

CHEMIE SE NEZBAVÍME

Renata Šulcová a kolektiv

Nakladatelství P3K

Praha 2014

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

Monografie vznikla za finanční podpory Operačního programu Vzdělávání pro konkurenceschopnost a jeho projektu číslo CZ.1.07/1.3.48/02.0043: „**Projekt 5P + Program pro pedagogy přírodovědných předmětů PLUS**“.

Garant MŠMT ČR, vyhlášovatel Středočeský kraj.

Autoři:

RNDr. Renata Šulcová, Ph.D.

a

Doc. Ing. Stanislav Smrček, CSc., RNDr. Ivona Štefková, Ph.D., RNDr. Petr Šmejkal, Ph.D.,
RNDr. Simona Hybelbauerová, Ph.D., Mgr. Michala Opatová,
RNDr. Eva Stratilová Urválková, Ph.D., Mgr. Eva Vrzáčková.

Pracoviště autorů:

Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta
Masarykova střední škola chemická v Praze.

Recenzovali:

Prof. Ing. Karel Kolář, CSc.

RNDr. Danuše Součková, Ph.D.

Vydalo Nakladatelství P3K s.r.o. (www.p3k.cz) v Praze v roce 2014 v nákladu 200 ks.

Vydání první

Ze sazby dodané autory vytiskl Carter\reproplus s.r.o.

© Renata Šulcová, Stanislav Smrček, Ivona Štefková, Petr Šmejkal,
Simona Hybelbauerová, Michala Opatová, Eva Stratilová Urválková, Eva Vrzáčková
© Nakladatelství P3K, 2014

ISBN 978-80-87343-43-2

Obsah

SLOVO ÚVODEM	5
1. LÉČIVA NEBOLI FARMAKA.....	7
1.1 Léčiva – základní pojmy.....	7
1.2 Přehled skupin léčiv	9
1.3 Přehled léčiv podle základních indikací	20
1.4 Osud léčiv po farmakoterapii a vztah k ekosystému	28
1.5 Léčiva ve školní chemii	29
2. HNOJIVA.....	35
2.1 Pojem hnojiva a hnojení.....	35
2.2 Chemie hnojiv v současném vzdělávání	35
3. POLYMERY KOLEM NÁS	42
3.1 Náš svět s polymery	42
3.2 Polymery a jejich stigmata	42
3.3 Aditiva v polymerech.....	53
3.4 Výroba polymerů v České republice.....	55
3.5 Experimentování s polymery doma či v laboratoři.....	56
3.6 Slovo na závěr	56
4. NUKLEÁRNÍ MAGNETICKÁ REZONANCE V TEORII A PRAXI	58
4.1 Historie.....	58
4.2 Základ metody.....	59
4.3 Interpretace NMR spektra.....	63
4.4 Vybavení NMR laboratoře Přírodovědecké fakultě UK v Praze	67
4.5 Využití NMR v medicíně	68
4.6 Experimenty s využitím NMR spektroskopie.....	70

5. ISOPRENOIDY A EXPERIMENTY S NIMI	71
5.1 Co jsou a k čemu slouží isoprenoidy	71
5.2 Rozdělení isoprenoidů	71
5.3 Chromatografie – dělicí a izolační metoda	73
5.4 Izolace isoprenoidů z přírodního materiálu.....	75
6. HRY V CHEMII PRO PONAUCENÍ I ZÁBAVU	78
6.1 Hra a její charakteristika.....	78
6.2 Multimédia a elektronické hry pro aktivní rozvoj dovedností	80
6.3 Variace společenských i elektronických her v chemii.....	81
6.4 Několik slov o hrách na závěr	93
7. STUDIUMCHEMIE.CZ	96
7.1 Úvod k obsahu webu.....	96
7.2 www.studiumchemie.cz	96
7.3 Možnosti provádění experimentů s instrumentálním čidlem podle www.studiumchemie.cz	100
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	106
WE CAN'T GET RID OF CHEMISTRY – SUMMARY	106
PŘÍLOHY	107

Slovo úvodem

Pod názvem předloženého titulu se skrývá nabídka kapitol z několika oblastí chemie, s kterými se běžně v životě setkáváme, neboť ke každodennímu životu současného člověka v některé jeho fázi neodmyslitelně patří. Jak se však s nimi seznámit, dozvědět se o nich něco více z pohledu praktického člověka nebo třeba žáka či učitele, když taková témata nebyla a nejsou přímo obsažena v učivu přírodovědných předmětů na našich základních a středních školách? Pokud už se o netradičních tématech či aplikacích vědeckých bádání zmiňují učebnice chemie, pak pouze okrajově, v náznacích, většinou však téměř ne. V dnešní době prudce pronikají do praxe aplikované výsledky mnohých vědeckých objevů a člověk je pak často postaven před problém, jak si poradit s novým prostředkem, zařízením, látkou či informací bez jakýchkoliv předešlých odborných zkušeností či rad, jak s tím zacházet. Proto se kolektiv pracovníků z chemické sekce Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze rozhodl sestavit tuto populárně poučnou publikaci, do níž byla vybrána témata z několika oblastí, které by mohly širší veřejnost zajímat. Texty si nekladou za cíl promlouvat k čtenáři ryze vědeckým jazykem, ale chtějí pouze vysvětlit a přiblížit zvolenou tematiku tak, aby mohla být přijímána jako zajímavá, potřebná, srozumitelná a v neposlední řadě dokonce zábavná.

První z kapitol se zaměřuje na problematiku léčiv z mnoha pohledů (zpracovali Smrček a Štefková), druhá kapitola je věnována hnojivům (zpracovala Štefková), další plastům a makromolekulárním látkám v běžném životě každého z nás (zpracoval Šmejkal). Kapitoly čtvrtá a pátá se zabývají vysvětlením problematiky nukleární magnetické rezonance a jejího využití nejenom v chemii, a též se zaměřují na skupinu přírodních látek – isoprenoidy, jejich možnou izolaci a experimentování s nimi (zpracovaly Hybelbauerová a Opatová). Další kapitola přibližuje uplatnění zábavných her včetně moderních elektronických vědomostních soutěží při získávání „chemické gramotnosti“ (zpracovala Šulcová) a poslední z kapitol je věnována webovému portálu Přírodovědecké fakulty UK, který mj. slouží k podpoře výuky chemie na středních i základních školách již od roku 2009 (zpracovaly Vrzáčková a Stratilová Urválková). Ke každé z uvedených kapitol jsou na příloženém DVD nosiči doplněny rozšiřující materiály, které zájemcům mohou více prakticky přiblížit sledovanou problematiku – např. ve formě naučného textu, kvízu, pracovního listu, návodů k experimentům či prezentace, testu, elektronické hry nebo filmových klipů s natočenými chemickými pokusy, které nelze předávat v textové podobě. Všechny tyto prostředky mají za cíl umožnit čtenářům a zájemcům o chemii snazší, a přitom poutavou cestu světem chemie.

Chemie bývá veřejností zpravidla vnímána jako dosti obtížná, málo srozumitelná, složitá věda, jejíž jazyk, oblast zájmu i experimentální metody zkoumání patří k nepopulárním a často i velice nebezpečným, a proto je třeba k chemii přistupovat s nejvyšší opatrností či ještě lépe – se jí vyhnout! A právě i z těchto důvodů vznikla předložená publikace, pojatá jako populárně naučný text, doplněný řadou praktických a použitelných informací, námětů a dalších materiálů, včetně elektronických prostředků. Věříme, že kniha zaujme nejen nadšence a zájemce o podrobnější porozumění vybrané chemické problematice, ale že poslouží též jako odborný zdroj informací mnohým studentům i učitelům chemie v našich školách, a též bude inspirací pro jejich zvědavé žáky.

Přejeme všem čtenářům, aby si mohli vybrat z naší nabídky to, co jim osvětlí řešení určitých praktických problémů a snad i pomůže překonat neodůvodněný strach z neznámých oblastí chemie. Naším cílem je vysvětlovat, zaujmout a třeba i pobavit širší veřejnost chemickou tematikou. Kéž by se nám podařilo přispět ke změně všeobecného mínění o „zlé, špatné, škodící chemii“ na vnímání chemie jako „užitečné, zajímavé, zábavné i hravé“ vědy!

Za kolektiv autorů

Renata Šulcová.

1. Léčiva neboli farmaka

K základnímu vzdělání v přírodovědných oborech patří neodmyslitelně chemie, jejíž výuka má na základních i středních školách dlouhou tradici. Nutno ze zkušenosti konstatovat, že v našich zeměpisných šířkách měla vždy velmi dobrou úroveň. Pomineme-li drobné školní nešvary (např. konstrukci vzorců naprosto neexistujících anorganických sloučenin či vyčíslování poněkud nepravděpodobných redoxních reakcí), byla a je celková náplň předmětu víceméně relevantní očekávané potřebě vědomostí absolventa. Často vyčítaný nedostatek experimentálních prací je mnohdy dán konkrétními podmínkami a ani jej nelze systému vyčítat. Za problematické však lze spíše považovat přílišné teoretizování, a tím odtržení výuky chemie od reálného života. Snad právem se domníváme, že přimknutí obsahu výuky chemie k realitě a zařazení informací, které lze použít i v běžném životě, přispívá k atraktivitě a oblíbenosti předmětu. A právě k tomuto účelu by měl posloužit následující text jako zdroj informací k oživení vědomostí z chemie a ke zvýšení jejich informační hodnoty pro kohokoliv, nezávisle na jeho odbornosti a oboru.

Praktické užití chemických sloučenin je mnohdy odsouváno na konec často až příliš odborně teoretických kapitol a navíc se celkem zbytečně zaměřuje na chemické výroby. Snad se mnou bude čtenář souhlasit, že informace týkající se užití chemických sloučenin ve farmakoterapii bude záživnější a užitečnější než např. znalosti krakování ropy či přípravy fenolfomaldehydových pryskyřic.

Na základě tohoto poněkud provokativního úvodu si dovoluujeme předložit náměty pro chemické vzdělávání z oborů farmakologie, biologické aktivity sloučenin a ekochemie, spolu s vybranými vzdělávacími materiály k problematice léčiv, vhodnými pro poučení, vzdělání i pro zábavu do škol i pro zájemce mimo ně.

1.1 Léčiva – základní pojmy

Farmakologie je vědní disciplína, která se zabývá zamýšlenými i nežádoucími účinky léčiv na živý organismus, mechanismy účinku a osudem účinných látek v organismu. Zahrnuje v sobě několik podoborů, z nichž nejdůležitější jsou farmakokinetika a farmakodynamika. **Farmakokinetika** popisuje absorpci, distribuci a vylučování látky v čase, **farmakodynamika** sleduje změny, které účinná látka vyvolává na úrovni molekulární, buněčné, tkáňové a systémové. Poznatky farmakologie jsou nezbytným základem pro účinnou farmakoterapii.

Léčivo je charakterizováno jako látka nebo směs, která se podává člověku nebo zvířeti k profylaxi, diagnóze, léčení nebo mírnění chorob, nebo k ovlivnění fyziologických funkcí. Pod tento pojem spadají léčivé látky (látky jakéhokoliv původu chemicky jednotné či nejednotné), léčivé přípravky (vznikají upravením látek do lékových forem) a léky (léčivé látky a léčivé přípravky vydávané nemocnému). V současné době představují hlavní skupinu tzv. hromadně vyráběné léčivé přípravky (HVLP).

Z hlediska názvu léčiv rozlišujeme název **chemický, generický, lékopisný a tovární**, přičemž generický a lékopisný bývají zpravidla identické. Je třeba si uvědomit, že v případě použití generického názvu mluvíme o substanci jako takové, tovární název už představuje konkrétní výrobek s obsahem účinné látky a vlastnosti léčiv se stejnou substancí od různých výrobců se mohou i výrazně lišit. V současné době je k dispozici obrovská řada léčiv. Klasický normativní seznam léčiv – lékopis je sice základním dokumentem, nicméně v praxi se používají jiné publikace a databázové systémy. V současné době převládá používání tzv. Brevíře, vydávaného periodicky nakladatelstvím MEDICAL TRIBUNE (<http://www.tribune.cz/tituly/brv>), který představuje seznam dostupných léčiv v daném časovém období a obsahuje i informace pro lékaře stran indikací, kontraindikací, dávkování, způsobu úhrady pojišťovnou či omezení preskripce. Z hlediska farmakologického třídění byla zavedena Anatomicko-terapeuticko-chemická klasifikace, která písmeno-číselným kódem jednoznačně definuje účinnou látku a její přiřazení do farmakoterapeutické skupiny. V současné době by se měla uvádět u každého léku (HVLP).

Farmakokinetika představuje popis absorpce, distribuce a eliminace látky v organismu. **Absorpce** představuje transport léčiva z místa podání do krve. Pro účinek většiny léčiv je nutná jejich odpovídající plazmatická koncentrace. V této souvislosti hraje významnou roli léková forma, ve které je látka podána. V souvislosti s tím je definován pojem biodostupnost, který představuje podíl látky přešlé z použité lékové formy do krevního oběhu a který se tak může terapeuticky uplatnit. Pojem bioekvivalence srovnává jednotlivé preparáty z hlediska množství a kinetiky absorbované látky.

Distribuce je ovlivněna průchodem přes membrány, ať již pasivní difuzí, aktivním transportem, vezikulárním přenosem či dalšími složitějšími mechanismy. Eliminace léčiv je především renální a často ji předchází biotransformační děje. Tyto probíhají především v játrech a dají se rozdělit do dvou fází. V první fázi se jedná o enzymatickou úpravu molekuly tak, aby se snížila její lipofilita a byla tedy snadněji rozpustná ve vodě. Reakce jsou většinou zprostředkovány cytochromem P450 a zahrnují převážně hydroxylace. V druhé fázi biotransformace dochází ke konjugaci s polárními molekulu-

lami, typicky s kyselinou glukuronovou. Tímto se ještě sníží lipofilita molekuly a látka se může snadněji vyloučit. Konjugáty s kyselinou glukuronovou se často vylučují do žluče a tak se dostávají zpět do střev, kde jsou konjugáty opět štěpeny na mateřskou látku a konjugovanou molekulu. Tento mechanismus umožňuje v některých případech novou absorpci do krevního oběhu a tím i celkové snížení podávané dávky.

Biotransformace má v principu charakter odstranění biologických účinků, často jsou však podávány prekursorů účinných látek, kdy vlastní, receptorově aktivní substance vzniká až v procesu biotransformace. V této souvislosti se často zmiňuje tzv. efekt prvního průchodu (játry), kdy při perorálním podání hlavní sběrnice z vyšších částí GIT odvádí krev do jater, kde dochází k biotransformačním reakcím. V případě podávání prodrug látek je to tak proces pozitivní, v opačném případě dochází k okamžitým ztrátám účinné, tedy receptorově aktivní substance.

Lékové formy hrají významnou roli při podávání léčiv a ovlivňují výrazně vlastní farmakoterapii. Terminologicky je lze dělit podle podání na lékové formy pro enterální a parenterální použití. Další možnost dělení je na **pevné** (tablety, potahované tablety, dražé, kapsle) a **tekuté** (roztoky, suspenze, emulze). Zvláštní kapitolou potom jsou **masti**, které se skládají z masťového základu a přidaných účinných látek. Masťové základy mohou být anorganické i organické, v současné době převládají organické základy na bázi směsi voda/olej v různých poměrech, čímž se dosahuje různých lipofilitů masťového základu a jeho volbou lze ovlivnit uvolňování účinné látky a dosah působení při použití jako dermatologická externa. Důležitou kapitolou jsou pevné lékové formy s prodlouženým uvolňováním, kdy je účinná látka uvolňována s konstantní rychlostí během pobytu v organismu a dosahuje se tak stabilních plazmatických hladin a omezení počáteční vysoké koncentrace léčiva v plazmě přímo po absorpci.

1.2 Přehled skupin léčiv

1.2.1 Farmaka CNS

Jako první skupina se obvykle uvádí farmaka ovlivňující centrální nervový systém (CNS).

1.2.1.1 Neuroleptika

K nejsilnějším farmakům CNS patří látky ze skupiny neuroleptik (antipsychotik), což jsou léčiva k ovlivnění psychických integrací (myšlení a vnímání). Cílovým onemocněním

ním jsou psychózy typu schizofrenie vyznačující se především bludy a halucinacemi. Zavedení této skupiny léčiv v 50. letech minulého století představovalo zlom v psychiatrické terapii, kdy léčba elektrošoky a inzulinovými šoky byla nahrazena farmakoterapií. Léky tohoto typu omezují emoční náboj halucinací a bludů, i když je v podstatě neodstraňují a umožňují navázat kontakt mezi pacientem a lékařem. Celková doba trvání onemocnění však zůstává stejná. Typickou látkou z této skupiny je chlorpromazin, levomepromazin, haloperidol, risperidon, klozapin, přičemž poslední z nich se řadí do skupiny MARTA (Multi-Acting Receptor Targeted Antipsychotics).

1.2.1.2 Antidepresiva a anxiolytika

Deprese je charakterizována patologicky pokleslou náladou, smutkem, ztrátou zájmu, jakákoliv činnost je nepřekonatelným problémem, stav je někdy spojen s myšlenkami na suicidální pokus. Léčiva, která se používají k odstranění těchto patologicky pozměněných nálad, se nazývají antidepresiva. Vzhledem k tomu, že stav se fyziologicky připisuje nedostatku biogenních aminů (noradrenalin, dopamin, serotonin) na synapsi, zaměřuje se farmakoterapie na zvýšení jejich koncentrace ať už inhibicí monoaminodegradačního enzymu monoaminoxidázy (MAO), na inhibici zpětného vychytávání monoaminů (ať už neselektivní či selektivní pro serotonin), nebo na přímé ovlivnění adrenergických a serotoninergických receptonů. Inhibitorem MAO je například tranlylcypromin, klasickým antidepresivem potom imipramin a amitriptylin, k inhibitorům zpětného zachytu serotoninu (SSRI) patří fluoxetin, citalopram, sertralin.

Od depresí je nutné odlišovat úzkostné poruchy jako kombinaci psychických a somatických projevů úzkosti, strachu, napětí. Léčiva k léčbě těchto poruch tvoří skupinu anxiolytik a lze je použít i k odstranění dlouhotrvajícího strachu, patologického smutku apod. Typickými léčivy jsou benzodiazepiny (diazepam, alprazolam, klonazepam), v některých indikacích mají vyšší benefit antidepresiva ze skupiny SSRI.

1.2.1.3 Antiepileptika

Další skupinou léčiv jsou potom antiepileptika. Epilepsie je psychicky nejednotné onemocnění projevující se od absence, přes tonicko-klonické křeče až po grand mal záchvaty či status epilepticus. Příčinou jsou nadměrné výboje mozkových neuronů. Křečové stavy se eliminují převážně benzodiazepiny, dlouhodobá terapie potom zahrnuje léčiva, která blokují zvýšenou elektrickou aktivitu neuronů různým způsobem. Klasický fenobarbital, který má tlumivé účinky a značně indukuje aktivity jaterních enzymů,

se příliš nepoužívá. V preskripci převažují léčiva s málo tlumivým či netlumivým účinkem na kognitivní funkce (karbamazepin, valproat, gabapentin).

1.2.1.4 Sedativa, hypnotika

K tlumivým látkám, které ovlivňují stav vědomí, patří sedativa, hypnotika a celková anestetika. První dvě skupiny představují většinou obdobné látky a potřebného efektu se dosahuje volbou dávky. Hypnotika mají v současné době větší význam, sedativní účinek, který je vlastně celkovým útlumem, lze nahradit cílenou volbou psychofarmaka. **Insomnie** je poměrně častá diagnóza, a pokud ji nelze léčit potlačením primárních, často odlišných poškození, je jejich aplikace zcela oprávněná. Sedativně-hypnotický účinek mají některá tlumivá antihistaminika (difenhydramin), která lze využít k úpravě krátkodobé insomnie. Klasická hypnotika potom zahrnují barbituráty, benzodiazepiny (flunitrazepam, alprazolam) a selektivní GABA agonisty (trazodon, fluvoxamin).

1.2.1.5 Anestetika

Celková anestetika představují prostředek k navození celkové anestezie, stavu kdy je potlačeno vědomí a vnímání bolesti. Klasicky uváděná anestetika jako ether nebo chlo-roform se již nepoužívají. Inhalační anestezie se provádí pomocí **halothanu**, oxidu dusného, izofluranu nebo enfluranu. Přednost se však dává celkové intravenózní anestezii, zvláště u krátkodobých výkonů (thiopental, etomidat).

1.2.1.6 Psychostimulancia, anorektika

Psychostimulancia mají za úkol zvýšit aktivitu CNS a jsou indikována především u narkolepsie. Slabým stimulantem je přírodní alkaloid kofein, typickým budivým léčivem je potom amfetamin, efedrin a novější modafinil. Látky zvyšují psychický výkon, omezují potřebu spánku a snižují chuť k jídlu. Jako prekurzory neuromediátorů zvyšují jejich koncentraci a intenzitu přenosu na synapsích. Látky zvané nootropní, rovněž mají zvyšovat psychický výkon. Jejich působení spočívá ve zvýšeném využití kyslíku a glukosy v CNS. Jejich efekt je však výrazně slabší než u klasických psychostimulancií (piracetam, ginkgo biloba). **Anorektika** jsou látky snižující chuť k jídlu a sloužící k léčbě obezity, mají rovněž psychostimulační účinky a patří k nim fentermin a sibutramin. Často uváděný orlistat (Alli) je rovněž určen k léčbě obezity, není však anorektikem nýbrž inhibitorem střevních lipáz a způsobuje sníženou sorpci tuků z GIT.

1.2.1.7 Analgetika - antipyretika

Analgetika jsou látky určené k léčbě či mírnění bolesti. Dělí se na dvě základní skupiny, opioidní analgetika a analgetika-antipyretika.

Opioidní analgetika tlumí bolest středně silné až silné intenzity a nacházejí použití při pooperačních bolestech, infarktu myokardu, nádorových onemocněních apod. Nepůsobí hypnoticky a nevyvolávají ztrátu vědomí. Nejsilněji působí proti bolesti akutní, u chronických bolestí může jejich účinek selhávat. Základním představitelem je morfin izolovaný z máku. V surové směsi přítomný kodein má mnohem slabší analgetické vlastnosti a využívá se především jako antitusikum nebo komponenta potenciovaných analgeticko-antipyretických směsí. Typickými zástupci kromě morfinu jsou syntetické látky metadon, pethidin, fentanyl a buprenorfin. Preskripce těchto látek je sledována, výjimku představuje tramadol určený k léčbě tzv. průlomové bolesti (akutní vzplanutí chronické nenádorové bolesti). K vedlejším či nežádoucím účinkům patří euforie, útlum dýchání, retence moče, zácpa (u neztižitelných průjmů lze použít opiovou tinkturu) a mióza.

Analgetika-antipyretika, označovaná někdy i jako nesteroidní protizánětlivé látky (NSAID) jsou z analgetického hlediska podstatně méně účinná než analgetika - anodyna. Jejich výhodou však jsou další pozitivní účinky, jako jsou účinek antipyretický a protizánětlivý. Analgetický a protizánětlivý účinek je vázán na blokádu enzymu cyklooxygenázy (COX), která má dva isoenzymy COX-1 a COX-2. Klasická léčiva blokují obě isoformy. Byly vyvinuty i selektivní blokátory COX-2 – koxiby, od kterých se očekávalo potlačení nežádoucích účinků tak jak je známe u neselektivních blokátorů. Ukázalo se však, že jsou nositeli nezanedbatelných kardiovaskulárních rizik. Mezi nežádoucí reakce u NSAID patří eroze žaludeční sliznice a snížení srážlivosti krve, které však lze využít i terapeuticky. Dlouhodobé užívání vysokých dávek může vést k poškození ledvin (analgetická nefropatie).

Do skupiny těchto látek patří salicyláty (kyselina acetylsalicylová). Má dobré analgetické, antipyretické a protizánětlivé účinky. V nižších dávkách se používá i ke snížení srážlivosti krve. K nežádoucím účinkům patří gastritidy, eroze žaludeční sliznice. Často uváděný Reyeův syndrom (encefalopatie a hepatopatie u dětí) nebyl s jistotou prokázán, přesto však látka není pro děti doporučována. Paracetamol (acetaminofen) má analgetické a antipyretické účinky, protizánětlivé účinky paracetamol nemá. Vysoké jednorázové dávky jsou hepatotoxické a neurotoxické, toxicita vzrůstá s požitím alkoholu. Ibuprofen je derivátem kyseliny propionové a vykazuje rovněž velmi dobré účinky včetně protizánětlivého. Deriváty flurbiprofen a ketoprofen lze považovat jako

zástupné, naproxen má výhodu delšího biologického poločasu. Deriváty kyseliny octové jako např. indometacin se doporučuje ve speciálních indikacích (dnavá artritida, záněty žil). Vzhledem k toxicitě indometacinu se nahrazuje např. diklofenakem, který je však méně účinný. Skupina oxikamů nabízí vlastně jedinou výhodu a to podání v jedné denní dávce. Nimesulid a koxiby (celekoxib) představují selektivní inhibitor COX-2 isoformy. V souvislosti s některými koxiby však bylo popsáno zvýšené riziko infarktu myokardu a tak např. rofekoxib byl stažen z distribuce.

Zvláštní zmínku si zaslouží tzv. neuropatická bolest (bolest, která není vyvolána poškozením periferní tkáně ale patologickými změnami v CNS nebo periferním nervstvu. Tato obvykle nereaguje dobře na předchozí typy analgetik a v této souvislosti se vyskytuje pojem **koanalgetika** – látky které zvyšují analgetický účinek a jsou zpravidla ze skupin antidepresiv nebo antiepileptik (amitriptylin, karbamazepin). Ve stejném smyslu lze využít účinky glukokortikoidů.

1.2.2 Léčiva ovlivňující kardiovaskulární systém

1.2.2.1 Kardiotonika a antianginózní léčiva

Velmi významnou skupinu farmak tvoří léčiva ovlivňující kardiovaskulární systém. Kardiovaskulární systém tvoří srdce a cévní systém. Srdce tvoří přepravní pumpu a vlastní krevní tlak je tvořen odporem venózního řečiště a zpětný přísun krve do srdce (žilní návrat) zabezpečuje žilní elasticita. Srdce je orgánem, který během života nepřetržitě transportuje krev a vykoná tak s obrovskou pravidelností neskutečnou práci. Jeho funkce je řízena vnitřní automacií a dodatečnými zpětnými vazbami s vegetativním nervovým systémem tak, aby mohlo reagovat na aktuální potřebu kyslíku a živin v jednotlivých kompartmentech organismu. Frekvence nižší než obvyklá se nazývá bradykardie, vyšší tachykardie. K poruchám patří jednak ochabnutí stahů a dále nepravidelnosti srdečního rytmu. Pro dekompenzaci prvního problému se používají **kardiotonika**, která zvyšují stažlivost myokardu. V současné době se používá prakticky výhradně rostlinný glykosid digoxin (glykosid z *Digitalis purpurea*). Tato látka ovšem vykazuje velmi malou terapeutickou šíři a jeho dávkování je poměrně složité. Nepříjemnou vlastností je možnost kumulace v organismu. Antiarytmika upravují nepravidelnosti srdečního rytmu a zahrnují blokátory sodíkového kanálu (chinidin), betablokátory (metoprolol, propranolol), látky prodlužující depolarizační fázi membránového akčního potenciálu (amiodaron) a blokátory kalciových kanálů (verapamil). V souvislosti s poslední skupinou je třeba si uvědomit, že změny

v koncentraci intracelulárních a extracelulárních vápenatých iontů významně ovlivňují kontraktilitu jak srdečního svalu, tak svalů cévního řečiště.

Do této skupiny patří rovněž tzv. **antianginózní léčiva**, tedy látky potlačující anginu pectoris, která je charakteristická bolestí za hrudní kostí a představuje následně riziko infarktu myokardu a kardiovaskulární smrti. Mezi antianginózní léčiva patří nitrity a nitráty (nitroglycerin, izosorbid dinitrát), blokátory kalciového kanálu (nifedipin, amlodipin verapamil – blokátory kalciových kanálů jsou dvou typů a dělí se podle vyšší účinnosti na myokard nebo na hladkou svalovinu cév), benzodiazepiny (diltiazem) a především betablokátory (beta-antagonisté, pindolol, acebutolol). Součástí léčby bývá i antiagregační léčba – snížení srážlivosti krve – acetylsalicylová kyselina, abciximab.

1.2.2.2 Antihypertenziva

Antihypertenziva představují substance k dekompenzaci zvýšeného krevního tlaku. Trvalé zvýšení systémového TK nad 140/90 mmHg se označuje jako hypertenze a ve většině případů se jedná o tzv. esenciální hypertenzi – hypertenzi bez zjevné příčiny. Stav s trvale zvýšeným krevním tlakem je nebezpečný i z důvodů příčinné souvislosti hypertenze a aterosklerózy (hypertenze vyvolá endoteliální dysfunkci a naopak). Samotná hypertenze může být i předstupněm metabolického syndromu, což je soubor faktorů a nemocí s prokázaným výrazně negativním významem pro rozvoj aterosklerózy, pro kardiovaskulární a cerebrovaskulární morbiditu a mortalitu. Metabolický syndrom zahrnuje například hypertenzi, centrální obezitu, dyslipidemii, zvýšenou sympatotonii, diabetes mellitus 2. typu apod. Z uvedených důvodů je léčba hypertenze naprosto zásadní. Farmakoterapie je založena na využití diuretik, sympatolytik, vazodilatancí, inhibitorů angiotensin přeměňujícího enzymu a antagonistů receptorů pro angiotenzin II. Principem je snížení náplně krevního řečiště či dilatace cév což obojí vede k poklesu krevního tlaku.

Diuretika jsou léčiva, která zvyšují množství exkretované moči. Klasickými jsou thiazidová diuretika hydrochlorthiazid a chlorthalidon, která jsou však neúčinná v případě poškozených ledvin. Tuto nevýhodu nemá furosemid, který je prakticky nejsilnějším diuretikem, nicméně v případě hypertenze není příliš vhodný vzhledem k vysokým ztrátám draslíku z organismu. Tuto nevýhodu naopak nemají diuretika šetřící kalium jako spironolaktor a amilorid.

Vazodilatační léčiva mohou působit jak centrálním mechanismem, tak i přímo na cévy. Značné množství vazodilatancí patří do skupiny regulátorů vegetativního nerv-

stva (sympatolytika), konkrétně antagonisté α a β receptorů. Z této skupiny jsou nejznámější právě β -antagonisté (betablokátory, atenolol, betaxolol, metoprolol, pindolol). Význam mají rovněž u pacientů s bradykardií protože méně snižují srdeční frekvenci než alfa sympatolytika. Některé látky, např. pindolol, vykazují vnitřní sympatomimetickou aktivitu, což způsobí, že nadměrnou β aktivitu tlumí, při nízké se naopak chovají jako agonisté. Indikací betablokátorů je především hypertenze v mladém nebo středním věku a v těhotenství. Snižují riziko náhlé smrti u infarktu myokardu, zlepšují prognózu u nemocných se srdečním selháním. Nežádoucími účinky jsou bronchokonstrikce, únava, pokles fyzického výkonu. Přímo působící vazodilatancia zahrnují dihydralazin a minoxidil a rovněž antagonisty kanálů pro vápenaté ionty (felodipin, amlodipin). Přírozenou cestou řízení vazokonstrikce a tím i krevního tlaku (TK) je působení angiotensinu II. Jeho prekursor angiotenzin I je přírozenou součástí metabolismu, v těle je přeměňován angiotenzin přeměňujícím enzymem na vazokonstrikčně aktivní angiotenzin II. Cévní receptory reagují na tuto látku a způsobí vazokonstrikci a zvýšení krevního tlaku. Tento přírozený mechanismus lze využít při léčbě hypertenze: podáním inhibitoru přeměňujícího enzymu dojde ke snížení koncentrace angiotenzinu II a výsledkem je vazodilatace a následný pokles TK (enalapril, lamipril). Ze stejného principu vychází i zavedení blokátorů receptoru pro angiotenzin II – sartanů (telmisartan).

1.2.3 Farmaka VNS

Farmaka vegetativního nervového systému (VNS) představují značné množství substancí s různorodým působením a terapeutickým užitím. Samotný VNS představuje nástroj k řízení vnitřního prostředí organismu, systém funguje prakticky nezávisle na volní kontrole. Vyznačuje se rychlou adaptací (dlouhodobá, pomalá regulace vnitřního prostředí je naproti tomu zajišťována endokrinním systémem). VNS sestává ze dvou základních struktur – **sympatikus a parasympatikus**. Ve velmi zjednodušené interpretaci lze říci, že sympatikus zajišťuje přechod organismu do maximální fyzické pohotovosti (zvýšení bdělosti v CNS, rozšíření zornic, omezení slinění, dilatace bronchů, zvýšení srdečních kontrakcí, zvýšení krevního tlaku, lipolýza tukové tkáně, glykogenolýza v játrech, zvýšení tonu močového svěrače, snížení peristaltiky, zvýšení průtoku krve ve svalech). Parasympatikus řídí především procesy spojené s asimilací energie (zvýšení funkce GIT, bronchokonstrikce, slinění, snížení srdeční frekvence a TK, snížení tonu svěrače močového měchýře, akomodace oka do blízka). Mediátorem sympatického nervstva je převážně **noradrenalin** (existují výjimky – aktivace potních žláz při podráždění sympatiku je např. aktivována acetylcholinem), u parasympatického nervstva je mediátorem **acetylcholin**. Léčiva aktivující sympatikus se nazývají sympato-

mimetika, tlumící sympatolytika. Obdobná terminologie platí i pro parasympatické nervstvo. Protože šíře fyziologických účinků je velmi široká a závisí na aktivaci/deaktivaci různých typů receptorů uvádí se v názvech skupin často i typ receptoru, např. beta-sympatolytika.

1.2.4 Myorelaxancia

Myorelaxancia jsou látky, které uvolňují kosterní svalstvo. Jsou to léčiva, která ovlivňují somatomotorický nervový systém a dělí se na centrální a periferní myorelaxancia. K centrálním patří například diazepam (viz potlačení křečů u epileptického záchvatu provázeno tonicko-klonickými křečemi) nebo baclofen. K periferním potom tubokurarin a suxamethonium.

1.2.5 Hypolipidemika

Hypolipidemika představují prostředek k úpravě hyperlipoproteinemie, jejíž existence úzce souvisí s vývojem ateroskleróz. V krevním řečišti se nachází řada lipoproteinů, které jsou označovány jako HDL-lipoproteiny s vysokou hustotou, LDL-lipoproteiny s nízkou hustotou a VLDL – lipoproteiny s velmi nízkou hustotou. LDL přitom představují nejmohutnější zásobárnu cholesterolu. Ke snížení hladin cholesterolu v krvi se používají léčiva ze skupiny hypolipidemik - statiny (simvastatin, lovastatin, atorvastatin, fenofibrát).

Neadekvátní aktivací hemostázy (bez krvácení) se tvoří hemostatická zátka, trombus. Příčinou je změna parametrů krve posunutá k vyšší srážlivosti (pro zjištění se používá tzv. Quickův test.) K úpravě stavu slouží látky ze skupiny antikoagulancií a protidestičkových látek. Klasickým antikoaganciem je heparin, který se podává parenterálně, používají se i nízkomolekulární hepariny (dalteparin). K perorálním antikoagulanciím patří především warfarin, derivát dikumarolu. Představitelem tzv. protidestičkových látek je kyselina acetylsalicylová podávaná v nízkých dávkách (100-320 mg/den).

1.2.6 Hormony

Hormony jsou skupinou látek obsahující jak přirozené hormony, tak i jejich syntetická analoga. Terapeutické použití představuje většinou substituční terapii, v některých případech je možné použít externě podávané hormony jako funkční test. Ze skupiny hormonů se v tomto textu zabýváme pouze jedinou skupinou, a to hormonů kůry nadledvin – **kortikoidy**. Jsou to látky přirozeně vylučované v kůře nadledvin (ve dřeni

nadledvin se naopak tvoří katecholaminy – adrenalin). Skupinu kortikoidů dělíme do dvou podskupin – glukokortikoidy a mineralokortikoidy. Jak již vyplývá z názvu, jejich funkce je buď metabolická, kdy glukokortikoidy sahají do metabolismu glukosy, proteinu a lipidů nebo víceméně regulační z hlediska ovlivnění hospodaření s ionty – mineralokortikoidy. Většina terapeuticky zajímavých kortikoidů patří do skupiny glukokortikoidů, ať již přirozený kortizol, či syntetická analoga dexametazon, triamcinolon, metylprednisolon. Je nutné poznamenat, že žádný z kortikoidů není absolutním glukonebo mineralokortikoidem, zařazení do skupiny představuje pouze převažující účinek. Jsou to léčiva s poměrně všestranným užitím, nicméně je třeba jejich aplikaci pečlivě zvažovat vzhledem k možným nežádoucím účinkům. Základní působení je protizánětlivé a imunosupresivní, metabolická aktivace může být rovněž přínosem. Mezi nežádoucí účinky patří právě imunosuprese, Cushingův syndrom, při dlouhodobém používání i insuficience nadledvin, při dlouhodobém podávání i virilizace a změny psychiky. Mineralokortikoidy (aldosteron, fludrokortizon) se uplatní při primární nedostatečnosti nadledvin a substituci mineralokortikoidního účinku. Zvláštní kapitolu tvoří speciální syntetické kortikoidy uplatňující se v léčbě akutního záchvatu asthma bronchiale.

1.2.7 Farmaka ovlivňující trávicí trakt

Farmaka ovlivňující trávicí trakt představují jedny z nejužívanějších. Zvážíme-li funkci trávicí soustavy a pochody v ní snadno identifikujeme možné problémy – poruchy kyselosti, poruchy střevní motility, změny střevní pasáže (průjem, zácpa), emeze a tkáňové změny (vředová choroba žaludku a duodena). K úpravě pH slouží látky typu **acid a antacid**. Zvýšení kyselosti žaludku se dosáhne dodáním externí kyseliny chlorovodíkové v různých formách. Častější je však překyselení žaludku, které se léčí léky ze skupiny antacid. Přímá, reaktivní antacida, která neutralizují volnou kyselinu chlorovodíkovou, nejsou příliš výhodná, i když jednorázově mohou přinést úlevu (hydrogenuhlčitan sodný). Vznikající oxid uhličitý totiž sekundárně zvyšuje její exkreci. Výhodnější jsou léčiva na bázi hlinitých a hořečnatých solí, kdy je mechanismus neutralizace doprovázen procesem sorpce. V současné době jsou však tato léčiva překonána moderními léčivy působícími specificky, tedy na základě farmakon-receptorové interakce. K těmto patří inhibitory protonové pumpy (omeprazol, lansoprazol) nebo antagonisté H₂ (histaminové 2 receptory) receptorů (cimetidin, famotidin, ranitidin). Jsou to receptory jiného typu než H₁, které jsou odpovědné za vyplavování histaminu a alergické reakce. **Prokinetika** jsou látky zvyšující motilitu trávicího ústrojí (metoklopramid), **spasmolytika** naopak uvolňují spasmy hladkého svalstva (drotaverin). K odstranění zvýšené plynatosti se používají deflatulencia, např. simeticon, což je silikonový olej.

Laxativa podporují vyprázdnění střevního obsahu a lze je dělit do tří skupin. Laxativa zvyšující obsah vody ve střevní sliznici, laxativa změkčující a zředňující obsah střev a laxativa dráždící střevní stěnu a zvyšující motilitu. K první skupině patří tzv. salinická projímadla (síran sodný, síran hořečnatý, Šaratica) či osmotická projímadla (laktulosa, glycerol). Do druhé skupiny potom agar, karboxycelulóza a oleje. Třetí skupina substancí zvyšujících střevní motilitu potom zahrnuje rostlinné alkaloidy (senna, reveň, aloe) a syntetická projímadla (bisakodyl, pikosulfát). Opačně působící léčiva, léčiva proti průjmu jsou nazývána **antidiaroeika** nebo **obstipancia**. Indikují se podle etiologie průjmového onemocnění a zahrnují střevní adsorbencia (carbo medicinalis, diosmektit), střevní antiseptika (kloroxin) a inhibitory střevní sekrece motility (oktreotid).

1.2.8 Antihistaminika

Antihistaminika představují látky k efektivnímu ovlivnění alergických reakcí. Antagonisté H1 receptorů zabráňují uvolňování histaminu a vzniku nepříjemných reakcí, svědění, vyrážky, zvracení. U klasických antihistaminik (difenhydramin, cinnarizin) byla významným nežádoucím účinkem sedace, která znemožňovala řadu činností vyžadujících pozornost. Nové generace antihistaminik (loratadin, cetirizin) již tuto nepříjemnou vlastnost nemají.

1.2.9 Chemoterapeutika a antibiotika

Chemoterapie antimikrobiálními látkami představuje velmi významnou část lékařské praxe. Zavedení antibiotik výrazně zvyšuje možnosti farmakoterapie infekčních chorob a citelně snižuje mortalitu při infekčních onemocněních. Léčiva používaná v této kapitole představují **antibiotika**, přičemž v novější literatuře se již nerozlišuje mezi semi-syntetickými a čistě syntetickými látkami typu sulfonamidů. Pro antibiotika a jejich efekt je významný parametr minimální inhibiční koncentrace (MIC), která udává minimální koncentraci antibiotika k dosažení efektu. Efekt může být bakteriostatický nebo baktericidní, často je to dáno použitelnou, tedy netoxickou koncentrací antibiotika v plasmě. Rezistence antibiotik vůči patogenům dělíme na primární (antibiotické spektrum), sekundární (získaná rezistence) a zkřížená (rezistence většinou platí pro antibiotika podobné struktury). Obecně vedlejší účinky představuje dyskomfort trávicí soustavy v důsledku vyhubení přirozené bakteriální mikroflory, superinfekce, potlačení imunitní odpovědi a u některých antibiotik přechodné zhoršení stavu po podání prvních dávek (Herxheimerova reakce), nezanedbatelným vedlejším účinkem je možná

alergie, především při parenterální aplikaci. Z hlediska užití dělíme antibiotika podle struktury nebo podle bakteriálního spektra (antibiotika s úzkým a širokým spektrem).

Klasickými antibiotiky jsou betalaktamová antibiotika, ke kterým patří především **peniciliny**. Penicilin G lze podávat pouze injekčně, strukturální obměnou lze získat penicilin V vhodný pro perorální podání. Cílovým onemocněním pro tyto úzkospektré peniciliny je streptokoková tonzilofaryngitida, použít se dá však i v případech některých meningitid, genitálních infekcí apod. Nevýhodou penicilinu je přítomnost β -laktamáz u patogenu, což způsobí rychlou deaktivaci laktamového skeletu a zruší antibiotickou účinnost. Tento problém řeší peniciliny se zvýšenou odolností proti štěpícímu enzymu (oxacilin) nebo přidavek inhibitoru laktamáz (kyselina klavulanová, sulbaktam). Směsi s inhibitorem se využívají především u penicilinů se širokým spektrem, v současné době je běžná kombinace amoxycilin + kyselina klavulanová (ko-amoxiklav, Augmentin). Strukturálně podobné jsou cefalosporiny (cefaklor, cefuroxim), které se dělí do několika generací lišící se snadností průniku do buněk a spektrem.

Karbapenemy (imipenem) patří k antibiotikům pokrývajícím prakticky celé spektrum a patří k léčivům zachraňujícím život při neúspěchu léčby jinými antibiotiky. Nevýhodou je vliv na CNS (závratě, křeče, spavost).

Tetracykliny jsou širokospektrá antibiotika s velmi dobrým terapeutickým účinkem, ale s poměrně velkým množstvím nežádoucích účinků, jako jsou poruchy GIT, superinfekce. Nedoporučují se v těhotenství a u dětí, neboť vzhledem k vysoké afinitě k vápenatým iontům se ukládají do kostí a zubů, kde způsobují zvýšenou lámavost, zvyšuje se kazivost zubů a zuby mají hnědožluté zbarvení. Dalším nežádoucím účinkem je vznik fotosenzitivní reakce. V současné době se používá převážně doxycyklin, který má výhodu jednorázové denní dávky.

Aminoglykosidová antibiotika (neomycin, tobramycin) se používají buďto místně anebo systémově při závažných infekcích. Nežádoucími účinky jsou neurotoxicita (poruchy sluchu, závratě) a nefrotoxicita. Makrolidová antibiotika vykazují široké spektrum antimikrobiálních aktivit (včetně původce lymeské boreliózy) a jsou použitelná i jako náhrada penicilinů se širokým spektrem. Nežádoucí účinky zahrnují hlavně dyspeptické obtíže a lze říci, že tato léčiva jsou velmi dobře snášena (klaritromycin, roxitromycin), do stejné skupiny patří i azitromycin podávaný tři dny po sobě 1x denně 500 mg, antibiotická účinnost přetrvává díky dlouhému biologickému poločasu a postantibiotickému efektu přes týden.

Sulfonamidy jsou syntetické látky používané v antimikrobiální terapii velmi dlouho. Mají charakter širokospektrálních antibiotik. V současné době je nejvíce užívaná kombinace sulfametoxazolu s trimetoprimem (kotrimoxazol), která představuje celkem univerzální terapii. K nežádoucím účinkům patří fotosenzibilizace, při delším užívání krystalurie (je nutno omezit příjem kyselých tekutin), poruchy krvetvorby.

Relativně novými antibiotiky jsou fluorované **chinolony** (ofloxacin, ciprofloxacin). Indikací jsou především infekce močových cest, prostatitida, respirační infekce, infekce kostí, kůže a měkkých tkání. K nežádoucím účinkům patří kromě gastrointestinálních obtíží i možné bolesti hlavy, zvýšená pohotovost ke křečím a fotosenzibilizace.

1.3 Přehled léčiv podle základních indikací

V první části byla prezentována farmaka z hlediska základního farmakologického dělení a jejich vztahy k farmakokinetickým a molekulárně biologickým parametrům. Z praktického hlediska je mnohdy účelné třídit farmaka též podle základních indikací, neboť jedna a tatáž účinná látka může být přítomna v několika farmakoterapeutických skupinách. Toto pojetí je možná poněkud složitější, na druhou stranu se v něm však neutápí biologická multifunkčnost některých léčiv, či využití jejich, v primárních indikacích nežádoucích účinků, k účelné farmakoterapii jiných poruch. Tímto způsobem je rovněž konstruována i mezinárodní **ATC** (Anatomicko-terapeuticko-chemická) klasifikace léčiv, která kóduje jednotlivé substance z hlediska jejich použití. Z tohoto důvodu se tato kapitola právě zabývá vybranými indikacemi a odpovídajícím terapeutickým atakem. Přestože v obecných úvahách se většinou používají generické názvy léčiv, pro didaktické účely je vhodné uvádět i názvy hromadně vyráběných léčivých přípravků jako firemních specialit. V textu jsou typy názvu odlišeny způsobem psaní, generické názvy jsou uváděny s malým počátečním písmenem, firemní názvy léčiv potom s velkým začátečním písmenem. Dalším důvodem pro uvádění firemních názvů je rozdílná bioekvivalence jednotlivých hromadně vyráběných léčiv.

1.3.1 ATC skupina A - Zaživací trakt a metabolismus

Skupina obsahuje léčiva k terapii onemocnění spojených s poruchou acidity, k terapii funkčních poruch trávicího traktu, dále antiemetika, laxativa, antidiaroiika, střevní protizánětlivá a protiinfekční léčiva, léčiva k terapii onemocnění jater a žlučových cest, léčiva k terapii obezity, vitamíny, minerály a anabolika. Součástí jsou i stomatologické přípravky a léčiva k terapii diabetu.

Substance k úpravě acidity zažívacího traktu, ať již ve spojitosti s peptickým vředem nebo ne, zahrnují jak nespecifická léčiva založená na uhlíčitanech, hydroxidech či komplexech hliníku, vápníku a hořčíku (Anacid, Maalox), tak i v současné době preferovaná specifická (receptorově aktivní) léčiva typu antagonistů H₂-receptorů (ranitidin, famotidin) či inhibitory protonové pumpy (omeprazol (Helicid), pantoprazol apod.). Spasmolytika jsou účinná k odstranění bolestivých spasmů gastrointestinálního traktu (drotaverin (No-spa), pitofenon (Algifen), prokinetika naopak zvyšují motilitu trávicí soustavy (Cerucal, Motilium). Zvýšenou plynatost (meteorismus) lze odstranit použitím silikonů (simeticon, Espumisan). Antiemetika potlačují zvracení různé etiologie a mají hlavní význam při dekompenzaci nežádoucích účinků protinádorové chemoterapie (ondansetron, granisetron), jiná slouží k odstranění zvracení v důsledku kinetóz (Kinedryl). Laxativa rozdělujeme dle mechanismu účinku na kontaktní a osmotická. Kontaktní (bisakodyl (Fenolax), pikosífran sodný (Guttalax)) i osmotická (laktulóza) se doporučuje užívat na noc. Zcela nevodné je jejich dlouhodobé používání, které vede k poruchám motility střev. Přípravky s obsahem makrogolu (Fortrans) se používají k vyprázdnění střev před vyšetřeními.

Infekce trávicího traktu je možné řešit některými antibiotiky (rifaximin) či obecně dezinfekčními látkami, kde se významně uplatňuje kloroxin (Endiaron). Příznivý efekt může mít i využití sorpce vzniklých toxinů na aktivním uhlí či diosmektitu (něco jako kaolín, Smecta). Lze rovněž využít protizánětlivého účinku kortikosteroidů (budesonid). Infekční, virové i bakteriální procesy v GIT jsou často doprovázeny kromě nauzey a zvracení i průjmem. K zástavě průjmů, které při dlouhodobém trvání vedou k život ohrožující dehydrataci lze použít antipropulsiva (loperamid, Reasec, Imodium). Někdy se průjmem může manifestovat i alergická reakce na potravu a je na místě užití antialergik či kortikoidů. Antidiabetika slouží k léčení onemocnění diabetes mellitus, které existuje ve dvou formách. První typ je charakterizován nedostatečnou produkcí inzulínu a stav se dekompenzuje substituční léčbou, častější druhý typ diabetu je důsledkem nedokonalého využití inzulínu v cílových buňkách a léčí se perorálními antidiabetiky (metformin (Glucophage), glibenklamid (Glucobene), glimepirid (Amaryl)). Atraktivní jsou přípravky k terapii obezity, nejúčinnější sibutramin (Meridia) byl stažen z oběhu, v současné době je k dispozici fentermin (Adipex) a do skupiny je řazen i orlistat (Alli), což je však pouze inhibitor střevních lipáz.

1.3.2 ATC skupina B - Krev a krvotvorné orgány

Skupina zahrnuje antikoagulantia, antiagregancia, látky ke snížení srážlivosti krve, stejně tak i látky působící v opačném smyslu a antianemika. Zvýšená srážlivost krve je

v současné době častým onemocněním, které může být nebezpečné z hlediska vzniku trombů a případných zátek v oběhovém systému či omezení krevního oběhu. V životně důležitých orgánech je potom zmenšení nebo přerušeni dodávky krve a tím i živin a kyslíku důvodem pro vznik život ohrožujících stavů (infarkt myokardu, cévní mozková příhoda). Antikoagulancia blokuji plazmatické koagulační faktory a zabraňují vzniku fibrinové sítě. Kromě klasického heparinu, který musí být podáván parenterálně, se v ambulantní léčbě používá především warfarin. Antiagregancia zabraňují agregaci trombocytů a nejčastěji podávanou látkou je kyselina acetylsalicylová. Antianemika se používají při nedostatku železa v organismu či při nesprávném hospodaření se železem. Užívají se běžné soli železa (glukonát, fumarát, síran), poruchy v důsledku nesprávného hospodaření se železem lze atakovat vitamínem B12 a kyselinou listovou, zvýšení počtu červených krvinek lze vyvolat erytropoetinem.

1.3.3 ATC skupina C - Kardiovaskulární systém

Kardiovaskulární systém představuje významnou část základních životních funkcí. Poruchy jeho fungování mohou být až fatální a představují je srdeční nedostatečnost, arytmie, vysoký krevní tlak, případně infekty v některé oblasti oběhového systému. Srdeční nedostatečnost (insuficience) se často řeší srdečními glykosidy (Digoxin, glykosid z náprstníku), akutní stavy jsou indikací pro použití noradrenalinu nebo adrenalinu (ve farmakologické literatuře se často používá synonymum epinefrin a norepinefrin). Skupinu antiarytmik zastupují propafenon, lidokain nebo amiodaron (Cordarone). Onemocnění angina pectoris se dekompenzuje užitím vazodilatancí typu nitroglycerinu, isosorbidu dinitrátu či mononitrátu, převážně v lékových formách s prodlouženým uvolňováním. Tyto látky jsou na rozdíl od jiných vazodilatancí účinné především na velké cévy v oblasti srdce.

Významnou civilizační komplikací je hypertenzní onemocnění charakterizované více či méně zvýšeným krevním tlakem. Léčbu je možné provést diuretiky a vazodilatancii, často v kombinaci. Vazodilatancia mohou působit buďto centrálním nebo přímým mechanismem. Z centrálních je známá methyldopa (Dopegyt), z kontaktních se využívá blokátorů angiotensin přeměňujícího enzymu (enalapril, ramipril), případně antagonistů angiotensinu II (sartany). Využívají se rovněž blokátory kalciového kanálu (amlodipin, felodipin) či blokátory beta-adrenergických receptorů (metoprolol (Betaloc), atenolol, bisoprolol). Diuretika snižují krevní tlak zvýšeným vylučováním moči. Typickým diuretikem je hydrochlorthiazid nebo silnější furosemid. Při použití diuretik je třeba mít na paměti, že zvyšují odchod základních iontů z organismu, a selektivně je třeba je volit v případě poškození renálních funkcí. Zvláštní kapitolu představují peri-

ferní vazodilatancia, která mají význam pro zlepšení prokrvení okrajových částí organismu (pentoxifylin (Agapurin), naftidrofuryl). Významné místo v této skupině zaujmají látky ovlivňující hladinu lipidů (statiny (Atorvastatin), fibráty).

1.3.4 ATC skupina D – Dermatologika

Skupina dermatologik je poměrně obsáhlou a nehomogenní skupinou léčiv určených k léčení kožních defektů. Zahrnuje obecně dezinfekční látky, látky změkčující, látky podporující obnovu kožního epitelu apod. Hojně využívanými jsou rovněž antimykotika (klotrimazol (Canesten), terbinafin (Lamisil). Antipruriginóza odstraňují svědění (dimetinden (Fenistil), antipsoriatika jsou často založena na použití dehtu, nicméně jsou známy i jiné preparáty (psoraleny, retinoidy). Kromě antibiotik (framykoin, mupirocin) se v dermatologii často používají kortikoidy (betamethason, triamcinolon). Zde se využívá hlavně jejich protizánětlivého působení a schopnosti urychlit hojení.

1.3.5 ATC skupina G - Urogenitální trakt a pohlavní hormony

V této skupině jsou zahrnuta klasická antiinfektiva a antiseptika (klotrimazol (Canesten), nystatin, ciklopirox), léčiva k řízení porodu a používaná při řízené reprodukci. Do skupiny patří rovněž kombinovaná (progestin + estrogen) hormonální **kontraseptiva** k systémové aplikaci (Jeanine, Marvelon, Mercilon, Yaz), stejně tak jako progestinová kontraseptiva či tělíška (Mirena) a tzv. nouzová kontraseptiva (Postinor). Sildenafil (Viagra), tadalafil (Cialis) jsou látky používané pro podporu erekce.

1.3.6 ATC skupina H – Systémová hormonální léčiva

ATC skupina H zahrnuje systémová hormonální léčiva (kromě pohlavních hormonů a inzulínu). Patří sem hypofyzární a hypotalamické **hormony** a **analogy** (somatropin, desmopresin, terlipresin, oxytocin, somatostatin, oktreetid a řada dalších). Použití je především ve smyslu substituční terapie, případně testů funkčnosti, některá z nich mají ještě další speciální využití. Důležitými látkami v této skupině je skupina **kortikosteroidů** (glukokortikoidů a mineralokortikoidů), které jsou použitelné z hlediska protizánětlivých a imunosupresivních účinků (dexamethason, methylprednisolon, hydrokortizon). Významnými léčivy jsou rovněž látky ovlivňující štítnou žlázu (levothyroxin, propylthiouracil).

1.3.7 ATC skupina J – Antiinfektiva pro systémovou aplikaci

Skupina **antiinfektiv** je poměrně rozsáhlá a zahrnuje především antibiotika se širokým i úzkým spektrem, Klasickými širokospektrálními antibiotiky jsou tetracykliny (doxycyklin) a chloramfenikol. Skupina penicilínů (beta-laktamová antibiotika) obsahuje jak úzkospektré (fenoxymethylpenicilin (Ospen, Penbene)), tak i širokospektré penicilíny (amoxicilin). Vzhledem k citlivosti těchto penicilínů k mikrobiálním beta-laktamázám se často kombinují právě s beta-laktamázovým inhibitorem, kyselinou klavulanovou (Augmentin, Amoksiklav). Cefalosporiny se dělí do tří generací (dle postupu do buněk a působení na *Pseudomonas aeruginosa*) (cefuroxim (Zinnat), cefadroxil (Duracef). Použití je obdobné jako u penicilínů. Oblíbená je rovněž kombinace sulfamethoxazolu s trimetoprimem (Biseptol). Podobné jako u širokospektrých penicilínů jsou i indikace u makrolidů (klarithromycin (Klacid), azithromycin (Sumamed) tj. infekce horních a dolních cest dýchacích, infekce kůže a měkkých tkání, některé genitální infekce. Relativně novými antiinfektivy jsou fluorované chinolony (ciprofloxacín (Ciplox), norfloxacín (Gyrox)), které působí inhibicí bakteriální gyrázy. Antimykotická léčiva pro systémovou aplikaci zahrnují indikace jako kandidózy, mykotické infekce u pacientů s AIDS a mykobakteriální infekce (tuberkulóstatika). Skupina virostatik představuje látky k potlačení herpetických virů (acyklovir (Zovirax)), chřipkových virů (oseltamivir (Tamiflu)) a ke zlepšení kvality života pacientů infikovaných HIV.

1.3.8 ATC skupina L – Cytostatika a imunomodulační léčiva

Cytostatika jsou látky používané v onkologických indikacích. Typickými cytostatiky jsou alkylační látky (cyklofosfamid, busulfan, temolozomid) a antimetabolity (methotrexat, fludarabin, cytarabin). Účinné v protinádorové terapii jsou i rostlinné alkaloidy (vincristin, vinblastin – z barvíčku) a paklitaxel (tis). V některých případech se využívá i cytotoxických antibiotik (doxorubicin, epirubicin) a známá cisplatina a karboplatina. U nádorů závislých na steroidních hormonech se používají např. i antiandrogeny (flutamid) a antiestrogeny (tamoxifen) či inhibitory aromatázy zasahující do syntézy steroidních hormonů (anastrozol (Anaprex)).

1.3.9 ATC skupina M – Muskuloskeletární systém

Skupina M zahrnuje především nesteroidní protizánětlivá a protirevmatická léčiva – deriváty kyseliny octové (diklofenak (Voltaren)), deriváty kyseliny propionové (ibuprofen (Ibalgin), ketoprofen, naproxen), oxikamy (piroxikam, meloxicam) a koxiby jak k systémové, tak i k lokální aplikaci. Léčiva působí analgeticky a protizánětlivě,

z hlediska mechanismu zasahují do tvorby cyklooxygenáz. K odstranění svalových spazmů se využívají myorelaxancia (baklofen, tetrazepam). Onemocnění zvané dna se vyznačuje tvorbou krystalů kyseliny močové v kloubním pouzdru. K potlačení tvorby této kyseliny se používá alopurinol (Milurit). Součástí skupiny je i položka „léčiva ovlivňující mineralizaci kostí“, kam patří bisfosfonáty (kyselina klodronová, kyselina alendronová). Typickou indikací pro tyto látky je léčba osteoporózy u žen po menopauze.

1.3.10 ATC skupina N – Nervový systém

Obsáhlá skupina farmak ovlivňujících nervový systém zahrnuje celková a lokální anestetika, analgetika morfinového i nemorfinového typu, antimigrenika, antiepileptika, antiparkinsonika, neuroleptika, anxiolytika, hypnotika, antidepresiva, psychostimulancia, léčiva proti demenci a antivertiginóza. Celková **anestetika** se dělí na inhalační (isofluran) a intravenózní (thiopental, ketamin, fentanyl, propofol), přičemž vývoj směřuje spíše k intravenózní anestezii (TIVA). Představitelem lokálních anestetik je třeba prokain, trimekain, bupivakain, případně jejich kombinace s adrenalinem k vazokonstrikci v místě aplikace, čímž se dosáhne prodloužení účinku. **Analgetika morfinového typu** (morfin, pethidin, fentanyl, tramadol (nepodléhá předpisu jako opiáty)) představují velmi účinná analgetika potlačující bolest v algognostické i algothymické rovině. **Nemorfinová analgetika** (kyselina acetylsalicylová, paracetamol) představují volně dostupné analgetické preparáty s dobrou účinností při bolestech hlavy, zubů apod. K odstranění záchvatů migrény se v současné době místo námelových preparátů používají spíše selektivní agonisté serotoninu na 5HT₁ receptorech (sumamigran (Imigran)). **Antiepileptika** představují především profylaktický prostředek k zamezení epileptických ataků. Léčba akutního záchvatu vyžaduje spíše aplikaci myorelaxancí (diazepam, klonazepam) k odstranění křečového stavu. Antiepileptika se dělí do několika generací a hlavní rozdíly jsou v síle působení a sedativním efektu. Klasický fenobarbital se použije pouze v krajním případě, k dispozici je řada méně tlumivých či vůbec pozornost netlumivých preparátů s velmi dobrou účinností (karbamazepin (Tegretol), kyselina valproová (Convulex), lamotrigin, gabapentin apod.).

Neuroleptika představují látky k odstranění bludů, halucinací a bipolárně afektivních poruch. Typickými léčivy jsou chlorpromazin (Plegomazin), haloperidol, olanzapin, risperidon. **Anxiolytika** omezují stavy strachu, duševního napětí a nervové tenze. Patří k nim především benzodiazepiny (Diazepam, Oxazepam a alprazolam (Neuro)), dále deriváty difenylmethanu (hydroxyzin (Atarax)) a deriváty azaspirodekandionu (buspi-

ron). **Hypnotika** rovněž zahrnují benzodiazepinové deriváty či látky strukturně podobné benzodiazepinům (midazolam (Dormicum), zolpidem (Stilnox)). Skupina **antidepressiv** zasahuje neselektivně či selektivně do hladin neuromediátorů na synaptické šterbině. Klasickým antidepressivem je imipramin (Melipramin) a klomipramin (Anafranil). Zvýšení hladin serotoninu způsobí tzv. inhibitory zpětného vychytávání serotoninu (fluoxetin, citalopram, sertralin). Efektu zvýšení koncentrace biogenních aminů na synapsi lze rovněž dosáhnout blokadou jejich rozkladného enzymu – monoaminoxidázy (moklobemid). Do skupiny patří také další dvě hojně užívané látky mirtazapin a venlafaxin. Mezi psychostimulační a nootropní látky patří moderní modafinil (Vigil) a nootropikum piracetam (Geratam). Látky **proti demenci** lze nazvat jako anticholinesterázy (rivastigmin). Antivertiginóza nacházejí užití při stavech ztráty kontroly nad rovnováhou (betahistin, cinarizin).

1.3.11 ATC skupina P – Antiparazitika

V současné době vysoké migrace osob a v souvislosti se změnami podnebí je nutné při diagnóze počítat i s chorobami, které jsou pro naše zeměpisné šířky netypické. Jedná se hlavně o **tropické** protozoární a **jiné nákazy**. Skupina antiprotozoik zahrnuje chlorochin a hydroxychlorochin (aminochinoliny), resp. biquanidy a methanolchinoliny. Léčba malárie, stejně tak jako dalších amébových, trichomonálních a podobných parazitárních infekcí bývá složitá a vleklá vzhledem k složitému systému vývoje parazita a jeho rozdílné citlivosti v různých vývojových stádiích.

1.3.12 ATC skupina P – Respirační systém

Skupina obsahuje léky k dekonesci nosní sliznice, krční antiseptika, léčiva k terapii onemocnění spojených s obstrukcí dýchacích cest, léčiva proti nachlazení a kašli a antihistaminika. Často se používají lékové formy typu kapek a sprejů, které po aplikaci působí lokálně a nezpůsobují významnější systémové zatížení (nosní kapky, antiastmatické spreje). Komerčně významnou je skupina nosních kapek kombinujících dezinfekční činidla se sympatomimetiky (oxymetazolin (Nasivin), xylometazolin (Olynth), nafazolin (Sanorin)). Přípravky působí snížení otoku nosní sliznice u virových a alergických rhinitid a poskytují po aplikaci významný pocit úlevy. Krční léčiva, převážně ve formě pastilek a sprejů obsahujících dezinfekční látky, někdy kombinované s analgetiky či lokálními anestetiky, slouží k potlačení nezávažných zánětů v krku a ústní dutině (chlorhexidin (Drill), cetylpyridin (Neoseptolete), jodpovidon (Jox) a další (Coldrex, Orofar, Strepsils)). Přípravek Bioparox obsahuje fusafungin a představuje

volně prodejný antibioticky působící přípravek proti bolesti v krku. Obstrukce dýchacích cest zahrnuje jak menší spastické stavy hladkého svalstva bronchů, tak i záchravná onemocnění typu bronchiálních astmatu. K úpravě se používají sympatomimetika (salbutamol, fenoterol) nebo kortikoidy (beklometason, flutikason). Ve stejném smyslu se používají rovněž xantiny (teofylin) nebo atagonisté leukotrienových receptorů (montelukast). Z léků proti nachlazení a kašli jsou významná expektorancia, která umožňují odkašlávání ať již reflexní vyšší tvorbou hlenu, či jeho ředěním nebo degradací (acetylcystein (ACC, Mucobene), bromhexin, ambroxol (Mucosolvan), erdosteín (Erdomed)). **Antitusika** potlačují kašel a mohou to být buď deriváty morfinu (kodein, dextromethorfan (Robitussin antitussicum) nebo sloučeniny bez morfinového skeletu (butamirát (Sinecod, dropropizin (Ditustat)). Skupina **antihistaminik** pokrývá terapii alergických rhinitid a alergického astmatu (cetirizin (Zodac, Zyrtec), Loratadin (Claritine), busulepin (Dithiaden)).

1.3.13 ATC skupina S – Smyslové orgány

Ve skupině jsou zařazeny přípravky k léčbě onemocnění oka a ucha. Z hlediska lékových forem se jedná především o kapky, masti či spreje k lokální aplikaci. **Oftalmologika** zahrnují antibiotika (tobramycin (Tobrex)) virostatika (aciclovir (Zovirax)), protizánětlivé substance jako kortikosteroidy (dexamethason, hydrocortison) a nesteroidní protizánětlivá léčiva (diklofenak, kyselina salicylová). Antiglaukomatika jsou látky k léčení vysokého nitroočního tlaku (glaukom). K dispozici jsou sympatomimetika, parasympatomimetika, betablokátory a analoga prostaglandinů. Jako oční léčiva se používají rovněž některá antialergika a dekongesční léčiva, do skupiny patří rovněž přípravky zvlhčující oko a omezující pocity pálení a sucha (sympatomimetika, umělé slzy). Pro speciální užití existují preparáty umožňující navodit miózu, mydriázu a ovlivnit muskulaturu oka. **Ušní léčiva** zahrnují především antibiotika (ciprofloxacín) a jejich kombinace s glukokortikoidy.

1.3.14 ATC skupina V – Různé přípravky

Poslední skupina zahrnuje **alergeny, diagnostika**, jiné terapeutické přípravky a jako českou specialitu kapitolu **fytofarmaka a živočišné produkty**.

1.4 Osud léčiv po farmakoterapii a vztah k ekosystému

Léčiva použitá k farmakoterapii jsou v organismu v závislosti na struktuře více či méně přeměňována a vylučována ve formě metabolitů nebo původních látek. Jak již bylo výše uvedeno, hlavní vylučovací cestou je renální exkrece a látky se z těla dostávají v moči pacientů. Vzniklé látky se tak dostávají do komunálních odpadních vod a nutno konstatovat, že účinnost jejich odstranění v čistírnách odpadních vod je poměrně nízká. Objevují se tak na výstupu z čistíren a kontaminují povrchové vody. Tady jsou běžně nalézány stopy nesteroidních analgetik, estrogenů z hormonální antikoncepce, psychofarmak a zbytky antibiotik. Tyto látky především ovlivňují vodní organismy, ale cestou potravinového řetězce se rozšiřují do celého ekosystému.

Další komplikací je to, že v současné době se povrchová voda přidává do vody pro zásobování obyvatelstva a navíc jsou, sice ojediněle, nacházeny stopy reziduí farmak i ve vodách podzemních. Koncentrace těchto látek jsou většinou v řádech nanogramů až desítek nanogramů na litr, tudíž hluboko pod terapeutickými koncentracemi. Je však otázkou jakým způsobem se organismy zachovávají vůči dlouhodobému tlaku nízkých koncentrací biologicky aktivních substancí. V současné době je dokumentována řada negativních efektů, jako například problémy s množím rybníků vlivem ethynylestradiolu, vyhynutí populace supů v Asii vlivem požití mrtvého dobytka léčeného diklofenakem apod. Významný je rovněž fenomén endokrinní disrupce, kdy sloučeniny s primárně neestrogenním efektem působí narušení exkrece steroidních hormonů cestou změn v řízení vylučování těchto tkáňových působků. Tomuto efektu se připisuje snížení věku puberty, snížení počtu spermií i třeba změny v chování divokých zvířat. Z uvedeného plyne, že je třeba hledat další cesty dočišťování komunálních odpadních vod a metody přečištění vody dodávané do domácností. Existuje řada metod ať již sorpčních, které jsou však ekonomicky velmi náročné či chemických ve smyslu pokročilých oxidačních procesů. Je však nutno poznamenat, že tyto metody často nevedou k totálnímu rozkladu organických látek, a v jejich průběhu vznikají produkty, o jejichž toxicitě a environmentálním působení není nic známo. Mohou tak vznikat mnohem aktivnější a škodlivější sloučeniny, které vzhledem ke standardním metodám stanovení organické kontaminace nemohou být odhaleny. Další možností je využití biotechnologických nebo rostlinně-biotechnologických metod (fytoextrakce v umělých mokřadech). Která z těchto metod bude použitelná, a jak a do jaké míry je kontaminace zbytky farmak a jejich metabolity nebezpečná pro ekosystém, však ukáže až čas.

1.5 Léčiva ve školní chemii

Léčiva se stala nepostradatelným pomocníkem člověka, s léčivy se setkává každý z nás, dokonce každý je čas od času nebo i trvale jejich konzumentem. Léčiva se používají nejen k léčbě probíhajících onemocnění, ale také k jejich diagnostice nebo prevenci. I samotní žáci se setkávají s léčivy již od útlého věku. Účastní se například povinných očkování, prodělávají různá onemocnění nebo preventivně podstupují vyšetření, ke kterému je potřebný léčebný přípravek. Léčiva jsou zkrátka součástí běžného života všech. Této skutečnosti lze s výhodou využít ve školní (zejména středoškolské) výuce. Téma léčiv je totiž ukázkovým a modelovým příkladem úzkého sepětí chemie s každodenním životem.

1.5.1 Léčiva a současná kurikula

Co se týče zařazení problematiky chemie léčiv do výuky na našich školách, sluší se zmínit jednu skutečnost, která příliš nepodporuje v současné době propagovanou a pedagogy často zmiňovanou orientaci na praktická témata každodenního života. Původní pilotní verze RVP G (z roku 2005) počítala ve vzdělávací oblasti Člověk a příroda v oboru chemie s vyčleněním samostatného tematického celku „Chemie kolem nás“, který obsahoval mj. i učivo týkající se chemie léčiv. Ten však byl v později schváleném RVP (z roku 2007) zrušen a jeho obsah opět rozdělen mezi obecnou, anorganickou, organickou chemii a biochemii. Ani obsah, ani rozsah tématu léčiva, zařazeného do organické chemie, však zde není patrný. O příčinách tohoto kroku lze jen spekulovat, na vině bude patrně nedostatečná časová dotace pro přírodovědné předměty s ohledem na množství probíraného učiva. Léčiva se však promítají i do další vzdělávací oblasti Člověk a zdraví, kde sice není přímo uvedeno učivo o léčivech, ale lze zde vystopovat souvislosti k očekávaným výstupům (RVP G, 2007). Náměty, jak lze vhodně přiřadit tuto problematiku k vybraným očekávaným výstupům, ukazuje tabulka 1.1.

Tab. 1.1 – Příklady témat z oblasti chemie léčiv přiřazené k očekávaným výstupům ve vzdělávací oblasti Člověk a zdraví podle RVP G

očekávané výstupy z oblasti Člověk a zdraví	náměty z oblasti léčiv
1. „žák usiluje o pozitivní změny ve svém životě související s vlastním zdravím a zdravím druhých“	Hormonální antikoncepce Rezistence na antibiotika
2. „žák projevuje odolnost vůči výzvam k sebepoškozujícímu chování a rizikovému životnímu stylu a zaujímá odmítavé postoje ke všem formám rizikového chování“	Léková závislost Léková interakce Alkaloidy jako léčiva

Zdroj: MŠMT, ÚIV 2007

V roce 2008 byl vydán Katalog požadavků zkoušek společné části maturitní zkoušky – Chemie (Cermat) pro přípravu žáků ke společné části maturitní zkoušky z chemie, tematicky kopírující RVP pro gymnázia. V souladu se zde specifikovanými požadavky byly proto na PŘF UK v Praze, KUDCH vytvořeny materiály, které by měly posloužit čtenářům (též učitelům i studentům) k ozřejmění a hlubšímu porozumění tematice léčiv (Štefková, 2014). Přímé souvislosti vytvořených prostředků k tématu léčiva (*podrobně na příloženém DVD*) v souladu s požadavky kladenými na žáky shrnuje následující tabulka 1.2.

Tab. 1.2 – Obsah materiálů na téma Léčiva podle požadovaných dovedností

tematická část	dovednost žáka	obsah materiálů
Základy organické chemické analýzy (chemie kolem nás)	vysvětlit podstatu základů nejdůležitějších analytických instrumentálních metod (odměrná analýza, kolorimetrie, chromatografie, spektroskopie, NMR)	náměty na laboratorní cvičení
Vybrané organické látky v prostředí kolem nás (chemie kolem nás)	popsat běžně používaná léčiva (analgetika, antipyretika, anestetika, sedativa aj., konkrétně např. Acylpyrin, Panadol aj.) a princip jejich účinku, uvědomovat si toxicitu a negativní účinek návykové látky (alkohol, nikotin, těkavé látky, halucinogeny, cannabinoidy, opiáty)	speciální farmakologie farmakodynamika rozběr příbalového letáku alkaloidy s léčebnými účinky

Zdroj: Cermat, 2008 a Štefková, 2013

Očekávané výstupy tématu naznačují význam problematiky chemie léčiv, Katalog požadavků pak konkrétně specifikuje dovednosti žáka a učivo, které souvisí s chemií léčiv. Ukazuje se, že komplexnější a konzistentnější pojetí uvedeného tématu nijak neodporuje současným kurikulárním dokumentům, a navíc z pohledu vzdělávání přináší tento způsob zpracování nepopíratelné výhody.

1.5.2 Vzdělávací materiály k problematice léčiv

Z výsledků několika analýz nejpoužívanějších středoškolských učebnic chemie (Huvarová, 2010 a Štefková, Šmejkal, 2013) vyplynulo, že téma léčiv je v nich nedostatečně zpracované nebo dokonce zde vůbec není zastoupeno. Díky tomu byla vytvořena **série nových naučných materiálů**, které by dané téma pojaly komplexněji a zároveň svým obsahem byly vhodné pro výuku tématu chemie léčiv na SŠ (*viz příložené DVD*). Tato sada materiálů poskytuje jak pomůcky pro informování čtenáře (či pro přípravu učitele - naučný text, metodické pokyny k práci), tak vzdělávací prostředky vhodné pro zájem-

ce a žáky (prezentace, pracovní listy, náměty k laboratorním cvičením, zábavné úlohy, hry, testy aj.). Materiály se svým pojetím snaží zejména zpřístupnit čtenáři složitost tématu a učitelům též usnadnit práci při přípravě i vedení výuky.

1.5.2.1 Textová část

Základem celého materiálu (na přiloženém DVD označeno „**Léčiva – komplet**“) je souvislá elektronická textová publikace v rozsahu cca 70 stran A4, která je určena všem zájemcům, ale především lektorům a učitelům chemie, připravujícím se na toto téma. Zároveň ji mohou využít i zvědaví čtenáři k samostudiu. Vzdělávací text byl proto zpracován jako učebnice, zahrnuje tedy řadu prvků, patřících k její vybavenosti. Vlastní textová část je rozdělena na tři části. První část je věnována obecné farmakologii: na začátku jsou zmíněny možné interpretace pojmu léčiva, dále je poukázáno na výhody a nevýhody jednotlivých lékových forem ve vztahu k učivu o směsích. Popsány jsou také tzv. moderní lékové formy a jejich specifika. Následuje pasáž zabývající se charakteristikou a složením nejčastěji užívané lékové formy – tablety. Text také upozorňuje na význam příbalového letáku a na informace, které je z něj možné získat. Čtenář se také může dozvědět obecně o některých nežádoucích účincích léčiv a možnostech, jak se jim vyvarovat. Na příkladech uvidí, jak i malá změna ve struktuře látky způsobí, že biologické účinky léčiv mohou mít v některých případech až nedozírné následky. Nechybí také část věnovaná farmakokinetice a farmakodynamice. Druhá část se zaměřuje na problematiku speciální farmakologie. Popsány jsou různé indikační skupiny léčiv (viz kapitola 1.3). V jednotlivých pasážích se čtenář dočte o charakteristice indikační skupiny, chemické struktuře vybraných léčiv, mechanismu jejich působení, o způsobu, jak se vyhnout případným vedlejším účinkům a u vybraných látek je popsána i jejich chemická výroba. Text je doplněn řadou obrázků a vysvětlujících schémat, cvičeními s otázkami a úkoly včetně her, kvízů a testů. V poslední části lze nalézt řešení k jednotlivým úlohám, úkolům a cvičením, umístěným za každou kapitolou.

1.5.2.2 Powerpointové prezentace

Učivo je čtenářům primárně zprostředkováno pomocí **powerpointové prezentace** (obr. 1.1). Podle časových možností a účelu využití si lze vybrat ze tří forem. Tzv. „krátká“ forma se hodí především do školních hodin chemie - časově pokrývá asi 2 až 3 hodiny. Pro studenty s hlubším zájmem o chemii je určena „středně dlouhá“ prezentace (vhodná například do semináře z přírodních věd na gymnáziu), k jejímuž celému absolvování je zapotřebí přibližně osmi vyučovacích hodin. Svým obsahem je nejroz-

sáhlejší „dlouhá“ verze, která by se mohla stát základem pro samostatný předmět studia.

1.5.2.3 Pracovní listy, metodické pokyny, hry a testy

Pracovní listy jsou vytvořeny v návaznosti na powerpointovou prezentaci. Zájemci mohou přímo zapisovat odpovědi na jednotlivé otázky a úkoly do pracovních listů, nemusí nadměrně opisovat části snímků. Vzhledem k výskytu více forem prezentací existuje pracovní list ke „krátké“ formě prezentace, další čtyři pracovní listy ke „středně dlouhé“ prezentaci, kterých lze využít též při použití „dlouhé“ formy powerpointové prezentace. V souladu s výše zmíněnými výukovými materiály je pro lektora či učitele chemie v metodických pokynech detailně popsán návrh průběhu jednotlivých vyučovacích jednotek včetně přibližného časového rozvržení.

Hry k tematice léčiv jsou určeny všem zájemcům, speciálně žákům poslouží jako doplňující výukový materiál ke zpestření výuky.

Učební text, případně pracovní listy jsou doplněny sadou křížovek a osmisměrek. V powerpointovém provedení byla vytvořena hra „**Piškvorky**“, dále je přiloženo **kvar-teto**, týkající se učiva farmakokinetiky a farmakodynamiky a desková hra „**Lékárna**“ (zahrnující speciální farmakologii - obr. 1.2).

Obrázky 1.1 a 1.2 – Ukázka z prezentace a Herní plán ke hře „Lékárna“

Analgetika – antipyretika:

B) Analgetika - antipyretika
- snížení tělesné teploty – rozšíření cév – zvýšení výdeje tepla do okolí

a) deriváty p-aminofenolu (paracetamol)
analgetické a antipyretické účinky
př. léčiv PARALEN, PANADOL

Následující schéma představuje syntézu paracetamolu, účinné složky v paralenu. Doplňte do rámečků chemické vzorce meziproductů a konečného produktu. Pojmenujte reakci C a působící činidlo.

Clc1ccc(NC(=O)C)cc1 (A) $\xrightarrow{(CH_3)}$ [] (B) $\xrightarrow[Fe]{H^+}$ [] (C) $\xrightarrow{CH_3CO}$ CC(=O)Nc1ccc(O)cc1

Zdroj: Štefková, 2013

Testy dosavadních znalostí a dovedností z oblasti farmakologie vycházejí z obsahu tematiky v pracovních listech a powerpointových prezentacích. Každý zájemce (ale

třeba i učitel) má zde možnost ověřit si znalosti a dovednosti své (či žáků) pomocí testových položek. Ke „krátké“ formě prezentace existuje jeden test, ke „středně dlouhé“ formě dva testy. Výsledky se zapisují přímo do vytištěného testu. V autorském řešení testů (Štefková, 2013) lze najít návod na vyhodnocení a výsledky.

1.5.2.4 Náměty a návody na laboratorní experimenty

Chemické **pokusy s léčivy** jsou koncipovány tak, aby zájemci experimentátoři měli možnost pracovat s danými léčivy nebo si je přímo mohli připravit. Všechny pokusy byly nejprve ověřeny z hlediska proveditelnosti a možných výsledků a dále adaptovány na realitu běžných SŠ, tedy modifikovány zejména s ohledem na dostupnost vybavení a chemikálií, náročnost postupu a časově optimalizovány. Ke každé úloze byl zpracován pracovní list, do kterého experimentátoři přímo doplňují výsledky svého měření a pozorování a jehož součástí jsou i další podnětné otázky a úkoly. Pracovní listy mají jednotné členění: název chemického pokusu, princip, pomůcky a chemikálie, bezpečnostní poznámky, pracovní postup, vypracování (kam se zapisují výsledky, případně odpovědi na otázky k danému chemickému pokusu) a závěr. Přiložená autorská řešení usnadní práci nejen lektorům či učitelům, kteří zde naleznou mimo jiné přesné návody na přípravu chemikálií, obrázky z výsledků chemického pokusu a cenné rady, jak daný pokus úspěšně zrealizovat. Jejich součástí jsou zároveň též doporučení z hlediska formy provedení a věku experimentátorů; nechybí ani údaje týkající se časové náročnosti provedení chemického pokusu a doplňující informace např. o vlastnostech použitých léčiv. V tabulce 1.3 je uveden přehled názvů experimentálních úloh, k nimž jsou výše popsané materiály *přiloženy na DVD* v elektronické formě.

Tab. 1.3 – Seznam laboratorních úloh z „CHEMIE LÉČIV“

Pokus č. 1:	Odhalte potraviny, ve kterých se nachází škrob.
Pokus č. 2:	Extrakce jódu.
Pokus č. 3:	Jak odstranit skvrny při polítkách léčivem obsahujícím jód?
Pokus č. 4:	Za odhalením tajné zprávy stojí Jox.
Pokus č. 5:	Odhalte léčiva se stejnou funkční skupinou.
Pokus č. 6:	Porovnejte rozpustnost kyseliny acetylsalicylové v různých rozpouštědlech.
Pokus č. 7:	Neutralizace kyseliny acetylsalicylové.
Pokus č. 8:	Za tajemným písmem z Acylpyrinu.
Pokus č. 9:	Porovnejte vlastnosti plniv používaných k přípravě tablet.
Pokus č. 10:	Odhalte mechanismus působení volně prodejných antacid.
Pokus č. 11:	Příprava tekuté lékové formy – Jarischův roztok.
Pokus č. 12:	Příprava tekuté lékové formy - vodný roztok jódu (Lugolův roztok).
Pokus č. 13:	Zkontrolujte množství kyseliny borité (H_3BO_3) v oční vodě Ophthal nebo v již připraveném Jarischově roztoku.

Pokus č. 14:	Je váš dezinfekční roztok skutečně tak koncentrovaný, jak uvádí výrobce?
Pokus č. 15:	Odhadněte % zastoupení účinné látky v tabletě Acylpyrinu a poté její množství ověřte experimentálně.
Pokus č. 16:	Zjistěte % zastoupení uhličitanu vápenatého v antacidu prodávaném bez receptu.
Pokus č. 17:	Proveďte množství zásaditého gallanu bismutitého v léčivu.
Pokus č. 18:	Poznejte barviva na povrchu léčiv.
Pokus č. 19:	Ověřte spektroskopicky koncentraci účinné látky v genciánové violeti.
Pokus č. 20:	Jak moc nám výrobce obarvil kloktadlo Stopangin?
Pokus č. 21:	Zjistěte koncentraci kyseliny salicylové v předloženém vzorku.
Pokus č. 22:	Stanovení hmotnostního zlomku uhličitanu vápenatého v komerčně prodávaném antacidu vážkovou metodou.

Zdroj: Štefková, 2013

Literatura

- Breviř (lékové informace), Medical Tribune CZ s.r.o, Praha 2013.
- Cermat (2008) Katalog požadavků zkoušek společné části maturitní zkoušky – zkušební předmět chemie. [online - cit. 2013-02-22] http://www.novamaturita.cz/index.php?id_document=1404033120.
- Čtrnáctová, H., Halbych, J., Hudeček, J., Šímová, J. (2000). Chemické pokusy pro školu a zájmovou činnost. Praha: Prospektrum.
- Hynie S. (2001). Farmakologie v kostce. Praha: Triton.
- Lüllmann H., Mohr K., Ziegler A., Bieger D. (2012) Barevný atlas farmakologie. Praha: Grada.
- Lincová D., Farghali H. (2007). Základní a aplikovaná farmakologie. Praha: Galén.
- Martínková J. (2007). Farmakologie pro studenty zdravotnických oborů. Praha: Grada Publishing.
- Průcha, J. (1997). Moderní pedagogika. Praha: Portál.
- Remedia compendium, Panax Praha, různá vydání.
- Slíva J., Votava M. (2010). Farmakologie. Praha: Triton.
- Smrček, S. (2014). Farmaka a nanočástice v životním prostředí. Praha: UK PČF.
- Szapacs, M., Bojan, M.B., Keiser, J. (2012). Synthesis and Quantitation of Acetylsalicylic Acid (Aspirin). [online - cit. 2012-11-29]. Dostupné z <http://www.personal.psu.edu/jtk1/aspirinlab%20S05.pdf>.
- Štefková, I. (2013) Praktické kapitoly z chemie léčiv pro střední školy. Praha: UK PČF.
- Štefková, I. (2014) Tvorba výukových materiálů na téma "Chemie a společnost" s využitím moderních technických prostředků. Praha: UK PČF.
- Štefková, I., Šmejkal, P. (2013). Výukové materiály k chemii léčiv pro SŠ. In Súčasnost' a perspektívy didaktiky chémie III. Donovaly: UMB v Banskej Bystrici, FPV.
- Šulcová, R., Böhmová, H. (2006). Současné pojetí experimentální výuky chemie na ZŠ a SŠ. [online - cit. 2011-05-22]. Dostupné z <http://www.natur.cuni.cz/~kudch/main/IPD3/>.
- Trejbalová, I. (2006). Molekulová absorpční spektroskopie v UV-VIS oblasti ve výuce chemie na středních školách. Rigorózní práce. Praha: UK, PČF.
- ÚIV, (2012). Ověření některých vlastností kyseliny acetylsalicylové. [online - cit. 2012-11-29]. Dostupné z http://info.edu.cz/cs/system/files/Overeni_vlastnosti_kys_acetylsalicylove.pdf
- VÚP kol. Rámcové vzdělávací programy pro gymnázia (2007). [online cit. 2013-02-22]. Dostupné z <http://nuv.cz/file/159>.

2. Hnojiva

2.1 Pojem hnojiva a hnojení

Výraz **hnojení** je původně odvozen od hnoje. V dnešní době nabývá toto slovo širšího významu. Hnojením rozumíme především proces, kterým rostlinám dodáváme živiny, které jsou důležité pro jejich rozvoj. Prostředky, které užíváme k hnojení, označujeme jako **hnojiva**. Jedna z možných definic hnojiv říká, že jsou to látky, které zlepšují výživu rostlin a zvyšují půdní úrodnost. Další například definuje hnojiva jako látky způsobíle poskytnout účinné množství živin pro výživu kulturních rostlin a lesních dřevin, pro udržení nebo zlepšení půdní úrodnosti a pro příznivé ovlivnění výnosu či kvality produkce. Zjednodušeně by se tedy dalo říci, že hnojiva jsou rostlinám dodávána proto, aby jim z hlediska jejich výživy nic nechybělo, a díky tomu mohly spokojeně růst.

V současné době vidí mnozí lidé za slovem „hnojiva“ tak trochu něco škodlivého až patologického. Mohou na to mít vliv například i média, která často těmto látkám přisuzují ty nejhorší vlastnosti a zároveň odsuzují jejich používání. Zaměňují je za herbicidy, pesticidy nebo konzervační látky, i když hnojiva s nimi nemají vůbec nic společného. Dále toto vidění může být podporováno skutečností, že převážná většina obyvatel České republiky netrpí hladem. V obchodech si je možné koupit širokou škálu produktů. Ovšem nesmíme zapomínat, že tomu tak není na celém světě. Hladomor je poměrně rozšířenou záležitostí. Uvádí se, že v současnosti hladoví kolem 800 milionů lidí. Toto číslo je poměrně vysoké a bude zřejmě ještě vyšší s tím, jak bude růst počet lidí na naší planetě. Představme si, že za této situace hnojiva (zejména ta minerální) zavrhneme. Co se stane, si už každý může domyslet sám.

2.2 Chemie hnojiv v současném vzdělávání

Zajisté nejsou pochyby o potřebě seznámení se s tematikou hnojiv, nejlépe v systematickém školním vzdělávání. Obdobně jako u „léčiv“, i problematika hnojiv prošla v zařazení do školní výuky chemie složitou cestou. Téma je v současnosti v RVP včleněno do vzdělávací oblasti Člověk a příroda v oboru chemie - ale je už pouze na učitelích, zda toto téma do výuky samostatně zařadí. Na druhou stranu díky tématu Hnojiva lze splnit některé výstupy z oboru chemie, a to zejména „využití chemických látek v praxi a vliv na životní prostředí“. Nad praktickým využitím hnojiv není třeba dlouze přemýšlet. Některé příklady, v jakém učivu lze aplikovat vliv chemických látek na životní prostře-

dí, jsou: znečištění podzemních vod dusičnany, eutrofizace vod, mykorrhiza apod. Nelze také opomenout další vzdělávací oblast - Člověk a zdraví, její obor výchova ke zdraví. Požadavek „žák usiluje o pozitivní změny ve svém životě související s vlastním zdravím a zdravím druhých“ lze vhodně naplnit tématy „organická hnojiva“ a „princip hnojení“. O hnojivech lze také hovořit v rámci průřezového tématu Environmentální výchova, kam mezi tematické okruhy patří: „k čemu člověk využívá půdu a jaké důsledky z toho pro životní prostředí vyplývají“.

V Katalogu požadavků zkoušek společné části maturitní zkoušky – Chemie můžeme nalézt specifikované dovednosti žáka, které lze získat i díky vhodnému začlenění tématu Hnojiva. V souladu se zde specifikovanými požadavky byly proto na UK v Praze, PŘF vytvořeny materiály (Štefková, 2014), které by měly posloužit čtenářům (též učitelům) k ozřejmění a hlubšímu porozumění tematice hnojiv. Přímé souvislosti těchto uvedených materiálů k tématu hnojiva (podrobně *na příloženém DVD*) s požadavky kladebnými na žáky shrnuje následující tabulka 2.1.

Tab. 2.1 – Obsah materiálů k tématu hnojiva podle požadovaných dovedností

tematická část	dovednost žáka	obsah materiálů
Prvky a anorganické sloučeniny v prostředí kolem nás (chemie kolem nás) Základy chemické analýzy anorganických látek (chemie kolem nás)	- zdůvodnit význam výroby průmyslových hnojiv a jejich možné negativní účinky na životní prostředí - vysvětlit podstatu základů nejvýznamnějších analytických instrumentálních metod (kolorimetrie, spektroskopie)	Minerální hnojiva Organická hnojiva Výhody a nevýhody používání minerálních a organických hnojiv Náměty na laboratorní cvičení z chemie hnojiv

Zdroj: Katalog požadavků zkoušek - Chemie, 2008

2.2.1 Vzdělávací materiály k problematice hnojiv

Díky potřebě neustále ukazovat propojení chemie s reálným světem a též s ohledem na nedostatek vhodných materiálů k dané problematice byla vytvořena **sada vzdělávacích materiálů k chemii hnojiv** (viz *příložené DVD*), které poskytují jak pomůcky pro informování čtenáře (či pro přípravu učitele - naučný text, metodické pokyny k práci, návrh na exkurzi), tak vzdělávací prostředky vhodné pro žáky (prezentace, pracovní listy, náměty k laboratorním cvičením, zábavné úlohy, hry, testy aj.). Svým pojetím se snaží zejména zpřístupnit zájemcům tematiku a učitelům usnadnit práci při přípravě i vedení výuky. Materiály jsou vhodné převážně pro studenty vyšších ročníků střední školy, při drobných úpravách je lze použít i pro žáky mladší.

2.2.1.1 Textová část

Základem celého materiálu (na *přiloženém DVD* označeno „**Hnojiva – komplet**“) je souvislá elektronická textová publikace v rozsahu cca 50 stran A4, která je určena všem zájemcům, ale především lektorům a učitelům chemie, připravujícím se na toto téma. Zároveň ji mohou využít i zvědaví čtenáři k samostudiu. Naučný text byl zpracován jako učebnice, zahrnuje proto řadu prvků, patřících k její vybavenosti. Úvod textu se věnuje definici hnojení a látkám používaným k hnojení, tedy hnojivům. Poté následuje zmínka o historii hnojení a o významu hnojiv pro společnost. Další obsah je členěn na 3 kapitoly. První se zabývá obecným pojednáním ve vztahu k hnojivům. Sem byla zařazena podkapitola věnující se minerální výživě rostlin značně provázaná s tématy z biologie. Druhá podkapitola se snaží čtenáře seznámit s výhodami a i s nevýhodami hnojení a jednotlivými skupinami hnojiv. Zároveň upozorňuje především na zdravotní rizika plynoucí právě z používání (respektive z nepoužívání) hnojiv, která nemusí být na první pohled čtenáři vždy zřejmá. Kromě toho se snaží uvést na pravou míru možné nesrovnalosti v interpretaci „přírodního“ a „chemického“ hnojení. Jednotlivé skupiny hnojiv jsou rozděleny dle jejich původu, tedy na hnojiva minerální a na hnojiva organická. Vedle toho v této kapitole nalezneme i další možná klasifikační hlediska. Nechybí také zajímavosti vztahující se například k historii hnojení nebo k dalšímu využití těchto látek. Do další části textu byla zařazena podkapitola zaměřená na to, jak jsou hnojiva definována z pohledu zákona. Text je doplněn řadou obrázků, tabulek a vysvětlujících schémat, cvičeními s otázkami a úkoly včetně kvízů a testů. V poslední části lze nalézt řešení k jednotlivým úlohám, úkolům a cvičením, umístěným za každou kapitolou.

2.2.1.2 Powerpointové prezentace

Powerpointová prezentace je vlastně ve zjednodušené a pro čtenáře lépe pochopitelné formě převedený naučný text. K problematice hnojiv byly vytvořeny dvě powerpointové prezentace: krátká a rozšířená forma. Krátká forma prezentace se hodí především do základních hodin chemie (pokrývá 2 – 3 jednotky) a vymezuje základní pojmy - hnojení a hnojiva; význam hnojiv; zdravotní rizika plynoucí z používání těchto přípravků a příčiny jejich vzniku; klasifikace hnojiv - minerální a organická, příklady; princip výroby dusíkatých a fosforečných hnojiv; porovnání hnojiv minerálních a organických. Rozšířená forma prezentace (vhodná například pro semináře z přírodních věd na gymnáziu) pokrývá osm hodin a zabývá se problematikou minerální výživy rostlin; rozdělením a následnou charakteristikou rostlin na základě obsahu živin v sušině, to znamená makroprvky, mikroprvky a prvky stopovými; faktory ovlivňujícími příjem

živin rostlinou; hnojivy obsahujícími vápník a draslík a detailním popisem organických hnojiv včetně jejich vzájemného porovnání.

2.2.1.3 Pracovní listy a metodické pokyny

V návaznosti na powerpointové prezentace byly vytvořeny **pracovní listy**. Vzhledem k výskytu dvou forem prezentací existuje jeden pracovní list ke „krátké“ formě powerpointové prezentace (označený PL_K) a čtyři pracovní listy k „rozšířené“ powerpointové prezentaci (označené PL1-4_Z).

Obsah pracovních listů: pracovní list ke krátké formě prezentace a zaměřuje se na definici hnojiv, porovnání s dalšími látkami určenými k ochraně rostlin, význam hnojiv, nežádoucí účinky hnojiv spojené s jejich nadměrným používáním, porovnání jednotlivých typů minerálních hnojiv. Pracovní listy k rozšířené formě prezentace jsou rozděleny tematicky do 4 částí a jednotlivá témata lze z větší části probírat nezávisle na sobě: 1. téma – Minerální výživa rostlin, 2. téma – Význam hnojiv a jejich vliv na životní prostředí, 3. téma – Minerální hnojiva, 4. téma – Organická hnojiva.

V souladu s výše uvedenými materiály je pro lektora či učitele chemie v **metodických pokynech** detailně popsán návrh průběhu jednotlivých vyučovacích hodin včetně přibližného časového rozvržení.

2.2.1.4 Hry a testy

Hry jsou určeny všem zájemcům, speciálně studentům poslouží jako doplňující vzdělávací materiál ke zpestření výuky, k motivaci a v neposlední řadě také k pobavení.

Pomocí powerpointové prezentace byla vytvořena hra „**BLUDIŠTĚ**“. Hrací plán (obr. 2.1) se nachází na posledním snímku prezentace a je složen z jednotlivých polí. Na předchozích dvanácti snímcích jsou vědomostní otázky ke hře. Všechna pole (kromě pole START a CÍL) mění barvu na základě kliknutí myši mezi modrou, zelenou, červenou, žlutou a původní barvou. Tyto barvy odlišují jednotlivé hráče (případně skupinu hráčů). Cílem hry je získat hlavní výhru, v tomto případě sadu minerálních hnojiv, což je na počátku hry účastníkům zatajeno. Výhra se objeví tehdy, jestliže některý z hráčů (respektive skupiny hráčů) vstoupí na políčko CÍL. (Podrobnější informace je možné nalézt v metodických pokynech k dané hře.) Hru lze realizovat pro skupinu v místnosti s dataprojektorem, případně lze hrát samostatně, pouze s počítačem. Lektor nemá žádnou další práci s přípravou, pouze zajistí hrací kostku, stává se moderátorem celé

hry. Koriguje odpovědi hráčů, případně doplňuje správné odpovědi. Aby se předešlo případným nedorozuměním, je dobré hráče předem seznámit s pravidly hry.

Obrázek 2.1 – Herní plán ke hře „Bludiště“



Zdroj: Štefková, 2013

Pomocí **testů** si čtenáři a zájemci mají možnost ověřit své dosavadní znalosti a dovednosti. Testy vycházejí z textů obsažených v prezentacích a pracovních listech; každý existuje ve dvou variantách A a B. Výsledky se zapisují přímo do vytištěného testu. V autorském řešení lze nalézt návod na vyhodnocení a výsledky (Štefková, 2013).

2.2.1.5 Náměty a návody na laboratorní experimenty

K danému tématu bylo vytvořeno **15 experimentálních úloh**, jejichž seznam je uveden níže v tabulce 2.2, zpracovaných ve formě pracovních listů v řešitelské a lektorské verzi. Tematicky lze jednotlivé chemické pokusy rozdělit do 5 skupin. První set pokusů se zabývá fyzikálními a chemickými vlastnostmi hnojiv. Jsou uvedeny jak jednodušší chemické pokusy (např. rozlišení dusičnanů, určení pH), tak i pokusy náročnějšího charakteru (zjištění principu výroby superfosfátu). Zařazeny jsou i chemické pokusy pro pobavení, zaměřené na odhalení tajemných šifer. V druhé části si mohou experimentátoři vyzkoušet podrobnější analýzu minerálních hnojiv s jejich následnou identi-

fikací. Pokus předpokládá alespoň základní znalosti z oblasti analytické chemie. Další skupina chemických pokusů je zaměřena na přípravu minerálních hnojiv. Studenti si při jejich provedení zopakují chemické výpočty týkající se samotné přípravy roztoků. Čtvrtou část tvoří úloha zaměřená na kolorimetrii. Obecně se jedná o poměrně časově náročnou úlohu. Poslední pasáž obsahuje titrační úlohy, kde si lze ověřit, zda zakoupený superfosfát je dobře vyzrálý.

V tabulce 2.2 je uveden soubor názvů experimentálních úloh, dostupných na *příloženém DVD* v elektronické formě.

Tab. 2.2 – Seznam laboratorních úloh z „CHEMIE HNOJIV“

Pokus č. 1:	Detektivní pátrání po kationtu v dusičnanech.
Pokus č. 2:	Na základě experimentu vyberte z předložených vzorků hnojivo/a, které/á by se nejlépe hodilo/y ke snížení kyselosti půdy.
Pokus č. 3:	Princip výroby fosforečných hnojiv.
Pokus č. 4:	Zjistěte, jak se mění rozpustnost sloučenin železa a zinku vlivem stoupající hodnoty pH.
Pokus č. 5:	Pobavte se čtením tajemných šífer.
Pokus č. 6:	Pokuste se přijít na to, proč se některá hnojiva nesmějí mísit.
Pokus č. 7:	Vliv dusíkatých hnojiv na bakteriální růst.
Pokus č. 8:	Identifikace neznámých pevných vzorků hnojiv.
Pokus č. 9:	Připravte kombinované hnojivo typu NPK (A).
Pokus č. 10:	Připravte kombinované hnojivo draselno-fosforečné (B).
Pokus č. 11:	Syntetizujte kyselinu boritou.
Pokus č. 12:	Připravte vápenaté hnojivo.
Pokus č. 13:	Stanovte v hnojivech množství fosfátu kolorimetricky.
Pokus č. 14:	Stanovení volné kyseliny fosforečné v superfosfátu.
Pokus č. 15:	Odhalte stopový prvek a jeho množství v přípravku Kuprikol®.

Zdroj: Štefková, 2013

2.2.1.6 Exkurze

K problematice organických hnojiv je vhodné uspořádat **exkurzi** do kompostárny, neboť nejcennější je vlastní zkušenost. Těchto provozoven se na území České republiky nachází celá řada. V Praze je například možné navštívit kompostárnu biologického odpadu v Malešicích (Dřevčická ulice), provozovanou společností Jena. Dále na území hl. města Prahy existují komunitní kompostárny v Řepích, Vysočanech a Vršovicích. Z mimopražských je možné absolvovat exkurzi do kompostárny Agora v Želivci u Kamence nebo do Úholiček v blízkosti obce Velké Přílepy. K minerálním hnojivům by bylo možné absolvovat exkurzi v závodě na výrobu kyseliny fosforečné Fosfa Břeclav, doporučit lze např. odbornou exkurzi v Lovochemii Lovosice.

Literatura

- Altmann, A., Horník, F. (1985). Vybrané kapitoly z didaktiky biologie. Praha: SPN.
- Botlík, O., Souček, D. (2006). Komentované výsledky 42. kola projektu Kalibro. Praha: Idea & Kalibro.
- Brockmayerová-Fenclová, J., Čapek, J., Kotásek, J. (2000). Oborové didaktiky jako samostatné vědecké disciplíny. *Pedagogika*, 50(1), 23–37.
- Disman, M. (2002). Jak se vyrábí sociologická znalost. Praha: Karolinum.
- Dvořák, D., Dvořáková, M. (2006). Dvojí přítomnost sociálních věd v kurikulu české základní školy. In Maňák, J., Janík, T. (Ed.), *Problémy kurikula základní školy*(229–234). Brno: Masarykova univerzita.
- Dvořák, D. (2009). Řazení učiva v soudobých teoriích kurikula. *Pedagogika*, 59(2), 136–152.
- Hejcman, M., Pavlů, V. (2011). Hnojení – novodobý nástroj nebo odvěká součást zemědělství? [online 2011-09-15]. Dostupné z www.vesmir.cz/files/file/fid/6334/aid/8956.
- Havelka, B. (1990). Výživa a hnojení zahradnických rostlin. Praha: SPN.
- Hlušek, J. (2009) Příhovor doctora honoris causa prof. Jaroslava Hluška. [online 2012-04-25]. Dostupné <http://www.polnohospodar.sk/kategorie-spravodajstva/66/1146-prihovor-doctora-honoris-causa-prof-jaroslava-hlueka>.
- Kolektiv VÚP (2007) Rámcové vzdělávací programy pro gymnázia. Praha: VÚP.
- Ministerstvo zemědělství. (2009) Zákon o hnojivech a navazující prováděcí předpisy zpracované v podobě úplného znění. [online 2013-09-15]. Dostupné http://www.biokont.cz/images/z092530_mze_zakon_o_hnojivech_-_k_tisku_091223.pdf.
- MŠMT (2008). Katalog požadavků zkoušek společné části maturitní zkoušky – zkušební předmět chemie. Praha: Cermat.
- Solárová, M. (2011). Domácí chemické pokusy. [online 2012-11-29]. Dostupné http://ucitelchemie.upol.cz/materialy/experimenty/experimenty_solarova_domaci_chemicke_pokusy.pdf.
- Štefková, I. (2013) Praktické materiály z chemie hnojiv. Praha: UK PŘF. KUDCH.
- Štefková, I. (2014) Tvorba výukových materiálů na téma "Chemie a společnost" s využitím moderních technických prostředků. Praha: UK PŘF.
- Veselá, I. (2012). Jak na výrobu rostlinného hnojiva? [online 2012-04-25]. Dostupné <http://www.bio-life.cz/clanky/zahrada-bydleni/jak-na-vyrobu-rostlinneho-hnojiva.html>.
- Veselský, M., Hrubíšková, H. (2009). Zájem žáků o učební předmět chemie. *Pedagogická orientace*, 19 (3), 45-64.

3. Polymery kolem nás

3.1 Náš svět s polymery

At' se nám to líbí nebo ne, polymery mají pro život člověka zásadní význam. Bez některých z nich není život možný a život bez dalších by byl o mnoho složitější. Polymery jsou všude okolo nás a mnohdy i tam, kde bychom to netušili. Vzhledem k tomuto faktu intuitivně o polymerech leccos víme, ale přesto nepochybně zůstává mnoho neznámých. V uvedeném ohledu je s podivem, že i přes význam a rozšíření polymerních látek se o polymerech moc neučí ve školách, at' už se jedná o základní nebo střední školy. V hodinách chemie je často pozornost věnována sloučeninám a syntézám, s nimiž se žáci nejspíše nikdy nesetkají, probírá se systematika mnohdy obskurních sloučenin, přitom o látkách, které leží přímo před námi, se žáci dozvědí minimum informací. Pravda, obvykle jsou polymery poněkud složité látky, a to jak z hlediska chování, tak z hlediska struktury, a bez pochopení řady základních aspektů organické chemie není možné porozumět řadě aspektů chemie polymerů. Na druhé straně, jak bylo řečeno, poznání vlastností polymerních látek, jejich chování či aplikací, jejich možností i limitů, je klíčem k pochopení světa kolem nás. A proto by se na polymery nemělo zapomínat již od základního školního vzdělání. Jakkoliv nacházíme polymery (a plasty) všude kolem nás, mezi neodbornou veřejností neustále koluje řada „mýtů“, z nichž některé bychom rádi v tomto textu prodiskutovali.

3.2 Polymery a jejich stigmata

3.2.1 První námitka

Polymery (anebo plasty) jsou něčím novým a nepřírozeným a lidé by se bez nich dobře obešli ...

Možná si to ani neuvědomujeme, ale polymery nás provází odjakživa a dokonce by bez nich nebyl možný život tak, jak jej známe. Přírodní polymery, např. bílkoviny, jsou součástí svaloviny a jsou důležitou složkou kůže a orgánů nebo také součástí enzymů. Další polymer, DNA, stojí při vzniku našeho života, jiný, polyizoprén, zase používáme, pokud chceme vzniku života zabránit ☹. A tím výčet polymerních látek, které nás provází životem, nekončí. Rostliny využívají škrob jako zásobní látky, polymer celulóza je zase důležitou složkou buněčných stěn rostlin, okolo 50 % celulózy obsahuje dřevo,

velmi čistou celulózou je pak bavlna. Bez polymerů by život nebyl myslitelný, je patrné, že z nich jsou tvořeny základní funkční části a jednotky pro život, bez polymerů bychom se nemohli hýbat, nemohli bychom dýchat, nemohli bychom trávit a ani bychom se nedokázali rozmnožit. A ostatní živočichové a rostliny by na tom byli podobně. Sotva se člověk naučil používat nástroje, polymery je začaly provázet i v tomto ohledu. Rychle totiž zjistil, že dřevo, obsahující zejména celulózu (polymer) a lignin, což je zesíťovaná polymerní fenolická sloučenina, lze snadno opracovávat a přeměňovat v nástroje či jejich části. Když se začal člověk odívat, první na řadě byly kůže a kožešiny, později se člověk naučil zpracovávat bavlnu a len, obojí přírodní polymerní látky. Mezi ně samozřejmě patří i papír a papyrus, které umožnily lidstvu předávání poznatků z generace na generaci. Lidé byli tedy obklopeni polymery od samotných počátků civilizace (a vlastně i života). Jejich produkce a zpracování byly zprvu intuitivní a prováděné pouze na základě zkušeností. Příčinou byly nedostatečné znalosti chemie a studia struktur látek. Proto byl po staletí výběr polymerních materiálů, a z nich vyplývajících vlastností a aplikací, poměrně omezený, alespoň v porovnání s dneškem. A to i přesto, že polymerní látky jako dřevo, bavlna, len, konopí, kůže a další patřily k hlavním materiálům minulosti. Člověk je však uměle nevyráběl, ale jen zpracovával.

3.2.1.1 Kaučuk

Doba syntetických polymerů, tedy - vyráběných člověkem, tak měla přijít daleko později, až zhruba v polovině 19. století. Příčinou snahy syntetizovat polymery se stal přicházející nedostatek některých materiálů a také nevhodné vlastnosti přírodních polymerů v řadě aplikací. Příkladem může být **přírodní kaučuk**. Jeho nedostatek na přelomu 19. a 20. století totiž způsobil, že bylo nutné hledat alternativy k tomuto materiálu nebo ho syntetizovat uměle. To přinutilo člověka ke studiu jeho struktury a podstaty, a to ve svém důsledku vedlo k pochopení podstaty makromolekulárních látek a jejich funkce. Přitom první kontakt Evropanů s přírodním kaučukem sahá do doby Kryštofa Kolumba. Kolumbus a jeho námořníci na konci 15. století pozorovali americké domorodce při hraní s pružným míčem, který byl vyrobený z mízy stromů zvaného Kaučukovník brazilský - *Hevea brasiliensis* - viz obr. 3.1. Mohlo by se zdát, že tito domorodci byli první uživatelé tohoto polymerního materiálu, ale je prokázáno, že už téměř 1 000 let před nimi znali tento míč i Mayové. Do Evropy se ale kaučuk dostal až po více než dvou staletích po Kolumbových námořnících, protože mořeplavci spíše hledali zlato a diamanty a v případě kaučuku si, kromě hraní oné zvláštní hry, nedovedli představit, jak jej využít. Ve větší míře se tak kaučuk začal používat na konci století, kdy byl využíván jako mazací guma a kaučukovitý roztok k impregnaci tkanin.

Obrázek 3.1 – *Hevea brasiliensis*

zdroj: http://cs.wikipedia.org/wiki/Kau%C4%8Dukovn%C3%ADk_brazilsk%C3%BD

Zhruba o čtyřicet let později Michael Faraday dokázal chemickou podstatu přírodního kaučuku, kdy zjistil, že je složený z atomů uhlíku a vodíku, ale polymerní podstatu kaučuku neodhalil. Počátkem 30. let 19. století toužili Američané mít doma věci z nepromokavé gumy, tím vznikaly nové firmy na dovoz kaučuku, aby uspokojily poptávku po tomto materiálu. Trh se přesytil, zvláště ve chvíli, kdy uživatelé zjistili, že guma v zimě zmrzla a v létě se začala rozpouštět a lepit se. To vedlo k zániku většiny firem zpracovávajících kaučuk. V té době se u jedné z „kaučukových“ firem nacházel americký chemik Charles Goodyear, který se snažil prodat svůj vynález – ventil, a poprvé spatřil přírodní kaučuk, o který se okamžitě začal zajímat. Snažil se vylepšit jeho vlastnosti a jeho vytrvalost mu přinesla ovoce v roce 1839, kdy objevil proces vulkanizace kaučuku sírou, na který mu byl roku 1844 udělen patent. Tentýž objev učinil i Angličan Thomas Hancock. Některé prameny uvádějí, že Thomas Hancock objevil vulkanizaci sírou až v závislosti na získání informací od Goodyeara nebo dokonce vzorku vulkanizovaného kaučuku. Každopádně, díky vulkanizaci byly odstraněny nevýhody kaučuku jako takového za různých meteorologických podmínek. Vulkanizace je považována za mezník v používání přírodního kaučuku a výrazně přispěla k značnému rozvoji gumárenského průmyslu, protože umožnila vynález pneumatiky a tím rozvoj automobilového průmyslu. První pneumatiku plněnou vzduchem sestavil a roku 1845 si nechal patentovat Angličan Robert William Thomson. Thomson ale přišel s tímto vynálezem příliš brzy, protože jízdních kol v té době bylo velmi málo a jeho patent upadl v zapomnění. Pneumatiku obdobnou té, kterou vytvořil Thomson, sestavil a roku 1888 patentoval Skot John Boyd Dunlop. Měl ale větší štěstí než Thomson, neboť v této době se již ve velkém vyráběla jízdní kola a začaly se objevovat první automobily. Vynález pneu-

matiky měl za následek rozvoj automobilového průmyslu. Právě to ale vedlo na přelomu 19. a 20. století k nedostatku kaučuku, kdy jeho produkce přírodní cestou nestačila pokrývat zvýšenou poptávku pro výrobu pneumatik a dalšího zboží. Začalo být zřejmé, že bude třeba najít alternativu ke klasické pneumatice nebo vyrábět kaučuk synteticky. K tomu bylo nezbytné využít poznatky o struktuře, vlastnostech a přípravě kaučuku a podpořit výzkum v této oblasti. Prvním krokem bylo zjistit, z jaké látky je přírodní kaučuk sestaven. To se podařilo vypátrat již v roce 1860 Charlesi Grevillu Williamsovi, který termickou depolymerací izoloval čistou látku, kterou nazval isopren. Strukturu isoprenu popsal až v roce 1886 William Augustus Tilden, který se pokusil i o druhý krok, a to o zpětnou syntézu samotného kaučuku. Pokus mu vyšel jen z části, sice vytvořil jakýsi kaučukovitý polymer, ale jeho vlastnosti byly vzdálené od jeho vzoru. A tak se syntézu umělého kaučuku podařilo provést až francouzskému chemikovi Gustavovi Bouchardatovi o třináct let později, psal se rok 1899.

Pár let trvalo, než se podařilo zvládnout průmyslovou syntézu, ale výroba **syntetického kaučuku** tak už nestálo nic v cestě. Průmyslově se začal kaučuk syntetizovat na přelomu století a velmi podobně se syntetizuje i dnes. Využití syntetického kaučuku a podobných polymerních látek je v současnosti značné, od již zmiňovaných pneumatik jenapř. o duše míčů, různé hračky, gumové zátky, gumové rohožky, tlumící díly atd.

3.2.1.2 Další syntetické polymery

Kromě syntézy nových polymerů lidé také začali chemicky modifikovat a zpracovávat i přírodní polymery. Samuel Parkes roku 1862 připravil nitrací celulózy první **celuloid** a Hilaire de Chardonnet vytvořil v roce 1865 první **umělé hedvábí**. Problém tohoto nitrátového hedvábí ale byla jeho snadná zápalnost, z tohoto důvodu vlákno zažilo skutečný úspěch až po objevení denitrace z již hotových vláken, kterou se snížila jeho hořlavost. V dávných dobách byla na kulečnickové koule používaná slonovina, ta ale kolem roku 1863 byla v Americe nedostatkovým zbožím, a to zejména díky válce Severu proti Jihu. V té době kulečnicková společnost Phelan a Collander slíbila odměnu 10 000 dolarů každému, kdo by přišel s materiálem, který by mohl nahradit drahou a nedostatkovou slonovinu. John Wesley Hyatt, který viděl jejich plakát, předložil v roce 1868 společnosti kulečnickovou kouli z nitrocelulózy, která sice už v dnešní době byla ve velké míře nahrazena jinými materiály, ale ve své době měla velké upotřebení, také např. na brýlové obroučky.

V té době se začaly objevovat i další syntetické polymery. Henri Victor Regnault ve třicátých letech 19. století pracoval u Justuse von Liebiga, zkušeného a věhlasného

vědce a chemika. V jeho laboratoři se Regnaultovi podařilo syntetizovat několik chlorovaných uhlovodíků, mezi nimiž byl i polyvinylchlorid, jehož průmyslová výroba začala roku 1925 v Německu. Polyetylén, další velmi významný polymer, byl poprvé syntetizován Hansem von Peckmannem v roce 1891, ale uplatnění našel až v roce 1953, kdy se začal vyrábět novým způsobem. Do té doby se vyráběl obtížně za vysokých tlaků, kdy vznikal nízkohustotní polyetylén (LDPE – low density polyethylene), novou metodou se začal připravovat tzv. vysokohustotní polyetylén (HDPE – high density polyethylene), jehož rozmach přišel v sedmdesátých letech 20. století.

Ve 20. století došlo k boomu v oblasti přípravy a výroby syntetických materiálů. Důležitým datem je rok 1907, kdy belgický chemik Leo Hendrik Baekeland začal průmyslově vyrábět fenoplast zvaný Bakelit®, látku lehkou, nehořlavou, tepelně stálou a univerzální. Díky svým vlastnostem se začala využívat jako vynikající izolátor pro elektrická zařízení, dále byla využívána pro výrobu rádií, telefonů, hraček apod., kde Bakelit® nahradil kovové a dřevěné díly, čímž výrazně klesla cena výrobku. Bakelit® se stal velmi populární, bohužel jeho nevýhodou byla jeho tmavá barva, která znemožňovala dělat výrobky v jiných barevných odstínech. To vedlo k tomu, že s nástupem nových polymerních materiálů využití bakelitu postupem doby klesalo. Zajímavostí je, že díky vysokému zesílení **Bakelit®** (a i jiné formaldehydové pryskyřice) v žáru netaje, ale od povrchu zvolna degraduje a odpařuje se. To spolu s jeho špatnou tepelnou vodivostí umožňuje jejich použití např. jako materiálů na výrobu ablativních štítů, oblíbených zejména v ruské raketové technice. Kabina s kosmonautem měla bakelitový štít, který se během návratu z větší části odpařil, ale uchránil výparným teplem a špatnou tepelnou vodivostí kabinu s kosmonautem uvnitř.

Během první světové války roku 1914 se začal v Německu průmyslově vyrábět polydimethylbutadien a zpracovával se na tvrdou pryž, tzv. **ebonit**, ze kterého se vyráběly akumulátory do ponorek. V průběhu 20. let 20. století se začaly syntetizovat první konstrukční plasty, jako jsou kopolymery styrenu s maleinanhydridem. Průmyslově se začaly využívat **polyvinylchlorid (PVC)**, alkylové **pryskyřice**, močovinoformaldehydové **lisovací hmoty**, **polysulfidované kaučuky** a průmyslově se zpracovává přírodní **latex** na pěnové **pryže**. Rok 1931 přinesl přípravu vláken z polyvinylchloridu a průmyslové využívání **chloroprenového kaučuku**. Roy Plunkett, vědec v laboratořích firmy Du Pont, vytvořil v roce 1936 polymer, který byl o deset let později zaregistrován pod obchodní značkou Teflon®. **Teflon®** je samomazný, odolný vůči mnoha chemikáliím, UV záření, tepelně stálý s vynikajícími optickými vlastnostmi, ale poměrně drahý.

Ve 40. letech minulého století pronikly syntetické polymery i do textilní výroby. První **polyamidové vlákno** bylo vyrobeno v roce 1938 Wallacem Carothersem, když se američtí vědci snažili vytvořit materiál, který by vhodným způsobem doplnil či nahradil bavlnu a len, materiály, které se opotřebovávaly nošením a praním. **Nylon** se stal v roce 1939 velkým komerčním hitem, a to převážně u žen v podobě nylonek, které nahradily punčochy z nitrocelulózy. Ovšem v roce 1941, kdy Spojené státy americké vstoupily do 2. světové války, veškerá produkce nylonu směřovala do vojenského využití (padáky, pneumatiky, stany, lana atd.) a nylonky se tak staly velmi ceněným zbožím. I po objevení nylonu se nadále pokračovalo v hledání nových vláknitých materiálů, sám Carothers se pokoušel vytvořit vlákna na bázi polyesterů, ale po nějaké době to vzdal a vrátil se zpět k výzkumu polyamidů. Mezitím John Rex Whinfield a James Tennant Dickson pokračovali ve výzkumu polyesterů, a v roce 1941 se jim podařilo kondenzační reakcí vytvořit **poly(ethylen-tereftalát)**, označovaný **(PET)**.

V druhé polovině 20. století se výroba všech plastů velmi rychle rozrůstala, a to především zásluhou objasnění struktury polymerních látek. Češi mohou považovat za významný rok 1961, kdy český chemik Otto Wichterle vytvořil první měkkou **kontaktní čočku** na přístroji sestaveném ze stavebnice Merkur a zapsal se tak do historie polymerních látek. Firma Shell v roce 1962 rozpracovala blokové kopolymery butadienu a styrenu, což následně vedlo k přípravě termoplastických **elastomerů (SBS)** a firma Bayer v roce 1970 rozvíjí termoplastické elastomery na **polyuretanové bázi**.

Tím to samozřejmě neskončilo, i nadále jsou vyvíjeny nové plasty, dnes jsou v centru zájmu biodegradabilní plasty, polymerní **nanomateriály**, **kompozitní polymery** a polymerní materiály pro obrazovky monitorů, počítačů i mobilních telefonů. Řada z nich má své uplatnění a další jsou v centru výzkumu.

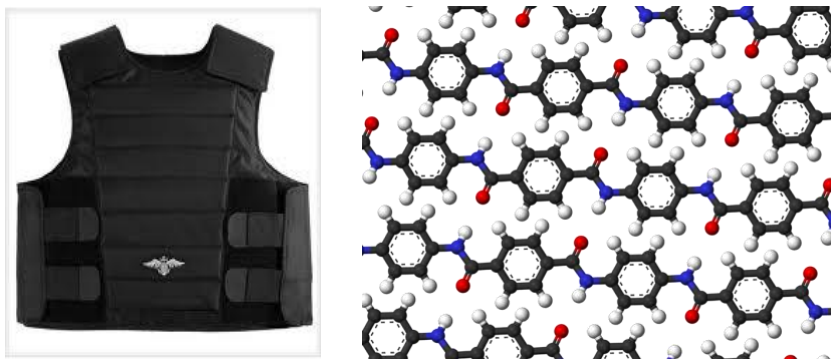
3.2.2 Druhá námitka

Plasty a polymery jsou jen náhražkou „lepších“ materiálů a hlavní příčinou jejich používání je nízká cena ...

Stejně jako v případech předchozím, někdy tomu tak je, ale nejde o obecnou pravdu, ba spíše naopak. Příčinou uvedeného tvrzení je honba za ziskem a nesprávná aplikace těchto syntetických polymerních látek pro daný typ výrobku. Příkladem mohou být situace, kdy jsou nahrazovány např. namáhané součásti výrobků standardním polystyrenem, všechno jen za účelem snížení nákladů na výrobu a vyššího zisku. **Polystyren** je totiž poměrně křehký a výrobek se pak snadno láme. Přitom existuje polymerní mate-

riál **Kevlar**, který je tvrdý, houževnatý, velmi mechanicky odolný, výborný elektroizolant, samomazný a také velmi odolný vůči chemikáliím a organickým rozpouštědlům a v řadě parametrů předčí např. i ocel. Kevlar je ale několikanásobně dražší, což v řadě případů odrazuje výrobce od jeho použití. Aplikace polystyrenu v uvedených případech je ale podobná situaci, kdybychom na stavbu dálničního mostu chtěli použít jako hlavní nosný prvek dřevěné kůly. Pokud by tak někdo učinil, asi bychom z pobořeného mostu nevinili dřevo jako materiál, ale projektanta, který daný materiál navrhl. Ekonomické parametry by tak neměly ve volbě vhodného polymeru využitého jako materiál pro daný výrobek být těmi hlavními, v dlouhodobějším horizontu vede tento přístup i k dalším negativním důsledkům jako je např. zvyšování množství odpadu, což původní ekonomickou výhodu využití polymeru devaluje. Přitom některé polymerní materiály jsou ukázkou výjimečných vlastností, které nám polymery mohou poskytnout. Kevlar kromě zmíněných vlastností, vykazuje např. pětinasobnou pevnost v tahu oproti železu. Všechny tyto vlastnosti jej předurčují k řadě aplikací, např. na odolné kryty přístrojů, cyklistické pneumatiky, neprůstřelné vesty (viz obr. 3.2) nebo jako výztuž do kompozitních materiálů. Příčinou pevnosti Kevlaru je jeho struktura (viz obr. 3.3), kdy jednotlivé polymerní řetězce spolu vzájemně interagují prostřednictvím vodíkových můstků, a dále tzv. stacking interakcí mezi aromatickými jádry.

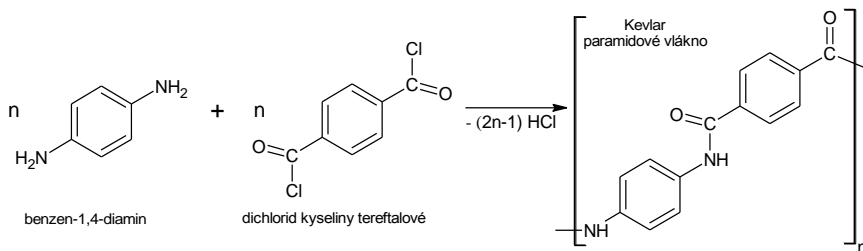
Obrázky 3.2 a 3.3 – Ochranná neprůstřelná vesta z Kevlaru a Struktura Kevlaru



Zdroje: <http://www.stylehive.com/>, 2010; <http://en.wikipedia.org/wiki/Kevlar>, 2010

Reakční schéma výroby Kevlaru lze shrnout následující chemickou rovnicí – viz obr. 3.4.

Obrázek 3.4 – Reakční schéma: Kevlar (včetně přípravy)



Zdroj: Šmejkal, 2013 (ChemSketch)

Dalším, v tomto ohledu výjimečným, materiálem je tzv. je **ultravysokomolekulární polyethylen (UHMWPE – ultra high molecular weight polyethylene)**. Jde v podstatě o polyetylén, u nějž je technologií výroby dosaženo vysokého polymerizačního stupně a velmi vysoké molekulové hmotnosti. Strukturně je tedy tento polymer složen z lineárních velmi dlouhých řetězců, které spolu navzájem interagují prostřednictvím nepolárních interakcí. Velké množství těchto interakcí dává UHMWPE velmi zajímavé mechanické vlastnosti, je např. velmi pevný. Pevnost v tahu je dokonce vyšší než v případě speciálních uhlíkových vláken, přesto jde o materiál velmi lehký, který navíc odolává UV záření. Bohužel se špatně zpracovává a má nulovou navlhavost. Používá se např. na výrobu neprůstředných vest a vojenských přileb, na lana, pracovní rukavice, jako výztuha různých kompozitních materiálů apod.

Nemusíme ale chodit ke speciálním polymerním materiálům, abychom demonstrovali význam polymerů a jejich výjimečnost jako materiálu. Lze zmínit např. izolace vodičů, kde se dříve používaly různé tkaniny, které se ale mohly vznítit, popř. keramika, která ale nebyla mnohdy vhodná vzhledem ke svým mechanickým vlastnostem. Plasty jsou většinou nevodivé, levné, lze využít vhodný materiál, který není hořlavý (PVC, silikonový kaučuk), ač v případě nenamáhaných kabelů se často používají i levnější, ale hořlavé materiály (PE). Přitom jsou uvedené plasty pružné a dostatečně pevné, tedy mají vhodné mechanické vlastnosti. Izolace vodičů by bez polymerů (plastů) byla poměrně obtížným úkolem.

Snad tyto tři příklady naznačují, že polymery a plasty nemusí být jen náhražkou ušlechtlejších materiálů, poskytují řadu výhod a někdy i nepostradatelných vlastností a jejich bezproblémové využití je jen otázkou vhodné aplikace. Tím nelze tvrdit, že by všechny tradiční materiály (kovy, dřevo) bylo možno nahradit odpovídajícím materiálem umělým. Některé vlastnosti jsou u „tradičních“ materiálů nezastupitelné a do úva-

hy musí přijít i ekonomické faktory. Např. některé polymery jsou na jednotku hmotnosti dražší než kovy. Obecnou nevýhodou i polymerních materiálů je malá tepelná odolnost. I ty tepelně nejodolnější materiály (jako např. Kevlar nebo Teflon) obvykle nevydrží více než několik málo stovek stupňů Celsia, přičemž při 150 °C mnohdy ztrácí značnou část svých vlastností. I tak je spektrum smysluplného využití polymerů velmi široké. Aby se ale zbavily stigma „levné náhražky“, je zásadní jejich vhodná aplikace k danému účelu.

3.2.3 Třetí námitka

Polymery a plasty jsou značnou ekologickou zátěží ...

Pomalý rozklad polymerních látek a ekologická zátěž je dalším stigmatem, které je často v souvislosti s polymerními látkami zmiňováno. Je skutečností, že doba rozpadů některých plastů je v porovnání s jinými materiály vyšší, někdy je to ale výhodou, jindy nevýhodou. Opět ale nejde o problém syntetických polymerních látek jako takových, ale spíše o způsob nakládání s odpady. Pokud většina odpadu skončí na skládce, kde se tyto materiály pouze ukládají, opravdu se některé polymery (viz tabulka 3.1) rozkládají dlouho a zeminu nelze v rozumné době využít.

Tab. 3.1 – Doba rozkladu některých typů odpadů

Materiál	Doba rozkladu
Sklo	milióny let
Igelit	20 – 30 let
Cigaretový nedopalek	10 – 20 let
Jablko	7 – 20 dní
Bavlněná ponožka	1 – 2 roky
Plechovka	5 – 50 let
Papír	2 – 5 měsíců
Krabice od mléka	6 – 10 let
Pomeranč	6 – 18 měsíců
Banánová slupka	3 – 4 týdny
Polystyren	miliony let

Zdroj: Šmejkal, 2013

Pokud jsou ale polymery důsledně a správně tříděny, je jejich recyklovatelnost poměrně vysoká a lze je využít jako velmi cenný materiál (např. z PET lahví lze vyrábět kvalitní textilie pro automobilový průmysl nebo neabsorpční pro vodu neprůchodné vrstvy dětských plen). Např. dresy českých (ale nejen českých) hokejistů byly vyrobeny,

kromě jiného, z PET lahví. K výrobě každého dresu bylo využito 17 PET lahví. K výrobě trička je obvykle využito asi 4 až 7 lahví. Kromě recyklace lze syntetizovat i polymery, jejichž rychlost rozkladu lze volit volbou vhodného monomeru a způsobem syntézy a ty pak používat jako obalový materiál či ve speciálních aplikacích, např. pro vhodnou distribuci léčiva v organismu.

Celkově lze ale říci, že plasty a polymery nejsou obecně větší ekologickou zátěží než jiné materiály, už jen proto, jak různorodými materiály polymery jsou. Vždy zásadním způsobem závisí na způsobu výroby a využití polymeru a v neposlední řadě na jeho recyklaci a odpadovém hospodářství.

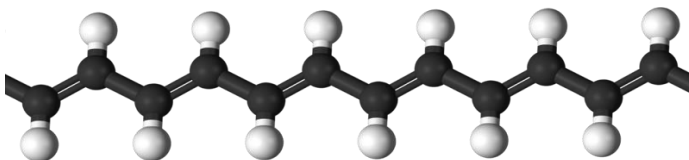
3.2.4 Čtvrtá námitka

Polymery jsou nevodivé ...

Ačkoli většina plastů a polymerních materiálů jsou nevodiče, lze nalézt i vodivé polymery. V některých případech nejde o vodivost polymerů v pravém slova smyslu, ale spíše o **kompozitní materiály**, kdy je např. na fólii polymeru nanášena tenká vrstva vodivého kovu. Fólie je potom vodivá, ale vodivost zajišťuje kovová vrstva. Takové materiály se používají např. v dotykových obrazovkách s rezistivní technologií. Případně polymery obsahují nejrůznější plniva, např. saze nebo práškový grafit, které výrazně zvýší elektrickou vodivost. Tyto materiály jsou pak vhodné pro výrobu plastových kanystrů na benzín, které jsou lehké. Materiálem kanystru je pak odváděn elektrostatický náboj, takže nehrozí vznícení benzínu.

Strukturně nejjednodušším příkladem vodivého materiálu jsou **polyacetyleny** (viz obr. 3.5) a jejich deriváty:

Obrázek 3.5 – Struktura polyacetyleny

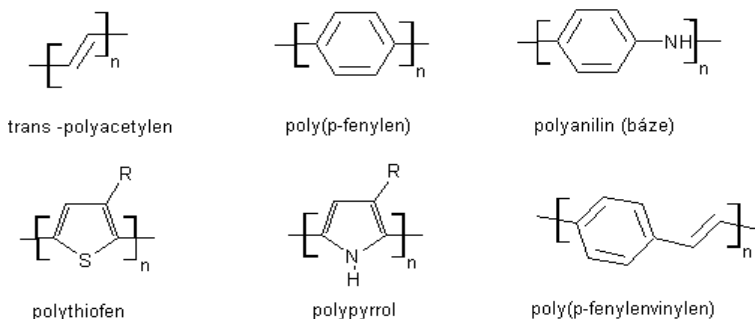


Zdroj: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Polyacetylene-3D-balls.png>, 2010

Vedle vodivých kompozitů ale existují i skutečně vodivé polymery, polyacetyleny. Obvykle jde o konjugované polymery, tedy takové, kde se střídají jednoduché a dvojně vazby. Elektronů dvojných vazeb jsou relativně málo lokalizované a mohou poměrně volně procházet celým řetězcem, čímž je umožněna vodivost materiálu.

Přestože má polyacetylen vysokou vodivost blížíci se vodivosti kovů (kterou lze do značné míry regulovat „dopováním“ dalšími prvky, např. jódem), není vhodný pro širší využití, neboť není na vzduchu příliš stabilní. I proto se pozornost vědců zaměřuje na další konjugované polymery, jako jsou např. polypyrrol, polythiofen, polyanilin, poly(1,4-fenylen), poly(1,4-fenylenvinylen) – viz obr. 3.6.

Obrázek 3.6 – Struktury konjugovaných polymerů



Zdroj: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/ab/Conductive-polymers.PNG>, 2013

Ačkoli je výzkum v oblasti vodivých polymerů a vodivých polymerních kompozitů stále v plenkách, vylepšování elektrických vlastností těchto vodivých polymerů a polymerních kompozitů je stále středem mnoha vědeckých projektů. Vodivé polymery jsou také obtížně zpracovatelné, nelze je např. převést do taveniny, nerozpouštějí se v běžných rozpouštědlech apod. Přesto se podařilo dosáhnout řady úspěchů a aplikací, kde má vodivý polymer či polymerní kompozit nezastupitelnou roli. Vedle zmíněných dotykových ploch se jedná zejména o levnou mikroelektroniku unikátních vlastností či displeje. Lze vyrobit např. polymerní transistor, který lze ohnout do pravého úhlu bez ztráty funkčnosti a plastové integrované obvody, využívané např. při výrobě monitorů, a dále pak vrstvy a prvky bránící elektrostatickým výbojům, různé senzory (např. tzv. „elektronické nosy“ pro analýzu vůní), polymerní solární články (ohebné a barevné ...) či OLED (organic light emitting diode) displeje.

3.2.5 Pátá námitka

Polymery jsou jedovaté ...

Uvedené tvrzení není pravdivé, přesto musíme být při používání polymerů, ale stejně tak i jiných materiálů, obezřetní. Čisté polymery jsou látky prakticky netoxické, a to i přesto, že monomery, z nichž jsou připravovány, jsou mnohdy velmi jedovaté. Příkladem může být akrylonitril, monomer pro výrobu polyakrylonitrilu, který je toxický při orálním požití, inhalací páry či průchodem přes kůži. Letální dávka LD50 u krys činí cca 100 mg.kg⁻¹. **Polyakrylonitril** je ale netoxický a využívá se hojně pro výrobu textilií. Příčinou netoxicity polymerů je skutečnost, že většina syntetických polymerů je prakticky nerozpustná ve vodě a pokud ano, dlouhé polymerní řetězce se většinou jen obtížně dostávají do míst v organismu, kde by mohly narušit metabolismus či činnost centrální nervové soustavy. Většina syntetických polymerů je také v organismu jen minimálně odbourávána, tudíž nehrozí vznik nebezpečných metabolitů. Nebezpečí ve využívání polymerů ale mohou znamenat produkty, které se uvolňují při degradaci (rozkladu) polymerů nebo při uvolňování aditiv. Známým příkladem je např. postupné uvolňování formaldehydu, zejména za zvýšených teplot, při depolymerizaci a degradaci melaminoplastů a močovynoplastů nebo ftalátů z PVC, které se v tomto plastu používají jako změkčovadla. Obě zmíněné sloučeniny jsou toxické. Proto by měli výrobci plastových výrobků dbát zvýšené pozornosti nejen při volbě vhodného plastu k danému účelu, ale i konkrétnímu využití daného výrobku a k volbě aditiv a nepoužívat nevhodné přídatné látky např. v případech, kdy se plast dostává do přímého kontaktu se sliznicí (dudlíky, lžičky) atd.

Ačkoliv o dalších stigmatěch polymerů (a plastů) bychom mohli psát (a vyprávět) ještě dlouho, rozsah tohoto textu to zcela nedovoluje. Podívejme se ale ještě v následujících dvou kapitolách na méně diskutované aspekty, a to použití aditiv (přídatných látek) v polymerech a výrobu polymerů v ČR. Uváděná čísla v části o výrobě a zpracování plastů v ČR, prosím, berte s rezervou, dohledávání konkrétních údajů je mnohdy poměrně obtížné. Přesto snad uvedený přehled vytvoří ve čtenáři představu, jak to s výrobou a zpracováním plastů v ČR je.

3.3 Aditiva v polymerech

Aditiva (příspěvky) v polymerech významně ovlivňují vlastnosti polymerů a možnosti jejich přípravy. Cílem jejich přidávání je zlepšení nebo úprava vlastností vyrobených polymerů tak, aby to odpovídalo požadavkům využití daného plastu, nebo ochrana

polymerů, např. proti degradaci. Dle toho se do polymerů přidávají **plniva, změkčovadla, antioxidanty** atd. **Plniva** ovlivňují vlastnosti polymeru i výrobku. Lze jimi zlepšit řadu fyzikálních vlastností, jako jsou pevnost či houževnatost, odolnost proti teplu či ovlivnit vzhled. Příkladem plniva jsou např. v gumárenském průmyslu saze, které zvyšují tuhost, pevnost a odolnost proti otěru u vyrobených pneumatik. **Nadouvadla** se používají zejména u výroby pěnových a lehčených polymerů (polystyren apod.). Nadouvadla se za zvýšené teploty rozkládají na plynné produkty, které napění vznikající polymer. **Pigmenty** jsou prostředky, které dávají polymerům jejich barevný odstín. Pigmenty bývají různé povahy, anorganické, organické apod. polyetylen je např. často pigmentován oxidem zinečnatým. **Retardéry hoření** jsou látky, které zpomalují hoření polymerů v případě, že nastane. V případě polyetylénu nebo polypropylenu se používá např. hydratovaný oxid hlinitý. **Antistatické prostředky** se do polymerů přidávají za účelem zabránění slepování nebo odpuzování vláken a fólií při zpracování, zároveň potlačují ulpívání prachu. Nejčastěji jsou za tímto účelem užívány aminosloučeniny a estery mastných kyselin. **Adhezivní prostředky** naopak potlačují nedostatečnou adhezi (přilnavost) některých materiálů k vláknům, textilu nebo kovům nebo také přilnavost běhounu u pneumatik k vozovce. **Maziva a separační činidla** zase slouží pro usnadnění zpracování obtížně zpracovatelných plastů (polyvinylchlorid či polystyren) a vyjímání výrobků z forem. V podstatě usnadňují oddělení výrobku od stěn zařízení, popř. makromolekul, navzájem tak, že sníží interakci mezi řetězcem polymeru a např. formou pro výrobek. Používány jsou zejména různé uhlovodíky, mastné kyseliny a vosky. **Změkčovadla** poskytují díky specifickým interakcím s polymerními řetězci těmto řetězcům ohebnost, tvárnost a vláčnost. Jedná se o málo těkavé organické látky, které jsou alespoň částečně rozpouštědlem pro daný polymer. Nejčastějšími změkčovadly jsou např. ftaláty, které jsou používány pro změkčování PVC (polyvinylchloridu) na výrobky jako jsou např. linoleum. **Plastifikační činidla** jsou látky, které usnadňují zpracování kaučuku: štěpí makromolekuly na menší a tím je směs méně viskózní a lépe se zpracovává. **Sítovací prostředky** jsou naopak látky, které se účastní síťovacích reakcí, tedy pomáhají vytvářet trojrozměrnou polymerní síť. Příkladem je síra při zpracování kaučuku. V tomto případě mluvíme o **vulkanizačních činidlech**. Pokud je cílem získat výrobek nebo plast mechanicky odolný a tvrdý a neelastický, využívají se **tvrdidla**. **Teplné stabilizátory** zase zvyšují odolnost polymeru při zahřátí a umožňují zpracování polymerů za tepla. Příkladem může být využití uhličitanu vápenatého při zpracování PVC. **Antidegradanty** jsou přísady, které dlouhodoběji chrání výrobek před vlivy prostředí. Obvykle zamezují samovolné degradaci polymeru a lze je dále dělit na světelné stabilizátory, které absorbují UV záření, které tak nedegraduje polymer. Vynikajícím světelným stabilizátorem jsou např. saze. **Antioxidanty** zase

omezují vznik radikálů, které jsou v polymeru vytvářeny za přístupu kyslíku a degradují polymer. **Antiozonaty**, analogicky, zabraňují degradaci polymeru následkem reakcí s ozónem. Zajímavostí je využití **opticky zjasňujících látek**, jedná se zejména o fluorofory, které zvýrazňují barvu polymeru. Kromě uvedených existuje i řada dalších speciálních aditiv, např. **brusné prostředky** nebo **faktisy** atd., rozsah tohoto textu ale nedovoluje se všemi zabývat.

3.4 Výroba polymerů v České republice

Průmysl v ČR nabízí, ohledně výroby a zpracování plastů, široké uplatnění. V roce 2009 se primární výrobou plastů zabývalo 42 firem, sekundárním zpracováním plastů pak přes 2300 spíše menších firem. Prim ve výrobě plastů hraje šest hlavních hráčů, ostatní jsou zejména zpracovatelé druhotných surovin. Největším výrobcem plastů v ČR je Unipetrol Litvínov, kde je vyráběn zejména polyethylen (PE) a polypropylen (PP). Současné kapacity obou plastů dosahují 600 tisíc tun za rok. Nejmladším výrobcem plastů je Monetive Sokolov, kde jsou vyráběny akrylátové polymery a kopolymery. Současná kapacita je necelých 90 tisíc tun ročně. Silon Planá vyrábí ročně 40 tisíc tun plněných směsí na bázi polyolefinů a dále polyesterová vlákna z PET odpadů s kapacitou 450 kg/h. Hlavním odběratelem firmy je automobilový průmysl (více než ¾ výroby), přičemž vyrobené plasty končí většinou jako textilie ve vozzech (koberečky, potahy sedaček apod.). Jediným velkovýrobcem syntetického kaučuku v ČR je firma Synthos (dříve Kaučuk) Kralupy nad Vltavou, jehož výroba činí zhruba 100 tis. tun/rok. Firma Spolana Neratovice je známá výrobou PVC.

Menší zpracovatelé nabízejí zejména výrobu vtačovaných, vstřikovaných a lisovaných výrobků z primárních materiálů a nachází se po celé ČR. Za zmínku stojí řada z nich, např. firma Kronospan Jihlava je jedním z největších výrobců velkoplošných materiálů na bázi dřeva v Evropě, zejména se jedná o dřevotřískové desky, které dále zpracovává na laminované dřevotřískové desky a pracovní desky. Z dalších firem lze jmenovat např. Plaston CR, s.r.o. Šluknov, který k výrobě využívá vstřikolisovou technologii zpracování plastů podle zadání zákazníka a dále vyrábí technické výlisky včetně povrchové úpravy. Firma FV plast, a.s. zase realizuje výrobu trubek, plastových tvarovek a armatur pro rozvody vody a dále plastových systémů pro tlakové rozvody pitné vody a teplé užitkové vody, ústřední a podlahové vytápění apod. Megat – výroba z plastů Zlín, s.r.o. se zabývá výrobou plastových profilů technologií vytlačováním, tedy produkuje plastové trubky pro různé účely, např. nábytkové plastové profily, plastové lišty, plastové hrany, plastové krycí desky, zastřešení bazénů, plastové hadičky atd. Příčinou existen-

ce velkého množství firem je relativně snadná technologie zpracování plastů. Z tohoto důvodu mají menší linky na zpracování plastů i firmy z jiných oborů, např. v potravinářství. Např. firma Coca-Cola ČR realizuje výrobu plastových lahví ve vlastní lince z prefabrikátů podobných zkumavkám. Ušetří tím nemalé náklady za dopravu, které by znamenal dovoz celých lahví, neboť vzhledem k jejich velkému objemu by bylo možné přepravit podstatně menší množství lahví než prefabrikátů. Hlavními aplikačními poli spotřeby plastů jsou - obaloviny - 37 %, stavebnictví - 21 %, automobilový průmysl - 8 % a elektrotechnika - 6 %.

3.5 Experimentování s polymery doma či v laboratoři

V *přiloženém elektronickém materiálu na DVD* je uveden soubor laboratorních úloh z „chemie polymerů“, vhodných pro provedení i v jednoduchých podmínkách, dle následujícího seznamu – tab. 3.2:

Tab. 3.2 – Seznam laboratorních úloh z „CHEMIE POLYMERŮ“

Pokus č. 1:	Zesíťování polymerů
Pokus č. 2:	Flotační analýzy polymerů
Pokus č. 3:	Rozpoznávání plastů podle jejich vlastností
Pokus č. 4:	Testování vlastností zesíťovaného polymeru
Pokus č. 5:	Vliv iniciátoru při tvorbě polyuretanové pěny
Pokus č. 6:	Příprava umělého hedvábí
Pokus č. 7:	Rozpustnost polymerních látek
Pokus č. 8:	Modifikace polymerů: nitrocelulóza
Pokus č. 9:	Vlastnosti polymerů – superabsorbce

Zdroj: Šmejkal, 2013

3.6 Slovo na závěr

Polymery jsou součástí našeho života, mnohdy více, než bychom si dovedli představit. Je zřejmé, že pochopení struktury, způsobů syntézy, vlastností a také způsobu rozkladu polymerních látek je pro dnešní společnost zásadní. Proto by partie týkající se polymerních látek a materiálů neměly chybět ve výuce přírodovědných předmětů na všech typech škol, a to jak z teoretického tak experimentálního hlediska. V řadě ohledů se také jedná o ideální tematiku, protože, na rozdíl od jiných moderních výukových témat jako např. spektroskopie nebo nanotechnologie, je experimentální materiál velmi dobře dostupný v běžné obchodní síti, dále lze nalézt a reprodukovat řadu jednoduchých, názorných a dobře interpretovatelných experimentů. Proto snad bude v budoucnu mít

výuka zaměřená na chemii polymerních látek širší záběr než dnes a dostane se i na části, které jsou dnes opomíjeny (speciální polymery, aditiva v plastech). Snad to povede i k odstranění některých stigmat, k nimž se některé polymery trochu neprávem dostaly díky nevhodné aplikaci v některých levných výrobcích. O to se částečně pokusil i tento text, ač by úplná diskuse těchto aspektů v souvislosti s polymery vyžadovala daleko větší rozsah. V tomto ohledu poukazujeme zájemce např. na literaturu, s jejíž pomocí byl tento text zpracován.

Literatura

- Aman, W. et al. (2000) Chemie 2b (učebnice chemie pro střední školy 1. české vydání) Praha: Scientia.
- Bassam, Z. Shakhashiri (2008) Science is fun in the Lab of Shakhshiri [online - cit.2008-08-30] Dostupné z: <<http://www.scifun.org/homeexpts/homeexpts.html>>
- Čtrnáctová, H., Ganajová, M., Šmejkal, P. (2013). Polymery kolem nás – česká verze, pracovní text vytvořený v rámci projektu ESTABLISH (<http://www.establish-fp7.eu/>), dosud nepublikováno.
- How Products Are Made (2010). [online - cit. 2010-03-20] Dostupné z: <<http://www.madehow.com/>>
- Montes-González, I., Cintron-Maldonado, J.A., Pérez-Medina, I. E., Montes-Berrios, V., Román-López, S. N. (2007). A Sticky Situation – Chewing Gum and Solubility. JCE 84(4), 396-397.
- Nešpůrek, S., Prokeš, J., Stejskal, J. (2001). Vodivé polymery - Inteligentní materiály pro nové století. Vesmír 80(1), 35.
- Novák, V. (2010). Tvarová paměť [online - cit.2010-06-16] Dostupné z: <http://department.fzu.cz/ofm/sma//brana_cz/info/kluiber7.pdf>
- Pečová, D., Karger I., Peč P. (1995) Chemie II pro 9. ročník ZŠ. Olomouc: Prodos.
- Prokopová, I. (2007). Makromolekulární chemie 2. vydání Praha: VŠCHT.
- Rubber Word – The Technical Service and News Website for the Rubber Industry (2010). [online - cit. 2010-03-20] Dostupné z: <http://www.rubberworld.com/RWmarket_report.asp?id=185>
- SHCP, Enviweb s.r.o. (2011) Evropský trh plastů roste, prioritou se stává ekologie [online - cit.2011-10-20] Dostupné z <http://www.enviweb.cz/clanek/obecne/71585/evropsky-trh-plastu-roste-prioritou-se-stava-ekologie>
- Škoda, J., Doulík P. (2007) Chemie 9 učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia. Plzeň: Fraus.
- Škoda, J. et al. (2007) Chemie 9 příručka učitele pro základní školy a víceletá gymnázia. Plzeň: Fraus.
- Švorčík, V. (2012). Polymery „stručně“. [online-cit.2012-02-12] Dostupné z: <http://www.vscht.cz/ipl/osobni/svorcik/Polymery.pdf>
- Teplá, M. et al. (2013). CHEMIE: aktivně, aktuálně a s aplikacemi, Praha: UK PŘF, Nakl. P3K s. r. o.
- Vohlídal, J. (1995). Makromolekulární chemie Praha: Karolinum.
- Vacík, J. a kol. (1999). Přehled středoškolské chemie, Praha: SPN, a.s.
- Zaspalová, J. et al (2012). Polymery kolem nás, Praha: UK PŘF, Nakl. P3K s. r. o.
- Zaspalová, J. (2010). Výběr a tvorba výukových materiálů pro podpůrný výukový web www.studiumchemie.cz. Praha: UK PŘF.
- The University of Southern Mississippi (2010). The Macrogaleria a Cyberwoderland of Polymer Fun! [online - cit.2010-06-20] Dostupné z: <<http://pslc.ws/macrog.htm>>
- The New York Timers comp. (2010). Chemistry, Chemistry How-To Collection –How Tos [online - cit.2010-30-6] Dostupné z: <http://chemistry.about.com/cs/howtos/ht/>

4. Nukleární magnetická rezonance v teorii a praxi

4.1 Historie

Nukleární magnetická rezonance nebo též jaderná magnetická rezonance (NMR) je spektrální metoda využívající magnetických vlastností jader. O významnosti a užitečnosti této metody svědčí i udělení několika Nobelových cen za fyziku, chemii, fyziologii a medicínu [upraveno dle Dračínský, 2010]:

- ▶ 1943 Otto Stern (obr. 4.1) za fyziku za objev magnetického momentu protonu
- ▶ 1944 Isidor Isaac Rabi (obr. 4.2) za fyziku za objev metody pro zjištění magnetických vlastností atomových jader
- ▶ 1952 Felix Bloch (obr. 4.3) a Edward Mills Purcell (obr. 4.4) za fyziku za rozvoj nových metod pro zjišťování magnetických vlastností atomových jader a první detekci NMR signálu
- ▶ 1991 Richard Robert Ernst (obr. 4.5) za chemii za rozvoj spektroskopie s vysokým rozlišením a za zavedení pulsních technik měření
- ▶ 2002 Kurt Wüthrich (obr. 4.6) za chemii za vývoj nukleární magnetické rezonance jako metody k určování trojrozměrné struktury biologických makromolekul
- ▶ 2003 Paul Christian Lauterbur (obr. 4.7) a Peter Mansfield (obr. 4.8) za fyziologii a medicínu za vypracování metody NMR zobrazování

Obrázek 4.1 až 4.8 – Nositelé Nobelových cen za fyziku, chemii, medicínu (v oblasti NMR)



Zdroje obrázků: 4.1 Wikipedie (cit. 26.11.2013) http://cs.wikipedia.org/wiki/Otto_Stern
 4.2 Wikipedie (cit. 26.11.2013) http://cs.wikipedia.org/wiki/Isidor_Isaac_Rabi
 4.3 Wikipedie (cit. 26.11.2013) http://cs.wikipedia.org/wiki/Felix_Bloch
 4.4 Wikipedie (cit. 26.11.2013) http://cs.wikipedia.org/wiki/Edward_Mills_Purcell
 4.5. – 4.8: Dračínský, M. Jaderná magnetická rezonance. [cit. 26.11.2013]. Online: <http://www.uochb.cz/web/structure/671.html?lang=cz>

Bez této spektrální metody se dnes již neobejde téměř žádný chemický výzkum, chemický a farmaceutický průmysl a také medicína. K čemu všemu se NMR používá:

- ▶ Odpovídá na otázky struktury látek – konstituce, konformace, konfigurace
- ▶ Rozlišení jedné látky od druhé
- ▶ Studium kinetiky chemických dějů
- ▶ Studium dynamických procesů
- ▶ Zobrazování tkání a orgánů – MRI (magnetic resonance imaging), magnet. tomograf

4.2 Základ metody

4.2.1 Která jádra jsou detekovatelná NMR spektroskopií

Jak už název napovídá, tato spektroskopická metoda využívá magnetických vlastností jader. Hlavní složkou spektrometru je velký magnet (supravodivá cívka, která vytváří magnetické pole). Jádra některých atomů s tímto magnetem interagují, a poté mají v NMR spektru signál. Protože se jedná o jádra atomů, záleží na konkrétním izotopu prvku. Např. z izotopů uhlíků ^{12}C , ^{13}C a ^{14}C dává v NMR spektroskopii signál pouze izotop ^{13}C .

Aktivní jádra v NMR spektroskopii jsou ta s nenulovým magnetickým momentem, tj. s lichým protonovým nebo nukleonovým číslem, např. ^1_1H , $^{13}_6\text{C}$, $^{19}_9\text{F}$, $^{31}_{15}\text{P}$. Naopak jádra s nulovým magnetickým momentem jsou v NMR spektroskopii neaktivní, jsou to jádra se sudým počtem protonů i neutronů, např.: $^{12}_6\text{C}$, $^{16}_8\text{O}$, $^{32}_{16}\text{S}$. (Můžeme připodobnit chování obyčejného magnetu a jeho magnetického dipólu k chování jader v magnetickém poli a jeho magnetickém momentu.) Podrobnější je rozdělení jader na základě takzvaného jaderného spinu (jaderného spinového kvantového čísla či momentu hybnosti). Toto číslo popisuje vlastnosti jádra a značí se I. Nejedná se o elektronové spinové kvantové číslo! Jádra bez magnetického momentu, která mají nulové jaderné spinové kvantové číslo, nejsou v NMR pozorovatelná. Jádra se spinovým kvantovým číslem $I = 1/2$ jsou snadno měřitelná. Jádra se spinovým kvantovým číslem větším než $1/2$ jsou často obtížně měřitelná. Jádra s lichým nukleonovým číslem mají poločíselná spinová kvan-

tová čísla (1/2, 3/2, 5/2,...). Jádra se sudým nukleonovým číslem a lichým protonovým číslem mají celočíselná spinová kvantová čísla (1,2,3, atd.). Nižší citlivost a nízké přirozené zastoupení uhlíku ^{13}C oproti vysokému přirozenému zastoupení a vysoké citlivosti vodíku ^1H (tab. 4.1) má za následek, že signály uhlíku jsou zhruba 5700-krát slabší než signály vodíku. Tedy v praxi uhlíkový experiment trvá výrazně déle než vodíkový.

Tab. 4.1 – Magnetické vlastnosti izotopů nejdůležitějších prvků, vyskytujících se v organických látkách

Jádro	Spin	Přirozený výskyt	γ [$10^7 \text{ rad T}^{-1} \text{ s}^{-1}$]	NMR frekvence (11,74 T)	Citlivost
^1H	1/2	99,99	26,75	500,0 MHz	100
^2H	1	0,01	4,11	76,8 MHz	0,0001
^3H	1/2	-	28,54	533,3	0
^{12}C	0	98,93	-	-	-
^{13}C	1/2	1,07	6,73	125,7 MHz	0,02
^{14}N	1	99,63	1,93	36,1 MHz	0,1
^{15}N	1/2	0,37	-2,71	50,7 MHz	0,0004
^{16}O	0	99,96	-	-	-
^{19}F	1/2	100	25,18	470,4 MHz	83
^{31}P	1/2	100	10,84	202,4 MHz	6,6

Zdroj: Dračínský, 2010

4.2.2 Fyzikální princip metody

Vysvětlení chování jader při NMR spektroskopii lze podat pomocí kvantové chemie, která je složitá, proto zde zvolíme pouze přiblížení dějů pomocí různých přirovnání. Při NMR spektroskopii vložíme jádra do magnetického pole vytvářeného v NMR spektrometru. Magnetické pole ve spektrometru má indukci (hodnota magnetické indukce číselně odpovídá intenzitě magnetického pole) 100 000 Gauss (1 Gauss odpovídá 10^{-4} Tesla). Magnetické pole Země má magnetickou indukci „jen“ 1 Gauss.

V magnetickém poli se jádra atomů chovají podobně, jako se chová dětská káča. Toto chování se potom zkoumá pomocí radiofrekvenčního záření. Představme si jádro jako dětskou káču, která se točí kolem své osy, má spin (spinové kvantové číslo) nebo také moment hybnosti. (Jádro se samo o sobě netočí, ale navenek se tak projevuje). Jaderný spin má původ ve vnitřní struktuře jádra. Nyní k rotačnímu pohybu káči přidáme situaci, kdy se vychýlí ze své osy, kolem které se stále otáčí, a nastává precese (obr. 4.9). Precese se zpomaluje, až se nakonec káča přestane točit a spadne. Převáděno na jádro atomu: jádro atomu se spinem vložené do magnetického pole začne vykonávat precesi.

Obrázek 4.9 – Dětská káča a precesní pohyb

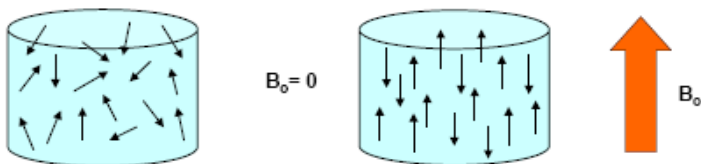


Zdroj: Tomanová, 2013

V magnetické rezonanci měříme frekvenci, s kterou jádro vykonává precesi. Každé jádro má ve sloučenině jiné okolí a tudíž preceduje s jinou frekvencí; tímto od sebe jednotlivá jádra v NMR spektroskopii rozlišujeme. Frekvenci precese vypočítáme dle vztahu: $(1) \omega = \gamma \cdot B_0$, kde ω je frekvence, γ je gyromagnetický poměr (konstanta charakteristická pro jádro každého izotopu), B_0 je indukce vnějšího magnetického pole.

V úvodu jsme zmínili další vlastnost jader, a to je jejich magnetický moment. Orientace magnetických momentů jader mimo působení magnetického pole je zcela nahodilá. Protože jader jsou milióny, každým směrem je orientován stejný počet jader. Pokud jádra vložíme do magnetického pole, nebude již jejich orientace zcela nahodilá a ve všech směrech stejná. V magnetickém poli nastane precesní pohyb jader, a tak budou měnit orientaci ve směru vnějšího magnetického pole (obr. 4.10).

Obr. 4.10 – Magnetický moment jádra v nulovém a nenulovém magnetickém poli

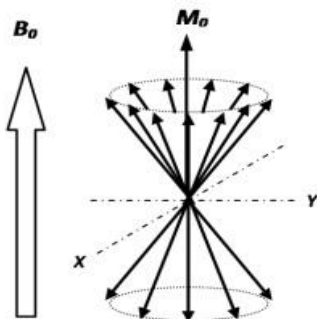


Zdroj: Hrabal, 2013

Protože je orientace ve směru působení vnějšího magnetického pole energeticky méně náročná, bude v tomto směru orientováno o něco více jader než v opačném směru. Součtem všech magnetických momentů jader je veličina zvaná magnetizace. (Mimo

magnetické pole je součtem magnetických momentů jader nula). Magnetizace ukazuje směr a nevykonává precesi (obr. 4.11).

Obr. 4.11 – Magnetické momenty v magnetickém poli a výsledná magnetizace

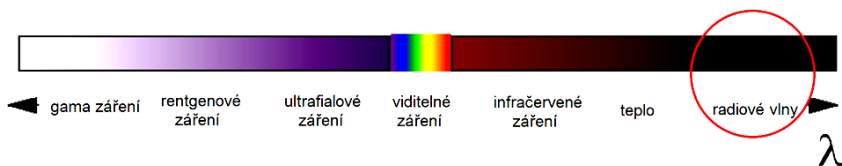


Zdroj: Dračínský, 2010

4.2.3 Měření frekvence precesního pohybu

Ke změření frekvence existují dvě metody. Metoda pulsní a metoda kontinuální - dnes se již nepoužívá, nebudeme ji zde více zmiňovat. Vzorek je umístěn v NMR spektrometru do jádra cívky, kterou protéká střídavý proud a vytváří v ní další magnetické pole, orientované kolmo k základnímu statickému. Pomocí proudu se vyšle na jádro velmi krátký radiofrekvenční puls o trvání rádiově několik mikrosekund. Radiofrekvenční záření je oblast elektromagnetického záření z oblasti radiových vln (obr. 4.12).

Obr. 4.12 – Elektromagnetické záření



Zdroj: Tomanová, 2013

Pokud je precese měřeného jádra shodná s frekvencí pulsu měřící cívky, tak dojde k takzvané rezonanci. Rezonance způsobí, že se celá magnetizace začne vychylovat ze směru magnetického pole B_0 a po skončení pulsu bude precedovat stejně, jak jsme si

vysvětlili u magnetického momentu. Precedující magnetizace nám indukuje elektrickou odezvu v měřící cívce (velmi citlivé anténě), která postupně slábne a magnetizace se vrací do původního stavu. V přístroji se to projeví jako tzv. FID (free induction decay, volné doznívání indukce). FID má tvar exponenciálně tlumené periodické funkce. Představuje závislost intenzity proudu indukovaného ve snímací cívce na čase. V počítači je pomocí matematické operace – Fourierovy transformace – převedena na výsledné spektrum – závislost intenzity na frekvenci.

4.3 Interpretace NMR spektra

Jak správně číst naměřené NMR spektrum? Jak z něj získáme informace o struktuře látky? Omezíme se pouze na základní ^1H a ^{13}C NMR spektra.

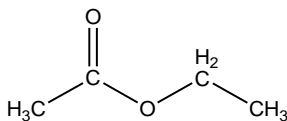
Při interpretaci NMR spektra je důležitý:

- ▶ Chemický posun píku – kde se na ose x nachází signál
- ▶ Počet signálů – kolik píků daná struktura poskytuje
- ▶ Intenzita signálů – jaká je plocha jednotlivých píků
- ▶ Multiplicita signálů – na kolik linií je pik rozštěpen

4.3.1 Chemický posun

Každá látka obsahuje jádra různých vlastností – různých rezonančních frekvencí. Každé jádro má totiž jiné okolí v molekule a to se projeví polohou signálu daného jádra atomu ve spektru. Např. molekula ethylacetátu (obr. 4.13).

Obr. 4.13 – Vzorec ethylacetátu



Zdroj: ChemSketch 2013

Každé jádro je stíněno elektrony, které také reagují na vnější magnetické pole (B_0) a vytvářejí vlastní magnetické pole ($B_{\text{stínící}}$), které má opačný směr než vnější magnetické pole. Na jádro tedy působí efektivní magnetické pole (B_{ef}): $(2) B_{\text{ef}} = B_0 - B_{\text{stínící}}$ a

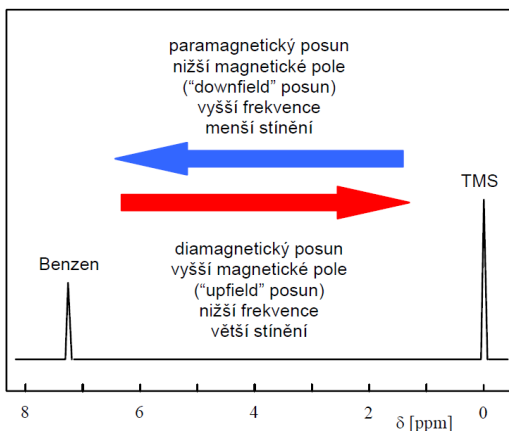
(3) $\nu = \gamma B_0 / 2\pi$, kde ν je rezonanční frekvence jádra, γ je gyromagnetický poměr (konstanta charakteristická pro jádro každého izotopu), B_0 je indukce magnetického pole.

Frekvence radiofrekvenčního záření, při níž dané jádro rezonuje, je ve spektru zobrazena na ose x a nazývá se chemický posun. Frekvence má jednotku hertz. Pro jednotnost chemických posunů na přístrojích s různě silným magnetickým polem se zavádí stupnice delta δ s jednotkou ppm (parts per milion, odpovídá miliontině frekvence). V této stupnici je frekvence měřených jader vztahována k frekvenci referenční sloučeniny, a tak vzorek rezonuje při stejné hodnotě ppm při měření na jakémkoli přístroji. Spektrum má píky na stejných místech osy x.

(4) $\delta_x = 10^6 * (\nu_x - \nu_{ref}) / \nu_{ref}$, kde δ_x je chemický posun atomu x, ν_x je rezonanční frekvence jádra x, ν_{ref} je rezonanční frekvence referenční sloučeniny (např. tetramethylsilan).

Čím více je jádro stíněno, tím nižší je rezonanční frekvence; a opačně. Je-li v molekule elektronegativní atom, pak si přitahuje elektrony, a to má za následek menší stínění jader okolních atomů a působí vysoké B_{ef} , protože $B_{stínící}$ je malé. Ze vzorečku vyplývá, že čím vyšší B efektivní tím vyšší je rezonanční frekvence jádra a ve spektru má pík vyšší chemický posun (obr. 4.14).

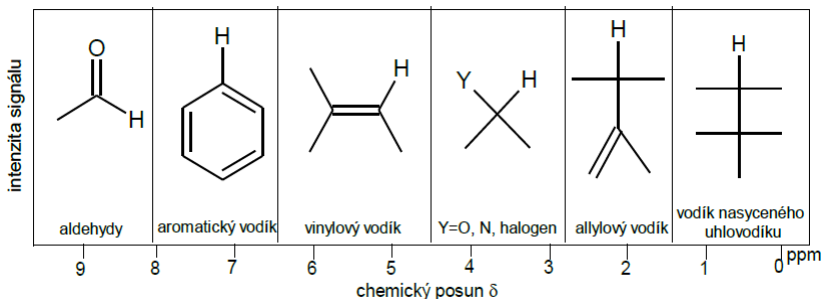
Obr. 4.14 – Vliv elektronů na chemický posun



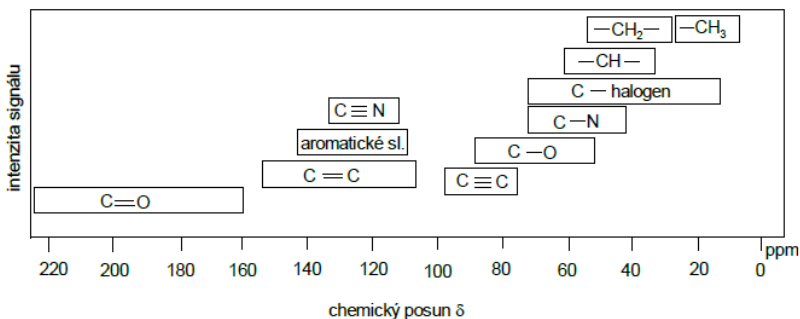
Zdroj: Dračínský, 2010

U vodíkového spektra mají vodíky chemické posuny v rozmezí 0 – 10 ppm. Na obr. 4.15 je ukázka chemických posunů vodíků v různých sloučeninách. U uhlíkového spektra mají uhlíky chemické posuny v rozmezí 0 – 220 ppm. Na obr. 4.16 je ukázka chemických posunů atomů uhlíků v různých sloučeninách.

Obr. 4.15 – Chemické posuny různých funkčních skupin ve spektrech ^1H NMR



Obr. 4.16 – Chemické posuny různých funkčních skupin ve spektrech ^{13}C NMR



Zdroj: Tomanová, 2013 (oba obr.)

4.3.2 Počet signálů – intenzita píků a multiplicita signálů

Nejprve jak je tomu ve vodíkovém spektru: látka poskytuje tolik signálů, kolik různých vodíků nebo skupin vodíků obsahuje. Ethylacetát obsahuje tři typy vodíků. Proto bude mít ve spektru tři signály. V jednotlivých skupinách jsou vodíky stejné, tzn., že pokud zaměníme jeden vodík ze skupiny za jiný prvek, pak vznikne ta samá látka. Stejně vo-

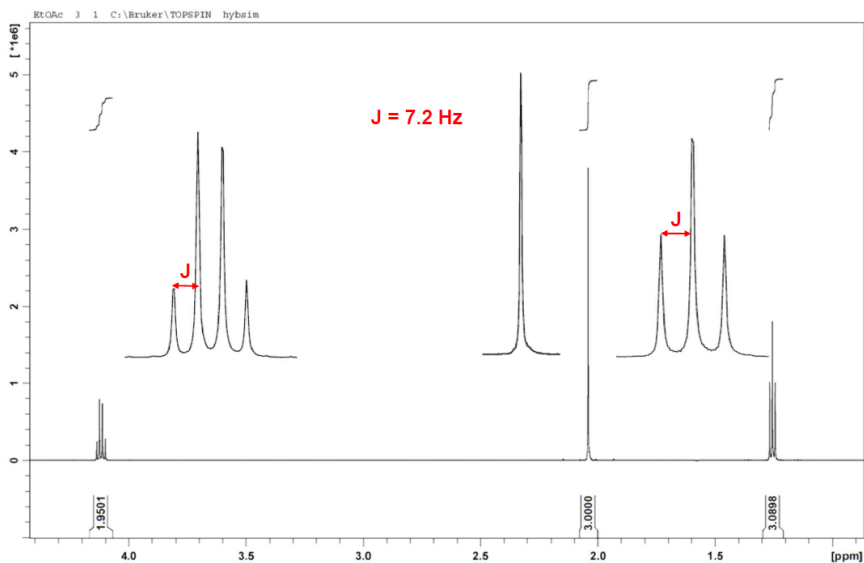
díky mají stejné okolí. Nesmíme opomenout symetrii molekul. Vodíky, které jsou vzájemně symetrické, jsou stejné a budou mít ve spektru jeden signál.

Stejně tomu tak je i v uhlíkovém spektru. Látka poskytuje tolik signálů, kolik různých uhlíků obsahuje. I zde platí, že vzájemně symetrické atomy uhlíků jsou stejné a mají ve spektru jeden signál. Ethylacetát má ve vodíkovém spektru 3 signály a v uhlíkovém spektru 4 signály.

Signál má vždy nějakou plochu, není to jen čára. Plocha signálu udává intenzitu signálu. Je dána počtem jader, která vyvolaly jeho vznik. Každý signál můžeme integrovat, tedy matematicky vyjádřit jeho plochu. Z integrace spektra můžeme zjistit, kolik jader se podílí na vzniku signálu. Ve výsledku dostaneme u každého signálu číslo – počet vodíků, kterými je tvořen. V případě ethylacetátu je intenzita signálů 2,3 a 3.

Multiplicita signálů aneb J interakce neboli J-kaplink (J-coupling) či štěpení. Fakt štěpení signálů ve spektru jsme dosud úplně opomíjeli z důvodu zjednodušení. Ke štěpení signálů dochází vlivem okolních jader (obr. 4.17).

Obr. 4.17 – ^1H NMR spektrum ethylacetátu: detaily signálů - štěpení



Zdroj: Hybelbauerová 2013

Pro štěpení platí jednoduchá pravidla. Ve vodíkovém spektru platí, že počet linií signálu odpovídá počtu vodíků na sousedních atomech uhlíků zvětšeném o 1, přičemž intenzita linií odpovídá Pascalově trojúhelníku (obr. 4.18). Jedná se o štěpení vodíků vodíkem. Pokud je signál rozštěpen např. na dvě linie v poměru 1:1, pak se nazývá dublet. V uhlíkovém spektru počet linií v signálu odpovídá počtu atomů vodíků na daném atomu uhlíku zvětšeném o 1. Ovšem kvůli nižší citlivosti ^{13}C izotopu se měří tzv. dekaplovaná spektra, kde se štěpení od vodíkových atomů potlačuje, a ve spektrech jsou singlety.

Obr. 4.18 – Pascalův trojúhelník = poměr linií ve štěpeném signálu

1		singlet	s			
1	1	dublet	d			
1	2	1	triplet	t		
1	3	3	1	kvartet	q	
1	4	6	4	1	pentet	p

Zdroj: Hrabal, 2013

4.4 Vybavení NMR laboratoře Přírodovědecké fakultě UK v Praze

NMR laboratoř PŘF UK v Praze je vybavena v současné době třemi NMR spektrometry. Dva jsou od firmy Varian, třetí od firmy Bruker (viz obr. 4.19).

Obr. 4.19 - Varian NMRS 300 MHz, Varian INOVA 400 MHz, Bruker Avance III 600 MHz



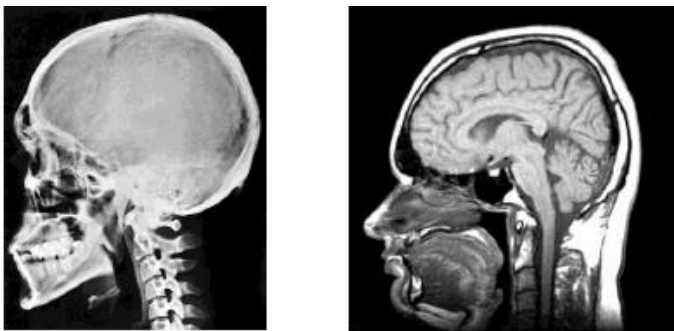
Zdroj: Hybelbauerová, 2013

První spektrometr je Varian NMRS 300 MHz, který slouží především jako výukový. Je vybaven jednou z-gradientovou sondou, na které je možné měřit jádra ^1H , ^{13}C , ^{19}F a ^{31}P . Druhým spektrometrem je Varian INOVA 400 MHz, ke kterému jsou k dispozici 4 měřící sondy (2 broadbandy – širokopásmové sondy) a také sonda pro měření pevných vzorků (7mm CP/MAS sonda). Třetí spektrometr je od firmy Bruker s označením Bruker Avance III 600 MHz, ke kterému je k dispozici chlazená sonda extrémně citlivá pro ^1H , vysoce citlivá pro ^{13}C a má třetí kanál pro měření ^{15}N . Je určená pro pokročilé NMR experimenty a NMR biomolekul. K tomuto spektrometru je k dispozici také širokopásmová sonda, které umožňuje měřit dalších 30 izotopů navíc.

4.5 Využití NMR v medicíně

Nyní pár slov k aplikaci nukleární magnetické rezonance v medicíně. Ve většině lidí vzbuzuje pojem **nukleární** negativní asociace, a proto se v medicínské terminologii nepoužívá. Metoda se nazývá **Zobrazování magnetickou rezonancí** (MRI – magnetic resonance imaging). Tato metoda umožňuje zobrazovat měkké tkáně a oblasti se zvýšenou koncentrací vody, jako jsou nádory. Používané radiofrekvenční záření (radiové vlny) má velkou vlnovou délku a tím pádem malou energii a není tedy nebezpečné (na rozdíl od rentgenového záření) – obr. 4.20.

Obr. 4.20 – Rentgen lebky a magnetická rezonance mozku

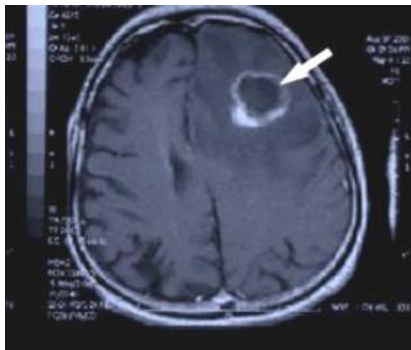


Zdroj: Tomanová, 2013

Při zobrazování magnetickou rezonancí se měří pouze vodíky z molekuly vody. Vody je v měkké tkáni hodně a navíc je to citlivé jádro. Koncentrace vody je však na různých místech v těle různá, a to je podstatou této metody. Kdybychom měřili pouze vodíky

vody v homogenním magnetickém poli (jako tomu je v případě NMR), pak bychom dostali jeden signál. V medicínské aplikaci magnetické rezonance je ovšem potřeba signály rozdělit podle toho, z kterého místa ve vzorku přicházejí – řez tkání (obr. 4.21). Jádra jsou v nehomogenním magnetickém poli, které se lineárně mění. To je možné díky třem cívkám, gradientním, které způsobují nehomogenitu pole.

Obr. 4.21 – Nádor na mozku



Zdroj: Tomanová, 2013

Pro vyšetření se používá přístroj, který se nazývá NMR tomograf („tunel“). Vyšetření nemohou podstoupit lidé s kovovými implantáty, ženy v prvním trimestru těhotenství, lidé s klaustrofobií a pacienti s tetováním na vyšetřovaném místě (tetovací barva obsahuje kovy). Vyšetření na magnetické rezonanci trvá cca 30 – 60 minut. Po celou dobu musí pacient klidně ležet – obr. 4.22.

Obr. 4.22 – Tomografy – uzavřený a otevřený typ



Zdroj: Tomanová, 2013

4.6 Experimenty s využitím NMR spektroskopie

Na *příloženém DVD* jsou uvedeny dva konkrétní návrhy na využití NMR spektroskopie pro rozlišení dvou látek, které vypadají a chutnají stejně. I čichem jsou od sebe ve směsi nerozlišitelné: jedná se rozlišení methanolu a ethanolu (Methanolvá aféra v roce 2013) a vanilinu a ethylvanilinu (Víme, co jíme aneb vanilkové cukry).

Literatura

- Dračínský, M. (2010) Jaderná magnetická rezonance. Skripta PŘF UK (online – cit. 26.11.2013). Dostupné <http://www.uochb.cz/web/structure/671.html?lang=cz>
- Etanolové otravy roku 2012 v Česku. Wikipedie, otevřená encyklopedie. (online – cit. 26.11.2013). Dostupné z http://cs.wikipedia.org/wiki/Metanolov%C3%A9_otravy_roku_2012_v_%C4%8Cesku
- Gerasimov A.V., Gornova N.V., Rudometova N.V. (2003). Determination of vanillin and ethylvanillin in vanilla flavorings by planar (thin-layer) chromatography. *J. Anal. Chem.* 58 (7), 677–684.
- Hoffman P.G., Salb M. (1979). Isolation and stable isotope ratio analysis of vanillin. *J. Agric. Food Chem.* 27(2), 352–355.
- Hrabal, R. (2013) Proč se učit NMR spektroskopií. Přednáška VŠCHT. (online - cit. 26.11.2013). Dostupné <http://www.vscht.cz/nmr/predmet/lekce/NMR-lekce1.pdf>
- Hybelbauerová, S. (2013). Nukleární magnetická rezonance v teorii a praxi. Praha: UK PŘF.
- Priefert H., Rabenhorst J., Steinbüchel A. (2001). Biotechnological production of vanillin. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 56, 296-314.
- Tomanová, M. (2013). Podpůrný materiál pro výuku zaměřenou na NMR spektroskopií na středních školách. Diplomová práce. Praha: UK PŘF.

5. Isoprenoidy a experimenty s nimi

5.1 Co jsou a k čemu slouží isoprenoidy

Již v dávných dobách věděli staří Egypťané, že monoterpen thymol lze použít k mumifikaci, protože ničí bakterie a houby. V současnosti zase naopak víme, že vysoký obsah steroidu cholesterolu je pro tělo velká zátěž, která může mít těžké zdravotní následky. Triterpenoid betulin je zkoumán pro svou antikarcinogenní, anti-HIV a protizánětlivou aktivitu. Používá se např. v kosmetice k ošetření kůže a k hojení ran. Téma isoprenoidy je široké, obsahuje v sobě spoustu zajímavých látek, které se vyskytují většinou v rostlinném materiálu, ze kterého je lze vyizolovat pomocí extrakce, následné chromatografie a krystalizace nebo také sublimací.

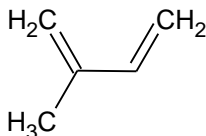
Na isoprenoidy se lze zaměřit z různých pohledů – např. jako na skupinu s výskytem některých vonných látek, krystalických látek, vitaminu a provitaminu, či látek nacházejících se v lidském organismu. Pojďme si představit některé z nich...

5.2 Rozdělení isoprenoidů

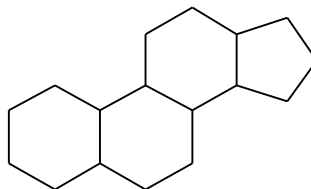
V učebnicích chemie bývají **isoprenoidy** nejčastěji popisovány jako biologicky důležité látky a sekundární metabolity (Kolář 1997, Mareček, Honza 2000). Jejich základní strukturální jednotkou je **isopren**, tedy: 2-methylbuta-1,3-dien (viz obr. 5.1), který je monomerní jednotkou.

Tradičně se isoprenoidy dělí na dvě skupiny – **terpeny** a **steroidy**. Základem steroidů je tetracyklický cyklopentanperhydrofenanthren, dříve nazývaný steran (obr. 5.2).

Obr. 5.1 – Isopren



Obr. 5.2 – Cyklopentanperhydrofenanthren

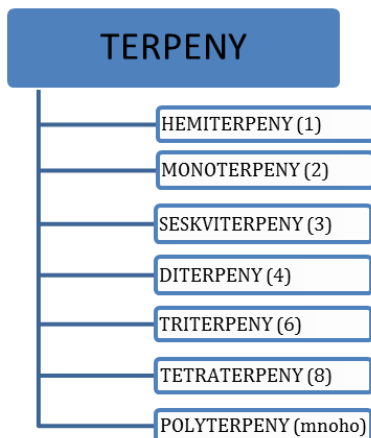


Zdroj: ChemSketch, Hybelbauerová, Opatová, 2013

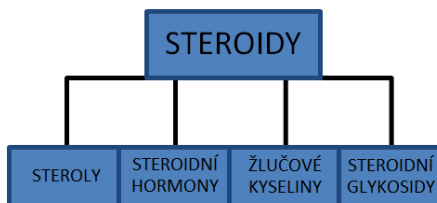
Podle počtu isoprenových jednotek byly ustanoveny jednotlivé podskupiny terpenů (obr. 5.3).

Steroidy se dělí na čtyři základní podskupiny (obr. 5.4).

Obr. 5.3 – Schéma rozdělení terpenů



Obr. 5.4 – Schéma rozdělení steroidů



Zdroj: Hybelbauerová, Opatová, 2013

Vybraní zástupci terpenů:

- ▶ hemiterpeny – isopren (nevyskytuje se volný), vázané na jiný typ molekuly – humulon (antibiotická složka chmele)
- ▶ monoterpeny – součásti etherických olejů, limonen (v citronové kůře), menthol (v máté peprné), myrcen (v chmelu a vavřínu), pinen (v terpentýnu), geraniol (v růžích)
- ▶ seskviterpeny – ve smolách a balzámech, (grapefruit – aromatizace ovocných nápojů), α -santonin (pelyněk, přírodní antihelmentikum – proti červům)
- ▶ diterpeny – fytan (izolován z mozkové tkáně, ne z rostlin), vitaminy A, kyselina abietová (kalafuna)
- ▶ triterpeny – skvalen (v játrech žraloků), betulin (v březové kůře až 30%)
- ▶ tetraterpeny – β -karoten (v listech, mrkvi)
- ▶ polyterpeny – přírodní kaučuk, gutaperča

Steroidy, nortriterpenoidy, vznikají oxidací triterpenů, živočišné z lanosterolu a rostlinné z cykloartenolu. Jsou to bezbarvé krystalické látky, rozpustné v organických rozpouštědlech. Mají významné farmakologické účinky. Patří sem z chemického hlediska různé skupiny látek – alkoholy, kyseliny, hormony a vitaminy.

Vybraní zástupci steroidů:

Steroly – zoosteroly a fytosteroly

- ▶ ergosteroly - ergosterol (v houbách, kvasinky, plísně, provitamin D)
- ▶ Cholesterol
- ▶ ergokalciferol – vitamin D₂
- ▶ brassinolidy – brassinolid (v řepce), rostlinné růstové faktory

Steroidní hormony

- ▶ pohlavní hormony – estrogeny (estradiol), gestageny (progesteron), androgeny (testosteron, androsteron)
- ▶ kortikoidy (hormony kůry nadledvinek) – glukokortikoidy (kortison, na ekzémy, alergie), mineralokortikoidy (aldosteron – ovlivňují obsah Na⁺ a K⁺)
- ▶ hmyzí hormony – ecdysony – svlékáčcí hormony hmyzu
- ▶ rostlinné hormony - brassinolidy

Žlučové kyseliny

- ▶ kyselina cholová

5.3 Chromatografie – dělicí a izolační metoda

Chromatografie je dělicí metoda často používaná k důkazu jednotlivých látek ve směsi (tenkovrstvá chromatografie = TLC), či k izolaci jednotlivé látky ze směsi (sloupcová chromatografie = CC).

Při TLC se látka rozpuštěná v rozpouštědle nanáší kapilárou na start destičky (asi 5 mm nad dolním okrajem, opakovaně na stejné místo). Pokud je nanesených vzorků na jedné TLC více, je zapotřebí, aby měly od sebe dostatečnou vzdálenost. Rozpouštědlo se nechá krátce zaschnout a poté je destička vložena do vyvíjecí komory s mobilní fází. Aby nedocházelo k úniku par, musí být komora po celou dobu vztlínání zavřena. Po dosažení čela rozpouštědla (několik mm pod horní okraj destičky) se destička vyjme a provede se detekce, např. použitím UV lampy nebo vložení destičky do 10% kyseliny

sírové či jiného detekčního činidla (např. AMC). Při použití UV záření je vidět výsledek ihned, při použití činidla je často zapotřebí použít vysokou teplotu (např. horkovzdušnou pistolí).

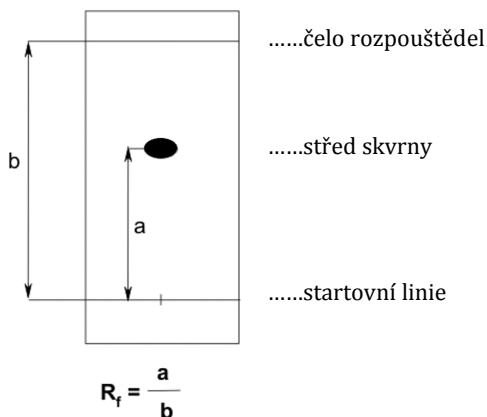
Složení mobilní fáze je vybráno metodou pokusu a omylu. Proto je vhodné si všechny pokusy zaznamenávat. Rozpouštědla podle stoupající polarity uvádí tzv. eluotropická řada. Např. Kvíčala (1998) uvádí řadu tvořenou z běžných rozpouštědel a jejich směsí:

petrolether < petrolether - dichlormethan (5:1) < petrolether - dichlormethan (1:1) < dichlormethan < dichlormethan - ethylacetát (5:1) < dichlormethan - ethylacetát (1:1) < ethylacetát < ethylacetát - ethanol (2:1) < ethanol < ethanol - kyselina octová (2:1) < kyselina octová

Výsledkem tenkovrstvé chromatografie bývá skvrna na vrstvě. Vzdálenost skvrny od startu bývá závislá na použitém rozpouštědle a na polaritě látky. Tvar skvrny může být ovlivněn rozpustností látky v mobilní fázi.

Retardační faktor (někdy také retenční faktor, R_f) je veličina, která charakterizuje chromatografické vlastnosti látek. Vypočítá se jako podíl a/b vzdálenosti skvrny od startovní linie (a) a vzdálenosti čela od startovní linie (b). Nabývá hodnot od 0 do 1. Kritériem při výběru rozpouštědla na sloupcovou chromatografii je mimo jiné hodnota R_f , která by měla být 0,3 – 0,4 (obr. 5.5).

Obr. 5.5 – Retardační (retenční) faktor R_f



Zdroj: <http://www.chorg.p.lodz.pl/preparatyka/tlc.html>

Sloupcová chromatografie, se užívá k získání čistého produktu. Patří k metodám, které mají delší dobu zpracování. Mobilní fáze je rozpouštědlo, které se pohybuje sloupcem adsorbentu pomocí gravitace. Volí se takové, které dobře vyvíjí vzorek na tenké vrstvě. Jako stacionární fáze se nejčastěji používá silikagel, který se nasype do trubice. Na vrchol sloupce silikagelu se umístí směs látek, kterou chceme chromatograficky čistit, rozpuštěna v co nejmenším množství rozpouštědla. Poté se přidává mobilní látka do té doby, než chtěná látka vyteče ze sloupce. Dělení by nemělo být přerušováno, aby sloupec nevyschnul. Frakce se odchyťávají např. do očíslovaných zkumavek, ze kterých se provádí důkaz látky pomocí TLC. Poté následuje odpaření rozpouštědla z frakcí s prokázanou látkou. Závislost retenčního faktoru na použité mobilní fázi lze demonstrovat např. experimentem Sloupcová či tenkovrstvá chromatografie z lentilek - viz příložené DVD (kapitola β -karoten v námětech na experimenty).

5.4 Izolace isoprenoidů z přírodního materiálu

Příklady a praktické návody na izolaci **cholesterolu** ze žloutku, **betulinu** z březové kůry, **mentholu** z bonbónů a experimenty s **β -karotenem** s využitím TLC jsou podrobně popsány na příloženém DVD. V dalším textu je uvedena krátká charakteristika jednotlivých zástupců isoprenoidů.

5.4.1 Cholesterol

Cholesterol (viz obr. 5.6-(1)) je isoprenoid, steroid, který se vyskytuje např. ve vaječném žloutku. Je to bílá krystalická látka dobře rozpustná v organických rozpouštědlech (např. chloroform, aceton). Je syntetizován z acetylkoenzymem A, z těla je vylučován žlučí jako cholesterol či jako žlučové soli. Je prekursorem veškerých ostatních steroidů v těle, kortikoidů, pohlavních hormonů, žlučových kyselin a vitamínu D. Je to typický produkt živočišného metabolismu, a proto se vyskytuje v potravě živočišného původu, jako je vaječný žloutek, maso, játra a mozek. Množství cholesterolu pocházející z potravy je přibližně stejné jako z biosynthesy (Murray, 2002). Jeho vysoké množství v těle, hlavně v cévách (vysoká hranice cholesterolu v krvi $> 2,38$ g/ l) může způsobit zdravotní komplikace jako např. infarkt.

5.4.2 Betulin

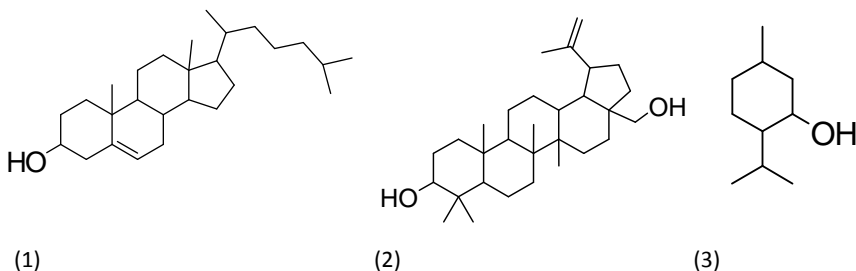
Betulin, lup-20(29)-en-3 β ,28-diol (obr. 5.6-(2)), je triterpenoid, pentacyklický isoprenoid vyskytující se v bílé kůře břízy bělokoré. Obsah betulinu se pohybuje v rozmezí 10

až 35 % v závislosti na druhu břízy, místě výskytu, kondici a stáří stromu. Betulin lze z vrchní části březové kůry získat sublimací či extrakcí. Je to bílá krystalická látka, která je zkoumána pro svou antikarcinogenní, anti-HIV a protizánětlivou aktivitu. Používá se např. v kosmetice k ošetření kůže a k hojení ran.

5.4.3 Menthol

Menthol, 2-isopropyl-5-methylcyklohexan-1-ol (obr. 5.6-(3)) se vyskytuje v mátě peprné. Při laboratorní teplotě je to bezbarvá krystalická látka lipofilní povahy, slabě rozpustná ve vodě. Menthol patří mezi monoterpeny, vykazuje protinádorovou aktivitu, inhibuje nádorové bujení prsu, prostaty a jater. Působí proti nachlazení, uvolňuje dýchací cesty a tlumí kašel. Mátový čaj či mátová silice působí proti nadýmání. Menthol vyvolává chladivou chuť (čerstvost, mátovitost), díky níž je v potravinářství přidáván do žvýkaček, bonbónů a nápojů. Tato chladivá látka je také používána v drogistickém průmyslu při výrobě zubních past, ústních vod, šampónů, parfémů, masážních gelů atd. Má také mírně anestetické účinky, přidává se např. do náplastí na bolesti hlavy. Menthol má i některé negativní účinky. Je těkavý a proto se nemůže používat do kosmetických krémů, vyvolával by podráždění očí. Ve vyšších koncentracích má hořkou chuť a ostrou vůni. Používá se jako standard pro posouzení chladivých účinků látek.

Obr. 5.6 - Vzorce cholesterolu (1), betulinu (2) a mentholu (3)



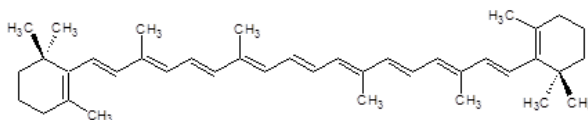
Zdroj: ChemSketch, Hybelbauerová, Opatová 2013

5.4.4 β -karoten

β -karoten (obr. 5.7) patří mezi tetraterpeny, karotenoidy a přírodní barviva vyskytující se v žlutooranžovém a tmavozeleném ovoci a zelenině, např. v mrkvi, meruňkách, mangu, nektarinkách, broskvích, špenátu, brokolici, hrachu, kapustě, ale také

v podzemním listí a živočišných materiálech jako je vaječný žloutek, máslo a maso lososa. Má oranžovo-červenou barvu a je dobře rozpustný v tucích. Připravuje-li se např. špenát bez tuku, vstřebá se pouze 6 % β -karotenu, ale pokud se při kuchyňské úpravě přidá tuk, zvýší se absorpce β -karotenu až na 60 %. Je to významný antioxidant a provitamin vitaminu A, tudíž je významný pro zrak, má i antikarcinogenní účinky. Používá se jako přísada do množství produktů, jídel a farmaceutických výrobků.

Obr. 5.7 - Vzorec β -karotenu



Zdroj: ChemSketch, Hybelbauerová, Opatová 2013

Experimenty nazvané Hrátky s mobilní fází a Odbarvení roztoku s β -karotenem jsou podrobně popsány na *příloženém DVD*.

Literatura

- Čopíková, J., Moravcová, J., Lapčík, O., Opletal, L., Drašar, P. (2011). Přírodní látky a jejich deriváty chuti chladivé. *Chemické listy*. 105, 938–942.
- Guidoin, M.-F., Yang, J., Pichette, A., Roy, CH. (2003). Betulin isolation from birch bark by vacuum and atmospheric sublimation. A thermogravimetric study. *Termochim. Acta* 398, 153–166.
- Kolář, K. a kol. (1997). *Chemie organická a biochemie pro gymnázia*. Praha: SPN.
- Kvíčala, J. (1998). *Laboratorní technika organické chemie*. Praha: VŠCHT.
- Mareček, A., Honza, J. (2000). *Chemie pro čtyřletá gymnázia 3. díl*. Nakladatelství Olomouc.
- Murray, R. K. a kol. (2002). *Harperova biochemie*. Jinočany: H+H.
- Opatová, M. (2014). *Chemické experimenty s přírodními látkami se zaměřením na vzdělávání*. Disertační práce. Praha: UK PFF.
- Roman, M., Kaczor, A., Dobrowolski, J.C., Baranska, M. (2013). Structural changes of β -carotene and some retinoid pharmaceuticals induced by environmental factors. *J. Mol. Struct.* 1037, 99–108.
- Tolstikov, G.A., Flekhter, O.B., Shultz, E.E., Baltina, L.A., Tolstikov, A.G. (2005). Betulin and its derivatives. Chemistry and Biological activity. *Chemistry for Sustainable Development* 13, 1–29.

6. Hry v chemii pro ponaučení i zábavu

6.1 Hra a její charakteristika

Fenomén hry doprovází každého z nás po celý život: nejdříve si hrajeme jako děti, později s dětmi a ještě později s vnoučaty. Pedagog má dokonce to štěstí, že si může hrát pořád, neboť hra je neoddelitelnou součástí výchovy už po celá staletí a tisíciletí a vytváří obraz kultury jednotlivých národů. S postupným rozvojem věd a psychologie se mnohé typy her osvědčily též jako výborné prostředky pro výchovu a vzdělávání, neboť hra je formou činností, která se liší od práce a učení a v současné době mnohé inovační proudy akcentují význam hry jako vyučovací metody.

6.1.1 Smysl zábavně vzdělávacích her

Zvláště od počátku 60. let 20. století nabývá hra na popularitě jako jedna ze vzdělávacích metod aplikovaných pro práci s žáky či s dospělými zájemci středního a vyššího věku. S mohutným nástupem moderních informačních technologií a elektronických systémů do života v novém tisíciletí se odkrývají netušené možnosti pro další smysl her, které slouží nejen k výchově, k seberealizaci jedinců či celých skupin, ale i jako aktivní komunikační či kooperační prostředky pro cílené vzdělávání v různých oborech. V angličtině se pro tento typ her používá označení „serious games“, u nás pro ně však nemáme jednotný název, charakterizujeme je např. jako „zábavně naučné, vzdělávací či didaktické hry“. A právě tento typ her je velmi vhodným prostředkem k naplnění současné strategie vzdělávání, zdůrazňující klíčové kompetence a jejich provázanost s obsahem, uplatnění nabytých dovedností v praktickém životě. Nezbytným předpokladem je využívání postupů a metod podporujících tvořivé myšlení, samostatnost a zároveň schopnost týmové spolupráce. Mají-li hry splnit předložené cíle a úkoly, musí být řídicí článek (organizátor, lektor či učitel) schopen uplatnit takové metody a prostředky, které umožní maximální využití vlastní aktivní práce hráčů, jejich angažovanou účast i bezprostřední výrazné zapojení do rozmanitých aktivit. Aktivizující metody lze z tohoto aspektu vymezit jako postupy, které vedou proces poznávání tak, aby se cílů dosahovalo především na základě vlastní tvůrčí práce hráčů (ta klade důraz na myšlení a řešení problémů). Vhodně projektované zábavně – vzdělávací hry mnohé z výše jmenovaných atributů v sobě přirozeně obsahují. Promyšleně podaná hra má vedle radosti a zábavy potenciál mnohem rozsáhlejší: může se stát základním

prostředkem komunikace mezi účastníky, základním impulsem pro změnu fungování skupiny, osobnostního potenciálu jednotlivce či míry porozumění určitému problému.

6.1.2 Charakteristika vzdělávacích her

Pro pojem hra existuje celá řada soudobých definic s psychologickými i pedagogickými aspekty. Didaktická hra sleduje vždy vzdělávací cíle, což nemusí být pro hráče (žáky) právě zjevné, neboť hra může probíhat jako analogie spontánních činností; má však svá pravidla, vyžaduje průběžné řízení a závěrečné vyhodnocení. Role vedoucího (učitele) přechází od organizátora, přes moderátora až např. po pozorovatele a rozhodčího či hodnotitele. Předností vzdělávacích her je stimulační náboj, podněcování tvořivosti, spolupráce a zdravého soutěžení, angažovanost účastníků na provádění činností, ale i využívání vědomostí, dovedností, či zapojování životních zkušeností. Z psychologického pohledu je hra považována za jednu ze základních lidských činností, k nimž dále patří učení a práce; u dítěte je hra smyslovou činností motivovanou především prožitky (zatímco u dospělých má hra závazná pravidla), cíl není pragmatický, ale je ve hře samé. Hry mají celou řadu aspektů: poznávací, procvičovací, emocionální, motivační, tvořivostní, fantazijní, sociální a další. Většina odborníků (pedagogů i psychologů) se v charakteristice pojmu hra shoduje na tom, že hra je činnost duševní nebo tělesná, k jejímž důležitým principům patří pravidla, dodávající hře napětí, obtížnost a usměrňující zmíněnou činnost. V mnohých definicích se navíc objevují pojmy jako „libost“, „zábava“, „radost“, které jsou nedílnou součástí her; hru lze charakterizovat též jako vynikajícího prostředníka k tomu, jak se naučit řešit různé situace a úkoly, neboť hra spojuje učení podle pravidel s učením plným fantazie, při kterém získáme nové životní zkušenosti bez obav ze selhání, ze špatného hodnocení, neboť se odvážíme nově myslet, vytvářet nové návyky nebo hledat originální řešení. Myšlenku, že: „je-li hra vhodně použita pro výchovu a vzdělávání, pak se může stát velmi efektivním didaktickým prostředkem“, vystihl již v 17. století ve svých pracích J. A. Komenský, např. jeho dílo „Škola hrou“ je mj. i prezentací didaktických her ve hře divadelní.

6.1.3 Význam vzdělávacích her pro přírodovědné vzdělávání

Pro přírodovědné vzdělávání nejen ve škole se velmi osvědčují experimentální hry typu úspěch – neúspěch s nutností voleb, které mohou být organizovány za účelem poznání rozhodovacích procesů pro výzkumné a badatelské účely. Neméně efektivní se ukázaly i elektronické hry typu televizních vědomostních soutěží, tedy elektronické programy umožňující zobrazit na monitoru nebo interaktivní tabuli např. hypertextové

herní plány a související snímky. Účastníci takovéto hry si vedle prohlubování a aplikace vědomostí cvičí mj. i předvídavost a taktiku, rychlost správného rozhodování apod. Didaktické hry v chemii jsou výhodné zvláště k prohlubování a upevnění odborných chemických vědomostí, ale mohou sloužit též k ověření či zaktivizování dovedností hráčů. Hry velmi dobře poslouží rozvoji dovedností potřebných pro řešení náročnějších úkolů a činností, spojených s přírodovědným bádáním, tedy takových kompetencí, které jsou např. po studentech středních škol později vyžadovány při řešení vzdělávacích a badatelských projektů v chemii. Navíc hry v chemickém vzdělávání jsou přirozenou motivací k učení se chemii i k nábivku souvisejících dovedností. Pro mnoho učitelů možná splývá pojem hra s pojmem soutěž; soutěžní hry jsou ale jen jedním z typů her. Je důležité nezapomínat na to, že existuje i široká škála her, kde cílem není vyhrát, ale důraz je kladen například na hraní rolí, kooperaci či tvořivost.

6.2 Multimédia a elektronické hry pro aktivní rozvoj dovedností

Vzhledem k tomu, že v posledních letech výrazně roste role elektronických multimediálních prostředků, je snahou, zvláště v přírodovědném vzdělávání, zpřístupňovat a popularizovat učivo (např. v chemii) vytvářením moderních multimediálních elektronických her, dnes pro mladého člověka neodmyslitelných. ICT by měly sloužit jako vhodný prostředek k objasňování a prohlubování získaných poznatků s důrazem na zvýšení efektivity dané vzdělávací metody. Zvyšování podílu využívání ICT na úkor osobního styku s jinými lidmi však může působit i negativně na psychiku mladého člověka: zvláště důležité je zkoumat tyto vlivy v oblasti výchovy a vzdělávání, kde mohou být škody napáchané nevhodným využitím technologií největší. V souvislosti s oblibou a rozšířením elektronických her mohou někdy vznikat nebezpečné problémy a závislosti. Návykové problémy se rychleji rozvíjejí v dětství a dospívání: nedostatečný rozvoj sociálních dovedností, jednostranný životní styl a nedostatek pohybových aktivit má také vyšší rizika než v pozdějších letech. Toho by si měli být vědomi rodiče, pedagogové i příslušníci pomáhajících profesí.

V chemii však asi žádný vznik závislosti na elektronických hrách s odbornou chemickou a přírodovědnou tematikou nehrozí! Hraní počítačových her, respektive zejména využívání počítačových programů, které formou hry člověka učí novým znalostem a dovednostem, může být přínosem, avšak v některých situacích je učitel nebo rodič prostě nezastupitelný. Pro harmonický rozvoj dovedností a kompetencí je stále důležitým a počítačem nenahraditelným prvkem též neverbální komunikace. Efektivní průběh výukového procesu ve skupině (či třídě) s využitím multimédií předpokládá nejpr-

ve nácvik jednotlivých dovedností – jako jsou komunikace, rozvíjení schopnosti učit se, zapojení sociální kompetence, samostatnosti i spolupráce při řešení problémů, či dovednost práce s informačními technologiemi. Nácvik těchto dovedností lze provádět postupně, v každém stupni školního či dalšího vzdělávání, prostřednictvím netradičních aktivit účastníků (žáků), jakými jsou např. skupinová práce, opravy chybových textů, práce s pracovními listy, kooperativní řešení různých informativních úkolů, a mimo jiné i velmi zajímavé a oblíbené didaktické hry. Pro rozvoj požadovaných kompetencí jsou IT prostředky v přírodovědných oborech velmi užitečné, v poznatkové rovině je lze využít např. pro snazší pochopení některých jevů a procesů prostřednictvím vizualizační techniky, což zúčastněným umožňuje utváření kompetencí zcela specifickým způsobem.

6.3 Variace společenských i elektronických her v chemii

Nejzajímavější z didaktických her s chemickou tematikou, které se podařilo vytvořit na pracovištích přírodovědeckých nebo pedagogických fakult našich univerzit (Praha, Olomouc, Brno, Ostrava, Plzeň, Liberec aj.; viz např. odborný časopis Bi-Ch-Ze), jsou vystavěny na principu všeobecně známých her – ať už stolních deskových her (Člověče, nezlob se!, Pexeso, Bingo, Sázky a dostihy), nebo IQ testů (typu kvízů, doplňovaček, vyškrtávaček, křížovek, sudoku, domina a chybových textů), tak i karetních her typu kvarteto apod., a existují buď v klasické či elektronické modifikaci. Další hry z posledních let jsou čistě elektronické, vhodné pro dataprojekce, tablety či interaktivní tabule. Mnohé z nich jsou používány učiteli chemie jak při motivaci žáků, tak i k prověření nabytých vědomostí z chemie. V praxi se ukázalo, že v případě většiny žáků (hráčů) dochází k efektivnějšímu upevnování vědomostí, než je tomu v případě klasické frontální výuky, a že účastníci jsou díky zábavné formě více motivováni jak k získávání poznatků, tak k jejich aplikaci. Žáci, kteří hráli didaktické hry, dosáhli výrazně lepších výsledků testů, než žáci kontrolní skupiny, kteří se her nezúčastňovali. Potvrdilo se, že vhodná motivace a dostatečná aktivizace žáků prostřednictvím informačních technologií s využitím možností moderní didaktické techniky vede k lepším výsledkům práce, vyšší samostatnosti, tvořivosti, a tím i k rozvíjení informační a přírodovědné gramotnosti. A navíc, jisté typy simulačních her žákům dovolují provádět i např. takové pokusy, pro něž by v běžné škole jinak nezískali dostatečné vybavení nebo by je pro nebezpečnost vůbec nemohli provádět. Některé z takových experimentů jsou zahrnuty též ve videoklipech flexibilních programů pro chemii (viz kap. 7 - Studiumchemie.cz).

6.3.1 Příklady her sloužících k opakování a upevnování chemického učiva

Hry, které jsou uvedeny v tomto oddíle, jsou obvykle soutěže, tedy na jejich konci je některý z hráčů (nebo skupina) vítězem. Během rešerší her našich českých i cizích autorů, ale též vlastních zdrojů z Přírodovědecké fakulty UK v Praze, nebyla charakterizována hra, jejímž cílem by bylo čistě jen zopakovat učivo, bez zapojení soutěživosti hráčů. Pozornost je dále zaměřena jak na domácí produkci (viz např. české odborné časopisy Bi-Ch-Ze, SciEd), tak i na vybrané příklady her zahraničních autorů (shrnuté přehledně např. v článku - Russel, 1999), které byly publikovány v časopise Journal of Chemical Education (dostupné on-line: <http://pubs.acs.org/journal/jceda8>). Popisy her zde uvedené jsou pouze stručnou charakteristikou, aby byly jasné hlavní principy hry, ale nelze podle nich hry hrát; k tomu je nutné vyhledat jejich přesné zadání v primárním zdroji, který je vždy citován. Názvy vybraných zahraničních her jsou co nejuvýstižnějším překladem názvů uváděných v angličtině, mají-li tyto smysl, informace jsou volně převedeny podle příslušných zdrojů.

Podrobnější pokyny, případně kompletní elektronická dokumentace ke hrám z domácí provenience jsou na *příloženém DVD*.

6.3.1.1 Karetní hry

Katedře učitelství a didaktiky chemie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze (KUDCH, UK v Praze, PŘF) se daří vytvářet a rozšiřovat do škol sadu didaktických her s chemickou tematikou. Jako první jsou vybrány příklady **karetních her**, při kterých se používají různé karty či kostky. Tyto hry jsou pojaty jako analogie společenských karetních her s orientovaným cílem výuky chemických témat – viz několik následujících příkladů:

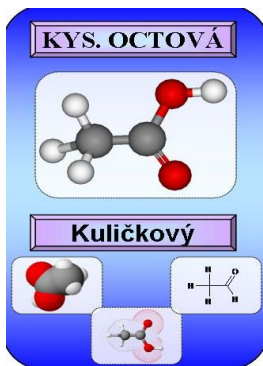
- ▶ **Čtveřice (kvarteta) – Chemická laboratoř a Molekulové modely** (Zákostelná 2007, 2012) – obr. 6.1. Karty obsahují obrázky a názvy chemického nádobí, pomůcek a bezpečnostních a výstražných symbolů; pravidla hry jsou stejná jako u klasických kvartet. Jiným typem jsou kvarteta Molekulové modely, na nichž si hráči procvičí názvy, typy vzorců a skutečné tvary molekul organických sloučenin.
- ▶ **Domino** (Horáková 2012): Hra sestává z kartiček (destiček), které obsahují obrázky s chemickým nádobím a jednoduchým názvoslovím, hráči vhodně přikládají své dominokarty tak, aby jim žádná nezbyla a získali co nejvíce bodů.
- ▶ **Chemikovo bingo** (Horáková 2012), **Zaškrtávaná** (Burešová 2011). Hrací karta obsahuje např. 4 x 4 pole, do nichž si každý napíše 16 značek prvků (nebo 16 vzorců sloučenin, 16 názvů kovů apod.) ze zásoby zadané tutorem (učitelem)

v libovolném pořadí. Ten potom hlásí pojmy (předem připravené), hráči si vyškrtávají příslušná pole s daným pojmem a vítězí ten, který má první vyškrtaný úplný řádek, sloupec nebo úhlopříčku.

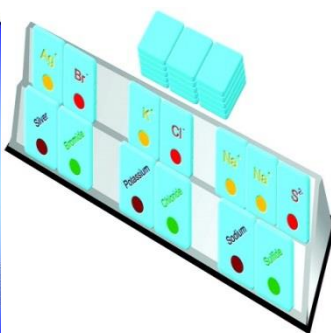
Ze zahraničních námětů karetních her uveřejněných v Journal of Chemical Education jsou vybrány následující:

- ▶ **ChemOkey** (Kavak, 2012b) – obr. 6.2. Tato hra vychází ze hry Scrabble. Hráči na začátku obdrží určité množství kartiček, kde jsou buď názvy, nebo vzorce iontů. Postupně z nich skládají existující anorganické sloučeniny, přičemž body lze získat za kompletní sloučeninu, kde jsou správně pojmenované kationty a anionty.
- ▶ **ChemPoker** (Kavak, 2012a) – obr. 6.3. Hraje se stejně, jako obyčejný poker: hráči obdrží karty a poté licitují, kdo má vyšší hodnotu a mohou si brát nové karty. Na kartách jsou názvy, značky, elektronové konfigurace a další fyzikálně-chemické informace o jednotlivých prvcích. Hodnota karty se odvíjí z protonového čísla prvku. (Je otázkou, zda si při této hře žáci procvičí i něco jiného, než „poker-face“?)

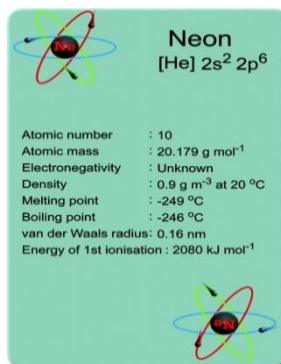
Obr. 6.1 – Kvarteto modely



Obr. 6.2 ChemOkay



Obr. 6.3 ChemPoker



Zdroj: Zákostelná, 2012 a JCE: Kavak, 2012

- ▶ **Skupiny chemických prvků** (Mariscal et al., 2012). Před hrou si hráči sami připraví karty, na které napíší název a značku prvku a nakreslí jeden příklad použití. Ve skupině hráčů jsou poté karty rozdány a cílem hráče je co nejdříve vyložit kompletní hlavní skupinu periodické tabulky. Hráči si mohou karty podle určitého klíče vzájemně měnit. Nastavení pravidel hry hráče nutí pracovat s prvky po skupinách.

- ▶ **Jdi chemií** (Morris, 2011). Skupina 4 - 6 hráčů obdrží karty se vzorci různých iontů. Postupně vykládají karty na stůl tak, aby tvořili sloučeniny, za které získávají body. Aby body skutečně získali, musí sloučeninu správně pojmenovat.
- ▶ **Kde je Ester?** (Angelin a Ramström, 2010). Hru hrají dva hráči, kteří si střídavě losují karty se vzorci organických sloučenin a hádají, jakou sloučeninu si vylosoval druhý hráč. Hráči vědí, které sloučeniny mohou být na kartách zobrazeny. Mohou používat pouze otázky s ano/ne odpovědí. Cílem je uhodnout co nejvíc karet.

6.3.1.2 Společenské hry deskové a stolní

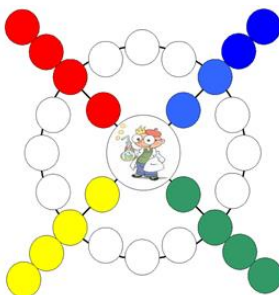
Společenské stolní hry jsou dalším rozšířeným typem vědomostních soutěží, k nimž vždy patří herní plán, doplněný zpravidla hrací kostkou, kartičkami s otázkami, někdy též hracími figurkami. Výsledek se posuzuje podle umístění účastníků v určitém pořadí, varianty pravidel těchto her zpravidla vycházejí ze známého „Člověče, nezlob se“. Z námětů vzniklých na KUDCH UK v Praze, PřF v letech 2004 - 2013 (Šulcová et al.) i z nabídky zahraničních autorů vybíráme (vysvětlující charakteristiky jsou podrobněji zpracovány na *příloženém DVD*):

- ▶ Stolní deskové hry **Erlenka** – obr. 6.4 (Zákostelná, 2007), **Chemiku, (sacharide) nezlob se!** – obr. 6.5 (Horáková, 2012), **Chemlife** – obr. 6.6 (Burešová 2011), viz ilustrační obrázky některých herních plánů. Další: **Chemický marathón** (2004), **Steroidní hadice** (2007), **Putování s karboxylem, Kyslíkaté deriváty uhlovodíků** (2012), **Alkaloidy** (2013) a řada dalších nápaditých variací her s vlastním hracím plánem, úkoly na kartičkách a hrací kostkou (Šulcová et al. 2007, 2012, 2013).

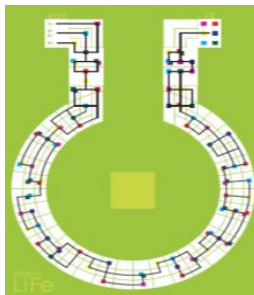
Obr. 6.4 – Hra Erlenka



Obr. 6.5 – Chemiku, nezlob se!



Obr. 6.6 – Hra CHEMLIFE



Zdroj: Zákostelná, 2007, Horáková, 2012, Burešová, 2011

Z nabídky v **Journal of Chemical Education** od zahraničních autorů lze najít:

- ▶ **ChEMoVer** (Russell, 1999b), **Organic Mastery** (Mosher et al., 2012), **Geometrie, polarita a vztahy molekul** (Antunes et al., 2012) - nejzajímavější deskové stolní hry ze zahraničních zdrojů (přehled: *JCE* - Russel 1999a; nebo Reslová 2013).

Všechny tyto uvedené hry se hrají na velmi podobném principu: hráči mají své figurky, a ty postupují hracím polem na základě počtu bodů hozených na kostce. Na některých polích musí hráči správně zodpovědět položené otázky z různých témat. (Vysvětlující charakteristiky a pravidla vybraných her jsou podrobněji zpracovány na *příloženém DVD*.)

Další hry patří mezi **společenské vědomostní soutěže**, které lze hrát jednotlivě či mezi skupinami hráčů. Na PřF UK v Praze vznikly:

- ▶ Společenská soutěž **Chemicko, čili Chemie, nezlob nás!** - hra typu „Evropa“ nebo „Česko“ a logické hry: **Chemaktivita** – skupinová hra inspirovaná společenskou hrou „Aktivity“, **Pokoř kyselinu!**, **Vysoce toxický** – hry charakterizované úkoly s aktivními činnostmi, spojenými s logickým úsudkem (Šulcová et al., 2007, 2008, 2010 a 2011).
- ▶ Jiné varianty vědomostních soutěží s úkoly chemického charakteru byly představeny v roce 2009 jako hry **Šest ran do krabice**, **Hessův bodovací závod**, karetní hra **Zlatá čtyřka**, **Chemické domino** (Šmejkal, Šmejkalová, 2009).
- ▶ Mnohá chemická pexesa, např. i elektronické **Sladké pexeso**, **Vitaminové a enzymové pexeso**, (Šulcová et al., 2007, 2008).
- ▶ Velmi tajemnou hrou je elektronický gamebook **Ropa** (Šulcová et al., 2009).

6.3.1.3 Hry rozvíjející postřeh a fyzickou zdatnost

Burešová (2012) vytvořila pestrou škálu her, ve kterých se kombinují prvky chemie s běháním, či rychlými reakcemi. Jedná se o hry **Zaškrtávaná** (soutěž v rychlosti nalezení příslušné látky v herní tabulce), **Přírodovědná stezka** (kvíz s otázkami rozmístěnými na velkém prostoru, po správném zodpovězení žák fyzicky postupuje na další stanoviště, vítěz první doběhne do cíle), **Šátek** (soutěž v rychlosti přiřazení organické sloučeniny do charakteristické skupiny kombinovaná s postřehem a během), **Rodinka** (rovněž soutěž v rychlosti přiřazení organické sloučeniny do charakteristické skupiny kombinovaná s postřehem a během), **Štafeta** (soutěž v rychlosti vybavování si názvů organických kyselin kombinovaná s během) a **Kvíz** (kvíz pro dvojice pracující nejen se znalostí, ale i s postřehem a rychlostí reakce dvojic).

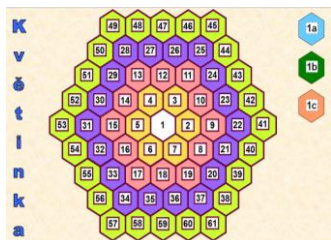
6.3.1.4 Elektronické vědomostní soutěže

Velmi oblíbenou a rychle se rozšiřující formou her jsou **elektronické varianty vědomostních soutěží**, ať už motivovaných stolními či deskovými hrami nebo inspirovaných známými televizními vědomostními soutěžemi - např. AZ kvíz, Riskuj!, Kufr, Milonář. Mnohé z chemických her, vytvořených v elektronické formě většinou v podobě PowerPointových prezentací, lze na základě jejich vytvořeného softwaru využít s rozličnou obsahovou i tematickou náplní. Hry jsou vhodné k okamžitému použití či po případné úpravě obsahu všude podle potřeby. Některé z nich jsou součástí *přiloženého DVD*. Z nabídky vlastní tvorby KUDCH (Šulcová et al., 2007, 2008, 2010) vybíráme:

- ▶ Pyramidy **5P, Znáš něco z chemie?** (Zákostelná, Drahovzalová, 2007) jsou typy AZ kvízů. Horáková (2012) navrhla hru **Květinka** (obr. 6.7), inspirovanou soutěží AZ kvíz, ale tvar soutěžního obrazce, stejně jako určitá pravidla, jsou odlišné.
- ▶ Další hry **Chcete být jedničkářem?** (Šulcová, Sember et al., 2008 – obr. 6.8), **Kdo s koho?** (Zákostelná, 2010 - obr. 6.9) - jsou inspirované televizním Milionářem.

Ukázky některých hracích plánů k elektronickým soutěžím:

Obr. 6.7 – Květinka



Obr. 6.8 – Jedničkář



Obr. 6.9 – Kdo s koho!



Zdroje: Horáková, 2012; Sember, 2008; Zákostelná, 2012

- ▶ Pod názvem **Riskuj!** na principu známé televizní soutěže byly připraveny hry na vědomosti o léčivech, pesticidech, sladidlech, mýdlech, antibiotikách (2008), nebo **Biochemický AZ Quiz** nebo **Jeopardy!** (Roštejnská, Klímová 2008). Stejný princip mají hry **Souboj s pamětí, aneb Experimentuj!** (Zákostelná, 2012).
- ▶ Většina zde zmíněných společenských her vhodně využívá didaktickou techniku. Nejmodernější formou elektronických her jsou stále dokonalejší online soutěže zaměřené na vědomosti a dovednosti v chemii pro určitý stupeň vzdělání, např. **Chemický pětiboj** (Šulcová, Brenner et al., 2010); online: www.studiumchemie.cz.

6.3.2 Hry sloužící k objevování a poznávání badatelskou metodou

Existuje i široká skupina her, kde cílem není vyhrát (některé hry ani vítěze nemají), ale důraz je kladen například na hraní rolí, kooperaci či tvořivost. Jedná se o pestrou škálu her, které svými pravidly do určité míry vedou hráče **k objevování či vysvětlení nějakého fenoménu**; mnohé z vybraných chemických her pracují **badatelskou metodou**. Určité aktivity pracují s různými modely používajícími věci snadno dostupné z každodenního života, které jim však v rámci hry dávají zcela jiný význam. Často se pracuje také s jednoduchými simulacemi reálných procesů – tzv. **simulační hry**. Obvykle jsou strukturovány tak, že každý vyhrává a nikdo neprohrává, respektive v rámci hry nemá cenu řešit, kdo je vítěz, důležitý je společný prožitek ze hry. Obvykle se uplatňuje spolupráce všech hráčů, každý zde má svou nepostradatelnou úlohu a nikdo není považován za „slabý článek“. Z domácích zdrojů stojí za zmínku:

- Hry **Chemikovo tajemství** (Zákostelná, 2010 – obr. 6.10), **Odhal, co skrývám** (Horáková, 2012 – obr. 6.11, 6.12), pracují na principu soutěže „Kufr“, kde hráči postupně odhalují model molekuly chemické sloučeniny.

Ukázky hracích plánů k elektronickým variacím soutěže „Kufr“:

Obr. 6.10 až 6.12 – Chemikovo tajemství a Odhal, co skrývám



Zdroje: Zákostelná, 2010; Horáková, 2012

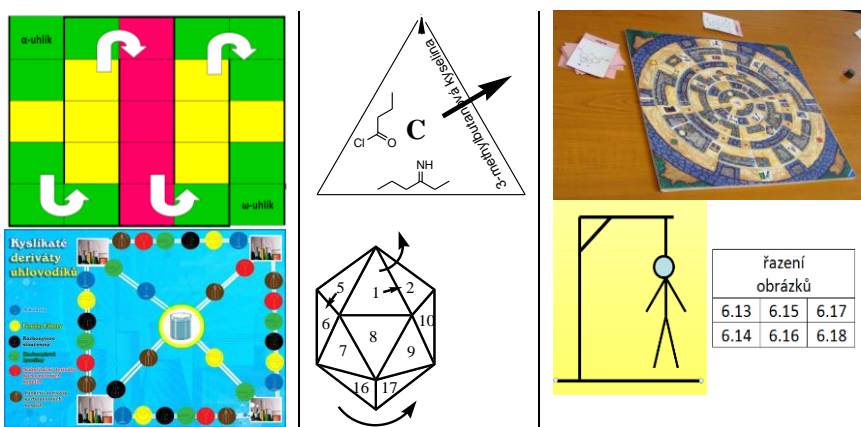
- Pod názvy **Pokoř kyselinu!** - obr. 6.13, **Kyslíkaté deriváty uhlovodíků** – obr. 6.14, **Putování s karboxylem, Alkaloidy** - na principu hry Bludiště - obr. 6.17, jsou prezentovány skupinové hry s virtuálním pátráním chemického zaměření, doplněné netradičními plány, kartami, časomírou apod. (Šulcová et al., 2011, 2012, 2013).
- **Chemické puzzle Iksaedr** (Míka, 2013) – obr. 6.15, 6.16: k dispozici jsou trojúhelníčky; na přilehlých stranách dvou trojúhelníčků musí být chemický vzorec a odpovídající název sloučeniny. Trojúhelníčky je třeba slepit, potom složit.

K dispozici je jen 20 trojúhelníkových dílků, proto hráč musí bádát, zkoušet a mělo by ho napadnout, že výsledkem nebude planární útvar, ale pravidelný dvacetistěn (ikosaedr).

- Elektronické hry **Kris-kros** (2009) na téma sacharidy, **Oběšenec** (Hangman) (2010) na téma přírodních látek – obr. 6.18 nebo **Spojovačka** (2010) jsou připraveny k použití přímo pro interaktivní tabule (Šulcová et al. 2009, 2010).

Na následujících obrázcích jsou ukázky několika herních plánů a pomůcek k simulačním a badatelským hrám:

Obr. 6.13 až 6.18 – Ilustrační obrázky k chemicky laděným hrám s objevitelskými prvky



Zdroje: Šulcová et al., 2010, 2011, 2012, 2013 a Míka, 2013

Několik společenských i elektronických her z produkce KUDCH (Šulcová et al., 2005 – 2013), které lze použít v učebnách vybavených počítačem s dataprojektorem či interaktivní tabulí nebo pro práci jednotlivců či dvojic přímo v počítačové učebně, je v *příloženém textu na DVD* podrobněji popsáno a doplněno obrazovou dokumentací, herními plány s pravidly a metodikou. Velká škála obdobného typu her byla vytvořena na KUDCH též v programu Flash (Roštejnská, 2008 a Kučerová, Teplá, 2009).

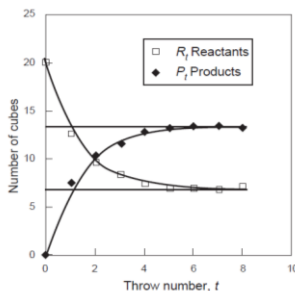
Vedle českých publikací lze najít též odkazy na simulační „objevitelské“ hry v zahraničních zdrojích (Journal of Chemical Education). V následujícím přehledu jsou vybrané hry zahraničních autorů ve zkratce charakterizovány; některé jsou podrobněji popsány v *příloženém DVD* tak, aby bylo jasné, jak jsou organizované, co je jejich cílem

a co se při nich hráči naučí. Nejedná se o přesná pravidla, ale přesné zdroje jsou vždy citovány. Názvy zahraničních her jsou překladem původních anglických názvů, aby co nejméně vyjadřovaly obsah či metodiku (překlad: Reslová, 2013).

- ▶ **Nukleogeneze!** (Olbris a Herzfeld, 1999). Cílem této hry je seznámit žáky s jadernými reakcemi. Pravidla hry do určité míry napodobují pravidla, kterými se řídí jaderné reakce. Každý hráč má na začátku svou figurku v hracím poli na místě odpovídajícím ^1H . Poté si hází kostkami a podle získaných bodů svůj atom fúzuje s částicí protonu, neutronu nebo α záření. Výsledný produkt určí pomocí příslušné jaderné reakce. Kromě stavby vlastního atomu má možnost při hodů určitého počtu bodů „ostřelovat“ atomy ostatních spoluhráčů, které se rozpadají na příslušné produkty (určí se podle přiložené tabulky). Hra je příkladem, jak lze perfektně zkombinovat hraní a realitu. Hráči hrají hru, po jejímž skončení se lze v diskusi vracet k pravidlům a takto odvodit příslušné chemické jevy.
- ▶ **Principy rovnováhy** (Edmonson a Lewis, 1999) – obr. 6.19. Na základě této hry v kostky mají žáci možnost odvodit, co to vlastně znamená rovnováha v chemické reakci – pracuje se s upravenými kostkami cukru, výsledky se zaznamenávají do grafu. Po skončení aktivity jsou žáci vyzváni, aby vysvětlili vlastnosti chemické rovnováhy, která funguje podobně, jako jejich hra. Tím, že se budou vracet ke svým výsledkům, se z původní hry vlastně stane experiment, na základě kterého lze tyto vlastnosti odvodit a objasnit.
- ▶ **Stechiometrie z Lega** (Witzel, 2002) – obr. 6.20. Žáci stavějí autíčka ze stavebnice Lego. Než však autíčko postaví, musí popsat, spočítat a zvážit všechny kostičky, ze kterých budou stavět a vyplnit tyto údaje do tabulky. Poté mají za úkol spočítat předpokládanou hmotnost autíčka a svůj výpočet potvrdit zvážením hotového autíčka. Na konec následuje série otázek, které elegantně vedou k odvození principů stechiometrie a zákona zachování hmoty. Ačkoliv si zde žáci stavějí autíčka s kostiček Lega, vede tato hra k pochopení významných chemických dějů, které jsou jinak velmi abstraktní.
- ▶ **Kinetika enzymů** (Hinckley, 2012) – obr. 6.21. Hráči si hrají na enzymy a inhibitory pomocí bílých a hnědých fazolí, které co nejrychleji vyndávají z pytlíčků a znamenávají podle pravidel časy, z nichž sestaví graf. Velice jednoduchou, ale zábavnou formou se ilustruje velmi složitý proces inhibice enzymů. Žáci se do hry zapojují kvůli ní samotné, po jejím skončení jsou motivováni k pochopení principů.

Ilustrační obrázky grafických záznamů a výsledků k objevitelským hrám – zdroje podle: Journal of Chemical Education (JCE).

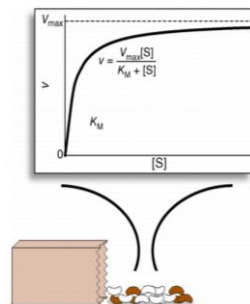
Obr. 6.19 – Rovnováha



Obr. 6.20 – Stechiometrie



Obr. 6.21 – Kinetika enzymů



Zdroje: JCE - Edmonson a Lewis, 1999; Witzel, 2002; Hinckley, 2012

- ▶ **Dynamická rovnováha s mincemi** (Bartholow, 2006). Hra pracuje na velmi podobném principu a spočívá v organizovaném vyměňování mincí (nebo jiných drobných předmětů) mezi dvěma hráči, zaznamenávání výsledků do tabulky, dokud se neustaví rovnováha v počtu mincí obou. Žáci jsou poté vyzváni, aby podle návodu spočítali rovnovážnou konstantu svých přesunů, hra se na konec jeví jako experiment, demonstrující zkoumaný jev.
- ▶ **Klíčové svorky** (Fies, Mason 2008) – obr. 6.22. Úkolem je vyluštit jakousi šifru: o jaké jde sloučeniny? Ty jsou znázorněny pomocí kancelářských sponek, každému prvku odpovídá jiná barva, či velikost svorky. Svorkové modely jsou rozděleny do několika pytlíčků, kde jsou látky mající nějaké společné vlastnosti (např. sloučeniny vodíku a kyslíku, sloučeniny železa, sloučeniny alkalických kovů). Hráči dostanou několik nápověd, na jejichž základě mají vyluštit, která svorka odpovídá kterému prvku, podle uspořádání svorek rekonstruovat vzorce sloučenin. Demonstrovat lze i některé chemické jevy, např. vhodné uspořádání svorek znázorňuje jeden centrální atom, na který jsou ostatní atomy či skupiny navázány.
- ▶ **Kolik je tu lentilek?** (Ryan, Wink 2012) – obr. 6.23. Hry vedou žáky k úvahám na základě vzorků bonbónů zjistit a vysvětlit problematiku molů jako počtu částic. Pak
- ▶ Mohou porovnat tuto jednotku s jednotkami, které znají - s objemem a hmotností.
- ▶ **Cykly prvků** (Pippins et al. 2012) – obr. 6.24. Desková hra, kterou si před začátkem žáci musí sami připravit a navíc nastudovat problematiku výskytu daných prvků (C, P, N a S) v zemi, vzduchu, vodě a v živých organismech a proniknout do problematiky cyklů prvků samostatně. Hra je zařazena do tohoto oddílu her pro její potenciál, který je větší než u ostatních deskových her. Tento příklad hry ilustruje, že co se týče využití, nezáleží ani tak na principu hry, ale spíš na způsobu, jakým s ní lektor

či učitel pracuje. Tedy i hra, která by mohla na první pohled působit jako stvořená pro pouhé opakování, může sloužit i k seznámení se s obsahem tématu.

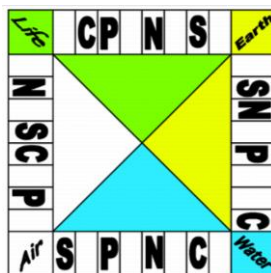
Obr. 6.22 – Klíčové svorky



Obr. 6.23 – Kolik je tu lentilek?



Obr. 6.24 – Cykly prvků



Zdroje: podle JCE - Fies a Mason, 2008; Ryan a Wink, 2012; Pippins et al., 2012

- **Puzzle lipidů** (Büdy, 2012). Hra spočívá v skládání kratiček, představujících jednak mastné kyseliny, dále pak aminoalkohol, sfingosin, cukr, glycerol a fosfát. Skládá se podle zadání. Kartičky ale mají dvě strany: na jedné jsou pouze obecné názvy sloučenin, na tuto stranu se hráči na počátku dívají. Druhá strana pak obsahuje vzorce konkrétních sloučenin (v případě mastných kyselin je na každé z několika kartiček jiný vzorec). Když hráči podle předlohy poskládají sloučeniny, otočí kartičky druhou stranou nahoru a následuje diskuze o látkách, které jim vznikly. Ukáže se například, že ačkoliv všichni skládali podle stejné předlohy, konkrétní mastné kyseliny jsou u každého, v té samé sloučenině, různé. Člověku mohou tyto puzzle připadat na první pohled velmi primitivní a postrádající jakékoliv badatelské prvky. Je ale důležité si uvědomit, že poté, co se kartičky otočí, začne být situace mnohem komplikovanější a díky náhodě lze velmi pěkně předvést různorodost lipidů, kterou účastníci sami na základě svých pozorování popíší.

6.3.3 Příklady simulačních her vycházejících ze zážitkové pedagogiky

Jedním ze speciálních typů her jsou simulační hry spojené s prožitkem. Jejich charakteristickou vlastností je to, že účastníci si v nich hrají na nějakou jinou realitu. Každý zde má svou roli a jeho jednání je ovlivněno rámcem, který mu příslušná role vymezuje. Vnějšímu pozorovateli to může připomínat divadelní scénku (podobný princip výuky doporučoval již v 17. stol. J. A. Komenský – „Schola ludus“). Účastníkům, kteří jsou schopni se do své role vžít, dává tato hra možnost vyzkoušet si v bezpečném prostředí,

jak by v dané situaci reagovali. Tento typ her bývá velmi často využíván při učení zážitkem (podle Čáp a Mareš, 2001; Petty, 2006).

- ▶ Jako dramatizace chemických dějů slouží cyklus: **Názorné pokusy: Ukázka činnosti enzymu** (Šulcová, Krmenčíková et al., 2006) – účastníci se stávají „herci“ s přidělenými rolami, hra založená na improvizaci logických chemických vědomostí a překvapení.
- ▶ Detektivní vyšetřování na základě chemických vědomostí a dovedností pod názvem **Kriminálka Yoknapatawpha** (= fiktivní stát) – obr. 6.25, je simulační hra, inspirovaná detektivním pátráním, navíc uplatňující též prvky zážitkové pedagogiky. Hráči mají odhalit příčinu smrti oběti na základě indicií: nálezu mrtvého těla, pitevních zpráv od koronera, důkazů z místa činu, textu o účincích škodlivých látek. Lektor či učitel neposkytuje žádné další informace, ale vede detektivy k diskusi a objasňování příčiny smrti (Šulcová, Koblíhová a spol. 2011).

Podrobné materiály, metodické pokyny („scénář“) k hrám jsou na *přiloženém DVD*.

Obr. 6.25 Doličné předměty a indicie pro detektivní pátrání



Indicie

*Pitevní zpráva od úředního koronera
Zpráva k případu z laboratoře úřadu
koronera státu Yoknapatawpha
Seznam doličných předmětů:
cigarety, alkoholické nápoje, tablety,
jehla, injekční stříkačka
Text o účincích škodlivých látek*

Zdroje: Šulcová et al., 2011)

- ▶ **Překvapení v laboratoři** (Reslová, 2013). Hra inspirovaná kurzy první pomoci organizace ZDrSEM (internetový zdroj) je vhodná například pro výuku bezpečné práce v laboratoři. Jejím cílem je motivovat žáky k tomu, aby věnovali pozornost informacím o bezpečnosti práce a o první pomoci; ukázat žákům příklad běžného úrazu, ke kterému může v laboratoři dojít. To umožní žákům vyzkoušet si, jak by v takové situaci reagovali. Podrobný návod je na *přiloženém DVD*.

6.4 Několik slov o hrách na závěr

Hry jsou velmi efektivním i oblíbeným prostředkem pro přirozený nácvik kompetencí, požadovaných současnou společností, navíc občasné zařazení naučné didaktické hry jako alternativy v chemii slouží k angažované vzdělávací činnosti hráčů (žáků) i pro řešení náročnějších úkolů, osvědčuje se jako přirozený nácvik k dovednostem potřebným pro řešení badatelských úkolů. Kromě toho hry v chemii poslouží k rozvoji dovedností potřebných k složitějším myšlenkovým operacím nebo praktickým činnostem. Proto stále na mnohých českých školách i fakultách našich univerzit vznikají již po řadu desetiletí velice nápadité vzdělávací hry – pro chemii jmenujme např. produkci PedF UK v Praze (kolektiv doc. Holady), PedF MU v Brně (kolektiv doc. Cídlové) nebo PedF ZU v Plzni, Liberci a PřF UP v Olomouci (doc. Klečková), či mnohé další náměty – viz *DVD*.

Pro úplnost dodejme na závěr ještě vyjádření několika zkušených pedagogů, učitelů:

Petty, G. (2002): Didaktické hry mohou zapojovat žáky do výuky velmi intenzívně, dokonce je přimějí k takovému soustředění, jakého nelze dosáhnout pomocí žádné jiné metody. Díky zvýšenému zájmu a motivaci, jež jsou vyvolány kratší hrou, mohou nadto žáci získat k předmětu (a k jeho učiteli) kladný vztah, který přetrvává týdny!

Činčera, J. (2007): Mluvíme-li o výchově hrou, dostává se v ní učitel do postavení „tajného agenta“, který předstírá, že zprostředkovává svým studentům zábavu, zatímco jeho cílem je využít tuto zábavu k dosažení svých vzdělávacích a výchovných cílů. Učitel „svádí“ své žáky hrou k poznání, láká je na lovecké dobrodružství, ze kterého na místě ulovené kořisti leží kus probírané látky.

Solárová, M. (2003): Protože hru charakterizuje především dobrovolnost a možnost sebeuplatnění, aniž by byla spojována s hodnocením či příkazem, uplatňuje se její smysl tehdy, když žák jejím prostřednictvím najde řešení daného problému, který je smyslem didaktické hry.

Silberman, M. (1997): Lidé přece snáze pochopí to, k čemu se sami dopravují, než to, co vymyslíte za ně!

Jirásek, I. (2002): Při hraní her člověk nejedná účelově. Nehraje hru proto, aby si něco zopakoval, vyzkoušel či aby něco objevil, ale hraje ji pro ni samotnou. Veškerý účinek, který ze hry pramení, je vlastně vedlejší efekt dané činnosti. Žák je motivován hru hrát, protože ho tato činnost baví a je-li hra vhodně naplánovaná, umožní mu jako jakýsi bonus, například odvodit nějaký chemický zákon, nebo procvičit chemické názvosloví.

Němec, J. (2002): A navíc, jak pravil Komenský: „Hra je metoda libá ...“, a to nejen pro žáky, ale i pro samotného učitele!

Literatura

- Angelin, M., Ramström, O. Where's Ester? (2010). *J.Chem.Educ.* 87(4), 406-407.
- Antunes, M., Pacheco, M.A.R., Giovanela, M. (2012). Design and Implementation of an Educational Game for Teaching Chemistry in Higher Education *J.Chem.Educ.* 89(4), 517-521.
- Bartholow, M. (2006). Modeling Dynamic Equilibrium with Coins. *J.Chem.Educ.* 83(1), 48A.
- Bílek, M. (2007). Vybrané aspekty vizualizace učiva přírodovědných předmětů. Hradec Králové: M&V.
- Burešová, V. (2012). Didaktické hry pro aktivní chemické vzdělávání na gymnáziu. Praha: UK, PČF.
- Büdy, B. (2012). Fatty Acid-Containing Lipid Puzzle: A Teaching Tool for Biochemistry. *J.Chem.Educ.* 89(3), 373-375.
- Edmonson, J., Lewis, L. (1999). Equilibrium Principles: A Game for Students. *J.Chem.Educ.*, 76(4), 502.
- Čáp, J., Mareš, J. (2001). *Psychologie pro učitele*. Praha: Portál.
- Činčera, J. (2007). *Práce s hrou Pro profesionály*. Praha: Grada Publishing.
- Fies, C., Mason, D. (2008). Clip Clues: Discovering Chemical Formulas. *J.Chem.Educ.* 85(12), 1648A.
- Lechová, P., Ganajová, M., Kristofová, M., Šulcová, R. (2013) *Přírodní látky v projektovém vyučování*. Košice: Equilibria.
- Hartl, P., Hartlová, H. (2004). *Psychologický slovník*. Praha: Portál.
- Hinckley, G. (2012). A Method for Teaching Enzyme Kinetics to Nonscience Majors. *J. Chem. Educ.* 89(9), 1213-1214.
- Holada, K. (2007). Specifické činnosti učitele chemie a jeho žáků na téma Udržitelný rozvoj v Praze. Praha: UK PedF.
- Holada, K., Liška, F. (2014) *Člověče, nezlob se – v chemii*. *Biologie-chemie-zeměpis*. 23(4), (188-193).
- Horáková, J. (2012). *Využití her v hodinách chemie*. Praha: UK, PČF.
- Hrkal, J., Hanuš, R. (1998). *Zlatý fond her II*. Praha: Portál.
- Jirásek, I. (2002). *Zlatý fond her I*. Praha: Portál.
- Kasíková, H. (1997). *Kooperativní učení, kooperativní škola*; Praha: Portál.
- Kavak, N. (2012a,b). ChemPoker & ChemOkey. *J.Chem.Educ.* 89(4), 522-523 & 89(8) 1047-1049.
- Komenský, J. A. (1958). *Velká didaktika*. In: *Vybrané spisy Jana Amose Komenského*. Sv. I. Praha: SPN.
- Kolektiv VÚP (2007). *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia*. Praha: VÚP.
- Kolektiv VÚP (2007). *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání s přílohou*. Praha: VÚP.
- Kučera, J. (2010). Vliv počítačových her na psychiku člověka. (online – cit. 2.11.2010). Dostupné z: http://www.fi.muni.cz/usr/jkucera/pv109/2003/xmartin8-vliv_her.htm
- Mariscal, A.J.F., Martínez, J.M.O., Márquez, S.B. (2012). An Educational Card Game for Learning Families of Chemical Elements. *J.Chem.Educ.* 89(8), 1044-1046.
- Morris, T. A. (2011). Go Chemistry: A Card Game To Help Students Learn Chemical Formulas. *J.Chem.Educ.* 88(10), 1397-1399.
- Mosher, M.D., Mosher, M.W., Garoutte, M.P. (2012). Organic Mastery: An Activity for the Undergraduate Classroom. *J.Chem.Educ.* 89(5), 646-648.
- Němec, J. (2002). *Od prožívání k požitkářství*. Brno: Paido.
- Nešpor, K. (2007). Zdravotní rizika počítačových her a videoher. (online – cit. 18.5.2007). Dostupné: <http://digiweb.ihned.cz/c1-21175700-zdravotni-rizika-pocitacovych-her-a-videoher>
- Olbris, D. J., Herzfeld, J. (1999). Nucleogenesis! A Game with Natural Rules for Teaching Nuclear Synthesis and Decay. *J.Chem.Educ.* 76(3), 349-352.
- Patočka, J. (2003). *Komeniologické studie III*, 11. svazek Sebraných spisů J. Patočky, Praha.
- Petty, G. (2006). *Moderní vyučování*. Praha: Portál.
- Pippins, T., Anderson, C.M., Poindexter, E.F., Sultemeier, S.W., Schultz, L.D. (2011). Element Cycles: An Environmental Chemistry Board Game. *J.Chem.Educ.* 88(8), 1112-1115.
- Portmannová, R. (2004). *Hry pro tvořivé myšlení*. Praha: Portál.
- Průcha, J., Walterová, E., Mareš, J. (2009). *Pedagogický slovník*. Praha: Portál.

- Reslová, M. (2013). Didaktické vzdělávací hry pro chemii v našich i zahraničních publikacích. Praha: PČF.
- Roštejnská, M. (2008). Biochemie ve středoškolském vzdělávání. Praha: UK, PČF.
- Roštejnská, M. Klímová, H. (2011). AZ-Quiz and Jeopardy! J.Chem.Educ., 88 (4),432–433 (online - cit. 26.11.2013). Dostupné: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ed100231r?prevSearch=Ro%25C5%25A1tejn%25C3%25A1&searchHistoryKey=>
- Russell, J.V. (1999a). Using Games To Teach Chemistry. CHeMoVEr Board Game. J.Chem.Educ. 76(4), 487-488.
- Ryan, S.; Wink, D. J. (2012). JCE Classroom Activity #112: Guessing the Number of Candies in the Jar - Who Needs Guessing. J.Chem.Educ. 89(9), 1171-1172.
- Silberman, M. (1997). 101 metod pro aktivní vyučování. Praha: Portál.
- Skalková, J. (2007). Obecná didaktika. Praha: Grada Publishing.
- Solárová, M. (2003). Tvořivý učitel chemie. Ostrava: Ostravská univerzita.
- Šmejkal, P., Šmejkalová, M. (2009). Nové hry pro zpestření výuky chemie na SŠ. In Alternativní metody výuky 7. Praha: UK, PČF.
- Šulcová et al. (2006 - 2013). „Nápadníky“ - prostředky pro chemické vzdělávání na CD. Praha: UK, PČF.
- Šulcová, R. (2008). Aktivizační metody a formy práce v chemickém vzdělávání v kontextu RVP - zaměřeno na přípravu učitelů chemie. Praha: UK PČF.
- Šulcová, R. (2010). Koncepte didaktické přípravy a tvořivost učitelů chemie na UK v Praze, PČF. In Integračia teórie a praxe didaktiky jako determinant kvality modernej školy. Košice: UPJŠ.
- Šulcová, R., Zákostelná, B. (2008) Hry s chemickou tematikou pro aktivní vzdělávání. In Acta Facultatis Paedagogicae Universitatis Tyrnaviensis, Ser. D, Sup. 2, roč. 12, Trnava: TU.
- Šulcová, R., Zákostelná, B. (2010). Tvořivost v projektově pojaté přípravě učitelů chemie na UK v Praze, PČF. In Chemické rozhledy 11(5).
- Vališová, A., Kasíková, H. a kol. (2007). Pedagogika pro učitele. Praha: Grada Publishing.
- Witzel, J.E. (2002) Lego Stoichiometry. J.Chem.Educ. 79(3), 352A-352B.
- Zákostelná, B. (2007). Hry ve výuce chemie na gymnáziích a SOŠ. Praha: UK, PČF.
- Zákostelná, B. (2009). Nácvik klíčových kompetencí alternativními prostředky s podporou ICT. In Výzkum, teorie a praxe v didaktice chemie, 2. část. Hradec Králové: Gaudemus.
- Zákostelná, B. (2012). Možnosti a využití aktivizací v chemickém vzdělávání. Praha: UK, PČF.
- ZDrSEM – první pomoc zážitkem (2012). (online – cit. 18.5.2012). <http://www.zdrsem.cz/>

7. Studiumchemie.cz

7.1 Úvod k obsahu webu

Velké množství aktuálních naučných materiálů pro chemii vzniká na Katedře učitelství a didaktiky chemie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze (KUDCH PŘF UK) v rámci řešení závěrečných prací. Tyto materiály jsou recenzovány, ale poté mohou být distribuovány pouze omezenému počtu uživatelů – např. prostřednictvím kurzů a seminářů pořádaných na Přírodovědecké fakultě UK v Praze. Různé materiály pro výuku chemie jsou také předávány učitelům na fakultních školách. Těmito způsoby je ovšem osloven pouze omezený počet zájemců. Proto byla v roce 2009 vytvořena internetová stránka www.studiumchemie.cz (portál PŘF UK pro podporu výuky chemie na základních a středních školách, zdroj: Šmejkal, Brenner et al., 2009), kde jsou vzniklé vzdělávací materiály soustředěny. Tyto materiály prochází zpravidla oponentským či recenzním řízením, čímž by měla být zaručena jejich kvalita i vhodnost použití při vzdělávání v chemii. Stránka by měla sloužit jako podpůrný web nejen pro učitele, ale i pro žáky a další zájemce.

7.2 www.studiumchemie.cz

7.2.1 Struktura webu www.studiumchemie.cz

Web obsahuje v hlavní sekci Výukové materiály velké množství různých nápadů a možností, které lze využít při výuce chemie. Uživatel si může vybrat jak podle oblasti chemie – Obecná, Anorganická, Organická, Biochemie, Mezioborová témata a Ostatní, tak i podle materiálu, který potřebuje, případně účelu. Může vyfiltrovat pouze testy, které jsou však dostupné jenom registrovaným a přihlášeným uživatelům, případně si může vybrat zobrazit pouze prezentace, pracovní listy, video či hry a kvízy, apod. U každého zobrazeného materiálu je uveden i formát, v jakém je uložen na webu. Dalšími sekcemi na tomto webu jsou oddělení pro učitele a žáky a odpovědná, kam uživatelé mohou položit dotaz. Součástí této internetové stránky je od roku 2011 Databáze chemických pokusů, která zahrnuje chemické experimenty s video-odkazy.

7.2.2 Databáze chemických pokusů a její struktura

Databáze chemických pokusů, která je nejnavštěvovanější částí internetové stránky www.studiumchemie.cz, byla vytvořena v roce 2011 a je koncipována jako souhrn především video-pokusů, které jsou uspořádány do oblastí a dále do kategorií a podkategorií. Základní větvení do oblastí a kategorií respektuje platné kurikulární dokumenty v České republice – konkrétně Rámcový vzdělávací program pro gymnázia (RVP G). Pokusy v databázi jsou tedy zařazeny do 7 oblastí – Obecná chemie, Anorganická chemie, Organická chemie, Biochemie, Analytická chemie, Toxikologie a Interdisciplinární témata. Každá oblast se dále větví na hlavní kategorie a podkategorie. Uživatelé stačí tedy klikat v pravém sloupci na jednotlivé kategorie a vlevo v tabulce jsou vypisovány jednotlivé pokusy z dané kategorie či podkategorie. V současné době databáze obsahuje 154 pokusů, přičemž některé pokusy jsou zařazeny do více kategorií a podkategorií.

Obr. 7.1 – Vzhled Databáze chemických pokusů a větvení hlavních kategorií

The screenshot displays the homepage of the chemistry experiment database. At the top left is a circular logo of the University of Chemistry and Technology (UCT) in Prague. The main header features the website name and its purpose: 'portál PřF UK na podporu výuky chemie na ZŠ a SŠ'. Navigation links include 'Domů', 'O projektu', 'Kontakt', and 'Registrovat jako učitel'. A search bar with 'Hledaný výraz' and a 'Prohledat' button is present. The left sidebar contains a vertical menu with categories: 'Výukové materiály', 'Chemické pokusy', 'Učitelé', 'Žáci', 'Odpovědná', 'Odkazy', 'KUDCh =>', and 'Zájemci o studium =>'. Below this menu are input fields for 'Uživatelské jméno' and '*****', and a 'Přihlásit' button. The main content area is titled 'Databáze chemických pokusů' and shows a breadcrumb trail: '> Obecná chemie > Chemický děj > Typ – podle vnější změny > Analýza (Rozklad)'. A table lists experiments with columns for 'název pokusu' and 'Šopka'. The right sidebar shows a hierarchical tree of categories: 'Obecná chemie (90)', 'Klasifikace látek (11)', 'Chemický děj (46)', 'Typ – podle typu ořenášených částic (18)', 'Typ – podle vnější změny (17)', 'Synéza (Slučování) (5)', 'Analýza (Rozklad) (5)', 'Substituce (Vztěšování) (2)', 'Konverze (Podvojná záměna) (5)', 'Typ – podle tepelného zbarvení (11)', 'Chemická vazba, vznik a typy vazeb (1)', and 'Termochemie, kinetika a rovnováha (32)'. At the bottom of the page, a small image shows the entrance of the UCT building.

Zdroj: Kubíková, Šmejkal, Brenner et al., 2009

Každý pokus má jednotnou šablonu, která obsahuje několik kolonek, z nichž stojí za zmínku vyzdvihnout kolonku Princip, ve které jsou uvedeny všechny rovnice popisující děje probíhající reakcí a rozepsané principy chemických reakcí, případně dějů. Dále je vhodné upozornit na kolonku Tipy, triky, kde jsou uvedeny praktické rady pro učitele, např. proč pokus nevychází, jaká zvolit množství reagujících látek či jak dlouho pokus trvá. Jelikož se jedná o databázi video-pokusů, každý pokus obsahuje v kolonce Video-odkazy minimálně 1 odkaz na video. Většina pokusů ovšem obsahuje průměrně tři video-odkazy.

Video-odkazy jsou různorodé, jelikož byly vyhledávány na různých internetových stránkách. Většinu videí lze přehrát na internetové stránce www.youtube.com, případně se jedná o odkazy na videa z jiných databází, která lze spustit pomocí programu Windows Media Player. Do databáze jsou zařazeny i pokusy s video-odkazy přímo z webu www.studiumchemie.cz. Některá videa lze přehrát pomocí programu Windows Media Player přímo na stránkách tohoto webu, některá videa byla umístěna na stránku www.youtube.com pod účet studiumchemie.cz pro snadnější používání.

V databázi jsou zahrnuty i netradiční kategorie, u kterých by učitelé mohli mít potíže najít vhodný pokus – jako příklad lze zmínit oblasti Analytická chemie a Toxikologie, případně určité kategorie z oblasti Organické a Obecné chemie. V databázi jsou zahrnuty také pokusy, které obsahují v názvu popisek video-pokus. V tomto případě se jedná o pokusy, u kterých je pravděpodobnost, že je učitel nebude moci reálně předvést, ale může využít například těchto video-pokusů. Jako příklad lze uvést experiment Marshova-Liebigova zkouška, který neobsahuje některé kolonky. V tomto případě byl naopak kladen důraz na Princip a kolonku Tipy, triky.

7.2.3 Využití pokusů z Databáze chemických pokusů v chemickém vzdělávání

Reálný pokus i video-pokus mají své nezastupitelné místo ve výuce chemie. Reálný pokus je ve většině případů vhodnější variantou, ale v některých situacích jej nelze uskutečnit. Učitelé nemohou za každých podmínek zvolit variantu demonstračního experimentu – např. z nedostatku či nedostupnosti chemikálií, laboratorního nádobí. Dalšími důvody, proč nejsou realizovány experimenty, mohou být čas, nebezpečnost chemikálií atd. V těchto případech mohou být přímo ve vyučovacích hodinách využita videa k různým pokusům. Dále mohou učitelé využít videa pro přípravu na vlastní demonstrační pokus ve vyučovací hodině, či video-pokus žákům přehrát po provedení vlastního experimentu jako rekapitulaci. Video-pokusy lze zařadit do výuky chemie také jako zpestření. Video-experimenty mohou také žákům posloužit jako domácí

příprava – např. na laboratorní práce. Chemickým nadšencům mohou být video-pokusy ku prospěchu při rozvíjení jejich zájmu o chemii.

7.2.4 Návody k experimentálním úlohám

Na *příloženém DVD* jsou uvedeny některé pokusy z Databáze chemických pokusů jak z oblasti Anorganické chemie, tak z Organické chemie a Biochemie. Pokusy z oblasti Anorganické chemie představují spíše netradiční, méně známé experimenty, proveditelné na středních školách. Pokusy z oblasti Organické chemie zahrnují spíše pokusy s činidly, se kterými se učitelé často nesetkají, (a v tomto případě je pak například vhodnější použít video-pokus). Experimenty z oblasti Biochemie jsou spojeny hlavně s využitím potravin – tedy s látkami každodenního života. K některým pokusům byly vypracovány též protokoly pro laboratorní práce. Seznam popsanych pokusů (v elektronické verzi *na příloženém DVD*) – viz následující tabulka 7.1, (videoexperimenty včetně jejich seznamu jsou umístěny *na DVD*).

Tab. 7.1 – Seznam vybraných pokusů z Databáze chemických pokusů

1.	Redoxní vlastnosti peroxidu vodíku
2.	Příprava kyslíku termickým rozkladem jeho sloučenin
3.	Srážení sulfidů kovů
4.	Komplexní sloučeniny železa
5.	Stříbro a zlato z mědi
6.	Světlušky (pokus s amoniakem)
7.	Redukční vlastnosti siřičitanů
8.	Hasicí přístroj (reakce HCl s jedlou sodou)
9.	Reakce fenolů s Fe^{3+}
10.	Důkaz aldehydů a ketonů pomocí Schiffova činidla
11.	Důkaz aldehydů a ketonů pomocí Bradyho činidla
12.	Důkaz aminokyseliny histidinu a tyrosinu (Paulyho reakce)
13.	Důkaz aminokyseliny tryptofanu (Adamkiewiczova reakce)
14.	Důkaz hydroxykyseliny (Uffelmannova reakce)
15.	Důkaz ketos (Selivanova reakce)
16.	Důkaz vitamínu A (Carr-Priceův test)
17.	Extrakce lipidů z vaječného žloutku
18.	Důkaz cholesterolu – sterolů (Liebermannův-Burchardův test)
19.	Instantní sníh (Pokus s polyakrylátem sodným – absorpce)
20.	Trávení sacharidů a lipidů pomocí Pancreolanu
21.	Redukční účinky vitamínu C

Zdroj: Vrzáčková, 2013

7.3 Možnosti provádění experimentů s instrumentálním čidlem podle www.studiumchemie.cz

7.3.1 Efektní nebo efektivní experimenty v přírodních vědách?

Školní experiment je prostředkem k přenosu vědeckých poznatků, přírodovědných postupů i znalostí a jeho cílem je vhodně ilustrovat vybraná témata a daný přírodovědný fenomén. Z praxe známe, že v chemii žáci upřednostňují efektní pokusy se zvukovým a barevným doprovodem, které však někdy poněkud zamlží učební téma. Experimenty, které nejsou příliš efektní, se u žáků setkávají s menším ohlasem, což může být způsobeno jednak studovaným jevem (ve skutečnosti málokeré chemické experimenty dráždí sluch či zrak), ale také formou provedení experimentu (sledovat teplotu varu roztoku pomocí klasického teploměru může být náročné, pokud je např. poškrábaný). Jednou z možností, jak zlepšit vnímání „neefektních“ experimentů, je využití měřicích přístrojů, které svou instrumentální povahou více reflektují stav reálné laboratoře. Kromě didaktických výhod, které budou zmíněny dále, může být pro některé žáky atraktivní právě použití technik současné laboratoře. Pro školní podmínky jsou v tomto ohledu vhodné školní experimentální systémy, které spojují moderní technologie s možností uplatnění metod orientovaných na žáka (např. badatelsky orientovanou výuku), které připravují žáky na celoživotní učení.

7.3.2 Školní experimentální systémy

Instrumentální vybavení pro školní laboratoře má díky cílové skupině odlišné požadavky na možnosti a sestavení daného přístroje. Školní experimentální systém by měl být dostatečně malý, z důvodu uskladnění, ale také z ergonomických důvodů při vlastním provádění experimentů, kdy je v laboratoři vyšší počet žáků, kteří všichni musejí pracovat u laboratorního stolu. S prostorovými nároky souvisí i další jasný požadavek na školní měřicí systém: měl by být modulární, tzn., bude umožňovat různá měření z oblasti přírodních věd, nikoli jen jediný typ měření. Systém tedy obsahuje centrální měřicí jednotku, ke které lze připojit různá čidla. Pro žáky a učitele je modulární systém výhodný, protože není nutné si osvojovat ovládání hned několika různých přístrojů. V okamžiku, kdy žáci zvládnou používat jeden systém, mohou se při měřeních soustředit na otázky spojené s obsahem měření a konceptem dané úlohy, nikoli na úkony spojené s ovládáním přístroje. Z důvodu časové vytíženosti učitelů v době vyučování by měl mít dále školní experimentální systém jednoduchou obsluhu (např. sestavení,

rozložení, manipulace), a snadnou údržbu. Pro snadné a názorné vyhodnocení dat je také důležitý grafický výstup.

V České republice je dostupných několik experimentálních systémů, z nichž momentálně nejvýznamnější jsou **Vernier** a **PASCO**. Dále produkt českého původu ISES vytvořený na počátku 90. let 20. století Františkem Lustigem z Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy, který je známý především učitelům fyziky. Jeho velkou nevýhodou je však menší mobilita. Na českém trhu jsou dále k sehnání školní experimentální systémy dalších firem, jako je *PHYWE*, systém *Neulog* firmy KDZ, *EdLab* nebo *einstein™ LabMate™*.

7.3.2.1 PASCO

Americká firma **PASCO** se zaměřuje na školní experimentální systémy a odpovídající materiály. Záznam dat je pořizován několika způsoby: přenosný Xplorer GLX umožňuje připojení mnoha chemických, fyzikálních a biologických čidel (až čtyři současně) a zároveň slouží jako vyhodnocovací zařízení. Lze jej tedy autonomně používat pro přírodovědná měření i mimo školní laboratoř. Přístroj má poměrně široké možnosti nastavení, což se však promítá do nároků na ovládání, které je řešeno skrze klávesnici podobné mobilnímu telefonu. Xplorer datalogger je pouze sběrná jednotka, malá, lehká a tedy využitelná převážně při měření mimo laboratoř. Nasbíraná data však není možné zobrazit na obrazovce a ihned vyhodnotit, ale je nutné je převést do počítače. To prodlužuje fázi sběru dat a vyhodnocení, což znemožňuje žákům okamžitou zpětnou vazbu.

SPARK je samostatné měřicí zařízení s dotykovým displejem, umožňující připojení několika čidel současně, SPARK je záznamníkem dat i vyhodnocovacím zařízením současně, obsahuje pracovní listy k 60 úlohám a jim odpovídající nastavení přístroje. Měření lze také uspořádat tak, že čidlo se pomocí USB kabelu nebo bezdrátového Air-Link připojí k počítači, odkud je měření ovládáno v kooperujícím programu DataStudio nebo SPARKvue. V případě, že je čidlo připojeno k přenosnému PC pomocí USB link PASPort, jedná se o další přenosnou variantu měření.

Mateřská společnost Pasco věnuje pozornost nejen rozšiřování sortimentu čidel, ale také výukovým materiálům pro učitele. Stránky www.pasco.com nabízejí široký výběr z hardwarového a softwarového vybavení, ale také mnoho příruček pro výuku přírodních věd s podporou měřicího systému a pracovní listy pro jednotlivé úlohy. Během posledních let se podařilo firmě také vybudovat podporu pro učitele v podobě webové

stránky <http://www.experimentujme.cz/>, na které lze nalézt mnoho tipů použití čidel ve výuce. Samotné vybavení lze objednávat na stránce www.pasco.cz.

Obr. 7.2 – Varianty měření s přístroji Pasco (zleva):

- a) Xplorer GLX – přenosný datalogger i vyhodnocovací zařízení, b) Xplorer datalogger – přenosný záznamník dat, c) Spark, d) USB link PASPort



Zdroj: <http://www.pasco.com/products/probeware/pasport/Index.cfm>, 2013

7.3.2.2 Vernier

Vernier je americká firma s více jak 25-letou tradicí, která neustále rozšiřuje svou nabídku pro školní přírodovědné vzdělávání. Měření lze provádět opět více způsoby - obrázek 7.3.

Obrázek 7.3 – Možnosti měření se systémy Vernier:

- a) LabQuest b) data-logger LabPro c) USB link



Zdroj: <http://www.vernier.cz/> 2014

LabQuest je centrální jednotka umožňující připojení až čtyř čidel dle vlastního výběru současně a zároveň následné vyhodnocení dat. LabQuest má dotykovou obrazovku, tudíž není třeba mít k ovládání velkou klávesnici. Oproti Xplorer GLX je možné

k LabQuest připojit přenosný disk a data tak snadno přenést na jiné místo. Firma Vernier také nabízí k použití datalogger LabPro, ze kterého je možné data stáhnout a vyhodnocení provést na jiném místě, nebo USB kabel Go Link, který propojuje čidlo s počítačem, odkud lze měření ovládat pomocí programu LoggerLite (freeware) nebo LoggerPro (širší možnosti než LoggerLite).

Vernier má v České republice své zastoupení od roku 2009 při firmě EDUFOR s.r.o., kterou tvoří dva absolventi Katedry učitelství a didaktiky fyziky při Matematicko-fyzikální fakultě UK v Praze. Jejich zapálení pro danou problematiku se projevuje např. kvalitním servisem pro učitele. Firma také dodává odbornou literaturu k experimentování se systémy Vernier a pořádá školení na práci s přístrojem. Více informací lze nalézt na stránkách www.vernier.cz.

7.3.3 Počítačem podporované experimenty

Počítačem podporované experimenty se staly také výzkumným tématem, a to již od počátku jejich vývoje a používání ve výuce, tedy více jak třicet let. Zahraniční studie se shodují v několika aspektech použití ve výuce. Následují hlavní závěry zjištěné v rámci několika studií (podle Stratilová Urválková, 2013):

- ▶ Automatické zaznamenávání a zobrazování měřených dat – *redukuje nadbytečné úkony.*
- ▶ Okamžitá zpětná vazba – *výsledky jsou zobrazovány v reálném čase na obrazovce.*
- ▶ Grafický výstup.
- ▶ Nastavení parametrů měření – *umožňuje zaznamenávat změny, které probíhají moc rychle nebo moc pomalu (velmi výhodná dlouhodobá měření).*
- ▶ Ukládání dat a jejich pozdější vyhodnocení – *možnost pracovat s nimi při vytváření modelů a hypotéz.*
- ▶ Snadné zobrazení dat – *použitelné i pro nováčky, na všech stupních vzdělávání.*
- ▶ Možnost měnit podmínky měření – *výhodné pro badatelsky orientovanou výuku.*
- ▶ Reflexe reálné laboratorní praxe.
- ▶ Zkrácení fáze sběru dat – *prostor pro analýzu, interpretaci a diskusi dat.*
- ▶ Aktivní zapojení žáků do procesu učení – *možnost řídit zkoumání.*
- ▶ Přesun učební autority – *od textu k experimentu.*
- ▶ Zmenšení propasti mezi konkrétními a abstraktními činnostmi – *dobrá prostředek k používání vědeckého symbolického zobrazení (grafy).*
- ▶ Schopnost interpretace grafů i jejich následné tvoření.
- ▶ Snížení strachu z vědy (science anxiety).

7.3.4 Vybrané experimenty

Webový portál pro učitele a žáky www.studiumchemie.cz nabízí mezi dostupnými materiály také natočené experimenty, které učitel může promítat žákům při výuce chemie. Podle stanovených vzdělávacích cílů je možné experimenty využít hned několikrát, a to při tématech z obecné chemie, odborných chemií, při průřezových tématech či v projektové výuce. Učitelé znají ze své praxe, že jimi stanovené cíle určují, jaké metody, formy a didaktické prostředky či technika bude při výuce použita.

Stejným způsobem lze pracovat s experimenty webového portálu, zvláště v hodinách obecné, anorganické či analytické chemie. Experiment je možné žákům předvést pouze jako videopokus, nebo jej realizovat demonstračně či v laboratoři bez použití instrumentální techniky, kdy učitel zdůrazní např. vizuální změny (barva, sraženina, plyn). Použitím školních experimentálních systémů však učitel může kromě reálného provedení zároveň vizualizovat další prvky experimentu nebo u žáků rozvíjet čtení grafu. Unikající plyn lze zároveň indikovat tlakovým čidlem – promítnutím na plátno tak žáci vidí rostoucí tlak v nádobě v průběhu času.

Každé provedení má své výhody i nevýhody, záleží tak na samotném učiteli, z jakých důvodů se rozhodne realizovat experiment právě daným způsobem.

Na *přiloženém DVD* se nacházejí návody k vybraným pokusům, které lze realizovat klasicky i instrumentálně, navíc jsou opatřené komentáři a poznámkami pro učitele – tutora:

1. Teplotní čidlo:

- a) teplota varu,
- b) rozpouštěcí teplo,
- c) reakční teplo: endotermní a exotermní reakce.

2. pH čidlo: přímá potenciometrie, potenciometrické titrace

- a) měření pH roztoků,
- b) reakce kyseliny se zásadou,
- c) titrace octa,
- d) titrace vína.

Literatura

- Adams, D.,D., Shrum, J.,W. (1998) The Effects of Microcomputer-Based Laboratory Exercises on the Acquisition of Line Graph Construction and Interpretation Skills by High School Biology Students. Prezentováno na výročním setkání National Association for Research in Science Teaching. Lake of the Ozarks, Missouri. Dostupné z: <<http://www.eric.ed.gov/contentdelivery/servlet/ERICServlet?accno=ED292652>>.
- Databáze chemických pokusů. Studiumchemie.cz: Podpora výuky chemie na ZŠ a SŠ [online]. © 2009-2013 [cit. 2013-07-01]. Dostupné z: <http://www.studiumchemie.cz/pokusy.php>
- Kelly, G.,J., Crawford, T. (1996). Students' interaction with computer representations: Analysis of discourse in laboratory groups. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(7), 693-707.
- Krajcik, J., Arbor, A., Layman, M., Layman, J. (1992). Microcomputer-Based Laboratories in the Science Classroom. In *Research Matters to the Science Teacher*, National Association for Research in Science Teaching. Monograph No 5, p. 101. Dostupné z: <http://www.narst.org/publications/research/microcomputer.cfm>
- Kreuger, A., Rawls, G. (1998). Connecting Points: Teacher Decision-Making About Student Data-Collection Technology. *Journal of Science Education and Technology*, 7(3), 279-283.
- Krusberg, Z. (2007). Emerging Technologies in Physics Education. In *Journal of Science Education and Technology* 16(2), 401-411.
- Mokros, J.,R., Tinker, R. (1987) The impact of microcomputer-based labs on children's ability to interpret graphs. *Journal of Research in Science Teaching*. 24(4), 369-383.
- Nakhleh, M., B., Krajcik, J., S. (1991) The Effect of Level of Information as Presented by Different Technologies on Students' Understanding of Acid, Base, and pH Concepts. Prezentováno na výročním setkání National Association for Research in Science Teaching. 7.-10. dubna 1991, Lake Geneva, Wisconsin.
- PASCO [online]. © (2009) [cit. 2013-07-01]. Dostupné z: <http://www.pasco.cz/>
- Redish, E., F., Saul, J., M., Steinberg, R., N. (1997). On the Effectiveness of Active-Engagement Microcomputer-Based Laboratories. *American Journal of Physics*. 65(1), 45-54.
- Stratilová Urválková, E. (2013). Počítačem podporované experimenty ve výuce chemie na střední škole. Disertační práce. Praha, Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta.
- Šmejkal, P., Stratilová Urválková, E. (2008). Přístroje ve výuce chemie, realita nebo fikce? *Acta Facultatis Paedagogicae Universitatis Tyrnaviensis, Série D - Vedy o výchově a vzdělávání, Supp. 2*, 183-187.
- Thornton, R., K. (1986). Tools for Scientific Thinking: Microcomputer-Based Laboratories for the Naive Science Learner. In *National Educational Computing Conference*. 4. - 6. Juni 1986, San Diego, Kalifornie.
- Thronton, R. K. (1987). Tools for Scientific Thinking-Microcomputer-Based Laboratories for Physics Teaching. *Physics Education*. 22(4), 230-238.
- Thornton, R., Sokoloff, D. (1990). Learning motion concepts using real-time microcomputer-based laboratory tools. *American Journal of Physics*. 58(9), 858-867.
- Tinker, R. (1986). Modeling and MBL: Software Tools for Science. Prezentováno na konferenci National Educational Computing Conference. 4. - 6. června 1986, San Diego, Kalifornie.
- Trumper R. (2003). The Physics Laboratory - A Historical Overview and Future Perspective. In *Science & Education*, 12, 645-670.
- Vernier CZ - experimenty. (2013). Vernier CZ: Vybavení pro výuku přírodovědných oborů [online-cit. 2013-07-01]. Dostupné z: <http://www.vernier.cz/experimenty/prehled/oblast/vyhledavani>

Seznam použitých zkratek

ATC	anatomicko-terapeuticko-chemická (skupina léčiv)
AMC	detekční činidlo (směs s kyselinou fosfomolybdenovou)
CC	column chromatography (sloupcová chromatografie)
CNS	centrální nervový systém
G	gymnázium
ICT	informační a komunikační technologie
KUDCH	Katedra učitelství a didaktiky chemie
MF	mobilní fáze
MRI	magnetic resonance imaging (zobrazování magnetickou rezonancí)
NMR	nukleární (jaderná) magnetická rezonance
PE	polyethylen
PP	polypropylen
PVC	polyvinylchlorid
PřF UK	Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze
R_f	retenční (retardační) faktor
RVP G	rámcový vzdělávací program pro gymnázium
RVP ZV	rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání
SŠ	střední škola
TLC	thin layer chromatography (tenkovrstvá chromatografie)
VNS	vegetativní nervový systém
ZŠ	základní škola

We can't get rid of chemistry – Summary

The first chapter of the book focuses on the issue of drugs from many points of view; the second chapter is devoted to fertilizers. Plastics and other macromolecular substances in the daily life of each of us are studied in the next section. The fourth chapter deals with the explanation and application of MRI and related fields. The fifth part focuses on a group of natural substances - isoprenoids, their possible isolation and experiments with them. The following chapter explains the use of serious games and modern electronic quizzes to obtain chemical literacy and the last chapter is devoted to the Web Portal of Faculty of Science, Charles University in Prague; since 2009 this portal has been used to support chemical education both at secondary schools and Universities. The supplementary materials for each of the chapters are provided on DVD medium which includes materials ready to be used in lessons - such as worksheets, quizzes, games or instructional text for experiments. The DVD also includes other materials that cannot be transmitted in text form, e.g. movie clips with chemical experiments, electronic presentations, tests and games. All of these resources aim to ease the journey through the world of chemistry and make it more engaging.

Přílohy

DVD:

CHEMIE SE NEZBAVÍME - Elektronické materiály