochinonů ve vzorku byla stanovena pomocí kalibrační křivky.

Výsledky a diskuse

Optimalizace stanovení naftochinonů

Vodná složka mobilní fáze

Při volbě vodné složky mobilní fáze jsme testovali kyselinu mravenčí a kyselinu octovou²³. Retenční čas všech čtyř separovaných naftochinonů byl u kyseliny octové nižší než u kyseliny mravenčí. Výška píků naftochinonů byla srovnatelná pro obě testované kyseliny, zatímco plocha píků a jejich symetrie byla větší při použití kyseliny octové. Proto jsme pro následující experimenty zvolili kyselinu octovou. Dále byl studován vliv koncentrace kyseliny octové na průběh separace. Se změnou koncentrace kyseliny octové (0,025; 0,050; 0,075; 0,100; 0,125 a $0,150 \text{ mol l}^{-1}$) se rozlišení jednotlivých látek významněji neměnilo. Výšky i plochy chromatografických piků byly nejvyšší při koncentraci $0,100 \text{ mol l}^{-1}$, přičemž v intervalu studovaných koncentračních hodnot se výšky a plochy piků jednotlivých naftochinonů pohybovaly do 90 %

z nejvyšší hodnoty.

Organická složka mobilní fáze

Jako organická část mobilní fáze byl testován acetonitril a methanol. Při použití acetonitrilu byla plocha, výška i symetrie píků nižší a zóny jednotlivých studovaných naftochinonů byly širší než při použití methanolu, který byl proto použit při dalších experimentech.

Poměr složek mobilní fáze

Byl testován interval 40–90 % methanolu v mobilní fázi. Se vzrůstajícím obsahem methanolu se významně snižoval retenční čas pro všechny naftochinony až do 70 % methanolu v mobilní fázi. Při vyšším obsahu methanolu (70–90 %) se retenční čas všech studovaných naftochinonů snižoval již jen nepatrně. Plocha signálů se s různým poměrem fázi měnila jen nepatrně. Jako nejvhodnější byl zvolen poměr 35 % vodné složky (kyselina octová) a 65 % organické složky (methanol). Při zvoleném poměru výška píků jednotlivých naftochinonů dosahovala maxima a byla zřejmě maximální symetrie píků.

Průtok mobilní fáze

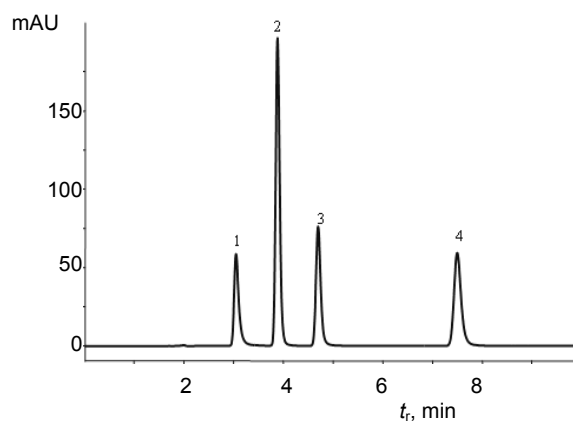
Byl sledován vliv průtoku mobilní fáze na průběh separace v rozsahu 0,5 až 1 ml min⁻¹. Retenční čas pozorovaných signálů se se vzrůstajícím průtokem snižoval, symetrie píků povolna rostla, ale při průtoku vyšším než 0,9 ml min⁻¹ se neúměrně zvyšoval tlak v chromatografické soustavě. Jako nejvhodnější byl proto zvolen průtok 0,8 ml min⁻¹, při kterém byly píky naftochinonů nejvíce symetrické, výška a plocha píků dosahovaly maxima.

Teplota při separaci na chromatografické koloně

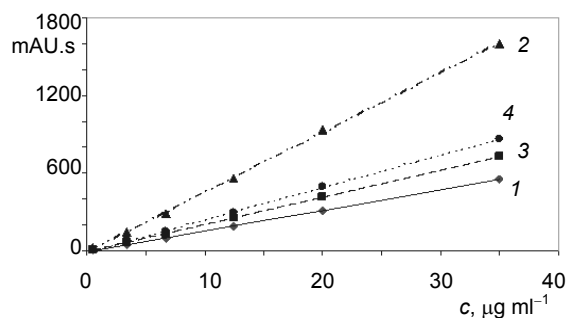
Vliv teploty na separaci a detekci naftochinonů prováděné v HPLC-DAD chromatografickém systému byl testován v rozmezí 10 °C až 40 °C. Teplota 40 °C byla zvolena jako maximální možná pro známou termolabilitu naftochinonů. Se zvyšující se teplotou kolony se snižoval retenční čas separovaných naftochinonů, zvyšovala se výška píků, zatímco symetrie a plocha píků byly téměř konstantní (odchylka okolo 5 %). Pro analýzu byla jako optimální vybrána teplota 40 °C.

Kalibrační závislosti naftochinonů stanovené pomocí HPLC-DAD

Při nejvhodnějších podmínkách separace (mobilní fáze 0,1 mol l⁻¹ kyselina octová a methanol v poměru 35 : 65; průtok mobilní fáze 0,8 ml min⁻¹; teplota 40 °C) jsme získali velmi dobře separované a symetrické píky jednotlivých naftochinonů (obr. 1). Závislost absorbance snímané detektorem s diodovým polem (DAD) při vlnové délce 254 nm na koncentraci jednotlivých naftochinonů byla ve sledovaném koncentračním intervalu (0,5 až 35,0 mg ml⁻¹) lineární pro všechny studované naftochinony (obr. 2). Relativní střední chyba (RSD) se pohybovala do 3 % ($n = 5$); rovnice kalibračních přímek a R^2 závislosti



Obr. 1. HPLC-DAD chromatogram naftochinonů (lawson (1), 1,4-naftochinon (2), juglon (3) a plumbagin (4)); mobilní fáze 0,1 mol l⁻¹ kyselina octová a methanol (35 : 65 v/v); průtok mobilní fáze 0,8 ml min⁻¹; teplota 40 °C; vlnová délka 254 nm. Koncentrace naftochinonů byla 12,5 µg ml⁻¹



Obr. 2. Závislost plochy píku na koncentraci jednotlivých naftochinonů, (lawson (1), 1,4-naftochinon (2), juglon (3) a plumbagin (4)); chromatografické podmínky jako na obr. 1

plochy píku na koncentraci jednotlivých analyzovaných naftochinonů a limity detekce a stanovitelnosti jsou uvedeny v tabulce I.

Určení obsahu naftochinonů v rostlinách

Optimalizovaná metoda stanovení naftochinonů vysokou účinnou kapalinovou chromatografií s detekcí diodovým polem byla použita pro studium obsahu naftochinonů v několika rostlinných druzích, o kterých je známo, že naftochinony obsahují. Návratnost přidavku známého množství analyzovaných naftochinonů do rostlinného materiálu je uvedena v tabulce II. Získané hodnoty se pohybovaly mezi 95 až 104 %.

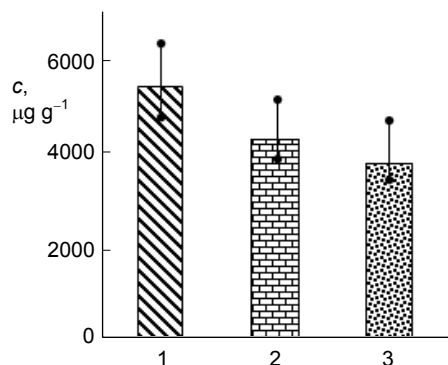
Tabulka I
HPLC-DAD charakteristiky analyzovaných naftochinonů

Naftochinon	t_R [min]	Regresní rovnice ^a		R^2	LOD ^b [ng ml ⁻¹]	LOQ ^c [ng ml ⁻¹]	RSD [%]
		směrnice [mAU mg ⁻¹ ml]	úsek [mAU]				
1,4-Naftochinon	3,8	47,733	- 9,0435	0,9999	50,5	168,3	1,91
Juglon	4,7	20,756	- 5,6828	0,9998	75,6	252,0	2,25
Lawson	3,0	15,951	- 5,2675	0,9997	65,3	217,7	2,86
Plumbagin	7,4	24,416	- 6,0176	0,9998	38,5	128,3	1,11

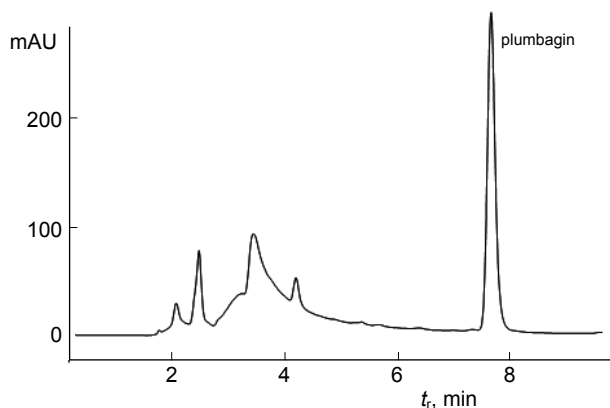
^a Koncentrační interval byl 0,5 až 35,0 mg ml⁻¹, ^b LOD – limit detekce, ^c LOQ – limit kvantifikace

Dionaea muscipula

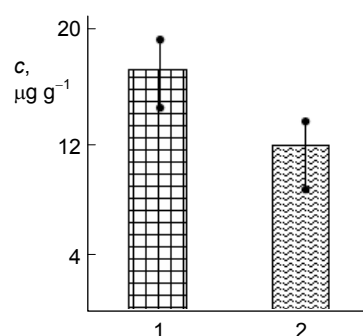
Obsah naftochinonů byl v případě této „masožravé rostliny“ analyzován v jednotlivých rostlinných orgánech (list, kořen a květ). Zjistili jsme, že nejvíce plumbaginu obsahovaly listy (nerozdělené na řapík a čepel listu) –



Obr. 3. Obsah plumbaginu v listu (1), kořenu (2) a květu (3) *Dionaea muscipula*; chromatografické podmínky jako na obr. 1



Obr. 4. HPLC-DAD chromatogram analýzy listů *Dionaea muscipula*; chromatografické podmínky jako na obr. 1



Obr. 5. Množství plumbaginu v listu (1) a plodu (2) *Paulownia tomentosa*; chromatografické podmínky jako na obr. 1

5338 µg g⁻¹, méně plumbaginu obsahovaly kořeny – 4230 µg g⁻¹, nejméně pak květy – 3698 µg g⁻¹ (obr. 3). Odpovídající chromatogram je na obr. 4, UV spektra standardu plumbaginu a plumbaginu detegovaného byla identická. Další naftochinony nebyly detegovány. Literatura uvádí ještě případný výskyt 3-chloroplumbaginu, hydroplumbagin 4-*O*-β-glukopyranosidu a 8,8'-biplumbaginu^{24–26}, rovněž látky fylogeneticky spjaté s plumbaginem, diomuscipulon a diomuscinon, postrádající však strukturu 1,4-naftochinonu, nebyly detegovány^{26–28}.

Paulownia tomentosa

Bylo pro nás překvapením, že jsme naftochinon plumbagin detegovali rovněž v listech a plodech (mesokarp) stromu paulovnie plstnaté (*Paulownia tomentosa*, *Scrophulariaceae*), kde tento naftochinon dosud nebyl detegován. Jeho obsah byl relativně nízký – 17 µg g⁻¹ v listech a 11 µg g⁻¹ v plodech v mesokarpu (obr. 5). Tato rostlina je pro farmacii zajímavá díky obsahu flavonoidních a iridoidních látek.

Tabulka II

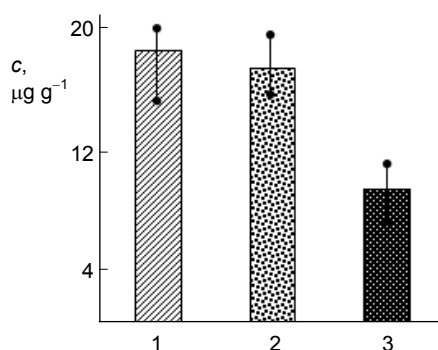
Návratnost naftochinonů v listech *Dionaea muscipula*, *Drosera rotundifolia* a *Paulownia tomentosa* ($n = 3$)

Rostlinný druh (list)	Naftochinon	Vzorek [$\mu\text{g g}^{-1}$] ^{a, b}	Standardní přídavek [$\mu\text{g g}^{-1}$] ^a	Vzorek + standardní přídavek [$\mu\text{g g}^{-1}$] ^a	Návratnost [%]
<i>Dionaea muscipula</i>	lawson	nd ^c	10,1 ± 0,3 (3,0)	10,5 ± 0,4 (3,8)	104
	1,4-naftochinon	nd ^c	10,2 ± 0,1 (1,0)	10,4 ± 0,3 (2,9)	102
	juglon	nd ^c	9,8 ± 0,2 (2,0)	10,1 ± 0,4 (4,0)	103
	plumbagin	5338 ± 120 (2,2)	508 ± 16,9 (3,3)	5889 ± 195 (3,3)	97
<i>Drosera rotundifolia</i>	lawson	nd ^c	10,5 ± 0,6 (5,7)	10,8 ± 0,5 (4,6)	95
	1,4-naftochinon	nd ^c	10,4 ± 0,4 (3,8)	10,9 ± 0,7 (6,4)	95
	juglon	nd ^c	9,8 ± 0,3 (3,1)	10,1 ± 0,6 (5,9)	99
	plumbagin	18,0 ± 0,6 (3,3)	9,9 ± 0,5 (5,1)	26,7 ± 1,1 (4,1)	96
<i>Paulownia tomentosa</i>	lawson	nd ^c	10,8 ± 0,8 (7,4)	11,2 ± 0,9 (8,0)	96
	1,4-naftochinon	nd ^c	10,2 ± 0,5 (4,9)	10,4 ± 0,6 (5,8)	98
	juglon	nd ^c	9,6 ± 0,2 (2,1)	9,8 ± 0,4 (4,1)	98
	plumbagin	17,1 ± 0,8 (4,7)	10,4 ± 0,6 (5,8)	26,3 ± 1,8 (8,3)	96

^a Množství naftochinonu na gram sušiny, ^b výsledky jsou vyjádřené jako průměrná hodnota ± SD (RSD), ^c nd – nedetegováno

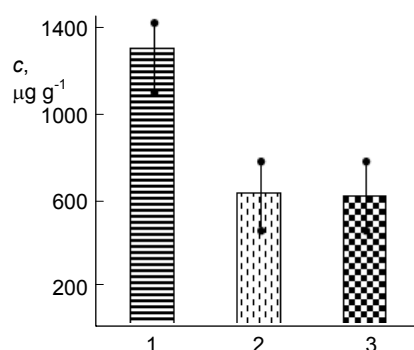
Drosera

U tří druhů rostlin rodu rosnatka (*Drosera*) – *D. rotundifolia*, *D. spathulata* a *D. capensis* byl studován obsah naftochinonů v celých listech, tedy nerozdělených na řapík a čepel listu. Na základě našich analýz byl detegován nejvyšší obsah plumbaginu v *D. rotundifolia* – 18 $\mu\text{g g}^{-1}$, dále pak v *D. spathulata* – 16 $\mu\text{g g}^{-1}$. Je také zajímavé, že dosud nebyl potvrzen výskyt plumbaginu v případě *in vitro* pěstované *D. rotundifolia*. Nejnižší obsah plumbaginu byl detegován v *D. capensis* – 8 $\mu\text{g g}^{-1}$ (obr. 6). Podle známých údajů druhy *D. rotundifolia* a *D. capensis* obsa-



Obr. 6. Obsah plumbaginu v listech *Drosera rotundifolia* (1), *Drosera spathulata* (2) a *Drosera capensis* (3); chromatografické podmínky jako na obr. 1

hují ze všech naftochinonů nejvíce plumbaginu²⁹. Nám se však podařilo ve všech analyzovaných druzích rosnatek detegovat značné obsahy derivátu juglonu, pravděpodobně 7-methyljuglonu (porovnáním UV-spekter a údajů z literatury o látkách obsažených v zástupcích rodu *Drosera*). Nejvyšší obsah 7-methyljuglonu byl zjištěn v *D. rotundifolia* – 1297 $\mu\text{g g}^{-1}$ v *D. spathulata* a *D. capensis* byl podobný – 623 a 608 $\mu\text{g g}^{-1}$ (obr. 7).



Obr. 7. Obsah 7-methyljuglonu v listech *Drosera rotundifolia* (1), *Drosera spathulata* (2) a *Drosera capensis* (3); chromatografické podmínky jako na obr. 1

Závěr

Byla optimalizována metoda současného stanovení naftochinonů 1,4-naftochinonu, lawsonu, juglonu a plumbaginu technikou HPLC-DAD, která umožnila stanovení těchto látek v pikogramových množstvích. Optimalizovaná metoda byla aplikována na stanovení naftochinonů v rostlinách, které naftochinony běžně obsahují. Optimalizovanou metodou byl nalezen plumbagin v paulovнии plstnaté (*Paulownia tomentosa*), v níž nebyl dosud zjištěn.

Příspěvek vznikl za podpory IGA FaF VFU IG342012, IGA MZLU 250061/2005 a GAČR č. 525/04/P132.

LITERATURA

1. Wagner H.: *Pharmaceutische Biologie. Drogen und ihre Inhaltsstoffe*. Gustav Fischer, Stuttgart 1993.
2. Zhong S. M., Waterman P. G., Jeffreys J. A. D.: *Phytochemistry* 23, 1067 (1984).
3. Zakaria M. B., Jeffreys J. A. D., Waterman P. G., Zhong S. M.: *Phytochemistry* 23, 1481 (1984).
4. Dinda B., Das S. K., Hajra A. K.: *Indian J. Chem., Sect. B* 34, 525 (1995).
5. Binder R. G., E. B. M., Flath R. A.: *Phytochemistry* 28, (1989).
6. Budzianowski J.: *Phytochemistry* 42, 1145 (1996).
7. Moore S. B., Hopke N. J.: *Chem. Biochem.* 2, 35 (2001).
8. Premakumari P., Rathinam K., Santhakumari G.: *Ind. J. Med. Res.* 65, 829 (1977).
9. Inbaraj J. J., Chignell C. F.: *Chem. Res. Toxicol.* 17, 55 (2004).
10. Hussain M. A., Gorski M. S.: *Asian J. Plant. Sci.* 3, 177 (2004).
11. Jaiswal A. S., Bloom L. B., Narayan S.: *Oncogene* 21, 5912 (2002).
12. de Paiva S. R., Fontoura L. D., Figueiredo M. R., Mazzei J. L., Kaplan M. A. C.: *Quim. Nova* 25, 717 (2002).
13. Adam V., Petřlová J., Potěšil D., Zehnálek J., Sures B., Trnková L., Jelen F., Kizek R.: *Electroanalysis* 17, 1649 (2005).
14. Kizek R., Vacek J., Trnková L., Klejdus B., Kubáň V.: *Chem. Listy* 97, 1003 (2003).
15. Gupta M. M., Verma R. K., Uniyal G. C., Jain S. P.: *J. Chromatogr.* 637, 209 (1993).
16. Girzu M., Fraisse D., Carnat A. P., Carnat A., Lamaison J. L.: *J. Chrom., A* 805, 315 (1998).
17. de Abreu F. C., Tonholo J., Bottecchia O. L., Zani C. L., Goulart M. O. F.: *J. Electroanal. Chem.* 462, 195 (1999).
18. Goulart M. O. F., Falkowski P., Ossowski T., Liwo A.: *Bioelectrochemistry* 59, 85 (2003).
19. Klejdus B., Petřlová J., Potěšil D., Adam V., Mikelová R., Vacek J., Kizek R., Kubáň V.: *Anal. Chim. Acta* 520, 57 (2004).
20. Klejdus B., Vacek J., Adam V., Zehnálek J., Kizek R., Trnková L., Kubáň V.: *J. Chromatogr., B* 806, 101 (2004).
21. Klejdus B., Zehnálek J., Adam V., Petřek J., Kizek R., Vacek J., Trnková L., Roland R., Havel L., Kubáň V.: *Anal. Chim. Acta* 520, 117 (2004).
22. Murashige T., Skoog F.: *Physiol. Plant.* 15, 473 (1962).
23. Lobstein A., Brenne X., Feist E., Metz N. W. B., Anton R.: *Phytochem. Anal.* 12, 202 (2001).
24. Kreher B., Neszmelyi A., Wagner H.: *Phytochemistry* 29, 605 (1990).
25. Hook I. L. I.: *Plant Cell, Tissue Organ Cult.* 67, 281 (2001).
26. Pakulski G., Budzianowski J.: *Phytochemistry* 41, 775 (1996).
27. Miyoishi E., Shizuri Y., Yamamura S.: *Phytochemistry* 23, 2385 (1984).
28. Teng W. L.: *Plant Cell Rep.* 18, 363 (1999).
29. Repeck M., Galambosi B., Takkunen N.: *Biologia* 55, 429 (2000).

P. Babula^a, R. Mikelová^b, V. Adam^b, D. Potěšil^b, J. Zehnálek^b, R. Kizek^b, L. Havel^c, and Z. Sladký^a
^aDepartment of Natural Drugs, University of Veterinary and Pharmaceutical Sciences, ^bDepartment of Chemistry and Biochemistry and ^cDepartment of Botany and Plant Physiology, Mendel University of Agriculture and Forestry, Brno): **Chromatographic Analysis of Naphthoquinones in Plants**

The aim of the work was to optimize the high performance liquid chromatography coupled with a diode array detector for the determination of naphthoquinones (1,4-naphthoquinone, lawsonone, juglone and plumbagin). The optimal conditions were: mobile phase 0.1 mol l⁻¹ acetic acid – methanol (35 : 65 v/v), flow rate 0.8 ml min⁻¹, column and detector temperature 40 °C. Detection limits (3 S/N) were 65 ng ml⁻¹, 50 ng ml⁻¹, 75 ng ml⁻¹ and 39 ng ml⁻¹ for lawsonone, 1,4-naphthoquinone, juglone and plumbagin, respectively. The optimized method was used for the determination of the mentioned naphthoquinones in plants (*Dionaea muscipula*, *Drosera rotundifolia*, *Drosera spathulata*, *Drosera capensis* and *Paulownia tomentosa*).

KINETICKÉ STANOVENÍ KYSELINY L-ASKORBOVÉ S VYUŽITÍM OSCILUJÍCÍHO CHEMICKÉHO SYSTÉMU

LENKA ZÁDĚROVÁ a PŘEMYSL LUBAL

*Katedra analytické chemie, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Kotlářská 2, 611 37 Brno
lupal@chemi.muni.cz*

Došlo 25.2.05, přepracováno 9.10.05, přijato 25.10.05.

Klíčová slova: kinetické stanovení, Bělousovova-Žabotinského (BŽ) oscilující reakce, spektrofotometrická detekce, vitamin C (L-askorbová kyselina), umělé neuronové sítě (ANN)

Věnováno prof. RNDr. Josefu Havlovi, DrSc. k jeho 65. narozeninám.

Úvod

L-askorbová kyselina (AK, vitamin C) patří mezi vitamíny rozpustné ve vodě. Zdravý organismus obsahuje asi 1,5 g kyseliny L-askorbové. Denní dávka je odhadována na 30–100 mg (cit.¹). Vitamin C se užívá nejen při zotavování organismu z nemoci, ale i při léčbě otravy jedy, které podporují tvorbu methemoglobinu. Zprávy z nedávné doby potvrzují i pozitivní vliv vitamínu C na léčbu AIDS (cit.¹). L-askorbová kyselina chrání před některými jedy (nitrosaminy, dusitany)¹ a také reaguje s kyslíkatými radikály, které přemění na méně toxické či netoxické sloučeniny. Kyselina L-askorbová se používá také jako redukční činidlo (Co(III)/Co(II), Cr(VI)/Cr(III), atd.) a bylo ukázáno, že snižuje toxicitu selenu a vanadu¹. Je známa i aplikace kyseliny L-askorbové jako titračního činidla (askorbimetrie), kdy přímou titrací lze stanovit např. ionty ve vyšším oxidačním stavu (Fe(III), Ag(I), Hg(II), Ti(III), Cu(II), Ce(IV), ClO₃⁻, BrO₃⁻, IO₃⁻, aj.¹). Některé ionty však nelze stanovit přímou titrací vzhledem k pomalosti redukční reakce s kyselinou L-askorbovou, proto se provádí titrace zpětná (stanovení Fe(III), Hg(II), Cu(II), Cd(II), Cr(VI), chloraminu T, halogenů, jodidů, kyanidů, sulfidů, hydrazinu, formaldehydu, aj.¹).

Metody stanovení kyseliny L-askorbové lze rozdělit do několika skupin^{2–5}: titrační, spektrofotometrické (UV-VIS spektrofotometrie, fluorimetrie a chemiluminiscenční metody), elektrochemické, kinetické, separační (zejména chromatografické), které mají výhodu hlavně ve vysoké citlivosti stanovení^{2–5}. Některé z nich (zejména spektrofotometrické, elektroanalytické, chemiluminiscenční a fluo-

rimetrické) se dají použít pro stanovení kyseliny L-askorbové v sériové on-line analýze jako je např. průtoková injekční analýza⁴.

Metody kinetické jsou založeny na sledování průběhu redukční reakce mezi AK a barevným reaktantem za vzniku produktu odlišných spektrálních vlastností. Příklady stanovení jsou uvedeny v literatuře^{2,3,5}. V poslední době bylo také popsáno využití oscilujících reakcí pro analytické účely⁶. Oscilující reakce (nejznámější je např. Bělousovova-Žabotinského (BŽ) reakce, systém BrO₃⁻-H⁺-kyselina malonová-Ce(IV), event. ferroin) jsou chemické reakce, u kterých se periodicky mění koncentrace meziproductů v čase a tedy se mění periodicky reakční rychlost⁷. Charakteristickými parametry těchto periodických reakcí jsou indukční perioda, perioda oscilace a amplituda oscilace^{6–7} a z nich odvozené parametry chaotického režimu (např. Ljapunovův exponent⁶). Experimentální data oscilujících systémů mohou být analyzována také pokročilými chemometrickými technikami (např. umělé neuronové sítě, ANN, cit.^{9,10}). V přítomnosti analytu redoxních vlastností se od začátku reakce v roztoku mění chování oscilujícího systému v důsledku jeho zapojení do některé dílčí chemické reakce, což se projeví změnou charakteristických parametrů, které se pak dají využít jako odezvové funkce k analytickým účelům. Při tzv. analytově pulsní perturbační technice (APPT) se měří okamžitá změna amplitudy oscilace (většinou detegovaná jako potenciál platinové elektrody) po nástřiku analytu v průběhu oscilace^{6,8}. Bylo navrženo stanovení významných analytů^{6,11}, mj. i kyseliny L-askorbové^{12–14}, s použitím obou technik.

V literatuře byly popsány tři oscilující systémy vhodné pro stanovení kyseliny L-askorbové: H₂O₂-NaSCN-CuSO₄ (cit.¹²), BrO₃⁻-H⁺-kyselina malonová-Ce(IV) (cit.¹³) a BrO₃⁻-H⁺-kyselina mléčná-aceton-Mn(II) (cit.¹⁴). První je funkční v alkalickém prostředí, kdežto ostatní fungují v prostředí silné kyseliny (H₂SO₄). Všechny využívají kontinuálně průtokový míchaný tankový reaktor (CSTR) a detekci platinovou elektrodou. Stanovení kyseliny L-askorbové v reálných vzorcích (pomeračňový džus, farmaceutické preparáty) je popsáno pouze v systému H₂O₂-NaSCN-CuSO₄ (cit.¹²). Hlavním cílem předkládané práce bylo zjednodušit a optimalizovat experimentální podmínky pro stanovení kyseliny L-askorbové s použitím chemického systému založeného na BŽ reakci¹³ se spektrofotometrickou detekcí, analyzovat reálné vzorky a stanovit v nich koncentraci kyseliny L-askorbové.

Experimentální část

Chemikálie a přístroje

Pro přípravu všech roztoků byla použita voda redestilovaná v křemenné aparatuře (Heraeus, Německo), která byla zbavena kyslíku odsátím a pak sycena argonem. Bromičnan draselný, kyselina sirová, kyselina L-as-

korbová, síran ceričitý, jodičnan draselný, jodid sodný (všechny čistoty p.a.) byly dodány firmou Lachema, Brno, kyselina malonová byla zakoupena od firmy Sigma-Aldrich. Vzorky Celaskonu™ 100 a Celaskonu™ 250 (Léčiva-Zentiva, Praha) byly zakoupeny v lékárně. Měření byla prováděna v termostátované kyvetě ($\pm 0,1$ °C) o tloušťce 1 cm na jednopaprskovém spektrofotometru HP 8453A (Hewlett-Packard, USA) s rozsahem vlnových délek 190–1100 nm.

Příprava vzorků

Zásobní roztoky bromičnanu draselného, kyseliny malonové a síranu ceričitého v 0,8 M-H₂SO₄ byly smíchány v takových poměrech, aby jejich koncentrace v kyvetě byly: $c(\text{BrO}_3^-) = 0,0625 \text{ mol l}^{-1}$; $c(\text{malonová kyselina}) = 0,1675 \text{ mol l}^{-1}$; $c(\text{Ce(IV)}) = 0,002 \text{ mol l}^{-1}$; $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,8 \text{ mol l}^{-1}$; koncentrace kyseliny L-askorbové v roztoku se obvykle pohybovala v rozsahu $1,66 \cdot 10^{-4}$ až $8,33 \cdot 10^{-4} \text{ mol l}^{-1}$. Absorbance roztoku oscilujícího systému byla sledována při vlnové délce 320 nm, teplotě 30 °C a v časovém rozpětí 10 min s intervalem měření 2 s. Jodometrické titrační stanovení L-kyseliny askorbové bylo převzato z literatury¹⁵. Vzorek Celaskonu™ pro kinetické stanovení byl po rozpuštění tablety filtrován přes 0,45 μm filtr, kdežto při titračním stanovení byl vzorek rozpuštěn přímo v titrační baňce a pak analyzován volumetricky¹⁵. Stejný postup byl zvolen pro vzorky ovoce (citrón, pomeranč, kiwi), kdy byla ovocná šťáva taktéž filtrována přes 0,45 μm filtr.

Vyhodnocení výsledků

Naměřená spektrální data byla exportována do programu Excel™ a po jejich zpracování byla vyhodnocena programem Trajan™ (StatSoft, UK) s použitím ANN. Výstupní vrstvou neuronové sítě byla vždy koncentrace kyseliny L-askorbové, kdežto pro vstupní vrstvu sítě byly použity hodnoty absorpance v určitém čase nebo charakteristické parametry oscilujícího systému (zejména amplituda a perioda oscilace) buď jako průměrné hodnoty, nebo jednotlivé hodnoty z opakovaných měření. Většina měření byla opakována nejméně dvakrát z důvodu opakovatelnosti výsledků.

Optimální architektura ANN (počet neuronů v skryté vrstvě) byla hledána programem Trajan™ s využitím 6 roztoků (trénovací soubor) a 3 roztoků (ověřovací, verifikační soubor). Parametry pro optimalizaci architektury ANN byly: transferová funkce lineární (pokud není uvedeno jinak), počet učicích epoch 10 000, rychlost učení 0,6; „momentum“ 0,3. Optimální architektura ANN byla pak použita pro předpověď koncentrace kyseliny L-askorbové v neznámém vzorku z naměřených hodnot charakteristických parametrů oscilujícího systému.

Výsledky a diskuse

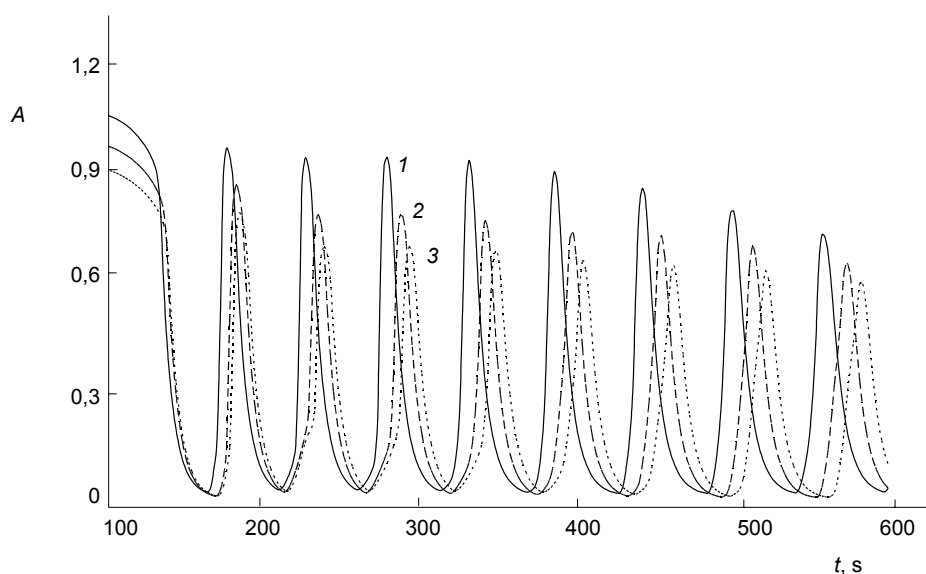
Optimalizace experimentálních podmínek oscilujícího systému

Jako nejvhodnější byl pro stanovení kyseliny L-askorbové vybrán nejvíce prozkoumaný BŽ oscilující systém, kde absorbance měřená při vybrané vlnové délce byla použita jako analytický signál. Optimální podmínky, $c(\text{BrO}_3^-) = 0,2 \text{ mol l}^{-1}$; $c(\text{malonová kyselina}) = 0,5 \text{ mol l}^{-1}$; $c(\text{Ce(IV)}) = 0,04 \text{ mol l}^{-1}$; $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,8 \text{ mol l}^{-1}$ (cit.¹³), musely být modifikovány vzhledem k jinému způsobu detekce následovně: $c(\text{BrO}_3^-) = 0,0625 \text{ mol l}^{-1}$; $c(\text{malonová kyselina}) = 0,1675 \text{ mol l}^{-1}$; $c(\text{Ce(IV)}) = 0,002 \text{ mol l}^{-1}$; $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,8 \text{ mol l}^{-1}$. Současně byla nalezena vhodná vlnová délka 320 nm. Tento úkol je velmi složitý, neboť i malá změna koncentrace jednoho z reaktantů může vést k potlačení oscilujícího charakteru chemické reakce⁷.

Teplota byla optimalizována v rozmezí 20–30 °C. Při koncentraci kyseliny L-askorbové $6,67 \cdot 10^{-4} \text{ mol l}^{-1}$ se indukční perioda a perioda oscilace zkracují se zvyšující se teplotou. Jestliže vyhodnotíme reciproké hodnoty těchto charakteristických parametrů s použitím Arrheniovy rovnice¹⁶, obdržíme hodnoty aktivačních energií ($57,3 \pm 4,4 \text{ kJ mol}^{-1}$ resp. $49,3 \pm 4,9 \text{ kJ mol}^{-1}$) pro oba řídicí děje, které odpovídající iniciační (indukční perioda, vznik meziproductu zahajující periodickou reakci) a propagační reakci (oscilační perioda, cyklická regenerace meziproductů), což bylo popsáno různými kinetickými modely (např. Bruselátor, Oregonátor^{7,17}). Hodnoty aktivačních energií pro oba kroky ukazují na podobný charakter obou chemických reakcí. Z praktických důvodů zkrácení analýzy bylo jako teplotní optimum zvoleno 30 °C.

Dalším kritickým faktorem je přítomnost rozpuštěného kyslíku ve vodě, což má za následek zkrácení celkové doby oscilací a snížení jejich amplitudy, proto všechny roztoky byly připraveny z redestilované vody zbavené kyslíku. Jako katalyzátor byl zvolen redoxní pár Ce(IV)/Ce(III), který je nejméně citlivý k přítomnosti kyslíku v roztoku ve srovnání s jinými páry (hlavně Fe(phen)₃²⁺/Fe(phen)₃³⁺ nebo Ru(phen)₃²⁺/Ru(phen)₃³⁺, cit.⁷). Rozpuštěný kyslík může také reagovat s kyselinou L-askorbovou s následnou tvorbou radikálů¹ a tak inhibovat některou chemickou reakci významnou pro oscilující systém.

Testováním opakovatelnosti měření pro stejné látkové množství vzorku bylo prokázáno, že při nástřiku většího objemu roztoku o nižší koncentraci analytu se dosáhne opakovatelnějších výsledků než při nástřiku menšího objemu roztoku o vyšší koncentraci analytu při zachování konstantního celkového látkového množství v roztoku. Proto byl v další práci použit větší objem roztoku analytu o nižší koncentraci. Dále se ukázalo, že APPT není vhodná pro experimentální uspořádání použité v této práci.



Obr. 1. Záznam $A = f(t)$ pro Bělousovovův-Žabotinského periodicky oscilující systém ($c(\text{BrO}_3^-) = 0,0625 \text{ mol l}^{-1}$; $c(\text{malonová kyselina}) = 0,1675 \text{ mol l}^{-1}$; $c(\text{Ce(IV)}) = 0,002 \text{ mol l}^{-1}$; $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,8 \text{ mol l}^{-1}$; $\lambda = 320 \text{ nm}$; $t = 30 \text{ }^\circ\text{C}$) pro $c(\text{kyselina L-askorbová})$ v roztoku: 1- 0 mol l^{-1} ; 2- $4,17 \cdot 10^{-4} \text{ mol l}^{-1}$; 3- $8,33 \cdot 10^{-4} \text{ mol l}^{-1}$

Analýza vzorků a použití ANN

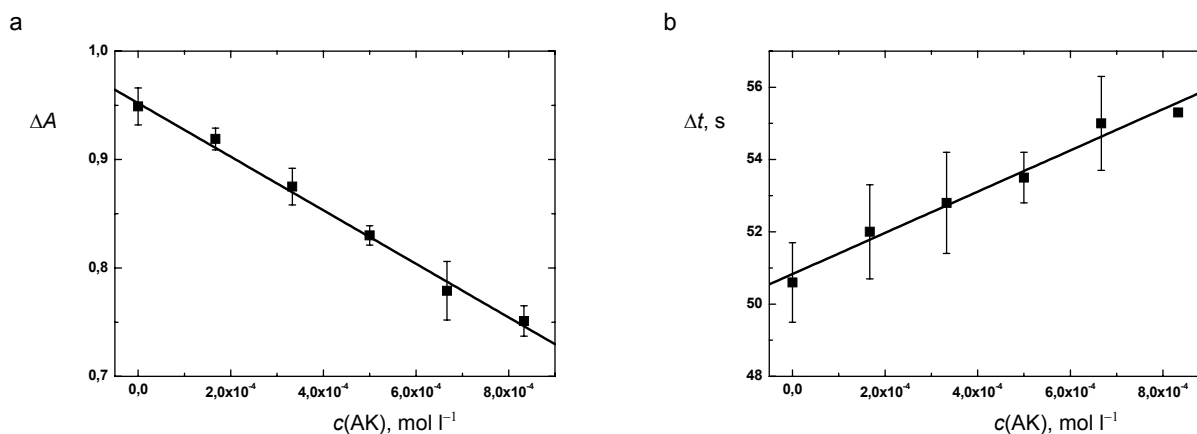
Za optimálních experimentálních podmínek byly zaznamenány průběhy oscilujících systémů pro různé koncentrace kyseliny L-askorbové (obr. 1). Amplituda oscilace se snižuje se zvyšující koncentrací kyseliny L-askorbové, ale oscilační perioda se prodlužuje (obr. 1 a 2). Jak je patrné z obr. 2, měření je opakovatelné a relativně přesné pro experimenty prováděné v průběhu jednoho měsíce. Experimentální body pro závislosti uvedené v obr. 2 byly prolo-

ženy nelineární neváženou regresí a jejich parametry jsou následující:

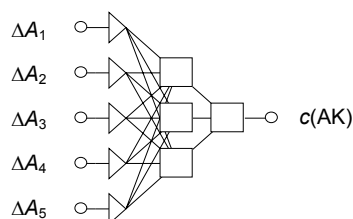
$$\Delta A = (-247 \pm 11) \times c(\text{AK}) + (0,952 \pm 0,005)$$

$$\Delta t = (5703 \pm 386) \times c(\text{AK}) + (50,83 \pm 0,19)$$

které pak byly použity pro stanovení kyseliny L-askorbové v modelových vzorcích. Pro vzorky o koncentraci kyseliny L-askorbové $4,17 \cdot 10^{-4}$ a $6,25 \cdot 10^{-4} \text{ mol l}^{-1}$ byly získány z kalibračních grafů (obr. 2) amplitudy oscilace hodnoty $4,60 \cdot 10^{-4}$ resp. $6,60 \cdot 10^{-4} \text{ mol l}^{-1}$ a periody oscilace hodnoty $3,80 \cdot 10^{-4}$ resp. $6,41 \cdot 10^{-4} \text{ mol l}^{-1}$. Relativní chyba stano-



Obr. 2. Závislost charakteristických parametrů - (a) amplitudy oscilace, ΔA ; (b) oscilační periody, Δt , Bělousova-Žabotinského oscilujícího systému na koncentraci kyseliny L-askorbové; každý bod reprezentuje průměrnou hodnotu ze 12 opakovaných měření získaných během 3 týdnů. Experimentální body byly proloženy lineární neváženou regresí a jejich parametry jsou uvedeny v textu



Obr. 3. Příklad optimální architektury (5:3:1) umělé neuronové sítě (ANN) použité v práci; pět opakovaných měření amplitudy oscilace pro jeden vzorek bylo použito jako hodnoty pro vstupní vrstvu neuronů

vení nepřesahuje 10 %. Tyto výsledky jsou běžně uváděny i v literatuře^{12–14}.

Dále jsme zkoumali, zda budou charakteristické parametry oscilujícího systému korelovat se změnou koncentrace analytu a zda bude možné využít této korelace pro stanovení metodou ANN. Jako modelový vzorek byl použit roztok kyseliny L-askorbové o koncentraci $7,50 \cdot 10^{-4} \text{ mol l}^{-1}$. Nejdříve byla testována amplituda oscilace jako hodnoty pro vstupní vrstvu neuronů (obr. 2a) pro různé transferové funkce implementované v ANN (obr. 3). Hodnoty koncentrace kyseliny L-askorbové předpovězené metodou ANN s implementovanou transferovou funkcí jsou následující (v závorce jsou uvedeny relativní chyby stanovení): lineární $7,19 \cdot 10^{-4} \text{ mol l}^{-1}$ (–4,1), logistická $7,24 \cdot 10^{-4} \text{ mol l}^{-1}$ (–3,5), hyperbolická $7,30 \cdot 10^{-4} \text{ mol l}^{-1}$ (–2,7). Jak je patrné, tak při použití složitějších transferových funkcí se

sníží relativní chyba stanovení koncentrace kyseliny L-askorbové nepatrně. Když použijeme průměrnou hodnotu amplitudy oscilace (průměrná hodnota získaná z 5 opakovaných měření jako hodnota pro vrstvu vstupních neuronů) pro ANN s lineární transferovou funkcí, pak byla vypočtena hodnota $7,64 \cdot 10^{-4} \text{ mol l}^{-1}$ pro koncentraci kyseliny L-askorbové. Jestliže použijeme celý záznam $A = f(t)$ (200 hodnot pro vrstvu vstupních neuronů), pak pro různé transferové funkce implementované v ANN se získají tyto výsledky: lineární $8,12 \cdot 10^{-4} \text{ mol l}^{-1}$, logistická $7,13 \cdot 10^{-4} \text{ mol l}^{-1}$ a hyperbolická $8,32 \cdot 10^{-4} \text{ mol l}^{-1}$. V případě spojených dat (205 hodnot = 5 hodnot amplitud ΔA a 200 hodnot absorbance v čase, $A = f(t)$) použitých pro vrstvu vstupních neuronů získáme pro lineární transferovou funkci výsledek $7,28 \cdot 10^{-4} \text{ mol l}^{-1}$. Použití jiných charakteristických parametrů oscilujícího systému (perioda oscilace, indukční perioda) či jejich kombinací pro vrstvu vstupních neuronů nevedlo k lepším výsledkům.

Reálné vzorky (CelaskonTM, ovoce) byly analyzovány za navržených optimálních experimentálních podmínek a vypočtené výsledky jsou uvedeny v tabulce I. Bohužel metoda standardního přidavku nemohla být použita pro značné zakřivení kalibračních závislostí (zejména u vzorků ovoce). Také proto nebyla k vyhodnocení výsledků použita analýza metodou ANN. Pro porovnání výsledků získaných oběma metodami byla použita titrační jodometrická metoda. Výsledky analýz pro Celaskon jsou ve shodě pro obě stanovení (tabulka I), i když nejsprávnějších výsledků bylo dosaženo metodou ANN. Horších výsledků bylo dosaženo u vzorků ovoce kromě kiwi, kde je shoda v rámci chyby měření. Tento systematický rozdíl ve výsledcích je možné vysvětlit buď zakřivením kalibrační závislosti nebo tak, že ve vzorcích jsou přítomny ještě jiné látky (např.

Tabulka I

Stanovení kyseliny L-askorbové v reálných vzorcích. V závorkách jsou uvedeny relativní chyby stanovení

Vzorek	Kinetické stanovení		Titrační stanovení	Deklarovaný obsah
	kalibrační křivka	ANN		
Celaskon100 mg/tableta	110,3 (10,3)	99,5 (–0,5) ^a 99,9 (–0,1) ^b 99,8 (–0,2) ^c	99,1 (–0,9) ^d	100 ± 3
Celaskon250 mg/tableta	264,2 (5,7)	248,7 (–0,5) ^a 249,9 (0,0) ^b 249,8 (–0,1) ^c	240,5 (–3,8)	250 ± 3
Citron mg/100 g	37,6 ± 5,0 ^e	----	16,8	----
Pomeranč mg/100 g	22,4 ± 2,7 ^e	----	12,0	----
Kiwi mg/100 g	56 ± 12 ^e	----	57,5	----

^a Vstupní hodnoty A_t (záznam oscilace), architektura ANN (200:2:1), ^b vstupní hodnoty ΔA (amplituda oscilace), architektura ANN (5:3:1) – viz obr. 2a, ^c vstupní hodnoty Δt (perioda oscilace), architektura ANN (4:2:1) – viz obr. 2b, ^d průměrná hodnota zjištěná z výsledků osmi nezávislých analýz, ^e průměrná hodnota zjištěná z výsledků čtyř nezávislých analýz

polyfenoly) podléhající oxidaci BŽ oscilujícím systémem, který je silnějším oxidovadlem než redoxní systém jód/jodid.

Závěr

V této práci je navrženo kinetické stanovení kyseliny L-askorbové s využitím BŽ oscilujícího systému. Jako nejcitlivější charakteristický parametr oscilujícího systému vhodný pro kvantitativní analýzu kyseliny L-askorbové se jeví amplituda oscilace. Dynamický pracovní rozsah $1,67 \cdot 10^{-4}$ až $8,33 \cdot 10^{-4}$ mol l⁻¹ pro stanovení kyseliny L-askorbové platí pro nalezené optimální experimentální podmínky: $c(\text{BrO}_3^-) = 0,0625$ mol l⁻¹; $c(\text{malonová kyselina}) = 0,1675$ mol l⁻¹; $c(\text{Ce(IV)}) = 0,002$ mol l⁻¹; $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,8$ mol l⁻¹, $t = 30$ °C, absorbance měřená při 320 nm. Relativní chyba pro výsledky analýz získané metodou kalibrační křivky pro modelové vzorky nebyla vyšší než 10 %. Taktéž bylo testováno použití metody ANN pro vyhodnocení výsledků, kdy byly použity hodnoty amplitudy oscilací pro vstupní vrstvu neuronů a hodnoty koncentrace kyseliny L-askorbové jako výstupní vrstva neuronů. Dále bylo ukázáno, že implementace lineární transferové funkce (relativní chyba -4,1 %) v ANN je dostatečná, když použití jiných transferových funkcí v ANN vede pouze k mírnému zlepšení získaných výsledků. Analýzou reálných vzorků bylo ukázáno, že navržená metoda je vhodná zejména pro analýzu farmaceutických preparátů (Celaskon™), kde analýzu neruší přítomnost jiných oxidovatelných látek (např. polyfenolů). Tyto látky mohou způsobovat systematickou chybu, jak bylo demonstrováno analýzou vzorků ovoce (zejména citrusových plodů).

Tato práce byla podporována grantem GA ČR (grant 203/02/1103).

LITERATURA

1. Kleszczewska E.: *Pharmazie* 55, 640 (2000).
2. Arya S. P., Mahajan M., Jain P.: *Anal. Sci.* 14, 889 (1998).
3. Arya S. P., Mahajan M., Jain P.: *Anal. Chim. Acta* 417, 1 (2000).
4. Yebra-Biurrun M. C.: *Talanta* 52, 367 (2000).
5. Zaporozhets O. A., Krushinskaya E. A.: *J. Anal. Chem.* 57, 286 (2002).
6. Jiménez-Prieto R., Silva M., Pérez-Bendito D.: *Analyst* 123, 1R (1998).
7. Tockstein A., Treindl L.: *Chemické oscilace*. Academia, Praha 1986.
8. Jiménez-Prieto R., Silva M., Pérez-Bendito D.: *Anal. Chem.* 67, 729 (1995).
9. Ventura S., Silva M., Peréz-Bendito D., Hervás C.: *J. Chem. Inf. Comput. Sci.* 37, 287 (1997).
10. Hervás C., Toledo R., Silva M.: *J. Chem. Inf. Comput. Sci.* 41, 1083 (2001).
11. Záděrová L.: *Diplomová práce*. Masarykova univerzita, Brno 2004.
12. Jiménez-Prieto R., Silva M., Pérez-Bendito D.: *Analyst* 122, 287 (1997).
13. Gao J., Yang H., Liu X., Ren J., Lu X., Hou J., Kang J.: *Talanta* 55, 99 (2001).
14. Shu-Tao Y., Zhi-Xin L., Ru-Xin C., Nan-Qin G.: *Chin. J. Chem.* 20, 1019 (2002).
15. Harris D. C., v knize: *Quantitative Chemical Analysis*, str. 747. W. H. Freeman, New York 1991.
16. Láňová B., Věšťál J.: *J. Phys. Chem., A* 106, 1228 (2002).
17. Hlaváčová J., Adamčíková L., Ševčík P.: *Chem. Listy* 86, 796 (1992).

L. Záděrová and P. Lubal (Department of Analytical Chemistry, Faculty of Science, Masaryk University, Brno): Kinetic Determination of L-Ascorbic Acid Using an Oscillating Chemical System

A kinetic determination of L-ascorbic acid based on the Belousov-Zhabotinskii oscillating system was proposed. Optimal conditions are: $[\text{BrO}_3^-] = 0.0625$ mol l⁻¹, $[\text{malonic acid}] = 0.1675$ mol l⁻¹, $[\text{Ce(IV)}] = 0.002$ mol l⁻¹, $[\text{H}_2\text{SO}_4] = 0.8$ mol l⁻¹, temperature 30 °C. Absorbance was measured at 320 nm. For model samples, the calibration curve method gives the values with relative error lower than 10 %. The application of artificial neural networks (ANN) for the calculation of results was demonstrated. The best results were obtained for the optimal ANN architecture using the oscillation amplitude as the value for layer of input neurons and L-ascorbic acid concentration as the layer of output neuron (relative error < 5 %). The proposed method is suitable for the analysis of pharmaceutical preparations (Celaskon™) but not for analysis of citrus fruits due to the presence of other oxidizable compounds.

Pozvánka

Analytická chemie patří mezi obory, které zasahují do všech oblastí lidské činnosti a není proto divu, že je to obor velmi živý, podléhající rychlému, často překotnému vývoji. Čtyři pražská analytická pracoviště, na Vysoké škole chemicko-technologické, Univerzitě Karlově, Ústavu analytické chemie AV ČR a Ústavu fyzikální chemie JH AV ČR, spolu se třemi vědeckými společnostmi, Českou společností chemickou, Spektroskopickou společností J. M. Marci a EURACHEM-ČR, připravily v rámci Jednotného programového dokumentu pro Cíl 3 regionu NUTS 2 hlavní město Praha projekt

Pražské analytické centrum inovací (PACI)

jehož cílem je posílit rozvoj analytické chemie v Praze:

- přispět ke zvýšení kvalifikace pracovníků,
- rozvinout těsnější spolupráci mezi akademickými pracovišti a podnikatelskými subjekty,
- ukázat cesty a možnosti komercializace výsledků analytické chemie.

K naplnění těchto cílů bude realizována řada výukových kurzů, přednášek a pracovních setkání. V současné době máme připraveny tyto kurzy a přednášky:

- **Ramanova spektroskopie a mikrospektroskopie**
- **Přípravný kurz pro certifikaci v managementu environmentálních systémů jakosti**
- **Přípravný kurz pro certifikaci vysokoškolského personálu chemických a biochemických laboratoří**
- **Elektronický laboratorní notebook a management elektronických informací**

Připravujeme:

- **Spektroskopie laserem indukovaného plazmatu a laserová ablace v prvkové analýze pevných vzorků**
- **Možnosti inovace v elektroanalytické chemii**
- **Vysokoúčinné analytické separace biologicky aktivních molekul**

Naše akce, které budou probíhat v letech 2006–2007, jsou určeny pro Pražáky, studenty a pracovníky pražských škol, organizací, firem a institucí. Budeme rádi, navštívíte-li naše internetové stránky na <http://www.gacr.cz/PACI> a projevíte zájem o naše aktivity. Uvítáme, zaregistrujete-li se písemně, telefonicky, faxem či e-mailem na našem sekretariátu, abychom Vám mohli zasílat aktuální informace o našich akcích.

PACI

Ústav analytické chemie

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Technická 5, 166 28 Praha 6

Tel.: 220 444 317 nebo 220 444 058, Fax.: 220 444 352, E-mail: Lidmila.Volkova@vscht.cz



TENTO PROJEKT JE SPOLUFINANCOVÁN
EVROPSKÝM SOCIÁLNÍM FONDEM A STÁTNÍM ROZPOČTEM ČESKÉ REPUBLIKY

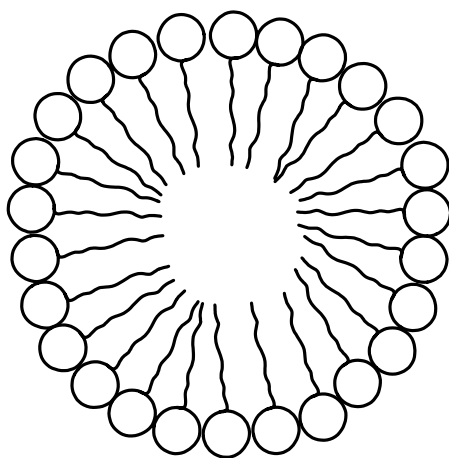


BULLETIN

ASOCIACE ČESKÝCH CHEMICKÝCH SPOLEČNOSTÍ

Ročník 37

Číslo 2



Ústřední komise
ÚKCHO
chemické olympiády

Český komitét
ČKCHI
pro chemii



ČESKÁ SPOLEČNOST CHEMICKÉHO INŽENÝRSTVÍ
CZECH SOCIETY OF CHEMICAL ENGINEERING



Obsah Chemické listy 2006, číslo 2 a 3

ČÍSLO 2/2006

ÚVODNÍK	89
REFERÁTY	
Elektroanalýza s bismutovými elektrodami I. Švancara a K. Vytřas	90
LABORATORNÍ PŘÍSTROJE A POSTUPY	
Metodika analytického stanovení stabilizátoru Uvinul 4050H v polypropylenové matrici Makrostab UV 2026 J. Rotschová a J. Strnadová	114
Biodegradácia benzénu baktériami octového kvasenia v biofiltru V. Bilská, S. Feriancová a J. Grones	118
CENA SHIMADZU	
Miniaturizované ampérometrické detektory pro HPLC a kapilární zónovou elektroforézu K. Pecková, V. Mocko, F. Opekar, G. M. Swain, J. Zima a J. Berek	124
Nové elektrolyty nejen pro chemické zdroje elektrické energie J. Reiter, J. Vondrák, J. Velická a Z. Mička	133
Experimentální studium chování cyklických uhlovodíků při pyrolyze L. Starkbaumová	140
CHEMICKÝ PRŮMYSL	
Long-range Research Initiative – Evropský chemický průmysl podporuje chemický výzkum J. Berek a V. Janeček	148
Úloha chemického inženýrství ve zvyšování bezpečnosti chemických výroby F. Kaštánek a J. Hanika	150
NOMENKLATURA A TERMINOLOGIE	156
OSOBNÍ ZPRÁVY	157

ČÍSLO 3/2006

ÚVODNÍK	161
REFERÁTY	
On-line prekoncentrační techniky v kapilární elektroforéze J. Horáková, V. Maier a J. Ševčík	163
Singletový kyslík v praxi – současnost a perspektiva K. Lang, J. Mosinger a D. M. Wagnerová	169
Vybrané metody modifikace povrchů biosenzorů pro imobilizaci proteinů R. Kotlín a J. E. Dyr	178
Přehled metod pro stanovení antioxidační aktivity v pivovarství M. Karabín, P. Dostálek a P. Hofta	184
CENA MERCK	190
Derivatizace aminokyselin, peptidů a proteinů pro laserem indukovanou fluorescenční detekci v kapilární elektroforéze M. Ryvolová, P. Táborský, P. Vrábel, J. Havel a J. Preisler	191
Rozlišení izomerů hmotnostní spektrometrií s využitím kinetické metody V. Ranc, P. Fryčák, L. Müller, P. Bednář a K. Lemr	196
Studium procesů interakce laserového záření se vzorky skel a zemědělských půd pomocí spektroskopie laserem indukovaného mikroplazmatu a optické emisní spektroskopie v indukčně vázaném plazmatu M. Galiová, V. Možná, A. Staňková, K. Novotný a V. Kanický	204
NMR studie interakce derivátů distamycinu s DNA J. Foltýnová, M. Tkadlecová, M. Valík, L. Palivec a V. Král	210
VÝUKA CHEMIE	
Vizuálna gramotnosť a riešenie učebných úloh z chémie Z. Haláková a M. Prokša	213
CHEMICKÝ PRŮMYSL	220
NOMENKLATURA A TERMINOLOGIE	221

O PŘEDNÁŠKÁCH, PŘEDNÁŠENÍ A PŘEDNÁŠEJÍCÍCH PO DVACETI LETECH

*Všichni píší, nikdo nečte,
všichni mluví, nikdo neposlouchá*)*

RUDOLF ZAHRADNÍK a ZDENĚK HERMAN

*Ústav fyzikální chemie Jaroslava Heyrovského, Akademie věd České republiky, Dolejškova 3, 182 23 Praha 8
rudolf.zahradnik@jh-inst.cas.cz*

Před dvaceti lety jsme publikovali článek o odborných přednáškách, přednášení a přednášejících (Chem. listy 79, 522 (1985)). Podnětem k tomu byly naše rozhovory nad šálkem čaje o tom, co by člověk měl a neměl, čeho bychom se měli jako přednášející vyvarovat a čeho se držet a případně i to, čím bychom snad mohli pomoci svým mladším kolegům a studentům. Překvapením a odměnou nám byla jistá popularita tohoto textu mezi mladými a především to, že řada doporučení se v jejich přednáškách skutečně začala objevovat. Před nedávnem jsme během studentské konference seděli večer nad sklenkou vína a těšili se z toho, jak pěkně dnes mladí přednášejí, jak dobře mluví anglicky a jak se spousta věcí změnila k lepšímu. A také jak se na některé věci přece jen pořád zapomíná. Kdosi navrhl, že by mladí ten náš starý a dávno rozebraný text možná měli mít k dispozici. Když jsme si však článek znova přečetli, bylo jasné, že – i když část může zůstat beze změny – v některých směrech text zastaral a přece jen potřebuje aktualizaci. V nenávratnu zmizely diapositivы, dokonce i tehdy oblíbené fólie jsou těsně před úmrtím, téměř vytřeny náporom PowerPointu. Zde je tedy doplněný text.

Počet tištěných odborných publikací a počet odborných přednášek dosáhl v posledních letech neuvěřitelné výše. Navíc tento počet neustále roste. Lidé, kteří jsou pro svoji odbornou způsobilost hledanými řečníky na sympozii, by se celé měsíce nemuseli vracet do svých laboratoří, pokud by jim (alespoň těm svědomitějším) jejich pilní spolupracovníci posílali e-mailem nové výsledky, doplněné pohlednými obrázky, případně předávali hotové přednášky přímo na letištích (obr. 1).

Důvody pro napsání tohoto článku jsou dva. Za prvé dost velké procento příspěvků na odborných setkáních není připraveno tak, jak je žádoucí, a proto každý pokus přispět k nápravě se zdá oprávněný. Druhý důvod je ten, že nejčastěji se opakující typy závad a prohřešků jsou nemnohé, a proto není obtížné je charakterizovat i v krátkém článku.

Cílem je nastavení zrcadla těm, kdo to potřebují, autory této práce nevyjímaje. Skromnou nadějí autorů je, že

třeba ubude obrázků, na nichž je uvedeno řekněme 9×7 údajů, každý na pět platných míst, z nichž žádný není čitelný ani pro posluchače, ani pro řečníka.

Charakteristika přednášky

Odborná přednáška je ústní sdělení informací o vlastní práci, či o stavu rozvoje určitého oboru, určené kolegům, kteří mají v různě velké míře podobné zaměření jako přednášející. Přednáška má své oprávnění, jsou-li splněny dva kategorické imperativy: za prvé téma musí stát za to, aby bylo sděleno, a za druhé přednášející musí věnovat přípravě přednášky tolik času, kolik vyžaduje dosažení věcného, souvislého, logicky a jasně formulovaného podání přednášky. Na základě zkušenosti se zdá, že je to často více, než kolik se autor domnívá.

Na přednášce nemá být nic ušmudlaného: ani námět, ani příprava, ani způsob podání, ani dokumentace, a konečně ani osoba přednášejícího. Jsme si přitom vědomi toho, že lze být ušmudlaný ve smokingu, či upravený v džínách. Není vhodné přednášet s rukou v kapse (obr. 2) či při přednášce ležérně posedávat po katedře.

Na druhé straně není důvodů očekávat od přednášejícího, že jeho rétorika bude na Ciceronově úrovni. Ostatně žijeme v době, kdy ani zdaleka všichni, kdož by měli přednášet profesionálně, nejsou toho schopni; máme na mysli např. i část vysokoškolských učitelů.

Pokud jde o strukturu přednášky, je užitečné seznámit na začátku posluchače s obsahem přednášky podrobněji, než pouhým sdělením názvu. Pro posluchače je totiž psy-



Obr. 1. Autor kresby Zdeněk Herman

*) První řádka je výrok Dr. Slavoje Černého, který pronesl při společném pití čaje, druhou řádku doplnili autoři tohoto příspěvku za účelem úplnějšího popisu neutěšeného stavu věci



Obr. 2. Autor kresby Zdeněk Herman

chologicky výhodné vědět, co je čeká. Takové programové návěští (osnova, přehled či synopsis) u pětačtyřiceti minutové přednášky nemá zabrat víc než tři minuty. Dále se osvědčuje nenasadit během první třetiny laťku příliš vysoko. Je přípustné, ba vhodné, na hlavní výsledky v přednášce sdělované zřetelně upozornit. Souhrn je žádoucí a lze jej nenásilně kombinovat s informacemi o autorově představě další práce – pokud to povaha přednášky vyžaduje. U rozsáhlých a pro posluchače náročných přednášek není na závadu udělat v průběhu přednášky dílčí shrnutí třeba několikrát.

Příprava přednášky a její obsah

Přednáška, má-li mít své oprávnění, musí obsahovat informace o nových poznatcích. Nepochybně přípustné je i sdělení o známých poznatcích, jež jsou však nově uspořádány, což má za následek odkrytí nových (významných) souvislostí nebo novou interpretaci výsledků. Pracujeme-li aktivně ve výzkumu, nemusí nám volba tématu dělat velkou starost. Budeme hovořit o své práci. I v případě, že jsme o oné problematice publikovali desítky prací v časopisech s dobrou pověstí a že jsme o oné tématice několikrát přednášeli na různých fórech, musíme počítat s tím, že naše tematika je posluchačům málo známá či neznámá (viz moto tohoto článku). Bylo by pošetilé si myslet, že naši kolegové tráví večery a víkendy studiem vůbec a našich prací zvláště. Na druhé straně je ovšem neslušné přednášet tutéž práci, doprovázenou tímž nevalným obrazovým materiálem v tuzemsku i cizozemsku několik let po sobě.

Jeden velmi slavný fyzik naší doby prohlásil, že když má přednášet svým kolegům, představuje si, že v sále místo nich sedí jejich manželky, a právě ty že musí obsahem

své přednášky zaujmout. To není přirozeně výzva k trivialitě, ale pobídka k tomu, aby přednáška byla jednoduchá, jasná a zajímavá. Oba dva jsme slyšeli přednášky velkých vědců, které byly prosloveny tak prostě, skromně a srozumitelně, jakoby ani nešlo o myšlenky, za něž byla udělena Nobelova cena.

Zkušenost ukazuje, že je mnohem jednodušší udělat – a to i o dobrém tématu – přednášku úzce odbornou až k nesrozumitelnosti. V této souvislosti je dobře uvědomit si rozdíl mezi přednáškou a publikací. Zatímco v publikaci je možné odkázat na výchozí fakta citací, je zcela falešné očekávat, že si tato fakta při přednášce ihned vybaví jakkoliv fundovaný posluchač. Pokud jde o zkomplikování přednášky, existuje k tomu celý arzenál pomůcek, k nimž patří nedostatečné zasazení úzkého tématu do souvislosti, používání nevysvětlených zkratk a symbolů, nedefinovaných, úzce odborných výrazů nebo dokonce laboratorního žargonu, promítání obrázků bez dostatečného vysvětlení, co je co atd. Jakmile posluchač ztratí nit, je to špatné. Výsledkem nesrozumitelné přednášky je, že posluchači brzy zapomenou na ni i na autora. V dobře připravené přednášce se podaří předat posluchačům pár myšlenek, které utkví v paměti. A ve víc snad ani doufat nemůžeme.

Přednáška o vlastní práci může mít strukturu klasické publikace. Je dobré však uvádět především výsledky a příliš podrobně nerozebírat, jak jich bylo dosaženo, nepodávat důkazy (pokud ovšem právě v nich není podstata a půvab celé věci). To odvádí od tématu a ztěžuje sledování hlavní myšlenky. Všechno také musí být řečeno jednodušeji a názorněji než v písemném projevu (pozor tedy na písemnou přípravu na přednášku): při četbě se lze vrátit zpět, co posluchačům uteče při slovním projevu, už se nevrátí.

Neuvedené detaily v přednášce otevírají také cestu otázkám v diskusi. Někteří opravdu zkušenější přednášeči dokonce úmyslně nechávají ve svém vystoupení několik „děr“, jednak aby pomohli diskusi, jednak aby si ověřili, jak posluchači jejich řeč sledovali.

Málokdy se podaří, aby přednáška o uzavřeném úseku práce mohla chronologicky sledovat vývoj problému. Člověk totiž má tendenci věnovat v přednášce více místa tomu, co mu zabralo nejvíce času v práci samé, a to posluchače málokdy zajímá. Lépe je volit syntetický pohled ze zcela jiného úhlu, který je charakterizován stručností a úspěšným výběrem faktů.

Do přípravy přednášky patří i řečnická příprava. Mnozí posluchači by byli překvapeni, jak často je brilantní hodinový výkon všeobecně respektovaného přednášejícího podmíněn intenzivní mnohahodinovou přípravou, opakováním, tréninkem a neustálým přemýšlením, jak nejlépe říci to, co chce sdělit. Řečnické stránce projevu se u nás, ke všeobecné škodě, věnuje ve školách daleko méně pozornosti (pokud vůbec nějaká) než v jiných zemích. Studenti, doktorandi a mladší kolegové by proto měli mít co nejvíce příležitosti k vlastnímu vystoupení. Rozhodně by pak neměli považovat nabídnutou možnost „předpremiéry“ přednášky před malým kroužkem kolegů za zbytečnou nepřijemnost. Nestydíme se posluchače rádně oslovit. Zaha-

jovat slovy „...No tak teda.“ není to pravé. Naopak, začít slovy „paní předsedkyně, dámy a pánové“ nebo „pane předsedo, vážení kolegové a kolegyně“ je přiměřené.

Naslouchat cvičné magnetofonové nahrávce vlastního projevu patří v kruzích badatelů téměř do kategorie sebe-mrskáčství. Je to však účinný způsob, jak si uvědomit nepříjemné návyky a dostat celou přednášku „do sluchu“. Pokud se pak podaří překonat pocit truchlivé bezradnosti při naslouchání cizí znějícímu, zadržávajícímu hlasu (který však přece musí patřit Vám), lze to jen doporučit. Zvláště při nácviku prvních přednášek v cizím jazyku.

Mnoho domnělých neschopností přednášet by vymizelo, kdyby si přednášející dvakrát, třikrát nebo třeba desetkrát svoji přednášku v rámci své přípravy skutečně řekl. Na začátku lze text přednášky nahlas číst (pokud jej máme), nebo obsah vsedě vyprávět podle nachystaných bodů. Později si zaznamenáme čas, kdy začínáme zkoušet a přednášíme vstojně. Pokud si nechceme promítat obrázky (je to však doporučeníhodné), ukazujeme a komentujeme na obrázcích to, co budeme ukazovat a komentovat na obrázcích promítaných. Konečně zaznamenáme čas ukončení zkoušky. Trvala-li zkouška třicetiminutové přednášky hodinu, je třeba hned zásadně změnit celou přednášku, eventuálně pronikavě zredukovat počet obrázků. Pokud jsme potřebovali pouze 20 až 23 minut, není důvodů k znepokojení: vlastní přednes je téměř vždy delší než přednes při zkoušce. Pokud někoho překročení doby při zkoušce nevyburcuje k úpravě, nebo domnívá-li se, že „načisto“ to řekne přímočařejí, jde o naivnost a pošetilost.

Dokumentace

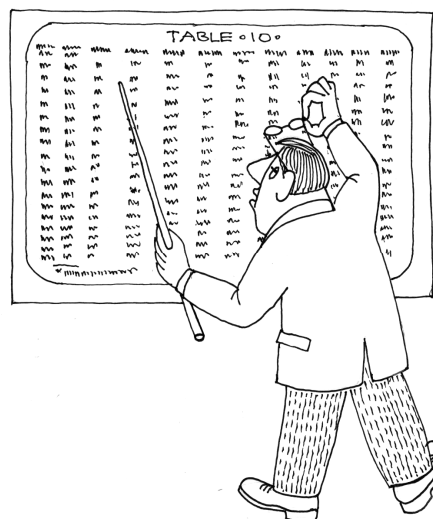
Kdysi tabule a křída, potom diapositivy, později pak fólie, v poslední době PowerPointové obrázky mohou být téměř nevyčerpatelnými zdroji zlobení, jež dokáží zkomplikovat či dokonce zošklivit mnohou přednášku. Přitom se nabízejí nebezpečné možnosti oběma stranám, tedy přednášejícímu (hostu) i organizátorovi přednášky (hostiteli). Přednáška je sdělení mluveným slovem. Vše, co je navíc, má mluvené slovo učinit srozumitelnějším, poutavějším či zábavnějším. Tudíž je nemravné si napsat text celé přednášky na fólie nebo do obrazové dokumentace a z promítacího plátna jej číst. Ještě horší však je promítat obrázky a nedat účastníkům ani nejmenší možnost, aby si je přečetli. Jsme si samozřejmě vědomi toho, že v některých humanitních oborech je zvykem přednášky číst. Hovoříme zde ovšem o oborech přírodovědných, kde mluvené slovo je obvykle doprovázeno obrázky s daty a grafy, ilustrujícími text.

V příznivém případě obsahují obrázky jednoduchá a přehledná schémata, jejichž smyslem je ozřejmit a doložit to, čeho lze i dobře voleným slovem těžko dosáhnout. Graf nebo histogram obvykle informují posluchače názorněji a rychleji než tabulka. Prospěje-li srozumitelnosti barevné provedení, je žádoucí. Je-li jádrem toho, o čem je řeč, porovnání dvou či tří číselných údajů, je možné je uvést. Číslíčky mají být raději větší než menší, spíše tučné než tenké.

Nejen před letem na Měsíc, ale i před pozváním hosta na pódium má být vše hostitelem zkontrolováno. Navíc má zodpovědný hostitel rezervní žárovky do projektorů, nebo prostě celý rezervní projektor (či projektory). Dále pomocná tabule má být k dispozici pro případné poznámky v diskusi a má být čistá, fixy nebo bílé a barevné křídly nachystány, dostatečně dlouhé ukazovátka, případně fungující laserové ukazovátka se zřetelnou šipkou má být připraveno, i když přednášející mívá dnes často vlastní. Pokud není hostitel schopen toto minimum zvládnout, necht' raději nezve žádné hosty. Autoři tohoto článku viděli v minulosti nejednou, jak ředitelé slavných ústavů deset minut po ohlášeném zahájení přednášky vlastnoručně tráslí projektorem – avšak marně. Přístroj neožil.

Ale ještě zpět k přednášejícím. Je to stěží uvěřitelné, ale najdou se dobrodruzi, kteří se odváží předstoupit na hodinu před stovku posluchačů, kteří jim nestojí ani za to, aby se přesvědčili, zda soubor obrázků je úplný, zda jejich pořadí je správné. Toto jsou v zásadě velmi prosté technické závady, jejichž odstranění vyžaduje nejvýše několika minut. Samozřejmě vážnější komplikaci představují závady ideového a myšlenkového rázu. Ty jsou ovšem stěží oddělitelné od koncepce a realizace celé přednášky.

Pohled na řečníka, který nese na pult v souvislosti s dvacetiminutovým sdělením balík málo uspořádaných papírů a fólií, je tísnivý. Je skoro nemravné vybírat občas z balíku fólií nějakou a tu ukazovat posluchačům. Tento nešvar má ovšem i svou PowerPointovou verzi. Poslech řečníka, který opakovaně žádá promítacího, aby mu ukázal, co je na dalším obrázku, je také tísnivý. Trénujte tak dlouho, až si dokážete bez pomůcek uvědomovat pořadí vlastních obrázků. Naopak působí povzbudivě, dokázete-li, hledíce na posluchače, komentovat další obrázek, aniž se předčasně otočíte. Docílíte toho snadno: do poznámek



Obr. 3. Autor kresby Zdeněk Herman

k přednášce se vyznačí přesné místo a obsah zařazeného obrázku.

A teď pár poznámek k té tak často zálučné obrazové dokumentaci. Mezi nejhroznější poklesky patří tyto:

1. Promítání tabulek o mnoha řádcích a mnoha sloupcích se záplavou numerických údajů. Je to zcela nesmyslné (obr. 3).
2. Promítání obrázků, o nichž se lze právem domnívat, že obsahují nečitelné údaje; situace se nezlepší omlouváním, ani častými dotazy, zda přece jen není něco vidět.
3. Promítání obrázků s velkým množstvím dat, která jsou sice čitelná či sledovatelná, avšak posluchači se nedá čas k přečtení ani zlomku údajů (např. řady rovnic, kde ani není naděje, že by přednášející mohl stačit vysvětlit význam symbolů).
4. Promítání několika obrázků, jež mají v podstatě týž obsah.
5. Promítání obrázků s textem v jazyku jiném, než je jazyk přednášky. Domníváme se, že hranicí, za kterou se nemá jít, je použití v české přednášce obrázků s grafy nebo schémata s anglicky značenými souřadnicemi, pokud se přednášející posluchačům omluví. Ale prosím: nikdy ne české obrázky v cizojazyčné přednášce! A obrázky, obsahující jakýkoliv text, je třeba si v rámci přípravy zhotovit vždy nové v jazyce přednášky.

Jediná možnost, kterou všichni máme, je vyloučit všechny obrázky, jež patří do skupin 1–4.

V posledních letech se velice rozšířila technicky dokonalá počítačová forma obrazové dokumentace pomocí programu PowerPoint. Vytláčila rychle i mnohem versatelnější fólie, především proto, že technika pro promítání fólií stagnuje a i ty dobře připravené fólie začínají působit nuzným dojmem. Zůstává sice skupina zatvrzelých konzervativců, kteří přísahali věrnost foliím až do smrti, ale jde asi bohužel o vymírající plémě, ač sem patří řada mezinárodně respektovaných skvělých řečníků. Svůdně dokonalá metoda PowerPointu nabízí nepřehledné množství lehce dosažitelných technických triků, přednášejícími naneštěstí zhusta zneužívaných. Není od věci připomenout si několik zásad, na něž by se podle našeho názoru nemělo zapomínat.

1. Ani sebeoslnivější technické triky nedokáží zastřít chabý obsah přednášky a odbornou chudobu sdělení.
2. I dobrý obsah sdělení lze však rozmělnit rozptylováním pozornosti posluchačů tím, že obrázky zahltíme triky z oblasti televizních reklam: klipově najíždějícím a v zápětí mizejícím textem, pohyblivými se panáčky a jinými lacinými triky. Zásadou by mělo být soustředit vše na obsah sdělení, žádná zbytečná rozptýlení.
3. Nešťastné bývá použití obrázkového pozadí ke grafům nebo textu: zapadající slunce nad mořem dovede účinně znesnadnit přečtení textu nebo rozeznání křivek grafu. Ani barevné strukturované pozadí grafů není to nejlepší. Představíte-li sebe sama v roli posluchačů, snadno dospějete k závěru, že nejvhodnější je čistě bílé pozadí a velká, tučná tmavá písmena či

body a křivky, nebo velmi světlé barvy na klidném tmavém pozadí.

4. Žluté nebo (dost časté) světle zelené grafy na bílém pozadí jsou předzvěstí zkázy, respektive totální nečitelnosti. Ikona „more colours“ nabízí paletu barev, o níž se malířům ani nesní: vybírejte však jen barvy syté a temnější na bílé pozadí a velmi světlé na tmavé pozadí.
5. Tmavé (na př. tmavě modré) pozadí je velmi efektivní, ale jen tehdy, pokud text a grafy jsou ve světlých pastelových barvách, tedy bílé, žluté, růžové nebo výše uvedené velmi světle zelené. Všimli jste si někdy, jak na promítacím plátně splývá do nečitelnosti (zvláště není-li v přednáškovém sále úplná tma) sytý červený text na tmavě modrém pozadí? Vyvarujte se této kombinace, i když na Vašem počítači působí tak efektně.

Přednesení přednášky a její forma

Existují přednášející, kterým dělá velkou potíž hovořit 45–60 minut z hlavy. To může být případ i dobrých řečníků a autorů výborných prací. Existuje několik způsobů, jak to překonat. Jedna možnost je mít poznamenané body na papírech, jež leží na řečnickém pultíku (pokud je k dispozici). Zatímco monotónní čtení přednášky patří téměř mezi kriminální činy, je nahlížení do podkladů u dobře připraveného autora činem zcela korektním. Další možnost je mít poznamenané významné body přednášky na kartotéčních lístcích, které postupně odkládáme. Konečně velmi přirozenou možností nabízejí obrázky či fólie, na nichž tyto významné body uvedeme. Při vhodném uspořádání obrázku či schématu to patrně přijde vhod i posluchači.

Přednáška je slovní projev a mluvené slovo tvoří její hlavní část. Především je tedy nutné, aby přednášejícího



Obr. 4. Autor kresby Zdeněk Herman

bylo slyšet v celém sále a aby řádně artikuloval. Potřebná hlasová intenzita je obvykle vyšší, než se Vám zdá. Je-li Váš hlas slabší, požádejte o mikrofon. Práci s mikrofonem v ruce je ovšem třeba nacvičit: otočíte-li hlavu doprava, nesmí mikrofon směřovat k Vašemu levému uchu. Je nepřiměřeně připravit na 45–55 minutovou přednášku 40 či dokonce 50 obrázků. Je absurdní chtít udivit posluchače množstvím. V tomto směru by měla být přednáška podobná večernímu setkání přátel, kteří rádi dobře jedí. Takové setkání probíhá v dobré atmosféře a dobrá – ne-li vybraná – jídla se podávají v nevelkých dávkách volným tempem. Často jsme svědky toho, že jinak mentálně svěží badatel si chystá na desetiminutové sdělení 20 obrázků. Zvrácenost takového počínání vysvitne, vydělíme-li počet minut přednášky počtem obrázků (obr. 4). Máme pocit, že stačí jeden obrázek na čtyři či (podle složitosti obrázků) na tři minuty, tedy ne více než pět obrázků na krátké sdělení a 15–30 obrázků na obvyklou přednášku (45 – 60 minut).

Není na škodu změnit během přednášky rytmus tím, že seriózní tok informací odlehčíme okrajovou poznámkou nebo větou, která není tak docela vážná. Pozornost posluchačů se tím osvěží, případně se mohou probudit ti posluchači, kteří už do sálu vstupovali znavení. Vtipná přednáška je osvěžením pro všechny, přílišné vtipkování však unavuje.

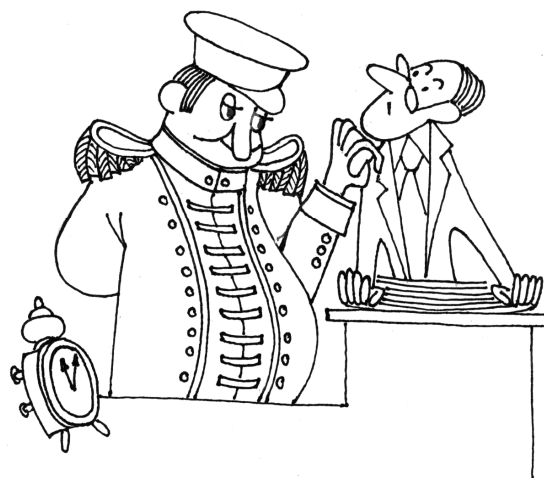
Máme pocit, že „přednáškový byznys“, podobně jako mnoho jiného, je často nepřiměřeně a zbytečně přetechnizován. Čím dál tím více cítíme potřebu návratu k přírodě, což v případě přednášky znamená rozmyšlená (a tréninkem stabilizovaná) slova, tabuli a křídlo. (Konečně, napadlo Vás někdy, co byste si počali s přednáškovou síní plnou posluchačů, kdyby krátce po zahájení Vaší přednášky nadlouho vypnuli elektrinu?)

Vymezení času

Mezi neomluvitelné neslušnosti mnoha řečníků patří překročení přidělené doby. Je nemravné, použije-li přednášející pro svůj (prodloužený) výklad doby, určené pro diskusi. Za svůj přestupek ovšem brzy zaplatí: odplatou za přetažení času bývá ledové mlčení po zahájení diskuse. Násilníci, kteří berou čas svým kolegům, zasluhují odsouzení. Bez ohledu na jejich společenské postavení, zásluhy atd. mají být předsedou zasedání vypuzeni. Nestane-li se tak, stává se předseda (-kyně) spolupachatelem (-kou). Proto je vhodné volit předsedající tak, aby měli alespoň určitý společný rys s barovými vrátnými, i když vypuzení neodbytného přednášejícího musí zásadně provádět intelektuálními prostředky (obr. 5).

Neomalené překračování přidělené doby někdy pozorujeme i u jinak řádných osob: asi jde o podobný sociální úkaz, jakým je proměna mírného občana v násilníka, sedne-li za volant. Závěrem: nikdy jim neustupujeme, nezalouží si to.

Je krajně podezřelý, tvrdí-li badatel, že není schopen proslavit řádnou přednášku. Má-li o čem mluvit, má-li přednáška logickou a formálně správnou strukturu a věno-



Obr. 5. Autor kresby Zdeněk Herman

val-li její přípravě dostatečně mnoho hodin, nemůže být přednáška špatná. Sluší se ovšem zdůraznit, že splňuje-li přednáška uvedené podmínky, pak posluchače patrně nepohorší, že hlas přednášejícího není dostatečně libozvučný, že jeho intonace není vždy správná, že jeho kresby křídou jsou roztřesené. Háček je v tom, že na „nezpůsobitost přednášet“ se jen svádí různé nectnosti a nezodpovědnost. Je neuvěřitelné, jak velké procento přednášejících jde přednášet nedostatečně připravených. Přitom jde o určitý druh hospodářské kriminality: účast 30 až 50 posluchačů na špatné hodinové přednášce, jež se koná v městě s dopravními problémy, představuje jen na ušlých mzdách několik desítek tisíc korun. Navíc – a to je přinejmenším stejně důležité – mravní zodpovědnost přednášejícího za duševní pohodu či nepohodu posluchačů má pro něho představovat kategorický imperativ.

Závěrem: nechtějme toho říkat příliš mnoho. I znameňitý badatel, který je výborným řečníkem, po 70 minutách (ne-li dříve) obvykle nudí. Nenuťme posluchače trást hodinkami. Nekažme náladu bližním. Chtějme říci něco alespoň trochu nového, trochu zajímavého a trochu užitečného. Říkejme to co nejméně slovy – ne ovšem za cenu ztráty srozumitelnosti. A hlavně, nemáme-li čas a ochotu se na přednášku dobře připravit, raději nepřednášejme.

R. Zahradník and Z. Herman (*J. Heyrovský Institute of Physical Chemistry, Academy of Sciences of the Czech Republic, Prague*): **On Lectures, Lecturing and Lecturers after Twenty Years**

A renewed survey of what a lecturer in natural science should and should not do to prepare and deliver a good talk. Most frequent mistakes of lecturers preparing a lecture and its graphic part were expanded to include PowerPoint presentations.

NOVINKY V DATABÁZI WEB OF SCIENCE: pět let Web of Science v České republice

RENÉ KIZEK a VOJTĚCH ADAM

Ústav chemie a biochemie, Agronomická fakulta, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno
kizek@sci.muni.cz

Klíčová slova: Web of Science, bibliografie, citační analýza

Úvod

Publikování výsledků vědecké práce v podobě publikace v periodiku, knize, patentu, příspěvku do sborníku anebo konferenčního abstraktu představuje jediný, objektivně hodnotitelný ukazatel práce prokazující racionální využití prostředků ze státního rozpočtu (peněz daňových poplatníků)¹. Výsledky experimentální práce musí být jednoznačně originální a musí přinést nové, ač ne ihned prakticky využitelné, myšlenky posunující hranice poznání.

Vědecké poznání lidstva je strádáno již tisíce let, ale řada významných poznatků a objevů mizí v nánosu věků. Vzniklá ztráta těchto poznatků je způsobena: *a*) růzností strukturního uspořádání poznatků (různé obory přikládají důležitost jiným výsledkům, pozorováním atd.); *b*) rozdílným přístupem společnosti k této hodnotě (války a politické názory, které ničí toto „poznání“); *c*) nepřekonatelnými jazykovými bariérami². Tyto ztráty se začaly řešit vznikem tištěných databázových seznamů (Current Content, Biological Abstract, Chemical Abstract a řada dalších). Hledání v tištěných databázových seznamech bylo ovšem velmi obtížné, zdlouhavé a především neúplné. Výrazné změny ve způsobu uchovávání a dostupnosti lidských objevů a poznatků přinesla miniaturizace počítačů a především vznik celosvětové počítačové sítě nazvané internet. Tato síť vznikla spojením základů americké počítačové sítě arpanet spolu s novým způsobem komunikace – hypertextovými dokumenty, které vytvořil Tim Berners-Lee původně pro vnitřní potřebu laboratoří CERN (cit.³). Díky těmto vymoženostem bylo možné vytvořit „virtuální knihovny – databáze“, kde jsou doposud získané vědomosti, poznatky a objevy během několika málo sekund k dispozici pro jejich další podrobnou analýzu⁴.

Web of Science

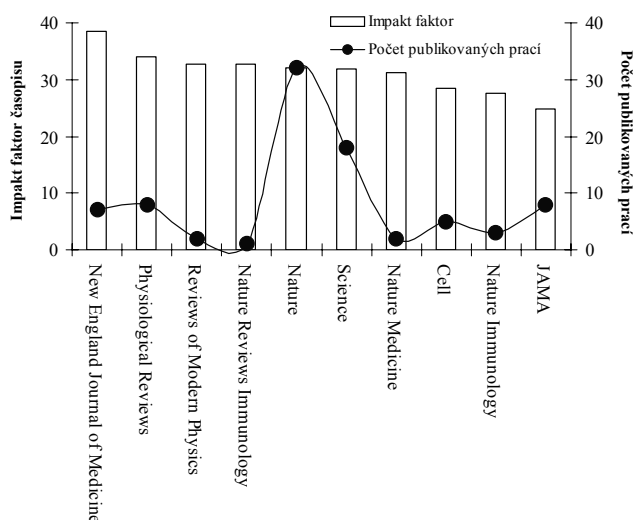
Jednou z největších a veřejně přístupných databází se stal PubMed (cit.⁵). Dnes zde naleznete abstrakty článků a přímé odkazy na internetové stránky, kde je celý text

publikovaného článku k dispozici⁵. Nevýhodou databáze PubMed je její specializace na publikace, které souvisejí většinou s medicínskými a biotechnologickými aplikacemi. Řada významných časopisů proto není v této databázi uvedena. Výhodou této databáze je možnost vyhledávání publikací asi do roku 1960, a jak již bylo zmíněno výše, její volná přístupnost. Ve vědeckých kruzích je asi nejvíce sledovanou databází soukromá, a tedy i placená databáze Web of Science (vydávaná Institute of Scientific Information; <http://www.isinet.com>), která do České republiky vstoupila v roce 2000 díky programu vyhlášenému MŠMT ČR (cit.⁶). Databáze WOS byla založena v roce 1958 prof. Eugenem Garfieldem a je spojením databází Science Citation Index, Social Sciences Citation Index a Arts and Humanities Citation Index. V roce 2005 umožnila databáze WOS přístup k 5968 bibliografickým záznamům publikovaných periodik zahrnujících abstrakty a citované reference (Science Edition). Každý týden je databáze obohacena o více jak 18 000 záznamů⁷. K této databázi se může připojit pouze počítač, který je součástí konsorcia akademické sítě CESNET (to jsou dnes všechny vysoké školy, ústavy Akademie věd České republiky, velké knihovny a vládní instituce)⁶. Každý přístup se pečlivě zaznamená společně s IP adresou Vašeho počítače. Tento krok je zcela nezbytný pro posouzení využití této velmi drahé databáze. Databáze WOS je velmi oblíbená pro svoji přehlednost, srozumitelnost a značnou výpovědní hodnotu (k dispozici jsou odkazy od roku 1980)⁸. Primárními uživateli databáze WOS jsou zaměstnanci a studenti univerzit, pracovníci ústavů Akademie věd ČR a registrovaní uživatelé knihoven^{6,9}. Podrobné diskuse nad problematikou hodnocení výsledků vědecké práce za využití databáze WOS byly již publikovány i v časopise Chemické listy^{10–12}.

Novinky na WOS

Cílem tohoto sdělení není popis jednotlivých částí WOS, ale upozornění na některé nové, velmi zajímavé aplikace. V průběhu minulého roku a r. 2006 byla databáze WOS výrazným způsobem upravena* a přinesla řadu nových možností: *a*) databázový odkaz byl pozměněn a již při prvním vyhledání literárního odkazu je uživateli poskytnuta informace o citovanosti práce a propojení na plný text článku (výtečná služba, která zvyšuje hodnotu výsledků získaných na WOS); *b*) po hypertextovém vstupu do odkazu práce je možné získat kompletní informace (jako jsou: abstrakt, vydavatel, korespondenční autor včetně jeho e-mailu atd.), dále je k dispozici seznam citovaných prací a aktuální impakt faktor daného periodika (včetně jeho trendu v uplynulých letech); *c*) nově byl uveden hy-

* V roce 2006 byla databáze znovu upravena o několik zajímavých a důležitých odkazů. Funkcí nejvýznamnější je možnost přímého exportu citačního odkazu do citačního databázového programu (EndNote).



Obr. 1. Podíl českých autorů (vyhledávání probíhalo při zvolení klíčového slova Czech Republic v adrese článku) na publikacích v patnácti časopisech s nejvyšším impakt faktorem. Např. nejvíce prací českých autorů bylo publikováno v časopise Nature a Science. Ve zbylých pěti časopisech (Annu. Rev. Immunol., CA-Cancer J. Clin., Nat. Rev. Cancer, Nat. Rev. Mol. Cell Biol., Annu. Rev. Biochem.) nebyla uveřejněna žádná práce s označením „Czech Republic“; □ impakt faktor, —●— počet publikovaných prací

pertextový odkaz pro jednotlivé autory, a tak není potřebné autory složitě vyhledávat (nevýhodou však stále zůstávají stejná jména); d) 10, 25 nebo 50 literárních odkazů na stránku usnadní prohlížení; e) další významnou novinkou je možnost řadit více jako 100 000 odkazů na jeden vyhledávací krok, což bylo dříve možné pouze do 300 odkazů. Tato funkce umožňuje seřadit jednotlivé práce podle počtu citací u jednotlivého autora, umožní vyhledávat nejcitovanější práce v jednotlivých časopisech¹³, usnadní vyhledání citovaných prací pro dané klíčové slovo; f) samozřejmě, že existuje celá řada dalších databází, ale jejich sledování je stále velmi komplikované, a tak autorovi může uniknout poměrně důležitá informace. A proto kromě uvedených databází sdružených do WOS byla přidána další významná služba (Cross Search) usnadňující prohledávání dalších 14 externích databází (např. pro biologicky a chemicky orientované autory Agricola a PubMed).

Záznam před rokem 1980

Nevýhodou především pro posouzení významu „naší práce“ je stále velmi obtížné získávání informací před rokem 1980. V současné době umožňuje databáze WOS vyhledávat záznamy ve službě „Cited reference search“ asi do roku 1901. Zde je možné vyhledávat pouze podle jména autora (což je třeba v případě běžného jména jako např. Novák nebo Wang znovu velmi obtížné). Je možné využít pouze omezení v podobě názvu práce (pokud takový název známe) či případně roku jejího uveřejnění. Určitý čas byly i v této službě k dispozici u některých prací plně funkční hypertextové odkazy (bylo tak možné zjistit plný název práce, včetně odkazů na citované práce). Tato služba nám umožnila a usnadnila správné citování řady starších prací. Nyní tato služba není v provozu, ale lze očekávat, že v brzkém časo-

vém horizontu databáze WOS umožní celý vyhledávací přístup k základním datům až do roku 1945.

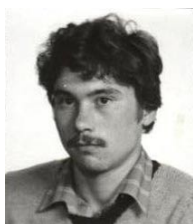
LITERATURA

1. Kizek R.: Chem. Listy 99, 615 (2005).
2. Podesva J.: Chem. Listy 99, 401 (2005).
3. <http://www.adpnet.cz/inethistory.html>, staženo 2005.
4. De Groote S. L., Shultz M., Doranski M.: J. Natl. Med. Assoc. 93, 223 (2005).
5. Kalvoda R.: Chem. Listy 98, 831 (2004).
6. Kadlecova I.: Chem. Listy 94, 951 (2000).
7. Sevinc A.: J. Natl. Med. Assoc. 96, 980 (2004).
8. Tsai M. J., Tsai C. C.: Innov. Educ. Teach. Int. 40, 43 (2003).
9. Ahmed S. M. Z., McKnight C., Oppenheim C.: J. Inf. Sci. 30, 459 (2004).
10. Exner O.: Chem. Listy 95, 498 (2001).
11. Exner O.: Chem. Listy 87, 719 (1993).
12. Exner O., Kunz M.: Scientometrics 32, 3 (1995).
13. Guimaraes J. A., Carlini C. R.: Toxicol. 44, 345 (2004).

R. Kizek and V. Adam (Department of Chemistry and Biochemistry, Faculty of Agronomy, Mendel University of Agriculture and Forestry, Brno): **Five Years of Web of Science in the Czech Republic – News in the Database**

Any kind of publication such as full article, book, patent, conference contribution and others is the only way to evaluate the work of scientists. The advantages and drawbacks of two most frequently used databases of science, PubMed and Web of Science, are discussed.

Ze života společnosti



RNDr. Vladimír Vít získal ocenění

Při příležitosti slavnostního zahájení Ústředního kola Chemické olympiády 30.1.2006 na Staroměstské radnici v Praze byla na návrh Ústřední komise Chemické olympiády udělena **Cena**

Viléma Baura RNDr. Vladimíru Vítovi. Tuto cenu uděluje Česká společnost chemická osobnostem, které se zasloužily o výuku chemie. Předáním ceny byla oceněna efektivní systematická práce dr. Víta s talentovanými studenty i jeho spolupráce při organizaci Chemické olympiády. Přejme si, aby podobně zapálených a obětavých vyučujících na našich školách přibývalo.

Vladimír Vít se narodil 28. 10. 1959 v Podbořanech. V letech 1966–1975 navštěvoval ZDŠ v Krásném Dvoře. Protože ho již tehdy zajímaly přírodní vědy, přihlásil se na gymnázium. Po absolvování přijímacích zkoušek byl přijat a po čtyřech letech (1979) zde úspěšně složil maturitní zkoušku na přírodovědné větvi. V tomtéž roce také vstoupil na akademickou půdu PřF UK, učitelský obor biologie-chemie. Složením státních zkoušek a obhajobou diplomové práce úspěšně završil pětiletá univerzitní studia (1984). Poté se zúčastnil konkursu na místo ročního studijního pobytu v BU ČSAV. Ač přijat, musel jej přerušit z důvodu vojenské prezenční služby (1985). Po návratu studijní pobyt dokončil a rozhodl se vrátit k pramenům – k učitelování. Z pracovních nabídek zvolil nakonec Gymnázium Ostrov nad Ohří. Protože tehdy a vlastně i nyní je spíše nedostatek chemiků než biologů, vyučoval a vyučuje

převážně tomuto oboru. Vstupem na půdu tohoto ústavu se stal také automaticky garantem všech kategorií Chemické olympiády na škole. Intenzivní spolupraci se svými nadanými svěťenci (především J. Špičkou) vstoupil do povědomí Ústřední komise ChO, která jej přizvala ke spoluúčasti, jež byla akceptována. A tato trvá doposud. Dokonce ještě zintenzivnila především po úspěších jeho studentů E. Pluhařové a J. Jenčíka (umístění na Mezinárodní chemické olympiádě viz Chem. Listy 100, 65 (2006)). Vzhledem ke značné časové náročnosti takové činnosti je, alespoň občas, třeba vypnout. Takovýmto uvolněním je pro něj relaxace při hudbě německého triumvirátu – Bach, Beethoven, Mahler, nebo při četbě skvostného ruského tripletu – Dostojevskij, Čechov, Tolstoj. Přes pocity uspokojení, jež mu práce s vysoce nadanými studenty-talenty přináší, zůstává realistou – „Vynikající student-chemik je zázrak: buďme vědci, že jsme se ho mohli zúčastnit alespoň jako svědkové.“

Jitka Ulrichová

Jan Vít

Blahopřání

Na slavnostním zasedání Vědecké rady Slovenské Technické Univerzity v Bratislavě dne 1.3.2006 udělil její rektor prof. Ing. Vladimír Bálaš, DrSc. čestný titul „doctor honoris causa“ prezidentovi Evropské federace chemického inženýrství prof. Ing. Jiřímu Drahošovi, DrSc., místopředsedovi AV ČR jakožto uznání jeho zásluh o rozvoj oboru chemického inženýrství, podporu spolupráce mezi slovenskými a českými chemickými inženýry včetně výchovy mladých odborníků v tomto oboru.

Jiří Hanika

Evropský koutek



Award for Service

Dr Reto Battaglia in recognition of his significant contribution to European cooperation

Reto Battaglia will receive the EuCheMS Award for Service during the 1st European Chemistry Congress, in August 2006, in Budapest.

Reto Battaglia has made an exceptional contribution to the transformation of FECS (the former Federation of European Chemical Societies) into EuCheMS, a transformation which has great significance for the representation of the 50 chemical societies in Europe and their 150,000 members, and is of fundamental importance for future

European cooperation for the benefit of chemical sciences.

A Past President of EuCheMS (1999–2002) and a member of the EuCheMS Executive Committee, Reto Battaglia has also held office as Chair of the EuCheMS Food Chemistry Division, having served as a member since 1981.

Reto Battaglia is the Director of Swiss Quality Testing Services, the quality control laboratories owned by Migros in Switzerland. He is a member of the Board of the Swiss Chemical Society and lectures at ETH Zurich where is responsible for the course ‘Quality Assurance in Food Processing and Trade’ for students of Food Science.

The 1st European Chemistry Congress, in Budapest on 27–31 August 2006, aims to be a showcase for chemical sciences in Europe and will bring together chemical and molecular scientists from industry, academia and government institutions across Europe and from around the



world. Further information is available at www.euchems-budapest2006.hu

Note: *EuCheMS – the European Association for Chemical and Molecular Sciences is a non-profit making association. Its object is to promote cooperation in Europe between those non-profit-making scientific and technical societies and professional institutions in the field of chemical sciences whose membership consists largely of individual qualified chemists/chemical scientists and whose interests include the science and/or practice of chemistry/chemical sciences. It was founded in 1970 and currently has 50 member societies in 36 countries.*

President Professor Giovanni Natile (Italian Chemical Society), Dipartimento Farmaco-Chimico, Università di Bari,
Via E Orabona, Bari 70125 Tel: +39 0 80 5442774
e-mail: natile@farmchim.uniba.it

Secretariat Ms Evelyn McEwan, Royal Society of Chemistry, Burlington House, Piccadilly, London W1J 0BA
Tel: +44 20 7440 3303 Fax: +44 20 7437 8883
e-mail: mcewane@rsc.org

1st European Chemistry Congress: Where Science Stands

Jean-Marie Lehn and Peter Kündig, Chairman and Co-Chairman of the scientific committee of the 1st European Chemistry Congress, talk to Nachrichten aus der Chemie about their hopes and goals. The symposium in Budapest is intended to become a milestone on the way to a European chemical community, but will also attract chemists worldwide.

Nachrichten aus der Chemie: *What makes the first European Chemistry Congress in Budapest so special compared to a traditional scientific conference, for example an annual meeting of one of the larger chemical societies?*

Jean-Marie Lehn: It is simply the fact that it is the first European one. We are in Europe, we are Europeans. I am a supranationalist, so for me it is important to translate this view into a large European meeting where everybody can meet, where the chemical societies are present and hopefully as many as possible contribute. It puts Europe as an entity on the map, in a way much like the American Chemical Society does for its region.

Peter Kündig: Yes, that is correct. It is a showcase of chemistry in Europe, a congress that defines where the frontiers are and where science is going. And it is the first time that we bring the whole chemistry community in Europe together to meet and exchange ideas.

Truly international

NCh: *50 chemical societies are contributing. Are there so many countries in Europe?*

Kündig: No. There are the chemical societies from 37 countries – and some have more than one. In addition there are also non-profit professional organisations that are now members of the European Association for Chemical and Molecular Sciences, the EuCheMS [www.euchems.org, note added in proof]. All together the 50 member societies include 150.000 scientists.

NCh: *So the conference aims primarily at the European audience or do you try to attract participants from all over the world?*

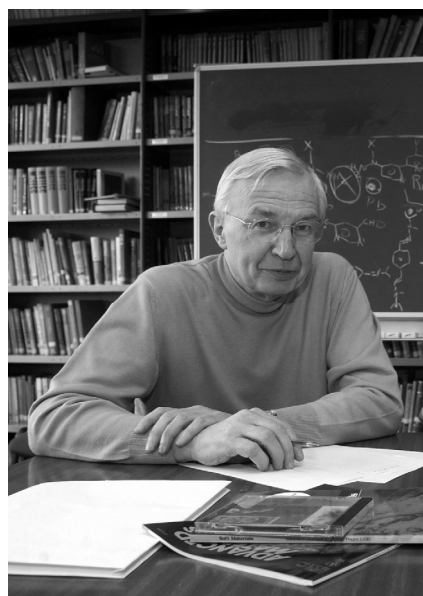
Lehn: Science has nothing to do with Europe or France or Germany or the USA or Japan. Of course we are open to everybody but it is organised by Europe, by the EuCheMS. As it stands for *Chemistry – A European Journal*: “European in spirit and international in appeal”.

Kündig: Given the location and the organizers, the large majority of the participants will be from Europe. You will find however that about 20 % of the speakers are from overseas, from Asia and North America, notably – the program will be attractive to scientists worldwide.

A showcase full of Ideas

NCh: *When I looked at the scientific program I noticed that a lot of the topics are multidisciplinary and trans-category. What were the objectives in setting up a scientific program like this?*

Lehn: On the one hand, everybody realizes that natural



Jean-Marie Lehn - Chairman of the scientific committee of the 1st European Chemistry Congress

science needs chemistry, which still has to develop its core business. On the other hand, new chemistry emerges especially at the interfaces, in collaboration with physics and biology. Such interface work becomes more and more important. So the program reflects these developments.

Kündig: Yes, frontier-science is often interdisciplinary and the program reflects this. Topics chosen were those that are very promising right now, where new knowledge is generated fast. The symposia span a very large body of chemistry and scientists will be attracted to several different symposia that fall within their areas of interest.

Lehn: A meeting does not impose trends on the scientific community. It is the scientists at work that show the trends. Of course a symposium should also show directions, make clear that we as chemists have to look at the developments of our own field, of our own science into other areas, which we can benefit from.

NCh: *Europe is still one of the world leaders in chemicals production. How does your program address scientists working in industry? Are there special topics for industrial chemists? Or will they find interesting topics in any event?*

Kündig: There are a number of topics with strong involvement from industry. These are the symposia with strong components of applied science, of course, such as “Chemistry, Food and Health”, “Green & Sustainable Chemistry & Processes”, and “Novel Multifunctional Ligands in Coordination Chemistry”. There is also “New Frontiers in Medicinal Chemistry”, where all lecturers come from industry with a host of exciting topics.

The majority of the speakers at the congress are from academia, that is true, but that is often also where first new discoveries are made and where scientists are eager to talk about them and discuss. Hot results in industry labs are often kept under wraps for some time.

We are confident that the congress finds much resonance from scientists in industry.

The conveners of the 17 symposia have done an outstanding job in putting together a first-class program. It was a pleasure to help initiate it and then to coordinate the symposia.

Lehn: And furthermore as you pointed out Europe is still a major centre for the production of chemicals, in fact the only company which has the courage to call itself chemical company is in Europe. At some stage we talked about trying to get chemical engineering into the program.

Kündig: At this first congress we cannot cover all areas in chemistry and neither do we claim this.

NCh: *Any other restrictions?*

Kündig: Conference overlap is a problem. It is impossible to avoid that. Electrochemists have their congress in the same week in Edinburgh. This is an important area that we had to drop and that hopefully can be included at a future congress. There, an enlargement of the science base can be planned in.

Lehn: You cannot make it too big because otherwise you would have to deal with 50.000 people coming around. And you will find no city which will house them except maybe an equivalent of Las Vegas.

NCh: *So the congress will be a showcase for certain areas of chemistry.*

Lehn: It has to be a showcase but it also has to be productive in terms of giving you ideas to the people who attend. The congress should provide a real chance for communication, interaction, starting new things. We want people to arrive and to leave with new ideas and projects.

NCh: *Will there be enough time to make friends and enough networking opportunities as well? The scientific program seems to be really packed, full of sessions and lectures.*

Kündig: The program is quite dense and that is unavoidable. Nevertheless, much care has gone into arranging the symposia to fit together harmoniously. Thus, someone involved in material research may find the symposia “Frontiers in Supramolecular Chemistry”, “Materials & Nanomaterials for Devices”, and “Polymer Architecture – From Structure to Functional Control” of interest and he/she will find them arranged in the program with minimal overlap.

There will then also be enough time to discuss with colleagues. Likewise, an organic chemist may start on Monday/Tuesday with the session on Catalysis, or with the lectures in Medicinal Chemistry and on Wednesday go to the lectures in Green Chemistry or participate in the Organic Synthesis symposium. These are just a couple of examples and the process can be carried out for the multitude of areas that together make up the field of chemistry and molecular science. In between, this also leaves time to listen to the Nobel laureates and discuss with other participants. The poster sessions are a great opportunity to do just this. The fact that the congress is held at a single site also greatly favours interaction.

Lehn: And people will see each other at coffee breaks and in the evenings. This is the way it works.

Kündig: In addition to the lectures we do have extensive poster sessions in all areas, we have social events, we have mixing places, we have discussion groups and satellite events that go beyond the symposia that we were in charge of coordinating.

No system of quotas in science

NCh: *What about young chemists travelling to Budapest? Who will provide grants?*

Kündig: Several chemical societies are willing to financially support younger colleagues, for instance the GDCh with grants from the Karl-Ziegler Foundation. The response of course has to come from the member societies, because up to now EuCheMS does not have its own budget.

Lehn: That is something important for the future. We have to find ways of establishing a continuous support...

Kündig: ... and to make sure, as it is done for this 1st congress, that young scientists benefit from low participation fees and that accommodation also is affordable. With housing costs of 22 Euro including breakfast and many low-cost airlines flying to Budapest, the total budget does

not need to be very high.

NCh: *That brings me back to another question. If I look at the distribution of the members of the scientific committee it seems to be less equilibrated in terms of the EU enlargement and countries of the former Eastern block.*

Kündig: Correct. It reflects probably where frontier-science is located today. This is bound to change in the years to come.

NCh: *But with Budapest as venue, the colleagues from the former Eastern block should have the chance to present their work.*

Lehn: Sure. We have tried to take that into account. There are quite a few opportunities to present papers and posters. It is up to every colleague to find a way to present his or her work. That the congress will be held in Budapest can be explained simply by the fact that there were people willing to organise it, which was crucial. And it was a way to recognise that we are now one Europe, together with the countries of the former Eastern bloc. And moreover, there is a lot of remarkable science going on in these countries.

There are very good universities, very good laboratories and a very good education. Frankly, I think that the people we get as postdocs from there are extremely well trained. There is still strong classical training which means much more better chemists on the bench than those who prefer to speak about mechanisms (*laughs*).

Kündig: Of course we were aware that we have to have a balance with respect to topics, geography, gender, age, industry, academia, etc. The symposia chairs did their best but the foremost criterion was quality and the other considerations, while important, come second. One cannot just play on numbers. You cannot have a system of quotas in science. The program that we have now is excellent in terms of science but only fair to good on the other criteria. There is room for improvement in future meetings. Of course, the selection of oral communications will also change the picture.

Another step forward

NCh: *Harry Kroto said that the congress was long overdue. Do you agree to that? Is the Europe of chemistry marching forward with the congress? Will there be follow up meetings?*

Lehn: First of all, the European chemical societies have already gone a long way by getting some of their primary journals together. I was quite amazed that the societies accepted to renounce to journals which had a long tradition for building up a new system. I would put it in parallel with the Germans letting the Mark go, the French the Franc, the Italians the Lira and so on.

Kündig: Yes, it is very impressive. All these undertakings have to overcome entropy – and a chemist knows that this is not easy. So the first EuCheMS congress is intended to become another milestone in the creation of a more coherent chemical community in Europe. This is also a necessity because we need to have a united voice in Brussels. Otherwise chemistry will simply be bypassed.

Since you asked the question: Yes, we will have a second EuCheMS congress. This is actually already in the planning stage and it will be held in Torino in September 2008 but for now, we have to focus on the 2006 event and make it a success.

NCh: *So let us keep our fingers crossed.*

Lehn: All of us very much hope that the 1st European Chemistry congress will be the first in a long series, that it will provide ground for all chemists in Europe but also for those coming from all over the world. I am sure that there will be more and more coming from other places, other continents. Maybe we should also do one more thing. There is one continent which is forgotten. It is Africa. We should also think about bringing in African chemists. This is of course more difficult than in the case of the countries of the former Eastern bloc. But I think African chemists would be very important. Not to overlook this big continent any longer, simply because there are some places in Africa where good chemistry is going on and we have to help African chemists to develop.

NCh: *This is probably another story.*

Lehn: Indeed. But if one talks about equal opportunities one should keep in mind that there is this continent which is not so privileged as ours.

Gerhard Karger, Frankfurt
Jean-Marie Lehn
Ernst Peter Kündig

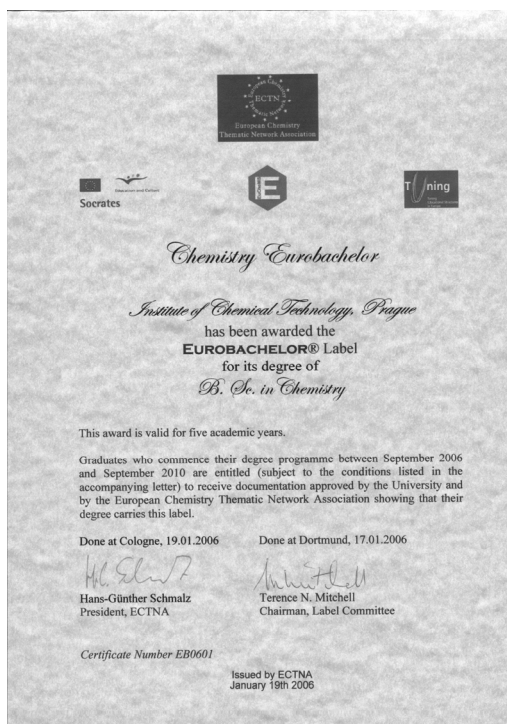
Zprávy

VŠCHT Praha uděluje titul Eurobakalář

Vysoká škola chemicko-technologická je školou, o které se často píše v souvislosti se zlepšováním kvality studia. Naposledy v Hospodářských novinách 23. ledna 2006.

VŠCHT Praha se stala, po příslušném akreditačním řízení, které bylo zahájeno téměř před rokem, devátou evropskou vysokou školou, která je oprávněna přidat k bakalářskému diplomu a jeho zákonnému dodatku

i označení uznané evropské kvality bakalářského studia „EuroBachelor“. Po univerzitách Helsinky, Oulu, Turku, Dublin City, Bologna, Trieste, Perugia, Ca' Foscari Venice je tato pražská škola prvním zástupcem škol z nových zemí EU, která splnila přísné standardy. A to jak ve struktuře výuky vlastní disciplíny chemie, tak v oblasti tzv. „soft-skills“ a „transferable skills“, neboli měkkých a přenositelných dovedností, mezi které nezastupitelně patří cizí jazyky, ale i v přísně posuzované oblasti účasti studentů na



životě školy, objektivitě hodnocení studijních výsledků, tak v zaměstnatelnosti absolventů.

Požadavky a celá procedura byly podrobně popsány

v časopise Chemické listy 99, 531–544 (2005) (viz <http://www.uochb.cas.cz/Bulletin/bulletin363/bulletin363.pdf#page=3>). Akreditaci provádí, jako projekt podporovaný EU, Asociace ECTN (European Chemistry Thematic Network; www.ectn.net), resp. její „Label committee“.

Výhodou vlastnictví známky EuroBachelor je pro studenta bezesporu možnost přijetí do magisterského studia na kterékoliv univerzitě, která je akreditována k udělování této známky, ale i nesporná kvalita příslušného studia, která je dána jak akreditací národní, tak akreditací evropskou. Předpokládáme-li, že z cca 150 vysokých škol sdružených v ECTN jich během prvního roku existence „Label committee“ podalo žádost o akreditaci 20, rozroste se rodina škol eurobakalářské sítě brzy do významných rozměrů. Akreditační procedura Eurobakaláře byla schválena asociací EuCheMS (European Association for Chemical and Molecular Sciences).

VŠCHT Praha chce dále rozvíjet proevropský charakter studia a m.j. se v nejbližší době soustředí na podrobnou analýzu zatížení studentů jednotlivými součástmi a předměty studia tak, aby se i její kreditní systém uvedl do harmonického stavu s většinou evropských univerzit.

Vedení školy předpokládá, že udělení eurobakalářské akreditace přispěje podstatně m.j. i k profilování elity mezi studenty, k dalšímu zlepšení dialogu mezi studenty a jejich učiteli a konzultanty a tím ke zlepšování vlastního studijního procesu.

pad

Akce v ČR a v zahraničí

rubriku kompiluje Lukáš Drašar, drasarl@centrum.cz

Rubrika nabyla takového rozsahu, že ji není možno publikovat v klasické tištěné podobě. Je k dispozici na webu na URL <http://www.konference.wz.cz/> a <http://www.csch.cz/akce9909.htm>. Pokud má některý čtenář potíže s vyhledá-

váním na webu, může se o pomoc obrátit na sekretariát ČSCH. Tato rubrika nabyla již tak významného rozsahu, že ji po dohodě přebírají i některé zahraniční chemické společnosti.

Odborná setkání

Ústřední kolo 42. ročníku Chemické olympiády

Ústřední kolo Chemické olympiády je nejen odborným, ale také společenským vyvrcholením nejvyššího kola soutěže. Letos se organizace ujala Fakulta chemické technologie VŠCHT Praha, na půdě FCHT se ústřední kolo konalo již potřetí za posledních sedm let. Ústřední kolo proběhlo ve dnech 31. 1. – 2. 2. pod záštitou radního hl. m. Prahy Bc. Jana Štrofa a prof. Vlastimila Růžičky, rektora VŠCHT Praha. Mediálními partnery byly Český rozhlas Leonardo a časopis Adamantan. Akci dále podpořili Isabela a Alfred Baderovi, Chromspec s.r.o., Akademické knihkupectví Malé centrum, Penta, Ruční papírna Velké Losi-

ny, SciTech s.r.o., Unipetrol a.s., Ventile & Fittings Praha s.r.o., Nakladatelství Vesmír s.r.o.

Na ústřední kolo byli tradičně pozváni nejúspěšnější studenti kategorií A a E z jednotlivých krajů. Kategorie A je určena pro studenty třetích a čtvrtých ročníků gymnázií (a odpovídajících stupňů nižších gymnázií), kategorie E pak pro stejně staré studenty průmyslových škol s chemickým rozdělením. Toto rozdělení má dva důvody: studenti průmyslovek, kteří mají laboratoře každý týden, by byli oproti gymnazistům zvýhodněni, druhý důvod je ten, že pro studenty podle typu školy existují dvě různé mezinárodní soutěže (Mezinárodní chemická olympiáda a Grand Prix Chimique). V letošním roce se na ústředním kole utkalo 41 soutěžících v kategorii A a 5 soutěžících



Obr. 1. Úkolem praktické části bylo acidimetrické stanovení účinné látky v Acylpyrinu

v kategorii E.

Ústřední kolo 42. ročníku ChO bylo slavnostně zahájeno 30. ledna v 17 hodin v Brožíkově sále Staroměstské radnice. Na zahájení vystoupili s krátkými projevy zástupci radnice, Národního institutu dětí a mládeže, České společnosti chemické a VŠCHT Praha. Slavnostní atmosféra byla umocněna předáním Ceny Viléma Baura Dr. Vladimíru Vítovi z Gymnázia Ostrov za jeho dlouholetou práci se studenty a aktivitu v Chemické olympiádě. Pan učitel se z pracovních důvodů nemohl dostavit osobně, proto předsedkyně ČSCh prof. Jitka Ulrichová předala cenu v zastoupení jeho studentce.

Po prohlídce radnice se účastníci přesunuli ze Staroměstského náměstí na Novotného lávku, kde proběhla slavnostní večeře. Studenti pak odjeli na Masarykovu kolej a členové Ústřední komise měli poradu, kde se dojednaly poslední organizační detaily.

V následujících dnech probíhala samotná soutěž. V úterý proběhl první blok soutěže, teoretická část, kdy soutěžící píšou test z anorganické, organické a fyzikální chemie a biochemie. Letošní novinkou a také trochu experimentem bylo společné zaměření všech teoretických oborů – úlohy se týkaly acidobazických dějů a chování kyselin a bází. Studenti si vylosovali soutěžní čísla (z důvodu anonymity při opravování) a pak měli tři hodiny na vyřešení úloh teoretické části.

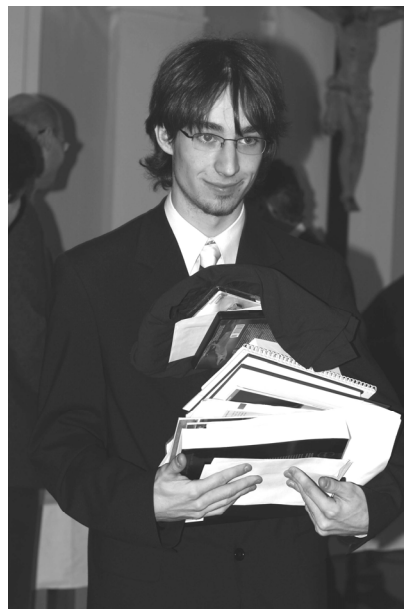
Po obědě měli studenti sraz ve střešovickém muzeu pražské hromadné dopravy. Na programu byla nejprve hodinová okružní jízda Prahou v historické tramvaji a potom návštěva samotného muzea. Večeře byla připravena přímo v areálu vozovny v restauraci U Muzea. Večer účastníci ústředního kola navštívili excelentní představení Dejvického divadla, hru Letí, od úspěšné ruské autorky Olgy Muchinové v podání divadelního souboru čerstvých absolventů DAMU.

Ve středu dopoledne studenti řešili druhou část soutěže – praktickou část. I ta byla zaměřena acidobazickým směrem, úkolem bylo stanovení kyseliny acetylsalicylové

v tabletě Acylpyrinu zpětnou acidimetrickou titrací. Doplnková úloha představovala identifikaci vzorku pomocí TLC. Po obědě měli studenti kategorií A a E odlišný program. Gymnazisté měli už odsoutěženo a čekala je exkurze do mineralogických sbírek a do školního minipivovaru. Tento pivovar je v provozu na Ústavu kvasné chemie a bioinženýrství VŠCHT Praha a je nejmenším fungujícím pivovarem v Evropě. Soutěžící v kategorii E řešili odpoledne ještě jednu praktickou úlohu, tentokrát měli identifikovat neznámé vzorky pomocí činidel a vzájemných reakcí. Navečer proběhla beseda s autory úloh, kde mohli studenti říct, co se jim na úlohách líbilo a nelíbilo a autoři mohli okomentovat řešení úloh a nejčastější chyby. Slavnostní večeře proběhla v salonku Masarykovy koleje formou rautu, který otevřel prof. Roda, děkan FCCHT. Na Ústřední komisi čekal ještě úkol nejdůležitější, a to dokončit vyhodnocení, vytisknout diplomy a připravit ceny pro vítěze.

Ve čtvrtek v deset hodin začalo slavnostní vyhlášení výsledků ústředního kola v krásných prostorách refektáře Katolické teologické fakulty. S krátkými projevy vystoupili zástupci Ministerstva školství, PČR UK, FCCHT a VŠCHT Praha. Pozvání přijal také prof. Václav Pačes, předseda AV ČR.

Vítězem v kategorii A se stal Petr Gerhard z gymnázia v Jihlavě, který získal 86 bodů (ze 100 možných) a zároveň si odnesl cenu za nejlepší teoretickou část (55 bodů ze 60 možných). Druhé místo obsadil Tomáš Trnka z gymnázia v Jírovcově ulici v Českých Budějovicích se ziskem 84,35 bodu. Na třetím místě se umístil Rudolf Piša z gymnázia v Třebíči s 83,95 bodu. Cenu za nejlepší výkon v praktické části získala Markéta Zajícová



Obr. 2. Petr Gerhard z gymnázia v Jihlavě, vítěz ústředního kola v kategorii A

z gymnázia v Konstantinově ulici v Praze 4 (39,8 ze 40 možných). Vítězem v kategorii E se stal Miroslav Pniok ze SPŠCh v Ostravě – Zábřehu, který získal 72,38 bodu. Zadání i řešení úloh, výsledková listina a další informace o ChO jsou k dispozici na www.chemickaolympiada.cz.

V závěru slavnostního ukončení ústředního kola 42. ročníku ChO popřál předseda Ústřední komise Dr. Karel Lichtenberg všem soutěžícím mnoho úspěchů v dalším studiu i v další účasti na Chemické olympiádě, vyslovil uznání VŠCHT Praha a zejména FCHT za perfektní zajištění průběhu celé soutěže, materiální i personální zabezpečení a dlouholetou podporu ChO a poděkoval všem, kteří se podíleli na organizaci a přípravě této akce.

Pro nejlepších 16 studentů však soutěžení ještě nekončí. Budou ještě bojovat o účast na Mezinárodní chemické olympiádě. Letošní 38. ročník se koná o prázdninách v korejském městě Gyeongju. Začátkem března studenti absolvuji teoretické výběrové soustředění, které garantuje VŠCHT Praha. Nejlepších osm studentů postoupí do praktického výběrového soustředění, které se bude konat v dubnu na Přírodovědecké fakultě UK. Nejlepší čtyři studenti pak pojedou reprezentovat naši vlast na MChO.

*Petr Holzhauser
místopředseda ÚK ChO*

Pracovní setkání přírodovědců na Masarykově univerzitě

Stalo se již tradicí, že každým rokem na začátku února proběhnou v Brně na Masarykově univerzitě dvě pracovní setkání přírodovědců (Workshops). V letošním roce se v Kongresovém centru v areálu ÚSKM Vinařská konalo jednodenní **VI. Pracovní setkání fyzikálních chemiků a elektrochemiků** (7. února) a dvoudenní, jubilejní **X. Pracovní setkání biochemiků a molekulárních biologů** (8. a 9. února). Záštitu nad oběma akcemi převzal rektor Masarykovy univerzity prof. PhDr. Petr Fiala, Ph.D. a děkan Přírodovědecké fakulty MU doc. RNDr. Milan Gelnar, CSc. Pracovní setkání fyzikálních chemiků a elektrochemiků (FCH a ELCH) se až do roku 2004 konalo jednou za dva roky, avšak z důvodů zvýšeného zájmu o tuto akci, především ze strany doktorandů, se organizátoři rozhodli toto pracovní setkání opakovat každoročně. Pořádajícími pracovišti akcí byla Katedra teoretické a fyzikální chemie vedená prof. RNDr. Mojmírem Šobem, DrSc. a Katedra biochemie vedená prof. RNDr. Vladimírem Mikešem, CSc. Organizátory Setkání FCH a ELCH byli tradičně Libuše Trnková, Pavel Janderka a René Kizek, organizace Setkání BCH a MB se ujali Michaela Wimmerová, Libuše Trnková, Petr Beneš a Petr Zbořil. Na druhé jmenované akci se finančně podílela Česká společnost pro biochemii a molekulární biologii.

Masarykova univerzita během zmíněných tří dnů přivítala více jak 180 účastníků. Vědečtí a akademičtí pracovníci, postgraduální i pregraduální studenti přijali pozvání jak z českých a slovenských vysokých škol, tak i z výzkumných

ústavů. Účastníci měli možnost v češtině, slovenštině a v angličtině informovat ostatní kolegy o směrech svých výzkumných projektů, diskutovat výsledky své vědecké práce, upevnit kontakty stávající, popřípadě navázat kontakty nové.

Součástí obou pracovních setkání byla Sekce mladých, v rámci které studenti přednesli svoje příspěvky v jazyce anglickém a měli možnost si o nejlepší práci s nejlepší prezentací zasoutěžit. Není pochyb, že řada studentů touto aktivitou přesvědčuje nás starší, že mladá generace je připravena a schopna řešit nové vědecké problémy a zasvěceně diskutovat na různá témata. Je jim však třeba dát příležitost aktivně se zúčastnit obdobných akcí. Není to výzva jen pro studenty, ale i pro učitele, od kterých se očekává náročná vědecká práce spojená s plněním úkolů na různých výzkumných záměrech. Jsou to záměry plné nových vizí a velkých cílů, jejichž prostřednictvím věda na vysokých školách může držet krok nejen s vědou na jiných českých a slovenských výzkumných institucích, ale i s vědou světovou.

Libuše Trnková, Michaela Wimmerová

VI. Pracovní setkání fyzikálních chemiků a elektrochemiků

Na letošním Pracovním setkání FCH a ELCH odeznělo celkem 24 přednášek, z toho 9 přednášek v Sekci mladých a bylo prezentováno 31 plakátových sdělení. Velký počet příspěvků se týkal experimentálního i teoretického studia fázových rovnováh v soustavách kovů a jejich slitin. Byly prezentovány práce, které ukázaly, jak na základě výpočtů *ab initio* lze řešit složení a strukturu fází intermetalických sloučenin, sledovat jejich elektronovou strukturu a magnetické vlastnosti, modelovat fázové diagramy a predikovat stabilitu metalických a intermetalických materiálů. Další FCH příspěvky se týkaly studia stability huminových kyselin a jejich charakterizace pomocí fluorescenčních spekter. Rozmanitost příspěvků v Sekci mladých dokumentovala široký rozsah vědeckých aktivit studentů – studium koroze, iontoměničových membrán, modifikovaných hyaluronanů, studium struktury, termodynamických a magnetických vlastností kovů a slitinových materiálů, detekce halogenovaných aromatických látek pomocí hmotnostního spektrometru, studium mechanismu elektrodových procesů pomocí moderních elektrochemických metod. Blok přednášek, věnovaný výuce ve fyzikální chemii, byl naplněn příspěvkem, který se snažil odpovědět na otázku, zda umí studenti využít své základní fyzikálně-chemické znalosti v běžném životě, a také příspěvkem o inovaci a modernizaci speciálních laboratorních cvičení v oblasti elektroanalytických metod. V elektrochemické části dominovaly práce zaměřené na elektroanalýzu látek pro živý organismus škodlivých (xenobiotika) a látek pro živý organismus prospěšných (glutathiony, fytochelatiny a metalothioneiny). Zazněly rovněž práce zabývající se voltametričtím chováním stříbrných pevných amalgámových elektrod. Nechyběla ani aplikace moderních elektrochemických metod v oblasti výzkumu nukleových kyselin, oligonukleotidů a proteinů s ohledem na využití elektrochemické aktivity těchto látek ve výzkumu a vývoji biosenzorů. Velmi zajímavou ukázkou využití elek-

trochemie byly práce z oblasti environmentálně prospěšných studií. Posterová sekce spolu s panely jednotlivých firem tématicky doplňovala zmíněné přednášky a dávala účastníkům možnost diskutovat nad fyzikálně-chemickými a elektrochemickými problémy, neboť každý autor musel svůj poster svým kolegům v krátkosti představit.

Náročný program, nabitý velkým množstvím informací, námětů a diskusí se zapsal v myslích všech zúčastněných jako úspěšný den a po skončení setkání většina účastníků, zejména studentů, opouštěla prostory kongresového centra s pocitem dobře vykonané práce. Týkalo se to především doktorandů, kteří byli za svůj kvalitní příspěvek oceněni knihami a malými pozornostmi od vystavující firmy Merci, s.r.o.. První místo získal Ing. M. Chytil z Ústavu fyzikální a spotřební chemie, Fakulty chemické, VUT Brno s přednáškou „*Study of Aggregation Behavior of Hydrophobically Modified Hyaluronan*“, 2. místo Mgr. P. Mořkovská z Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR v Praze s přednáškou „*Frumkin Correction in Kinetics of Aromatic Nitro Anion Radicals*“ a 3. místo Mgr. M. Gernátová z Katedry teoretické a fyzikální chemie PŘF MU Brno s příspěvkem „*Detection of Halogenated Aromatic Compounds by Membrane Introduction Mass Spectrometry*“. Rozhodování hodnotící komise bylo obtížné a komise konstatovala, že vysokou úroveň měly i další vystoupení mladých autorů: Ing. T. Káni z Ústavu fyzikálního inženýrství, Fakulty strojního inženýrství, VUT v Brně a Mgr. R. Rozíka, doktoranda Katedry teoretické a fyzikální chemie PŘF MU Brno.

V letošním roce byla prostřednictvím anketních lístků hodnocena též posterová sekce a tři ceny spolu s diplomy si odnášeli studenti z Ústavu chemie a biochemie, Agronomické fakulty, MZLU v Brně: 1. J. Hradecký – „*Navržení biosenzoru pro detekci chlorovaných pesticidů*“, 2. J. Baloun – „*Elektrochemické chování redukováného, oxidovaného a nitroso-glutathionu v přítomnosti Brdičkovy soluce*“ a 3. V. Šupálková – „*Analýza kapsaicinu pomocí vysokoúčinné kapalinové chromatografie s elektrochemickou detekcí*“.

Libuše Trnková, Michaela Wimmerová

X. Pracovní setkání biochemiků a molekulárních biologů

V průběhu konference BCH a MB bylo možno vyslechnout zajímavé přednášky širokého spektra oblasti tzv. věd o životě, ukazující rozmanitost výzkumů v této oblasti i současný trend multidisciplinárního přístupu k řešeným problematikám. Z prezentovaných témat je obtížné vybrat všechna klíčová, takže námátkou lze zmínit biochemické přeměny xenobiotik pomocí cytochromů P450, multivariabilní problematiku týkající se nádorového supresoru p53 a protinádorových terapeutik a dalších moderních poznatků v onkologii. Významné byly zastoupeny taktéž problematiky studia genové exprese, využití molekulárně biologických metod při typizaci bakterií či mapování genomů až po využití moderních metod využívaných při strukturně-funkčním studiu proteinů a jejich interakci s okolím. Tento výčet není samozřejmě kompletní a proto případné zájemce odkazuje-

me na webové stránky konference (<http://orion.chemi.muni.cz/setkani/index.htm>), kde je možné nalézt program i sborník v elektronické podobě.

Součástí i tohoto pracovního setkání byla Sekce mladých, v rámci které studenti přednesli svoje příspěvky v jazyce anglickém a také měli možnost soutěžit a vyhrát zajímavé ceny. Dvě pětičlenné komise hodnotily prezentované příspěvky v souběžně probíhajících sekcích a jak bylo z jejich závěrečných diskuzí zřejmé, nebylo pro ně vůbec jednoduché vybrat k ocenění práce nejlepší. Přesto jasné prvenství si v Sekci mladých I. vybojoval Mgr. O. Vaněk z Katedry biochemie PŘF UK Praha se svým příspěvkem „*Structural studies of CD69 protein – chasing the ligands*“. Druhé místo obsadila Mgr. D. Grochová z Ústavu patologie Fakultní nemocnice Brno s přednáškou „*Relative analysis of temperature-sensitive P53 mutants*“ a na třetím místě se umístila Mgr. M. Pokorná z Národního centra pro výzkum biomolekul, PŘF MU Brno s přednáškou „*New lectin from human opportunistic pathogen Chromobacterium violaceum*“.

Druhá komise po dlouhém rozvažování nakonec rozhodla o následujícím pořadí: na prvním místě se umístil Mgr. L. Procházková z Výzkumného ústavu veterinárního lékařství v Brně s přednáškou „*Biochemical events in preapoptotic stage of cells: inhibition of gap junction intercellular communication by new platinum complex LA-12 through Erk1/2 activation*“, na druhém místě skončila Mgr. J. Vigášová z Laboratoře experimentální hematologie a buněčné imunoterapie FN Brno s příspěvkem „*Relative quantification of tumor associated antigens Mage-A1 And Mage-A3 by lightcycler Real-Time PCR in patients with multiple myeloma*“ a třetí místo obsadila Mgr. G. Tauwinklová z Centra reprodukční medicíny a genetiky REPROMEDA Brno s přednáškou „*Preimplantation genetic diagnosis of aneuploidy in human embryos*“.

Kromě výše zmíněných ocenění byly vysoce hodnoceny příspěvky přednášejících mladých autorů Mgr. S. Dudové (OKH-LEHABI FN Brno), Mgr. E. Chovancové a Ing. J. Adama (oba NCBR PŘF MU Brno), Ing. P. Joštové (ÚOCHA Praha) a Mgr. M. Markové (BFÚ Brno). Výherci byli oceněni Českou společností pro biochemii a molekulární biologii a spolupředávající Katedrou biochemie PŘF MU v Brně.

Na programu Setkání byla i dvě moderovaná plakátová sdělení a účastníci konference měli možnost hlasovat o nejhezčí/nejlépe prezentovaný poster konference. Nejvíce hlasů obdržel M. Svoboda z Ústavu chemie a biochemie AF MZLU v Brně s posterem „*Změny obsahu metalothioneinu u pacientů s nádorovým onemocněním*“. Na druhém a třetím místě se umístily Mgr. V. Kotrbová s prezentací „*The effect of cytochrome b₅ on ellipticine oxidation by cytochromes IA1 and IA2*“ (Katedra biochemie, PŘF UK Praha) a Bc. M. Talianová z Laboratoře vývojové genetiky rostlin, BFÚ AV ČR Brno s prací „*Horizontal gene transfer between bacterial pathogens and its plant host*“. A nakonec několik čísel. Na letošním setkání BCH a MB zaznělo celkem 53 přednášek, z toho 35 v Sekci mladých, prezentováno bylo celkem 59 posterových sdělení.

V průběhu obou akcí byl dán prostor i zástupcům sponzorujících firem, kteří účastníky Setkání informovali o svých novinkách. S podporou zúčastněných firem (BIOTECH, CANBERRA-PACKARD, EAST PORT PRAHA,

CHROM-SERVIS, CHROMSPEC, JIC, MALÉ CENTRUM, KRD, LABMARK, LAMBDA CZ, MEDESA, MERCI, PHARMATECH, RADANAL, ROCHE, TRIGON PLUS) byly pokryty výdaje na pronájem Kongresového centra v areálu ÚSKM Vinařská, organizační náklady a vydání sborníků příspěvků. Z prvního Setkání byl Vydavatelstvím MU vydán stotřicetistránkový sborník s ISBN 80-210-3943-4, z druhého stodesetistránkový sborník s ISBN 80-210-3942-6 (zájemci mají možnost si je zapůjčit v ústřední knihovně PřF MU v Brně).

Detailní informace včetně obrazové dokumentace obou setkání je možno nalézt na internetové adrese <http://cheminfo.chemi.muni.cz/ktfch/setkani2006.htm> a Czech Biopages <http://orion.chemi.muni.cz/setkani/index.htm>.

Nezbývá než poděkovat všem účastníkům za jejich zajímavé příspěvky i příjemnou atmosféru, která obě Setkání provázela. Rádi bychom si touto cestou dovolili pozvat všechny zájemce do Brna na **VII. Pracovní setkání fyzikálních chemiků a elektrochemiků** a **XI. Pracovní setkání**

biochemiků a molekulárních biologů, která jsou plánována na první únorový týden roku 2007. V případě pracovního setkání FCH a ELCH organizátoři uvažují též o dvoudenní akci. Potenciální zájemci o zařazení do informační databáze pro rozesílání informací ohledně nadcházejícího Setkání se mohou registrovat na výše uvedených internetových stránkách nebo elektronicky na adrese:

libuse@chemi.muni.cz a michaw@chemi.muni.cz.

Kontaktní informace:

Doc. RNDr. Libuše Trnková, CSc.

Katedra teoretické a fyzikální chemie,
tel.: +420-549 497 754, fax: +420-549 491 453

RNDr. Michaela Wimmerová, Ph.D.

Katedra biochemie
Přírodovědecká fakulta MU, Kotlářská 2, 611 37 Brno
tel.: +420-549498166, fax: +420-549492560;

Letošní motto Pracovních setkání:

Tajemství úspěchu v životě není dělat, co se nám líbí. ale nalézt zalíbení v tom, co děláme

Thomas Alva Edison

Výuka chemie

Týden v laboratoři na VŠCHT Praha

Proč patří chemie na školách k méně oblíbeným předmětům? Proč se spolucestující v hromadných dopravních prostředcích s očima v sloup odvrátí, když se mi přes rameno kouknou, co čtu? Zajímavá otázka, na kterou hledá odpověď víceru lidí, jež mají k chemii blízko. A není to v učitelích a jejich podání výkladu? Je přece tolik cest, jak ukázat souvislosti a vtáhnout žáky do chemického dění. Takový podařený plamen zažehne touhu po poznání v mnohé dušičce studenta, taková barevná souhra přiměje k otázce leckterou studentku. Učitelé se, myslím, musí učit k podněcování! Kde jinde je na to prostor než na Pedagogických fakultách?

Jenže studenti Pedagogické fakulty bývají řazeni do nižších stupňů v žebříčku vysokoškoláků. Tak se i stává, že studenti chemických oborů na jiných školách mají nízké mínění o budoucích učitelích chemie studující na PedF. Osobně nemám pocit, že by nám bylo předkládáno omezené množství informací, navíc jsme nuceni látku rozumět, jestliže ji máme vykládat. Pohled okolí je ale opravdu jiný.

Proto jsem nadšeně přijal zajímavou myšlenku VŠCHT a PedF UK rozdělit si výuku různých praktických odvětví chemie v laboratořích obou škol. Našeho ročníku se týkala organická praktika. Namísto několika hodin týdně po dobu semestru jsme trávili celý jeden týden od rána do večera v laboratoři na VŠCHT.

Obavy, že se na nás budou místní zaměstnanci koukat skrz prsty, se rozplynuly hned v pondělí dopoledne. Pak to vypuklo a my jsme podle předložených protokolů začali "pokusničit".

Je s podivem, kolik mi tato praktika přinesla. Časově je organická chemie náročná, a tak jsem musel proluky vyplňovat jinými potřebnými úkony. Promyšlený systém sloučenin, jež jsem měl připravit, mě vedl k důkladné přípravě. Odlišné způsoby přípravy látek mě přiměly postavit rozmanité aparatury a také mi umožnily pracovat na přístrojích, se kterými jsem se nesetkal ani na gymnáziu, ani na krajských chemických olympiádách. Nebyl však všemu konec.

Podrobně psané postupy místy, věřím, že záměrně, neměly přesně napsáno, co a jak, takže namísto slepého děláni napsaných věcí jsem se musel pít po tom, jak to udělat. K dispozici nám stále byli tři odborníci a když jsme byli náhodou se znalostmi či dovednostmi v koncích, radily nám i přítomné laborantky. Před zahájením práce jsme si museli nechat aparaturu schválit a byli jsme při tom, také i při dalších dotazech při práci, tázání, co děláme/budeme dělat, jakou látku tedy „vaříme“ a proč. Neslyšel jsem od nikoho: "To už máte vědět," nebo, "No jó pedák," ale vždycky jsem se dozvěděl, jak na věc, přičemž se asistující člověk ujistil, že rozumím tomu, co se děje.

Pak jsem začal kalkulovat, co, jak a proč. Předložený postup jsem si upravoval, abych lepší metodou dosáhl vyššího výtěžku požadovaných sloučenin. Co jsem se v jednom úkolu dozvěděl, mohl jsem aplikovat na jiném. Se spolužáky jsme sice měli rozdílné úkoly, ale nabyté poznatky o aparaturách jsme si předávali, a tak se vlna informací a metod šířila celou laboratoří a všichni si osvojovali způsoby získání vyšších výtěžků. (Samozřejmě ne vyšší navážkou.)

Aby toho nebylo málo, museli jsme projít dvěma testy, kterými si autoři prověřili, že víme, jak se chovat v laboratoři, a také že víme, co budeme dělat a jak. Dá se tedy říci, že kromě občas řinčícího skla, vyšlehnuvších plamenů a děravého pláště jsme jediné získali. Mně samotnému, a věřím, že i dalším spolužákům, ten týden ukázal novou dimenzi chemie, byl zajímavou inspirací a ještě vytříbil chuť tento předmět studovat a jednou učít.

Jestli se spolupráce obou škol osvědčí, ukáže až čas. Nižším ročníkům ale přeji, aby se jich na VŠCHT týkala nejen Cvičení z organiky. Věřím totiž, že se jejich názor na ně nebude moc lišit od mého.

Martin Rusek

Zákony, které ovlivní život chemiků

035/2006 Sb. Vyhláška, kterou se mění vyhláška Ministerstva průmyslu a obchodu č. 186/1996 Sb., kterou se stanoví podrobnosti barvení a značkování některých uhlovodíkových paliv a maziv, ve znění pozdějších předpisů

012/2006 Sb. Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 426/2004 Sb., o registraci chemických látek

010/2006 Sb. Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 164/2004 Sb., kterou se stanoví základní metody pro zkoušení nebezpečných vlastností chemických látek a chemických přípravků z hlediska hořlavosti a oxidační schopnosti

552/2005 Sb. Zákon, kterým se mění zákon č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a některé další zákony

514/2005 Sb. Nařízení vlády, kterým se mění nařízení vlády č. 333/1993 Sb., o stanovení minimálních mzdových tarifů a mzdového zvýhodnění za práci ve ztíženém a zdraví škodlivém pracovním prostředí a za práci v noci, ve znění pozdějších předpisů

509/2005 Sb. Vyhláška, kterou se mění vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 355/2002 Sb., kterou se stanoví emisní limity a další podmínky provozování ostatních stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší emitujících těkavé organické látky z procesů aplikujících organická rozpouštědla a ze skladování a distribuce benzínu

508/2005 Sb. Vyhláška, kterou se mění vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 83/2002 Sb., kterou se stanoví seznam právnických a fyzických osob s uvedením jejich pracovišť, pro jejichž činnost se nevyžaduje povolení k zacházení s návykovými látkami, přípravy je obsahujícími a prekursory, ve znění vyhlášky č. 317/2003 Sb.

500/2005 Sb. Vyhláška, kterou se mění vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 144/1997 Sb., o fyzické ochraně jaderných materiálů a jaderných zařízení a o jejich zařazování do jednotlivých kategorií

499/2005 Sb. Vyhláška, kterou se mění vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně

496/2005 Sb. Vyhláška, kterou se pro účely poskytování cestovních náhrad stanoví výše sazeb stravného, výše sazeb základních náhrad za používání silničních motorových vozidel a výše průměrných cen pohonných hmot

494/2005 Sb. Vyhláška, kterou se stanoví analytické metody kontroly složení kosmetických prostředků

472/2005 Sb. Úplné znění zákona č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů (zákon o ochraně ovzduší), jak vyplývá z pozdějších změn

471/2005 Sb. Úplné znění zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, jak vyplývá z pozdějších změn

469/2005 Sb. Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 541/2002 Sb., kterou se stanoví sazebník náhrad nákladů za rozborů prováděné laboratořemi Státní zemědělské a potravinářské inspekce pro účely kontroly podle § 3 odst. 3 písm. b) zákona č. 146/2002 Sb., o Státní zemědělské a potravinářské inspekci a o změně některých souvisejících zákonů

464/2005 Sb. Nařízení vlády, kterým se stanoví technické požadavky na měřidla

460/2005 Sb. Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 231/2004 Sb., kterou se stanoví podrobný obsah bezpečnostního listu k nebezpečné chemické látce a chemickému přípravku

454/2005 Sb. Sdělení Českého statistického úřadu o aktualizaci Číselníku vybraných měřících jednotek a jednotek ekonomických veličin (ČVMJ)

449/2005 Sb. Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 443/2004 Sb., kterou se stanoví základní metody pro zkoušení toxicity chemických látek a chemických přípravků

437/2005 Sb. Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 323/2004 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení zákona o vinařství

434/2005 Sb. Úplné znění zákona č. 356/2003 Sb., o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých zákonů, jak vyplývá z pozdějších změn

431/2005 Sb. Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 304/2004 Sb., kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídatných a pomocných látek při výrobě potravin, ve znění vyhlášky č. 152/2005 Sb.

423/2005 Sb. Úplné znění zákona č. 283/1992 Sb., o Akademii věd České republiky, jak vyplývá z pozdějších změn

420/2005 Sb. Úplné znění zákona č. 283/1992 Sb., o Akademii věd České republiky, jak vyplývá z pozdějších změn

409/2005 Sb. Vyhláška o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravu vody

389/2005 Sb. Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 222/2004 Sb., kterou se u chemických látek a chemických přípravků stanoví základní metody pro zkoušení fyzikálně-chemických vlastností, výbušných vlastností a vlastností nebezpečných pro životní prostředí

386/2005 Sb. Zákon, kterým se mění zákon č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon), ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 61/1988 Sb., o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě, ve znění pozdějších předpisů

385/2005 Sb. Zákon, kterým se mění zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů (zákon o ochraně ovzduší), ve znění pozdějších předpisů

369/2005 Sb. Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 232/2004 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení zákona o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých zákonů, týkající se klasifikace, balení a označování nebezpečných chemických látek a chemických přípravků

365/2005 Sb. Nařízení vlády o emisích znečišťujících látek ve výfukových plynech zážehových motorů některých nesilničních mobilních strojů

353/2005 Sb. Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 237/2002 Sb., o podrobnostech způsobu provedení zpětného odběru některých výrobků, ve znění vyhlášky č. 505/2004 Sb., a vyhláška č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, ve znění pozdějších předpisů

346/2005 Sb. Zákon, kterým se mění zákon č. 78/2004 Sb., o nakládání s geneticky modifikovanými organismy a genetickými produkty

345/2005 Sb. Zákon, kterým se mění zákon č. 356/2003 Sb., o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů

342/2005 Sb. Zákon o změnách některých zákonů v souvislosti s přijetím zákona o veřejných výzkumných institucích

341/2005 Sb. Zákon o veřejných výzkumných institucích

300/2005 Sb. Vyhláška, kterou se mění vyhláška Českého báňského úřadu č. 99/1992 Sb., o zřizování, provozu, zajištění a likvidaci zařízení pro ukládání odpadů v podzemních prostorech

294/2005 Sb. Vyhláška o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady

291/2005 Sb. Zákon, kterým se mění zákon č. 136/1994 Sb., o barvení a značkování některých uhlovodíkových paliv a maziv a o opatřeních s tím souvisejících, o doplnění zákona č. 455/1991 Sb., o živnostenském podnikání (živnostenský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zákona České národní rady č. 587/1992 Sb., o spotřebních daních, ve znění pozdějších předpisů, a o změně zákona České národní rady č. 588/1992 Sb., o dani z přidané hodnoty, ve znění pozdějších předpisů, ve znění pozdějších předpisů

279/2005 Sb. Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 219/2004 Sb., o zásadách správné laboratorní praxe

270/2005 Sb. Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 54/2002 Sb., kterou se stanoví zdravotní požadavky na identitu a čistotu přídatných látek, ve znění vyhlášky č. 318/2003 Sb.

247/2005 Sb. Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 330/2004 Sb.,

o opatřeních proti zavlečení a rozšiřování škodlivých organismů rostlin a rostlinných produktů, ve znění vyhlášky č. 662/2004 Sb.

238/2005 Sb. Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 211/2004 Sb., o metodách zkoušení a způsobu odběru a přípravy kontrolních vzorků, ve znění vyhlášky č. 611/2004 Sb.

237/2005 Sb. Vyhláška, kterou se stanoví výše technicky zdůvodněných ztrát při dopravě a skladování minerálních olejů

235/2005 Sb. Nařízení vlády, kterým se mění nařízení vlády č. 288/2002 Sb., kterým se stanoví pravidla poskytování dotací na podporu knihoven

232/2005 Sb. Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 291/2003 Sb., o zákazu podávání některých látek zvířatům, jejichž produkty jsou určeny k výživě lidí, a o sledování (monitoringu) přítomnosti nepovolených látek, reziduí a látek kontaminujících, pro něž by živočišné produkty mohly být škodlivé pro zdraví lidí, u zvířat a v jejich produktech, vyhláška č. 374/2003 Sb., o náhradě nákladů spojených s výkonem veterinární prohlídky jatečných zvířat a masa a s vyšetřením a posouzením živočišných produktů, a vyhláška č. 202/2003 Sb., o veterinárních požadavcích na čerstvé maso, mleté maso, masné polotovary a masné výrobky, ve znění pozdějších předpisů

228/2005 Sb. Zákon o kontrole obchodu s výrobky, jejichž držení se v České republice omezuje z bezpečnostních důvodů, a o změně některých zákonů

Odborná způsobilost chemiků

Podle §44b Zákona o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů 258/2000 Sb ve znění pozdějších úprav

(1) Za fyzické osoby odborně způsobilé pro nakládání s nebezpečnými chemickými látkami a chemickými přípravky klasifikovanými jako vysoce toxické, nejde-li o výrobu, dovoz nebo prodej nebezpečných chemických látek a chemických přípravků klasifikovaných jako vysoce toxické a o výkon speciální ochranné dezinfekce, dezinfekce a deratizace, se považují

a) absolventi vysokých škol, kteří

1. získali vysokoškolské vzdělání v akreditovaném magisterském studijním programu všeobecné lékařství nebo farmacie, nebo v akreditovaných magisterských studijních programech v oblasti veterinárního lékařství a hygieny,
2. získali vysokoškolské vzdělání v oblasti oborů chemie,
3. získali vysokoškolské vzdělání v oblasti skupiny učitelských oborů se zaměřením na chemii a mají ve svém výkazu o studiu potvrzeno úspěšné vykonání zkoušky z toxikologie, nebo
4. získali vysokoškolské vzdělání a mají doklad o absolvování speciální přípravy pro výkon práce ve zdravotnictví^{35e)} nebo doklad o absolvování celoživotního vzdělávání v oboru toxikologie,^{35f)}

b) fyzické osoby, které mají jiné vzdělání, než je uvedeno v písmenu a), a které se podrobily úspěšné zkoušce odborné způsobilosti a mají osvědčení podle odstavce 5 o odborné způsobilosti k nakládání s chemickými látkami a chemickými přípravky klasifikovanými jako vysoce toxické.

(2) Za fyzické osoby odborně způsobilé pro výrobu, dovoz

nebo prodej nebezpečných chemických látek a chemických přípravků klasifikovaných jako vysoce toxické se považují fyzické osoby odborně způsobilé podle zvláštního právního předpisu.²⁰⁾

(3) Komisi pro přezkoušení odborné způsobilosti pro nakládání s nebezpečnými chemickými látkami a chemickými přípravky klasifikovanými jako vysoce toxické (dále jen "zkušební místo") zřizuje příslušný orgán ochrany veřejného zdraví. Ministerstvo zdravotnictví stanoví prováděcím právním předpisem způsob zřízení komise a její složení, obsah a formu přihlášky ke zkoušce, základní obsah a podmínky provedení zkoušky.

(4) Ke zkoušce se může přihlásit u kteréhokoliv zkušebního místa fyzická osoba starší 18 let, která má trvalý pobyt na území České republiky (dále jen "uchazeč"). Pozvánku ke zkoušce doručí zkušební místo uchazeči nejpozději 30 dní před termínem konání zkoušky.

(5) Orgán ochrany veřejného zdraví vydá uchazeči, který úspěšně vykonal zkoušku, nejpozději do 30 dnů ode dne vykonání zkoušky osvědčení o odborné způsobilosti pro nakládání s nebezpečnými chemickými látkami a chemickými přípravky klasifikovanými jako vysoce toxické. Za vydání osvědčení se platí správní poplatek.^{35g)} Osvědčení je platné po dobu 5 let ode dne jeho vydání.

(6) Fyzické osoby, kterým bylo vydáno rozhodnutí o autorizaci^{35h)} pro chemické látky a chemické přípravky vysoce toxické, se považují za odborně způsobilé podle odstavce 1 do doby skončení platnosti rozhodnutí o autorizaci.

Vysvětlivky (mají ponechána původní čísla):

35e) § 54 zákona č. 20/1966 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

35f) § 98 zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

35g) Položka 22 Sazebníku správních poplatků zákona č. 368/1992 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů.

35h) § 18 až 20 zákona č. 157/1998 Sb., ve znění pozdějších předpisů."

20) Dle stanoviska MZd ČR HEM-3023-1.9.05/29852 /JUDr. Krýsová z 1. 9. 2005 ve věci „Výklad § 44b odst. 2 zákona o ochraně veřejného zdraví“ je v § 44b odst. 2 zákona č. 258/2000 Sb., ve znění pozdějších předpisů, citován v poznámce pod čarou č. 20 Živnostenský zákon. Z takto formulované úpravy plyne, že jde-li o výrobu, dovoz nebo prodej chemických látek a přípravků, klasifikovaných jako nebezpečné, neboť jde o látky vysoce toxické, posuzuje se odborná způsobilost podle živnostenského zákona. V živnostenském zákoně je odborná způsobilost popsána v přílohách č. 2 a 3.

Toto ustanovení souvisí i s textem § 44b odst. 1 cit. zákona, z něhož vyplývá, že v odstavci 1 se stanoví kdo se považuje za osobu odborně způsobilou pro nakládání s nebezpečnými chemickými látkami a přípravky, klasifikovanými jako vysoce toxické. Toto ustanovení však neplatí pro osoby, které tyto látky vyrábějí, dovážejí nebo prodávají a pro výkon speciální ochranné dezinfekce, dezinfekce a deratizace (kde platí úprava § 55 a násl. zákona č. 258/2000 Sb., jde-li o osobu

pracující v této oblasti, či řídící zde práci nebo živnostenský zákon, jde-li o živnostníka a jeho odbornou způsobilost). Podepsána RNDr. Karla Řihová, ředitelka odboru strategie a řízení ochrany a podpory veřejného zdraví; v. z. MUDr. Jarmila Rážová, v. r. zástupkyně ředitelky odboru strategie a řízení ochrany a podpory veřejného zdraví.

Výše popsané požadavky kvalifikace by mohly vést k závěru, že profese „chemik“ je profesí regulovanou (regulated profession) podle směrnice 2005/36/EC Evropského parlamentu a rady z „o uznávání odborných kvalifikací“. Zatím tomu tak není, pouze např. členové britské Královské chemické společnosti (RSC) registrovaní v seznamu odborníků (například CChem, Chartered Chemist) podle podmínky čl. 3 odst. 2 směrnice (Příloha I) mohou být za takové odborníky za určitých okolností považováni. (Viz. Úřední věstník Evropské unie L 255/22 z 30.9.2005, <http://europa.eu.int/eur-lex/lex/>).

pad

Bulletin představuje

Vědci z Olomouce dokážou odhalit barvení vína

**Tisková zpráva UP
13. ledna 2005**

OLOMOUC – Chemici z olomoucké Univerzity Palackého dokázali jako první v zemi až do detailu odhalit, zda červené víno obsahuje opravdu originální barvivo dané odrůdy, nebo je v nápoji nahrazuje či doplňuje falzifikát. Odborníci totiž již několik let zkoumají takzvané anthokyaniny, které mimo jiné mohou za barvu červeného vína, jsou ale zároveň prospěšné i lidskému zdraví.

Barva je u červeného vína jedním ze základních prvků, podle kterého konzument nápoj hodnotí. Proto se najdou vinaři, kteří v případě nevýrazné barvy přírodě pomůžou a nedodrží profesní etiku. „Dokážeme rozpoznat syntetická i přírodní barviva, odhalíme, zda vinař nabízí autentický produkt, nebo přibarvil víno barvivy z plodů bezu černého nebo jiného přírodního zdroje. Pracujeme na metodách dovolujících identifikaci odrůd, případně jejich směsí,“ vysvětlil Petr Bednář z olomoucké přírodovědecké fakulty.

Na tento typ problémů se v rámci EU zaměřují zejména laboratoře ve vinařských velmocích – Španělsku, Fran-

ci, Portugalsku či Itálii, v Česku umí detailní rozbor jen chemici v Olomouci.

Analytické pracoviště se k anthokyaninům dostalo při studiu prospěšnosti látek, obsažených ve víně, pro lidské zdraví. „Ve víně, a zejména v červeném, je řada antioxidantů, které dokážou chránit lidské tělo před volnými radikály. Anthokyaniny patří k nejvýznamnějším,“ podotkl Bednář. Volné radikály odborníci považují za hlavní škůdce buněk, způsobující nádorové bujení. Antioxidanty dokážou buňku proti nim preventivně bránit a zároveň neničí ostatní buňky.

Anthokyaniny jsou podle vědců vlastně přírodní UV filtry, které chrání rostliny před nezdravým slunečním zářením. „Díky nim se před mnoha miliony let mohly rostliny rozšířit z moře na souš,“ připomíná Bednář. Olomoucká laboratoř analytické chemie nyní zkoumá, na co se látky mění v okamžiku, kdy se dostávají do trávicího traktu člověka.

Kontakt:

Petr Bednář, pracovník laboratoře analytické chemie PČF UP, e-mail: bednarp@prfnw.upol.cz, tel: 585 634 403
Juraj Ševčík, proděkan PČF, e-mail: sevcik@upol.cz, tel: 585 634 156

Aprílový klub

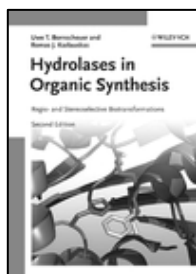
Nečisté kádrové praktiky

Od našeho zvláštního zpravodaje (UK). V rámci akreditačního řízení na významné, ale ne nejlepší, univerzitě v Anglii přišla na přetřes kvalifikace pedagogů. I vyšlo najevo, že jsou i takové ústavy v této, tradičně konzervativní, zemi, kde se profesura (full professorship) nepovažu-

je za nic moc, neboť je obecně známo, že mnozí akademičtí funkcionáři, pokud se dostanou k dostatečné moci, si nechají udělit takový titul „za úřad“ a nikoli za odbornou a učitelskou úroveň. Ochráňuj nás vyšší mocnosti před takovými praktikami v naší malé zemi.

pad

Recenze

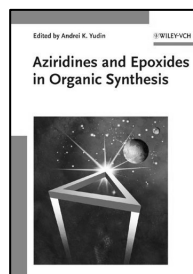


Uwe Theo Bornscheuer,
Romas Joseph Kazlauskas
**Hydrolases in Organic Synthesis:
Regio- and Stereoselective Biotrans-
formations**
Vydal Wiley-VCH v listopadu 2005,
2. vydání. Pevná vazba, 368 stran, cena
€150.00.
ISBN 3-527-31029-0

Uwe Bornscheuer vystudoval německou univerzitu v Hannoveru, pracoval v Japonsku. Habilitoval se na univerzitě ve Stuttgartu a dnes je profesorem technické chemie a biotechnologie na univerzitě v Greisswaldu. Romas Kazlauskas studoval na MIT a Harvardu, pracoval v General Electric a McGill University, Montreal, Canada. Dnes je docentem biochemie, molekulární biologie a biofyziky na University of Minnesota, Twin Cities. Autoři předložili jak v úspěšném prvním, tak ve druhém vydání vyčerpávající manuál o hydrolytických enzymech (obzvláště pak lipasach, esterazach a proteasach) především pro organické chemiky. Jak praví prvá věta z knihy: hydrolasy jsou skupinou enzymů, které katalyzují štěpení vazeb reakcí s vodou. O prvním vydání napsal prof. Nicholas J. Turner z University of Edinburgh: „Toto je nejlepší kniha svého druhu a může být doporučována všem organickým chemikům, kteří mají zájem použít hydrolytické enzymy v syntéze.“ Fritz Theil, WITEGA Angewandte Werkstoff-Forschung GmbH, Berlin k tomu dodává: „Kniha je nepostradatelným zdrojem informací o použití hydrolas v organické syntéze.“ Materiál je v knize velmi dobře shromážděn, kapitoly jasně strukturovány a napsány a podány i z kritického úhlu. Autoři obdivuhodně uspěli v popisu schopností a limitů použití hydrolytických enzymů a jejich hodnocení. Žádná knihovna by neměla zůstat bez této příručky.

Druhé vydání této velmi úspěšné a prověřené knihy předkládá soudobý vývoj v použití hydrolas pro organickou syntézu, odrážející zvláště enormní pokrok, který byl učiněn v objevování enzymů a optimalizaci jejich použití. Přidává proto i novou kapitolu „Protein Sources and Optimization of Biocatalyst Performance“. Navíc jsou doplněny i kapitoly o dynamické kinetické rezoluci a imobilizaci. Kniha pojednává i o nových druzích hydrolas, jakými jsou např. haloalkandehalogenasy a organofosforhydrolasy. Druhé vydání tak přináší popis ještě širšího pole působnosti hydrolas a dává nahlédnout i do hájemství stereoselektivních reakcí s jejich použitím. Kniha obsahuje přes tisíc chemických struktur, mnoho obrázků a tabulek a kolem 1800 nedocenitelných citací. Obsahuje kvalitní rejstřík a výklad zkratk. Kniha je graficky a technicky velmi dobře vyvedena a jedinou závadou, kterou jsem zahlédl, byla určitá nejednotnost ve znázorňování chirálních atomů. Může to být i různou dobou vzniku takového strukturního vzorce.

Pavel Drašar



Andrei K. Yudin (Editor)
**Aziridines and Epoxides in Organic
Synthesis**
Vydal Wiley-VCH v lednu 2006. Pevná
vazba, 516 stran, cena €157.50.
ISBN 3-527-31213-7

Profesor Andrei K. Yudin studoval na University of Southern California, poté pracoval ve Scripps Research Institute.

Od roku 1998 je zaměstnancem University of Toronto. Jak již říká název, jeho kniha je o aziridínech a epoxidech, které patří mezi nejvíce používané meziproducty v organické syntéze, které jsou používány jako prekurzory mnohem složitějších molekul m.j. i pro pnutí v tříčlenném kruhu. Kromě jejich důležitosti jako reaktivních meziproductů je role těchto tříčlenných kruhů významná i v přírodě, neboť mnoho biologicky aktivních sloučenin je obsahuje též.

Kniha skvěle vyplňuje nepopsanou niku v chemické literatuře, je dobře strukturována a přináší souhrn důležitých informací v kompaktní a přehledné formě. Redaktor knihy homogenizoval dílo 23 významných autorů z oboru a pokryl jak syntézu, použití, ale i relevantní biologické aspekty v náležitě širší a hloubce. Bratrsky rozdělena na poloviny mezi aziridiny a epoxidy obsahuje kniha ve dvaceti kapitolách tato témata: Synthesis of aziridines, Nucleophilic ring-opening of aziridines and epoxides, Organic synthesis with aziridine building blocks, Vinyl aziridines in organic synthesis, Diastereoselective aziridination reagents, Synthetic aspects of aziridinomitocene chemistry, Biosynthesis of biologically important aziridines, Organic catalysis of epoxide and aziridine ring formation, Metal-mediated synthesis of epoxides, Asymmetric epoxide ring opening chemistry, Epoxides in complex molecule synthesis, Biological activity of epoxide-containing molecules.

Kniha obsahuje kvalitní rejstřík, je graficky a technicky velmi dobře vyvedena a je doplněna vysoce kvalitním bibliografickým materiálem a poslouží jako příručka jak akademickým, tak průmyslovým chemikům. Jedinou závadou, kterou jsem zahlédl, byla nejednotnost ve znázorňování chirálních atomů a způsobu kreslení vzorců. Jako velmi užitečnou příručku ji lze doporučit do každé laboratoře zabývající se organickou chemií.

Pavel Drašar



Google Scholar dělá starosti
placeným zdrojům informací

Na adrese <http://scholar.google.com/> nalezne i ten, kdo nemá přístup k velmi drahým zdrojům odborných informací, jakými jsou třeba Web of Knowledge, SciFin-

der či CrossFire (Beilstein), téměř to samé jako na těchto stránkách.

Google Scholar umožňuje vyhledávat informace ve vědecké literatuře, recenzovaných časopisech, diplomových pracích, knihách, preprintech, abstraktech a technických zprávách ze všech širokých oblastí výzkumu ať již od široké palety akademických nakladatelství, učených a profesionálních společností, univerzit a stránek, které publikují preprinty, případně pouze umístěných na webu. Svým záběrem se od výše uvedených placených zdrojů liší, neboť se neomezuje na kanonickou vědeckou literaturu.

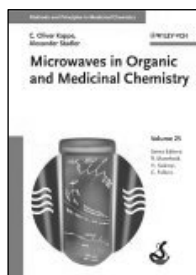
Jak Google Scholar pracuje? Stejně jako populární vyhledávač Google Web Search, Google Scholar seřadí výsledky hledání podle toho, jak dalece odpovídají zadání dotazu, přičemž ten, který je dotazu nejbližší je uveden nahore. Tato relevance bere v potaz celý text daného zdroje informace a ne jenom klíčová slova či nadpis. Dovede nalézt i autory publikace a často i ty práce, které na danou informaci odkazují a uvést jejich součet. Google Scholar také automaticky analyzuje a excerpuje citace a uvádí je jako zvláštní výsledek hledání, i když mateřské dokumenty nejsou k dispozici online. Znamená to, že odpověď na dotaz může obsahovat hyperlink na starou práci, která v elektronické podobě neexistuje či na část knihy, anebo na práci, která je z místa umístění počítače, ze kterého byl učiněn dotaz nepřístupná a podobně.

Vzhledem k tomu, že beta verze byla spuštěna teprve nedávno, je tým Google Scholar připraven reagovat na návrhy i dotazy uživatelů. Google Scholar si klade za jeden z cílů podpořit viditelnost a dostupnost odborné informace. Spolupracuje s vydavateli na rejstříkování jejich informačních zdrojů tak, aby byly snadno a rychle prohledávatelné na adrese <http://scholar.google.com/scholar/publishers.html> publikuje k tomu relevantní informace. Pro vedoucí knihoven nabízí přístup k elektronickým a tištěným informačním zdrojům; bližší informace jsou na <http://scholar.google.com/scholar/libraries.html>.

Tím, že Google Scholar otevírá cestu k dříve drazé placeným zdrojům, může napomoci nejen odborníkům, kteří někdy obracejí každou korunku, ale pomáhá v popularizaci výsledků vědy a výzkumu. Podívejte se na stránku <http://www.google.com/intl/en/options/> a zjistěte, co všechno pro každého z nás může Google udělat.

Posláním Google, který stvořili Larry Page a Sergey Brin, je upořádat informace z celého světa a učinit je univerzálně přístupnými a tak užitečnými. Google Scholar je další pomůcka, která funguje.

Pavel Drašar



C. Oliver Kappe, Alexander Stadler

Microwaves in Organic and Medicinal Chemistry (Methods and Principles in Medicinal Chemistry)

Redaktoři série Raimund Mannhold, Hugo Kubinyi, Gerd Folkers. Vydal Wiley-VCH v září 2005. Pevná vazba, 422 stran, £100.00 / €150.00.

ISBN: 3-527-31210-2

Žádoucí a aktuální téma, pro které Amazon nabízí, kromě této ještě 41 dalších knih, většinou z poslední doby, některé i z roku 2006. Autoři tohoto „průvodce“ jsou experty v používání mikrovln jako zdroje energie při syntéze biologicky aktivních látek. Kromě toho jsou propagátory této metody, kteří učí v mnoha kursech pořádaných Americkou chemickou společností (ACS) a IUPAC. V průvodci jsou shromážděny informace pro kteréhokoliv „vařivého“ chemika se zaměřením na běžné typy reakcí v organické chemii, lékařské chemii a metody kombinatoriální chemie a chemie na pevné fázi. Autoři seznamují čtenáře se související teorií a posledním vývojem v použití mikrovln. Jsou uvedeny příklady z nejčerstvější literatury, ale i méně obvyklé aplikace této metody. Jde o příručku, která je nepostradatelná pro každého, kdo má slabost pro uplatňování moderních metodik v laboratoři či v průmyslu.

Tento ucelený průvodce použití mikrovln v organické a lékařské chemii obsahuje i informace a návody stravitelné pro novice v oboru. Ve srovnání s konvenčními metodami zahřívání je ozařování mikrovlnami vhodné tam, kde hledáme méně vedlejších reakcí a optimalizujeme ztráty z rozkladu naší prvotní hmoty. Metodika může být často snadno adaptována i na v knížce neuvedené postupy. Dostupná a spolehlivá metoda je předložena jako snadno uchopitelný nástroj pro každého chemika. Hlavní kapitoly nás seznamují s teorií mikrovln, sortimentem přístrojového vybavení, metodikami použití, způsobem, jak začít s prací v tomto oboru a hlavně s přehledem aplikací z literatury. Mezi nejvýznamnější aplikace počítám tvorbu vazby C-C a C-heteroatom za katalýzy přechodovými kovy a podobné reakce a pak syntézu heterocyklů a použití iontových kapalín. Kvalitní sazba, homogenní podání strukturních vzorců, rejstříky a literatura u každé kapitoly činí příručku velmi přehlednou.

C. Oliver Kappe docent z University v Grazu a Alexander Stadler ze skupiny doc. Kappe, který nyní pracuje pro firmu Anton Paar GmbH v Graz jsou povoláními specialisty, kteří nás zasvětili do tajů této užitečné metody.

Pavel Drašar

Laurier L. Schramm

Emulsions, Foams, and Suspensions, Fundamentals and Applications;

Vydal WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim 2005, ISBN 3-527-30743-5

Emulze, pěny a suspenze jsou heterogenní systémy, které se vyskytují ve všech oblastech chemie. O této problematice existuje řada publikací, ale tato kniha ihned zaujme čtenáře jak přehledností, kterou je napsána tak svým rozsahem. I když má publikace 18 kapitol (440 stran) lze ji rozdělit z tématického hlediska na dvě poloviny, na prvních 220 stranách jsou popsány emulze, pěny a suspenze jako fyzikálně-chemické systémy.

Základní pojmy jsou jednoznačně definovány. Rovnice v převážně většině nejsou odvozovány. Na tuto skutečnost lze pohlížet jak ze záporného hlediska a argumento-

vat, že čtenář se nedozví jak se k těmto rovnicím došlo. Tato okolnost je však více než vyvážena přehledností publikace. Pro čtenářky a čtenáře, kteří se chtějí o teoretických základech popisovaných jevů dozvědět více doporučuji jednak klasickou knihu „POUCHLÝ J., VAVRUCH I.: Fyzikální chemie koloidních soustav, SNTL Praha 1960“ a dále skvělá skripta : „BARTOVSKÁ L., ŠIŠKOVÁ M.: Fyzikální chemie povrchů a koloidních soustav, VŠCHT Praha“.

V knize jsou uvedeny metody k měření fyzikálně-chemických parametrů emulzí pěn a suspenzí, vlastnosti mezifázových rozhraní, měření povrchového napětí statickými i dynamickými metodami. Jsou popsány vlastnosti tenzidů a jejich chování na fázových rozhraních. Následují kapitoly o elektrokinetických jevech, stabilitě a reologii koloidních soustav a první polovinu knihy uzavírá kapitola o přípravě, inhibici a destrukci disperzních systémů.

V druhé polovině knihy následují kapitoly o aplikacích při ochraně životního prostředí, těžbě a úpravě těžebních materiálů, ropném průmyslu a stručně v dalších prů-

myslových odvětvích (papírenství, syntéza polymerů, asfaltování silnic, při hašení požárů atp.).

Další prakticky zaměřené kapitoly se týkají aplikací v zemědělství a výrobě potravin (např. zemědělské postřiky, zmrzliny, pekařské výrobky, margariny), dále aplikací v medicíně a rovněž velmi stručně v detergentech a kosmetice a posledních několik stránek je věnováno aplikacím v oblasti nanomateriálů a likvidování následků teroristických útoků.

Knihu uzavírá vysvětlovací slovník pojmů z oblasti emulzí, pěn a suspenzí a literární odkazy, kterých je 986, poslední jsou z roku 2004 (takže publikace je téměř současná) a rejstřík. Jednotlivé kapitoly jsou doprovázeny názornými obrázky a fotografiemi.

Při popisu jevů autor začíná na molekulární úrovni, takže uvedené jevy lze nastudovat a pochopit na základě fyzikálně-chemických znalostí na úrovni jaká se vyučuje na vysokých školách. Knihu ocení nejen studenti vysokých škol, kteří tuto problematiku studují ale i ti kteří se touto problematikou zabývají ve výzkumu či v průmyslové praxi.

Jan Šmidrkal

ACHEMA 2006

Ve dnech 15.–19. května 2006 se ve Frankfurtu nad Mohanem koná mezinárodní veletrh chemických technologií, ochrany životního prostředí a biotechnologií „ACHEMA 2006“. Tento veletrh je pořádán v tříletých intervalech a patří k nejvýznamnějším akcím svého druhu v Evropě.

Letošní veletrh byl zařazen do programu oficiálních účastí České republiky. Pod záštitou MPO se na této akci bude prezentovat 18 českých firem na celkové ploše 370 m². Pro české vystavovatele je účast na veletrhu příležitostí nejen pro uzavírání obchodních kontraktů, ale možností seznámit se s nejnovějšími trendy v této oblasti v celosvětovém měřítku. Součástí veletrhu je celá řada doprovodných akcí včetně Mezinárodního kongresu chemických technologií.

Realizací celé akce je pověřena firma Incheba Praha s.r.o. Na expozici MPO bude též přítomen zástupce Svazu chemického průmyslu.

Kontakt: Ing. Jana Nováková, ředitelka oficiální účasti ČR, MPO, odd. střední a západní Evropy, Politických vězňů 20, 112 49 Praha 1, e-mail: novakova@mpo.cz

Osobní zprávy



Rudolf Brdička
100 let od narození

Dne 25. února 2006 uplynulo 100 let od narození vynikajícího fyzikálního chemika, pedagoga a ušlechtilého člověka Rudolfa Brdičky, profesora Karlovy univerzity, zakladatele a prvního ředitele

Ústavu fyzikální chemie Akademie věd.

Po maturitě v r. 1924 vstoupil Rudolf Brdička na Přírodovědeckou fakultu Karlovy univerzity, kde pod vedením profesora Jaroslava Heyrovského dosáhl v r. 1929 doktorátu na základě disertace zabývající se polarografickými a spektrálními vlastnostmi roztoků chloridu kobalt-natého. Rok před tím si ho profesor Heyrovský pro jeho mimořádné nadání a bystrost vybral za svého asistenta a v r. 1934 se Brdička u něho habilitoval. Habilitační práce se zabývala efektem, který Brdička objevil, když při polarografickém studiu sloučenin kobaltu v amoniakálním roztoku náhodně použil k potlačení ostrého maxima na začátku kobaltové vlny místo obvyklé želatiny, která mu došla, krevní sérum, s nímž se pracovalo v sousední laboratoři. Na polarogramu překvapivě vznikla výrazná dvojitá a Brdička správně rozpoznal, že nebyla způsobena redukcí bílkovin séra, nýbrž katalyticky usnadněnou redukcí vodíkových iontů pocházejících ze sulf-hydrylové skupiny v bílkovině. Tento jev, označovaný jako Brdičkova reakce, se stal základem metody pro diagnostiku rakovinného onemocnění.

Hned po habilitaci odjel docent Brdička na roční stipendijní pobyt do biochemické laboratoře Kalifornské univerzity v Berkeley. Zde navštěvoval i přednášky vynikajících fyziků J. R. Oppenheimera a E. O. Lawrence. Domů se vracel přes Japonsko, Indii a Egypt. Krátce potom absolvoval semestrální pobyt na univerzitě ve Würzburgu, kde pracoval na aktivaci peroxidu vodíku krevními barvivy.

Po uzavření českých vysokých škol nacisty v listopadu 1939 Brdička nejprve působil jako středoškolský profesor na dvou pražských gymnáziích a v r. 1941 se přičiněním docenta Františka Běhouka stal zaměstnancem Bádaciho oddělení Radioléčebného ústavu v Praze na Bulovce, kde strávil čtyři mimořádně plodné roky své vědecké dráhy. Pokračoval zde ve výzkumu své polarografické reakce bílkovin a systematickým srovnáváním polarogramů sér zdravých lidí a pacientů trpících rakovinou definitivně potvrdil, že v důsledku rozdílného zastoupení jednotlivých bílkovin je katalytická dvojitá vylučování vodíku u nemocných rakovinou podstatně zvýšena. Tato metoda se pak stala v onkologii standardně užívaným klinickým testem, průkazným především při sledování postupu léčby, popř. při odhalování recidiv. Až v osmdesátých letech minulého století byla nahrazena novými a specifitějšími technikami. V současnosti se Brdičkova reakce

uplatňuje při studiu proteinů v biochemii.

Za svého působení v Radioléčebném ústavu Brdička však též vytvořil dvě skupiny prací, které znamenaly podstatný přínos pro elektrodovou kinetiku a později mu přinesly světovou proslulost. V roce 1943 spolu s K. Wiesnerem objevil kinetické polarografické proudy, vznikající, jestliže se elektroaktivní látka vytváří nebo je odstraňována chemickou reakcí v těsné blízkosti elektrody. Kinetické proudy tedy závisejí na rychlosti této chemické reakce a na difuzi jejích produktů k elektrodě. Přibližný výpočet rychlostních konstant takových reakcí z polarografických křivek vypracovaný Brdičkou a Wiesnerem byl koncem čtyřicátých a počátkem padesátých let zásluhou J. Kouteckého nahrazen exaktním matematickým přístupem. Rozpracování pro různé případy pak umožnilo Brdičkově s V. Hanušem a J. Kouteckým stanovit z polarografických křivek jinak těžko určitelné rychlostní konstanty mnohých rychlých reakcí předřazených, následných či vřazených vlastnímu elektrodovému ději. Dalším zásadním přínosem Brdičky ve čtyřicátých letech byl objev, vysvětlení a kvantitativní popis adsorpčních polarografických proudů, které se na polarogramu projevují jako předvlna u pozitivnějšího potenciálu, než je redox potenciál dané látky, pokud je její redukce usnadněna adsorpcí na elektrodě. Těmto vynikajícím objevným pracím se dostalo zaslouženého světového uznání.

Po otevření českých vysokých škol v roce 1945 byl docent Brdička požádán, aby na Přírodovědecké fakultě Karlovy univerzity převzal po profesoru Heyrovském břemeno přednášek z fyzikální chemie. Brdička vypracoval pětisemestrový kurz zahrnující hlavní disciplíny fyzikální chemie a zachycující obrovský pokrok dosažený v tomto oboru ve světě během války. Podstatně tím přispěl k rozvoji moderní fyzikální chemie v naší zemi. Brdička přednášky nejen sám vypracoval, ale po několika let i sám přednášel, a to se strhujícím a nezapomenutelným temperamentem. Přednášky rozšířil do učebnice *Základy fyzikální chemie*, vydané v roce 1952, která byla potom přeložena do několika jazyků. Soustavně ji doplňoval a rozšiřoval a její německá verze, která postupně přesáhla 1000 stran, se do roku 1982 dočkala 15 vydání a stala se standardní učebnicí v německé jazykové oblasti. V lednu 1948 byl Brdička jmenován mimořádným a o rok později řádným profesorem fyzikální chemie na Karlově univerzitě.

V rámci zřízení Československé akademie věd na přelomu let 1952 a 1953 byl profesor Brdička jmenován akademikem a byl vyzván, aby založil a řídil Laboratoř fyzikální chemie.

Ta byla prozatímne umístěna v několika místnostech chemického ústavu Přírodovědecké fakulty na pražském Albertově a hned v roce 1954 se Brdičkově a jeho mladým spolupracovníkům v Laboratoři dostalo dvou významných ocenění. Byla to Státní cena I. stupně, udělená R. Brdičkově a J. Kouteckému za matematické vyřešení kinetiky elektrodových procesů, a Státní cena II. stupně udělená

V. Hanušovi, V. Čermákovi, Č. Jechovi a J. Cabicarovi za konstrukci prvního československého hmotnostního spektrometru. Laboratoř se rychle rozrůstala, v roce 1955 se z ní stal Ústav fyzikální chemie a ten se dále rozšiřoval personálně i tématicky.

Brdička ústav budoval důsledně multidisciplinárně a hned zpočátku v něm zavedl výzkum několika nových progresivních směrů – kvantové chemie, hmotnostní spektrometrie, heterogenní katalýzy a adsorpce a chemie polymerů. Brzy následoval výzkum elektronové spektroskopie, chemické termodynamiky a kinetiky, později molekulové spektroskopie, fyzikální chemie aerosolů a dalších. Brdička podněcoval spolupráci a vzájemné ovlivňování pracovníků různých výzkumných směrů a velký důraz kladl na součinnost experimentátorů a teoretiků. Šel v tom příkladem ve své vlastní práci. Naprosto nebyl manažerem vědy, vedl ústav neobyčejně demokraticky, prakticky bez přímých příkazů, badatelskou činnost usměrňoval spíše formou dotazů a popřípadě jen rámcových návrhů. Přesto však měl v ústavu naprostou autoritu. Svou laskavostí, velkorysostí, poskytovanou důvěrou a vysoce fair jednáním zavazoval. Pěstoval ve všech pracovnících samostatnost myšlení a pocit odpovědnosti za vlastní práci, podporoval nezávislé vyhledávání nových směrů výzkumu a vytvořil v ústavu vynikající prostředí inspirující k tvůrčí práci. Navíc byl výborným společníkem a aktivním účastníkem hojných společenských akcí ústavu, jehož družná atmosféra byla jedinečná v domácím i mezinárodním měřítku.

Nepřipouštěl však osobní útoky a pletichy a ve věcech vědecké i obecné morálky byl nekompromisní. Prokázal to např. svou nesmlouvavou obhajobou profesora Heyrovského proti útokům v poválečné době. K jinému případu došlo při celonárodních politických prověrkách v roce 1957 nařízených Komunistickou stranou. Předseda ústavní stranické organizace se tehdy pokusil zneužít svého postavení k odstranění významného pracovníka ústavu, který mu předtím tvrdě zkritizoval kandidátskou práci. V této velmi obtížné situaci se Brdičkovi energickým uplatněním veškerého svého vlivu a pohrůzkou složení ředitelské funkce nakonec podařilo zabránit zamýšlené akci a naopak dosáhnout odchodu provinivšího se pracovníka z ústavu. Rázně též ukončil snahu významného profesora (který musel pro závažné prohřešky opustit své dřívější pracoviště a vedením Akademie byl přidělen do Brdičkova ústavu) znemožnit dvěma začínajícím aspirantům, aby zahájili práci v novém progresivním směru výzkumu katalýzy.

I když se ústav početně i tématicky rozrůstal, ve svém vlastním oboru, tj. v elektrochemii, zůstával Brdička v ústavu do značné míry osamocen, neboť elektrochemický výzkum byl soustředěn v sesterském Polarografickém ústavu Akademie. V šedesátých letech tak Brdička zaměřil svůj zájem především na výzkum radiační chemie biochemicky významných sloučenin. Stále více času a energie mu ubíralo vedení zvětšujícího se ústavu, funkce v orgánech Akademie a plnění mnoha dalších povinností



Oslava šedesátin v únoru 1966 (foto Z. Knor)

(psaní posudků na publikace a disertace, péče o zahraniční hosty, atd.). A tak Brdička vzrůstající měrou obětoval svou vlastní výzkumnou činnost rozvoji ústavu a s nevídanou nezištností a sebeobětováním činil ve prospěch druhých i rozhodnutí, která mu osobně byla velice zatěžko. Těšila ho však práce na trvalém zdokonalování a rozšiřování jeho učebnice fyzikální chemie a radoval se z úspěchů a rostoucího mezinárodního uznání ústavu. Oslava jeho šedesátin v roce 1966 byl nádherný a nezapomenutelný zážitek.

Tragický zlom přinesla okupace republiky v srpnu 1968. Do emigrace postupně odešlo 19 pracovníků ústavu, většinou vedoucích vědeckých osobností, a Brdičkova snaha přesvědčit alespoň některé z nich k návratu byla neúspěšná. To nesl velmi těžce, avšak ještě nerezignoval. Brzy však prudce se zhoršující politická a celospolečenská situace a nástup normalizačního útisku tvrdě zasahujícího i Akademii a řadu vynikajících vědců, jichž si vážil, začaly rychle ničit jeho dřívější optimismus, elán a zdraví. Jeho srdce, oslabené i silným kouřením, nevydrželo tíhu a smutek té doby a 25. června 1970 na radiochemické konferenci v Mariánských Lázních Rudolf Brdička podlehl opakovanému infarktu. Zanechal po sobě úctyhodné dílo vědecké i pedagogické a patří mu zásluha za rozhodující roli v budování moderní fyzikální chemie v naší zemi. Navíc ti, kteří v ústavu pracovali, s vděčností vzpomínají na nádherná léta, která díky jeho vědecké i lidské velikosti mohli v ústavu prožít.

Na paměť Rudolfa Brdičky pořádá ústav od roku 1991 vždy v červnu slavnostní přednášku, ke které je pozván význačný světový vědec v některém z oborů, které jsou v ústavu rozvíjeny. Mezi přednášejícími byli již i tři nositelé Nobelovy ceny. Letos 22. června proslaví 16. Brdičkovu přednášku profesor Paul Crutzen z university v Utrechtu, nositel Nobelovy ceny za chemii v roce 1995, přední světový odborník v chemii atmosféry. Věříme, že i při své velké skromnosti by byl pan profesor Brdička takovýmto způsobem vzpomínky potěšen.

Slavoj Černý

Ústav fyzikální chemie Jaroslava Heyrovského AV ČR

Výročí a jubilea

Jubilanti ve 3. čtvrtletí 2006

85 let

Dr. Ing. Otakar Mikeš, DrSc., (2.7.), ÚOCHB AV ČR Praha
Ing. Drahomír Sokol, CSc., (15.7.), VLVDU Hradec Králové
Miroslav Zahradník, (17.8.), VÚTP Praha
Metoděj Malý, (30.9.), Textilana Podhradí

80 let

Prof. Ing. Jan Hlaváč, DrSc., (16.7.), VŠCHT Praha
Milan Dočkal, (29.7.), ÚGG AV ČR Praha
Ing. Miroslav Loyda, (14.8.), obchodní zastoupení BAYER AG
Ing. Věra Dienstbierová, CSc., (11.9.), VŠCHT Praha
RNDr. Milan Odehnal, CSc., (11.9.), PřF MU v Brně

75 let

RNDr. PhMr. Kristián Svoboda, CSc. (1.7.), ÚJV Řež u Prahy
Ing. Milan Kunz, (6.8.), Brno
Ing. Jiří Hugo, CSc. (14.8.), SVÚM Praha
Prof. RNDr. Jan Tržil, CSc., (28.8.), VŠB - TU Ostrava
Ing. Jaroslav Němec, DrSc. (18.9.), ÚGG AV ČR Praha
Prof. Ing. Zdeněk Šolc, DrSc., (21.9.), Univerzita Pardubice
RNDr. Milan Vrána, (26.9.), VCHZ Synthetia Pardubice

70 let

Ing. František Keberle, (11.7.), SPŠCH Brno
Prof. Ing. Miloslav Frumar, DrSc., (18.7.), Univerzita Pardubice
Prof. RNDr. Václav Suchý, DrSc., (19.7.), FarmF VFU Brno
Doc. RNDr. Milan Soldán, CSc., (30.7.), PaedF Masarykova univerzita Brno
RNDr. František Zemánek, (7.8.), PřF Univerzita Karlova Praha
RNDr. Pavel Schmidt, CSc., (11.8.), ÚMCH AV ČR Praha
Doc. Ing. Milan Šípek, CSc., (12.8.), VŠCHT Praha
Prof. Ing. Jiří Votinský, DrSc., (22.8.), Univerzita Pardubice
Ing. Božena Lánská, CSc., (24.8.), ÚMCH AV ČR Praha
Doc. Ing. Petr Kondelík, CSc., (29.8.), HANDIHELP Praha
Ing. Ivan Samohýl, CSc., (29.8.), VŠCHT Praha
Doc. RNDr. Milan Calábek, CSc., (30.8.), VUT Brno
Prof. RNDr. Antonín Holý, DrSc. Dr.h.c., (1.9.),

ÚOCHB AV ČR Praha
Ing. Ctibor Perlín, (7.9.), Ústav potravinářských a zemědělských informací Praha

65 let

Doc. Ing. Juraj Kizlink, CSc., (1.7.), VUT Brno
Ing. Václav Sinevič, CSc., (14.7.), VŠCHT Praha
Ing. Jan Grégr, (15.7.), Technická Univerzita Liberec
Ing. Jana Žilková, (24.7.), VŠCHT Praha
Ing. Vlasta Fiedlerová, (10.8.), VÚPP Praha
Ing. Milan Hájek, CSc., (25.8.), ÚCHP AV ČR Praha

60 let

Mgr. Jana Laníková, (11.7.), Gymnázium Klatovy
RNDr. Jiří Dědina, CSc., (18.7.), Ústav analytické chemie AV ČR Praha
Doc. Ing. Bohuslav Rittich, CSc., (24.7.), PřF MU v Brně
Ing. Jiřina Komárková, (27.7.), VÚTP Praha
Ing. Zbyněk Janoušek, CSc., (28.7.), ÚANCH AV ČR Řež u Prahy
Doc. Ing. Hana Schejbalová, CSc., (9.8.), Technická univerzita Liberec
RNDr. Květoslava Fuksová, CSc., (15.8.), Izotopová laboratoř AV ČR Praha
RNDr. Věra Siglerová, CSc., (2.9.), ÚEB AV ČR Praha
Ing. Vladimír Vojta, CSc., (3.9.), CCS, a.s., Praha
RNDr. Jiří Spěváček, DrSc., (4.9.), ÚMCH AV ČR Praha
Doc. Ing. Olga Smrčková, CSc., (5.9.), VŠCHT Praha
Ing. Kristina Vyžralová, (9.6.), Bratří Zátkové Boršov nad Vltavou
RNDr. Jiří Podešva, CSc., (24.9.), ÚMCH AV ČR Praha

Blahopřejeme

Zemřelí členové Společnosti

RNDr. Libuše Vlasáková, SVÚOM Běchovice, zemřela 15.4.2005 ve věku nedožitých 93 let
Ing. Miroslav Pán, SPŠK v Bechyni, zemřel 30.11.2005 ve věku 87 let
Ing. Ivo Srb, ÚRE AV ČR v Praze, zemřel 14.12.2005 ve věku nedožitých 79 let
RNDr. Jana Šimová, Masarykovo gymnázium Plzeň, zemřela 18.1.2006 ve věku nedožitých 73 let
Ing. Miloš Koch, CSc., VŠZ v Brně, zemřel 7.2.2006 ve věku 79 let
RNDr. Jiří Fischer, CSc., Lachema – Pliva a.s. Brno, zemřel 7.3.2006 ve věku 79 let

Čest jejich památce

Nabídka doktorského studijního programu v oboru „Lékařská chemie a biochemie“ na Ústavu lékařské chemie a biochemie, Lékařská fakulta Univerzita Palackého, Olomouc

PhD studium je určeno pro absolventy vysokých škol, kteří ukončili magisterské studium v některém z oborů chemie – biochemii, molekulární biologii, farmacii, analytické, organické a potravinářské chemii nebo biofyzice a všeobecném lékařství. Ústav lékařské chemie a biochemie LF UP je pracoviště s dobrou tradicí ve studiu biologické aktivity přírodních látek a jejich použití v humánním a veterinárním lékařství, k čemuž jsou využívány citlivé detekční techniky (HPLC, fluorescence, chemiluminescence) včetně specializovaných metodik molekulární biologie (detekce mRNA pomocí RT-PCR, reportérové plasmidy a pod.). Úspěšní absolventi nacházejí uplatnění na akademických, výzkumných a špičkových výrobních pracovištích zdravotnického, biotechnologického a farmaceutického zaměření.

Témata disertací:

1. **Modulace signálních a regulačních drah normálních a nádorových buněk**
(2 místa v prezenční formě studia)
2. **Hodnocení toxicity přírodních látek s využitím metod *in vitro***
(2 místa v prezenční formě studia)
3. **Rostlinná chemoprotektiva, výzkum nových doplňků stravy rostlinného původu v prevenci chronických onemocnění**
(1 místo v prezenční a 1 místo v kombinované formě studia).

Ekonomické zajištění:

Ústav vedle stipendia vypláceného podle předpisu LF UP v prvním roce studia v částce 6 000,- Kč za měsíc, 7 000,- Kč ve druhém a 8 000,- Kč ve třetím roce, nabízí PhD studentům:

Zajištění bydlení v moderním ubytovacím zařízení v ceně cca 2 500,- Kč měsíčně.

Nejméně půlroční pobyt na zahraničním pracovišti na tématice související s disertací.

Půlroční odměny vyplácené z finančních prostředků řešených projektů.

Úvazek v minimální výši 0,2 po prvním roce úspěšného studia. V případě vynikajících výsledků již po šesti měsících.

Kontaktní adresa:

Podrobnější informace je možné získat na <http://medchem.upol.cz>, nebo osobní návštěvou ústavu v budově Teoretických ústavů LF, Hněvotínská 3, 775 15 Olomouc, tel/fax 585 632 302.

Přihláška ke studiu je na internetové stránce Lékařské fakulty

http://deskalf.upol.cz/fileadmin/user_upload/lf/P_ihl_ka.doc

Datum přijímací zkoušky bylo stanoveno na 22. června 2006, pohovor se bude konat na Ústavu lékařské chemie a biochemie LF UP.

OBSAH

ÚVODNÍK	225
REFERÁTY	
Ke stému ročníku <i>Chemických listů</i>	227
P. Holý	
Fytkanabinoidy	233
Z. Fišar	
Biosyntéza hmyzích feromonů	243
A. Luxová a I. Valterová	
Proč jsou studené molekuly tak žhavé?	256
B. Friedrich	
LABORATORNÍ PŘÍSTROJE A POSTUPY	
Chromatografické stanovení naftochinonů v rostlinách	271
P. Babula, R. Mikelová, V. Adam, D. Potěšil, J. Zehnálek, R. Kizek, B. Klejdus, L. Havel a Z. Sladký	
Kinetické stanovení kyseliny L-askorbové s využitím oscilujícího chemického systému	277
L. Záděrová a P. Lubal	

CONTENTS

EDITORIAL	225
REVIEW ARTICLES	
Chemické Listy - Volume 100	227
P. Holý	
Phytocannabinoids	233
Z. Fišar	
Biosynthesis of Insect Pheromones	243
A. Luxová and I. Valterová	
Why Are Cold Molecules So Hot?	256
B. Friedrich	
LABORATORY EQUIPMENT AND METHODS	
Chromatographic Analysis of Naphthoquinones in Plants	271
P. Babula, R. Mikelová, V. Adam, D. Potěšil, J. Zehnálek, R. Kizek, B. Klejdus, L. Havel, and Z. Sladký	
Kinetic Determination of L-Ascorbic Acid Using an Oscillating Chemical System	277
L. Záděrová and P. Lubal	

BULLETIN ČESKÝCH CHEMICKÝCH SPOLEČNOSTÍ

O přednáškách, přednášení a přednášejících po dvaceti letech R. Zahradník a Z. Herman	285
Novinky v databázi web of science: pět let Web of Science v České republice R. Kizek a V. Adam	290
Ze života chemických společností	292
Evropský koutek	292
Zprávy	295
Akce v ČR a v zahraničí	296
Odborná setkání	296
Výuka chemie	300
Zákony, které ovlivní život chemiků	301
Bulletin představuje	303
Aprílový klub	303
Recenze	304
Osobní zprávy	307
Výročí a jubilea	309

BULLETIN OF THE CZECH CHEMICAL SOCIETIES

On Lectures, Lecturing and Lecturers after Twenty Years R. Zahradník and Z. Herman	285
Five Years of Web of Science in the Czech Republic – News in the Database R. Kizek and V. Adam	290
From the Chemical Societies	292
European Column	292
News	295
Meetings Calendar	296
Meetings and Conferences	296
Education in Chemistry	300
Laws that could Influence Life of Chemists	301
Bulletin Presents	303
Club of Jokes	303
Book reviews	304
Personal News	307
Anniversaries and Jubilees	309

CHEMICKÉ LISTY • ročník/volume 100 (2006), čís./no. 4 • LISTY CHEMICKÉ, roč./vol. 130, ČASOPIS PRO PRŮMYSL CHEMICKÝ, roč./vol. 116 • ISSN 0009-2770, ISSN 1213-7103 (e-verze) • evidenční číslo MK ČR E 321 • Vydává Česká společnost chemická jako časopis Asociace českých chemických společností ve spolupráci s VŠCHT v Praze, s ČSPCH a ÚOCHB AV ČR za finanční podpory Nadace Český literární fond a kolektivních členů ČSCH • IČO 444715 • Published by the Czech Chemical Society • VEDOUcí REDAKTOR/EDITOR-IN-CHIEF: B. Kratochvíl • REDAKTOŘI/ EDITORS: J. Barek, Z. Bělohav, P. Drašar, J. Hetflejš, P. Holý, J. Horák, P. Chuchvalec, J. Podešva, P. Rauch, J. Volke; Bulletin: I. Valterová; Webové stránky: R. Liboska, P. Zámotný • ZAHRANIČNÍ A OBLASTNÍ REDAKTOŘI/FOREIGN AND REGIONAL EDITORS: F. Švec (USA), V. Větvička (USA), L. Opletal (Hradec Králové) • KONZULTANT/CONSULTANT: J. Kahovec • VÝKONNÁ REDAKTORKA/EDITORIAL ASSISTANT: R. Řápková • REDAKČNÍ RADA/ADVISORY BOARD: E. Borsig, M. Černá, L. Červený, E. Dibuszová, J. Hanika, Z. Havlas, I. Kadlecová, J. Káš, J. Koubek, T. Mišek, J. Pacák, V. Pačes, O. Paleta, V. Růžička, I. Stibor, V. Šimánek, R. Zahradník • ADRESA PRO ZASÍLÁNÍ PŘÍSPĚVKŮ/ MANUSCRIPTS IN CZECH, SLOVAK OR ENGLISH CAN BE SENT TO: Chemické listy, Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1; tel./phone +420 221 082 370, fax +420 222 220 184, e-mail: chem.listy@csvts.cz • INFORMACE O PŘEDPLATNÉM, OBJEDNÁVKY, PRODEJ JEDNOTLIVÝCH ČÍSEL A INZERCE/INFORMATION ADS: Sekretariát ČSCH, Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1; tel/fax +420 222 220 184, e-mail: chem.spol@csvts.cz, simanek@csvts.cz • PLNÁ VERZE NA INTERNETU/FULL VERSION ON URL: <http://chemicke-listy.vscht.cz> • TISK: České Tiskárny, s.r.o., Ráby 14, 533 52 Staré Hradiště; SAZBA, ZLOM: ČSCH, Chemické listy • Copyright © 2004 Chemické listy/Česká společnost chemická • Cena výtisku 147 Kč, roční plné předplatné 2006 (12 čísel) 1512 Kč, individuální členské předplatné pro členy ČSCH 756 Kč. Roční předplatné ve Slovenské republice 80 EUR (doručování via SCHS), individuální členské předplatné pro členy ČSCH 60 EUR (doručování via SCHS), 225 EUR (individuální doručování) • DISTRIBUTION ABROAD: KUBON & SAGNER, POB 34 01 08, D-80328 Munich, FRG; Annual subscription for 2006 (12 issues) 225 EUR • This journal has been registered with the Copyright Clearance Center, 2322 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, USA, where the consent and conditions can be obtained for copying the articles for personal or internal use • Pokyny pro autory najdete v čísle 1/2002 a na internetu, zkratky časopisů v čísle 10/97 na str. 911 • Chemické listy obsahující Bulletin jsou zasílány zdarma všem individuálním a kolektivním členům ČSCH a ČSPCH v ČR i zahraničí, do všech relevantních knihoven v ČR a významným představitelům české chemie a chemického průmyslu; v rámci dohod o spolupráci i členům dalších odborných společností • Dáno do tisku 24.3.2006.