

Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta
Katedra učitelství a didaktiky chemie

Studijní program: Vzdělávání v chemii



RNDr. Zdeňka Hájková

Demonstrace jako prostředek názornosti v chemickém vzdělávání
Demonstrations as an illustrative tool in chemistry education

Disertační práce

Vedoucí práce: RNDr. Petr Šmejkal, Ph.D.
Konzultant práce: RNDr. Antonín Fejfar, CSc.

Praha, 2014

Prohlašuji, že jsem předloženou disertační práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena jako závěrečná práce k získání jiného nebo stejného akademického titulu. Souhlasím se zapůjčováním práce a jejím zveřejňováním.

V Praze dne

.....

Zdeňka Hájková

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě se patří, abych vyjádřila své poděkování a zmínila osoby, kterým jsem vděčná za pomoc s vytvářením této disertační práce.

Děkuji předně RNDr. Petru Šmejkalovi, Ph.D., mému školiteli, za to, že si v moři svých pracovních úkolů vždy našel čas, aby se mnou zkonzultoval obsahy příspěvků zasílaných do redakcí českých i zahraničních časopisů či organizátorům konferencí a seminářů. Vážím si také toho, že mě podpořil v účasti na stáži a otevřel mi možnosti pro spolupodílení se na výuce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy (PřF UK) v Praze.

Dále patří můj dík i velký obdiv RNDr. Antonínu Fejfarovi, CSc., konzultantovi této práce. Svoji nápaditostí a entuziastickým přístupem k jednoduchým a přesto názorným demonstracím, jimiž doplňuje exkurze pro žáky prováděné na Fyzikálním ústavu Akademie věd České republiky, mě nadchnul k vytváření a předvádění „nanodemonstrací“ a poskytnul mi tím impulz k jasnějšímu směřování náplně této práce.

Velké poděkování patří také několika desítkám učitelů, kteří byli ochotni podílet se na vzniku této práce, ať už vyplněním dotazníku, poskytnutím rozhovoru či realizací některé „nanodemonstrace“. Jmenovitě za bližší spolupráci děkuji: RNDr. Josefu Šilhovi, CSc., Ing. Heleně Pěničkové, Ing. Ludmile Horké, RNDr. Bohumilu Černockému, Mgr. Ondřeji Macovi, Mgr. Ivaně Volmutové, Mgr. Věře Řasové, Mgr. Monice Petrilákové, Mgr. Petře Červenské a RNDr. Markétě Bludské. Díky těmto (i dalším) ochotným pedagogům bylo možné podhalit, zda má smysl zabývat se demonstracemi ve výuce chemie.

Ráda bych poděkovala též Mrg. Davidu Brennerovi za pomoc s umístěním vybraných výukových materiálů týkajících se nanosvěta na webové stránky www.studiumchemie.cz, tj. na portál PřF UK na podporu výuky chemie na ZŠ a SŠ.

V neposlední řadě děkuji celé své rodině (zejména manželovi, sestrám a babičkám) za ochotné hlídání mých potomků, jež mi usnadnilo studium a umožnilo účastnit se konferencí, seminářů, workshopů i krátké stáže, publikovat, vyučovat, bádát a nakonec sepsat toto dílo. Díky moc, můj úspěch je i vaší zásluhou!

Tato práce byla zpracována s finanční podporou následujících projektů: MSM0021620857, PRVOUK P42, OPPA project CZ.2.17/3.1.00/32121, LM2011026 a GAČR 14-15357S. Za tuto podporu velmi děkuji.

ABSTRAKT

Demonstrace jsou významným názorným prostředkem použitelným ve výuce chemie. Vedle demonstrací chemických experimentů a multimediálních demonstrací lze předvádět také demonstrace „neexperimentální“, tj. např. materiální modely a demonstrace založené na makroskopické analogii, které lze obvykle realizovat pouze s předměty denní potřeby.

Tato disertační práce se zabývá zejména vyhledáváním, koncepcí, vývojem a možnostmi využití „neexperimentálních“ demonstrací. Zvláštní pozornost při tom byla zaměřena na mezipředmětové demonstrace vztahující se k oblasti tzv. nanosvěta, které byly s ohledem na jejich tematickou náplň označeny jako „nanodemonstrace“. Tyto demonstrace jsou bezpečné a časově i finančně nenáročné. Předvádět je může učitel a / nebo je mohou realizovat sami žáci. Vyhledané, modifikované i nově vytvořené „nanodemonstrace“ byly v rámci práce sdruženy v české databázi „nanodemonstrací“, kterou doplňují další výukové materiály týkající se „nano“, a to: dvě PowerPointové prezentace, pracovní listy k žakovským „nanodemonstracím“ a pracovní listy s mezipředmětovými úlohami.

Dále se tato práce věnuje ověřování „nanodemonstrací“ a pracovních listů přímo ve výuce na středních školách. Výsledky provedených šetření ukázaly, že „nano“ lze úspěšně implementovat do středoškolské výuky, ačkoliv se jedná o náročné učivo vyžadující interdisciplinární přístup.

Klíčová slova: demonstrace, žakovská demonstrace, přednášková demonstrace, modely, makroskopická analogie, názornost, nanosvět, výukové materiály, PowerPointová prezentace, pracovní listy, mezipředmětové úlohy

ABSTRACT

Demonstrations are considered an important illustrative tool in chemistry education. Quite often teachers use demonstrations of experiments and multimedia demonstrations. Besides, “non-experimental” demonstrations might also be useful, such as material models and demonstrations based on macroscopic analogy that can be usually carried out only with household items and materials.

This dissertation is especially aimed at selecting appropriate demonstrations, at their design, development and use of “non-experimental” demonstrations. Moreover, special attention was paid to the interdisciplinary demonstrations concerning the nanoworld, so called “nanodemonstrations”. All “nanodemonstrations” presented are safe, cheap and rather timesaving. Furthermore, they can be carried out in a form of lecture and / or students’ demonstration. Newly created as well as adopted (and modified) “nanodemonstrations” were collected into the Czech database of “nanodemonstrations”. The database was additionally accompanied with following educational materials concerning “nano”: two PowerPoint presentations, worksheets that supplement students’ “nanodemonstrations” and worksheets with interdisciplinary tasks.

This thesis also deals with the evaluation of “nanodemonstrations” and worksheets in secondary school classes. The results confirmed that the implementation of “nano“ into secondary education is worthwhile, although it is demanding and requires an interdisciplinary approach.

Keywords: demonstration, students’ demonstration, lecture demonstration, models, macroscopic analogy, illustrative approach, nanoworld, educational materials, PowerPoint presentation, worksheets, interdisciplinary tasks

OBSAH

1. Úvod	11
2. Cíle práce	12
3. Chemie zábavně a efektivně	13
3.1. Zhodnocení zájmu žáků o chemii	13
3.2. Principy podmiňující účinnost vzdělávacího procesu.....	15
4. Názornost ve výuce chemie	18
4.1. Stupně názornosti a jejich realizace	20
4.2. Výukové metody jako prostředek názornosti.....	21
4.2.1. Názorně-demonstrační metody	22
4.2.2. Praktické metody.....	23
4.2.3. Ilustrační metody.....	25
4.2.4. Metoda chemického experimentu	26
4.3. Exkurze jako prostředek názornosti	28
4.4. Učební pomůcky jako prostředek názornosti.....	29
4.4.1. Klasifikace učebních pomůcek.....	30
4.4.2. Modely	32
4.5. Didaktická technika jako prostředek názornosti	35
4.5.1. Multimédia ve výuce chemie	36
5. Demonstrace ve výuce chemie	39
5.1. Charakteristika demonstrací.....	39
5.2. Rady a tipy pro přípravu a realizaci demonstrací	40
5.2.1. Příprava demonstrace	41
5.2.2. Realizace demonstrace	43
5.3. Klasifikace demonstrací	44
5.3.1. „Neexperimentální“ demonstrace	46
6. Názornost ve výuce chemie očima učitelů	47
6.1. Charakteristika výzkumného šetření	47

6.2.	Výsledky dotazníkového šetření	48
6.3.	Shrnutí výsledků a východisek pro další práci.....	54
7.	Přehled chemických demonstrací	55
7.1.	Proč vyhledávat demonstrace?.....	55
7.2.	Rešerše tištěných zdrojů.....	55
7.2.1.	Časopisy zabývající se vzděláváním v chemii	56
7.2.2.	Závěrečné práce vytvořené na KUDCH PřF UK	61
7.3.	Demonstrace na internetu.....	61
7.3.1.	Video-databáze demonstračních experimentů	61
7.3.2.	„Neexperimentální“ demonstrace na internetu	62
8.	Mezipředmětové demonstrace s tematikou z oblasti tzv. nanosvětla	63
8.1.	Důvody pro implementaci „nano“ do výuky na SŠ	63
8.2.	Jak učit o nanosvětě?.....	65
8.2.1.	Pohled učitelů na výuku o „nano“	65
8.2.2.	Možnosti a omezení implementace „nano“ do výuky na SŠ	66
8.3.	Výukové materiály vztahující se k nanosvětlu.....	68
8.4.	Experimenty s tematikou „nano“	69
8.5.	„Neexperimentální“ demonstrace s tematikou „nano“	70
8.5.1.	Cizojazyčné „nanodemonstrace“	70
8.5.2.	„Nanodemonstrace“ publikované v češtině.....	74
8.6.	Česká databáze „nanodemonstrací“	75
8.6.1.	Přehled a charakteristika „nanodemonstrací“	75
8.6.2.	Stručné představení „nanodemonstrací“	77
8.6.3.	Schéma „nanodemonstrací“	78
8.6.4.	Ukázka „nanodemonstrace“ z databáze	79
8.7.	Výukové materiály doplňující databázi „nanodemonstrací“	81
8.7.1.	Multimediální prezentace	81
8.7.2.	Pracovní listy k žakovským „nanodemonstracím“	83

8.7.3. Pracovní listy s mezipředmětovými „nanoúlohami“	86
8.8. Výukové „nanomateriály“ na webu www.studiumchemie.cz	94
9. „Nanodemonstrace“ poprvé ve výuce na SŠ	96
9.1. Charakteristika výzkumného šetření	96
9.2. Zkušenosti učitelů s „nanodemonstracemi“	98
9.3. Pohled žáků na „nanodemonstrace“	101
9.4. Jak využili materiály o „nano“ na Gymnáziu Oty Pavla	104
9.5. První ověření „nanodemonstrací“ – shrnutí výsledků šetření	105
10. „Nanodemonstrace“ a „nanoúlohy“ ve výuce na SŠ	107
10.1. Charakteristika výzkumného šetření	107
10.2. Žákovské „nanodemonstrace“ s pracovními listy	109
10.2.1. Pracovní listy k žakovským „nanodemonstracím“	110
10.3. Rozhovory s učiteli po realizaci „nanodemonstrací“	112
10.4. Pracovní list s mezipředmětovými „nanoúlohami“	114
10.4.1. Výsledky žakovského řešení „nanoúloh“	115
10.5. Ověření „nanodemonstrací“ a „nanoúloh“ – shrnutí výsledků šetření	117
11. Přednáškové „nanodemonstrace“ ve výuce na SŠ	119
11.1. Charakteristika výzkumného šetření	119
11.2. Výsledky dotazníkového šetření aneb Jak to vidí žáci?	120
11.2.1. Otázka první: Co žáky nejvíc zaujalo?	120
11.2.2. Otázka druhá: Co je to nanosvět?	123
11.2.3. Otázka třetí: Patří nanosvět do výuky na SŠ?	125
11.3. Rozhovory s učiteli	127
11.4. Ověření přednáškových „nanodemonstrací“ – shrnutí výsledků šetření	128
12. Diskuze	129
13. Závěr	131
14. Použité zdroje	134
15. Seznam příloh	150

SEZNAM ZKRATEK

AFM	Mikroskopie atomárních sil (Atomic Force Microscopy)
ČR	Česká republika
ČVUT	České vysoké učení technické v Praze
EM	Elektronová mikroskopie
GaOA Chodov	Gymnázium a obchodní akademie Chodov
GČ	Gymnázium Českolipská
GJN	Gymnázium Jana Nerudy
GJSM	Gymnázium J. S. Machara
G Omská	Gymnázium Omská
GOP	Gymnázium Oty Pavla
GULZ	Gymnázium U Libeňského zámku
GVP	Gymnázium Na Vítězné pláni
JCE	Journal of Chemical Education
KUDCH	Katedra učitelství a didaktiky chemie
PřF UK	Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze
RVP	Rámcový vzdělávací program / Rámcové vzdělávací programy
RVP G	Rámcový vzdělávací program pro gymnázia
SEM	Skenovací elektronová mikroskopie
SŠ	Střední škola
SPM	Mikroskopie skenující sondou (Scanning Probe Microscopy)
STM	Skenovací tunelová mikroskopie (Scanning Tunnelling Microscopy)
VŠCHT	Vysoká škola chemicko-technologická v Praze
ZŠ	Základní škola

POUŽITÝ SOFTWARE

K vytvoření a prezentaci práce byl použit následující software:

- Microsoft Office Word 2010 (Microsoft Corporation, USA)
- Microsoft Office Excel 2010 (Microsoft Corporation, USA)
- Microsoft Office PowerPoint 2010 (Microsoft Corporation, USA)
- Inkscape 0.48 (Open Source)
- GIMP 2.8 (Open Source)

1. ÚVOD

Demonstrace patří mezi názorné výukové prostředky. Obvykle se tímto termínem označují názorné ukázky či předvedení předmětu, jevu nebo procesu, jež napomáhají porozumění učivu a usnadňují jeho pochopení (Průcha *et al.*, 2004; Šimoník, 2005). V chemii mají demonstrace nezastupitelné místo a dlouholetou tradici. Provádění prvních chemických demonstrací souvisí s počátky chemie, jakožto vědní disciplíny. Za jednoho z prvních demonstrátorů v chemickém vzdělávání bývá považován zakladatel lékařské chemie Philippus Aureolus Theophrastus Bombastus von Hohenheim, známý spíše pod jménem Paracelsus. Ten již v 16. století používal demonstrace v rámci svých přednášek určených studentům lékařství a lékárnictví (Jensen, 1991).

V souvislosti s rozvojem chemie později docházelo ke vzniku samostatné literatury, která se věnuje demonstracím. K prvním kompenciím týkajícím se chemických demonstrací, přesněji řečeno přednáškových demonstračních experimentů, patří kniha Karla Heumanna z roku 1876 „Anleitung zum Experimentiren bei Vorlesung über anorganische Chemie“ (Jensen, 1991). V této knize Heumann přímo popsal a uspořádal stovky demonstrací prováděných Bunsenem, Liebigem, Hofmannem a dalšími chemiky.

Dnes existuje řada tištěných sbírek i elektronických databází, které sdružují náměty na chemické experimenty, což potvrzuje to, že demonstrace experimentů jsou důležitým prvkem v chemickém vzdělávání. Ve výuce chemie se ale dostáváme také k prezentaci jevů a dějů, které lze pouze s pomocí chemického experimentu demonstrovat jen obtížně. Pak lze využít moderní techniky a různých animací, videí a obecně multimediálních materiálů. I tyto cesty ale mohou mít svá omezení, protože někdy není potřebná technika dostupná. Navíc přílišné využívání techniky může vést ke ztrátě zájmu u žáků (Wang, 2005).

Alternativním přístupem může být využití „neexperimentálních“ demonstrací bez použití multimediální techniky, jako jsou materiální modely, demonstrace založené na makroskopické analogii apod., které je navíc možné obvykle realizovat pouze s předměty denní potřeby. Takovéto chemické demonstrace jsou sice jednotlivě publikovány, ale pro učitele může být náročné jejich vyhledávání. Předkládaná práce se proto bude zabývat mj. tvorbou přehledu „neexperimentálních“ demonstrací bez použití multimediální techniky, které lze využít ve výuce chemie na střední škole (SŠ). Dále se práce bude věnovat vyhledávání a vytváření demonstrací vztahujících se k dnes velmi diskutované oblasti tzv. nanosvěta, o níž se dosud na SŠ učí pouze okrajově. Představena bude databáze sdružující vyhledané i nově navržené, vyzkoušené (a příp. modifikované) demonstrace s tematikou „nano“. Tyto demonstrace budou navíc ověřeny přímo ve výuce na SŠ.

2. CÍLE PRÁCE

Předkládaná disertační práce se zabývá problematikou demonstrací, jakožto názorného prostředku pro výuku chemie na SŠ.

Hlavním cílem práce je popsat a prozkoumat, zda a jakými způsoby je možné ve výuce využít tzv. „neexperimentální“ demonstrace. Pozornost je při tom zaměřena zejména na ty demonstrace, které úzce souvisejí s problematikou týkající se oblasti tzv. nanosvěta, jež je v současnosti považována za velmi aktuální a atraktivní téma. Tato disertační práce si dále klade za cíl vytvořit jakýsi podpůrný rámec, který pomůže učitelům využít „neexperimentální“ demonstrace spjaté s oblastí nanosvěta přímo ve výuce na SŠ. Výsledky této práce tedy mohou nejen rozšířit znalost diskutované problematiky ve vztahu k výuce na SŠ, ale mohou též významnou měrou přispět k obohacení názorných prostředků použitelných ve výuce přírodovědných předmětů na SŠ.

K dílčím cílům této práce tak patří:

- Rešerše literatury zabývající se demonstracemi a názorností ve výuce chemie, vymezení pojmu „demonstrace“ pro účely této práce.
- V rámci předvýzkumu provedení orientačního dotazníkového šetření, které naznačí, zda a v jaké míře učitelé ve výuce chemie používají demonstrace v porovnání s dalšími výukovými prostředky.
- Vytvoření stručného přehledu „neexperimentálních“ chemických demonstrací dohledatelných ve vybraných tištěných zdrojích a na internetu. Za „neexperimentální“ demonstrace jsou při tom v této práci považovány materiální modely a demonstrace založené na makroskopických analogiích, které lze obvykle realizovat pouze s předměty denní potřeby.
- Výběr a ověření vhodných „neexperimentálních“ mezipředmětových demonstrací s tematikou vztahující se k oblasti nanosvěta (tzv. „nanodemonstrací“).
- Návrh nových „nanodemonstrací“ a vytvoření dalších výukových materiálů s tematikou „nano“ doplňujících „nanodemonstrace“, a to: PowerPointových prezentací, pracovních listů k žákovským „nanodemonstracím“ a pracovních listů s mezipředmětovými úlohami.
- Ověření vytvořených „nanodemonstrací“ ve výuce přírodovědných předmětů na SŠ, zejména formou polostrukturovaných rozhovorů s učiteli, dotazníkových šetření mezi žáky a rozborů vyplněných pracovních listů.

3. CHEMIE ZÁBAVNĚ A EFEKTIVNĚ

3.1. ZHODNOCENÍ ZÁJMU ŽÁKŮ O CHEMII

Chemie patří mezi základní přírodovědné předměty vyučované na základních i středních školách. Není žádnou novinkou, že vedle fyziky patří chemie k nejméně oblíbeným předmětům. Jak uvádějí Lomovcicová *et al.* (2004), zkušenosti pedagogů i statistické výzkumy ukazují, že zájem žáků o chemii jako vyučovací předmět stále klesá. Dotazník Klečkové *et al.* (2005), kterého se zúčastnilo 200 gymnazistů, potvrdil, že chemie je považována za náročný předmět. Starší gymnazisté (15–19 let) ho v provedeném průzkumu dokonce umístili až na poslední místo v žebříčku oblíbenosti. S podobnými výsledky se setkáváme u řady dalších průzkumů prováděných jak v České republice (ČR; např. Picková, 2012; Švandová a Kubiátko, 2012), tak i v zahraničí (např. Lamanaukas and Gedrovics, 2005). Podle Duška (2005) problém upadajícího zájmu žáků o chemii, v širším pohledu pak o všechny přírodovědné předměty, není pouze problémem českým, ale minimálně celoevropským. Jeho následkem je také pokles počtu studentů, kteří se hlásí na přírodovědné a technické obory vysokých škol, což může mít nepříznivé ekonomickými důsledky. Měli bychom se proto zamyslet nad důvody upadajícího zájmu žáků o chemii a zvážit možnosti, jakými by bylo možné znovu získat ztracený zájem mladých lidí o přírodní vědy.

Z mezinárodních výzkumů TIMSS (prováděných v letech 1995, 1999, 2007, 2011) a PISA (2000, 2003, 2006, 2009) vyplynulo mj., že obsah výuky přírodovědných předmětů v ČR je náročný, těžko pochopitelný a teoretický. Výuka je často zaměřena spíše na získání faktických informací a definic než na vytvoření konceptuálních spojení (Frýzková a Adamec, 2007). Tyto závěry mohou být jednou z příčin nízké oblíbenosti chemie, což potvrzují Šedivec a Sirotek (2009), kteří upozorňují, že moderní chemie je založena na složitých pojmech, které kladou zvýšené nároky na abstraktní a logické myšlení. To souvisí s řazení témat a tematických celků ve výuce chemie. Jak uvádějí Urbanová a Čtrnáctová (2006), koncepce výuky chemie, která v současnosti zcela převažuje na našich základních i středních školách, totiž výrazně preferuje výuku obecné chemie jako výchozí disciplíny, na niž by měly navazovat všechny další části učiva chemie (anorganická, analytická, organické chemie a biochemie). Nevýhody tohoto pojetí a uspořádání učiva chemie lze spatřovat především ve značné teoretické náročnosti a obtížnosti obecné chemie. Žáci navíc často nemají osvojeny potřebné vědomosti a dovednosti z dalších oborů, především z fyziky a matematiky.

V době, kdy se žáci začínají zabývat chemií a je třeba je pro nový předmět zaujmout a nadchnout, je jim tedy ve školách předkládáno obsáhlé a obtížné teoretické učivo. Místo

provádění efektních a pro žáky přitažlivých experimentů, jsou žáci seznamováni s teoretickými a abstraktními poznatky. A co je horší, mnozí učitelé nerealizují chemické experimenty z nejrůznějších důvodů (které budou zmíněny dále v kap. 4.2.4.) vůbec. Díky tomu si žáci většinou k chemii nevytvoří kladný vztah. Právě nedostatečné experimentování a malá názornost ve výuce chemie jsou často považovány za hlavní příčiny nízké oblíbenosti tohoto předmětu.

Mokrejšová (2009) uvádí, že praktické činnosti ve výuce se omezují kvůli rostoucímu množství nových poznatků. Důsledkem toho žáci nalézají stále menší oporu ve vlastních zkušenostech a role autority (učitele, učebnice), jakožto zdroje poznání, roste, avšak na úkor motivace a opravdového porozumění. Žák se místo subjektem stává objektem vyučování. V současné výuce přírodovědných předmětů jsou nedostatečně zastoupeny činnosti, při nichž je žák (nikoli učitel) hlavním aktivním činitelem.

Jak již bylo napsáno, pojetí výuky chemie na školách v ČR je většinou faktografické, náročné na abstraktní a logické myšlení. Kromě toho je přehnaně systematické, ve výuce obvykle chybí praktické aplikace anorganické i organické chemie související s běžným životem. Navíc výuka chemie není na základních ani na středních školách diferencována a v důsledku toho jsou žáci často přetěžováni probíraným učivem, což oblíbenosti tohoto předmětu jistě nepřidává.

Výše uvedené výstižně shrnuje Čtrnáctová (2009), když píše: „*V posledních letech byla posílena především teoretická složka učiva, a to jak na základní, tak na střední škole. Posunem těžiště učiva přírodovědných předmětů ve prospěch učiva teoretického se zvýšila jeho náročnost. Navíc došlo k určitému podcenění empirických a praktických poznatků, což přineslo pokles zájmu žáků o chemii. Chemie se stávala pro žáky obtížným a neoblíbeným předmětem. Důsledkem toho bylo i postupné snížení zájmu o studium chemie na středních a vysokých školách a snížení celkové úrovně chemické vzdělanosti u nás.*“

Co se týká způsobů, jakými by se dalo zlepšit současné postavení chemie, Škoda a Doulík (2003) uvádějí, že mezi nejdůležitější faktory, které mají pozitivní vliv na oblíbenost chemie jako vyučovacího předmětu, jsou: využívání pochvaly žáků při vyučování, motivace žáků k učení, využívání prvků soutěživosti při hodinách a používání názorných pomůcek, možnost žáků klást učiteli otázky, navazování na dřívější znalosti a zkušenosti, spoluúčast žáků při hodnocení, přesvědčivost učitelova výkladu (s použitím široké škály různorodých pomůcek).

Jako velmi důležité se jeví být zařazování chemických pokusů do výuky. Experimenty totiž činí přírodovědné předměty zajímavější a pro žáky přitažlivější. A sami žáci často

v průzkumech uvádějí, že se jim se v hodinách chemie a fyziky nejvíce líbí praktická činnost a s ní související pokusy.

Dále se dnes stále častěji setkáváme se zařazováním multimediálních pomůcek, které podporují vizualizaci ve výuce. Vizualizované objekty usnadňují pochopení náročnější oblasti z probíraného učiva a zefektivňují tím průběh celého vyučovacího procesu. Multimedia navíc zvýšenou měrou upoutávají pozornost žáků. Práce s nimi žáky prostě baví.

Žáky je však možné zaujmout i prováděním jednoduchých pokusů a demonstrací bez použití (drahých) chemikálií a multimediální techniky. Často jsou takové pokusy u žáků oblíbené, protože nevyžadují složité aparatury. Žáci si při nich obvykle vystačí jen s předměty denní potřeby (jako jsou plastové láhve, izolepa, špejle, tuš apod.) a mohou si je vyzkoušet i sami doma.

Mezi doplňkové možnosti motivace, které mohou u žáků vzbuzovat zájem o chemii, patří celá řada rozmanitých učebních úloh, zábavné úkoly „pro chytré hlavy“ nebo využití společenských her (pexeso, kvarteto apod.) k didaktickým účelům (např. Bergerová *et al.*, 2003). Občasné zařazení chemické hry, hádanky či křížovky může výuku chemie překvapivě oživit.

Jak poznamenává Dušek (2005), potřebná je i podpora zájmu o přírodní vědy mimo vyučování, např. v rámci chemické olympiády či chemických kroužků.

3.2. PRINCIPY PODMIŇUJÍCÍ ÚČINNOST VZDĚLÁVACÍHO PROCESU

V předcházející kapitole této práce bylo naznačeno, že otázka zvýšení zájmu žáků o výuku chemie a zvýšení její účinnosti je velmi aktuální. S chemií, resp. s produkty chemie, ať již se jedná o plasty, léky, textilie, pohonné hmoty atd., se setkáváme doslova na každém kroku. V běžném životě se zabýváme tím, jak a proč třídít odpady, jak správně užívat léky, na co si dát pozor ve složení potravin apod. Abychom se vyvarovali chyb a omylů, porozuměli podstatě fungování lidského těla a přírody vůbec a prožili plnohodnotný život, je nutné poznat základy chemie co nejlépe.

Má-li být výuka (a to nejen chemie) skutečně efektivní, měly by být splněny tzv. didaktické principy (zásady), tj. nejobecnější normy, které podmiňují úspěch pedagogické práce a jejichž dodržování významně přispívá k dosažení lepších výsledků ve vyučování. V průběhu historického vývoje se mění akcent kladený na jednotlivé přístupy ve vzdělávání a neustále se též formují nové vyučovací principy. V současnosti jsou podle Filové *et al.* (1996), Kurelové (in Kalhous, Obst *et al.*, 2002) a Šimoníka (2005) mezi základní didaktické principy počítány:

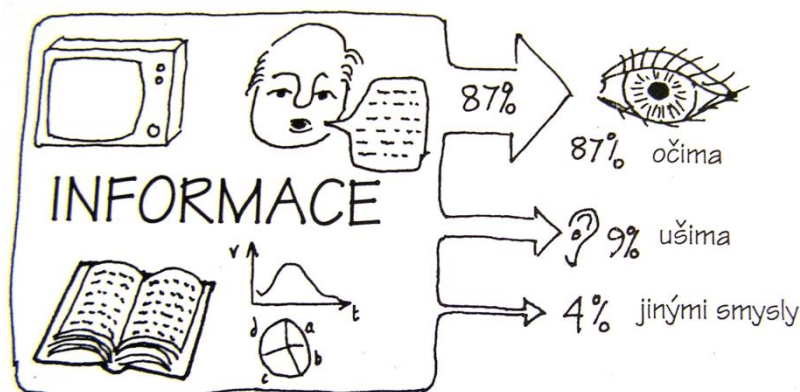
- **princip názornosti**
 - založen na faktu, že smyslová zkušenost je základním zdrojem poznání; jedná se o Komenského „zlaté pravidlo vyučování“; dále rozvedeno v kap. 4.
- **princip postupnosti**
 - od jednoduchého ke složitému, od blízkého ke vzdálenému, od konkrétního k abstraktnímu, od obecného ke zvláštnímu
- **princip uvědomělosti**
 - žák by měl rozumět tomu, co se učí a měl by mu být jasný smysl této činnosti; k tomu přispívá zejména vhodná motivace, prezentace učiva ve vztazích a volba vhodných prostředků
- **princip přiměřenosti**
 - cíl, obsah, metody, formy, prostředky i podmínky vyučování by měly odpovídat možnostem žáků (tj. stupni jejich psychického a fyzického vývoje)
- **princip systematičnosti (princip soustavnosti)**
 - vyučovací proces je organizovaný systém, kde učivo, učitelovo působení i žákovské činnosti (včetně domácí přípravy) by měly být logicky uspořádány
- **princip aktivity (princip aktivity)**
 - při výuce je důležitá vlastní aktivní činnost žáka (v procesech poznávacích, citových i volních), jeho osobní zkušenost a přímé poznávací činnosti
- **princip zpětné vazby**
 - proces učení je efektivní tehdy, když mají žák i učitel možnost průběžně si ověřit úspěch či neúspěch v procesu učení
- **princip vědeckosti**
 - učební obsahy musí být ověřené a pravdivé
- **princip spojení teorie s praxí (princip spojení školy se životem)**
 - teoretické osvojování poznatků (rovina informační) by mělo být vyváženo s jejich praktickým uplatňováním (rovina činnostní); cíl, obsah, prostředky, formy a metody výuky by měly odpovídat požadavkům a potřebám společnosti
- **princip trvalosti**
 - žáci si mají osvojit učivo tak, aby se stalo jejich trvalou výbavou
- **princip cílevědomosti**
 - měly by být stanoveny smysluplné cíle, které jsou zřejmé učitelům i žákům
- **princip individuálního přístupu k žákům**
 - učitel by měl respektovat individuální zvláštnosti každého žáka

- **princip komplexního rozvoje osobnosti žáka (princip výchovnosti vyučování, princip jednoty výchovy a vzdělávání)**
 - školní práce formuje a měla by rozvíjet celou osobnost žáka

Ačkoliv skutečně efektivní výuka respektuje všechny výše uvedené didaktické principy, poněkud výsadní postavení má prvně uváděný princip názornosti. V historickém kontextu se jedná o princip velmi starý, přesto dodnes všeobecně uznávaný a stále velmi aktuální. Jak uvádějí Filová *et al.* (1996), zásadním přínosem názorné výuky je, že podporuje pochopení a zapamatování učiva. Navíc může žáky motivovat k učení se. Vzhledem k naznačenému významu názornosti bude následující oddíl práce věnován bližšímu představení této problematiky.

4. NÁZORNOST VE VÝUCE CHEMIE

Princip názornosti vychází z Baconovy senzualistické filozofie, kde je smyslová zkušenost považována za základní zdroj poznání. Francis Bacon totiž hlásal, že „není nic v rozumu, co by předtím nebylo ve smyslech“. I dnes pedagogické výzkumy potvrzují, že smyslové receptory člověka hrají důležitou roli při poznávání, předávání a uchovávání informací. Zatímco při výuce bývá nejčastěji používán verbální komunikační kanál, ukazuje se, že efektivnější je vizuální příjem informací. Petty (1996) dokumentuje důležitost předkládání vizuálních informací následujícími údaji: informace vstupují do našeho mozku z 87 % prostřednictvím zraku, z 9 % díky sluchu a ze 4 % prostřednictvím ostatních smyslů (obr. 1). Roštejnská a Klímová (2008) tvrdí, že účinnost receptorů na proces zapamatování je v případě sluchu 10–20 %, u zraku 30–40 %, a při kombinaci zvukových a obrazových počítků 50–70 %. Z toho jasně vyplývá důležitost multisenzoriální percepce (tj. zapojení co největšího počtu smyslů) a vizualizace (tj. vnímání zrakem) ve výukovém procesu, tedy i ve výuce chemie.



Obr. 1: Učitel by se měl snažit informace žákům předkládat vizuálně. Převzato z Pettyho (1996).

Prosazování myšlenky názorného vyučování je u nás spjata zejména se jménem Jana Amose Komenského, který princip názornosti dokonce nazýval „zlatým pravidlem vyučování“. V Komenského Velké didaktice najdeme psáno: „Proto budiž učitelům zlatým pravidlem, aby všechno bylo předváděno všem smyslům, kolika možno. Totiž věci viditelné zraku, slyšitelné sluchu, vonné čichu, chutnatelné chuti a hmatatelné hmatu. A může-li být něco vnímáno najednou více smysly, budiž to předváděno více smyslům.“ Komenský se touto formulací stal autorem prvního teoreticky zdůvodněného systému slovně názorného vyučování. V 19. století na něj navázal a systém slovně názorného vyučování dále rozvinul Johann Friedrich Herbart.

Problematika týkající se názornosti je dosti široká a samotný pojem *názornost* je poměrně těžko uchopitelný. Navíc se pojem názorný v některých textech (zejména anglic-

kých) překrývá s termínem vizuální, který bývá (nepřesně) chápán jako opozitum k termínu verbální. V oblasti názornosti tedy panuje jistá pojmová nejednotnost.

Dle Skalkové (2007) se v didaktice setkáváme s rozlišováním předmětné (vnější) názornosti a slovně obrazné (vnitřní) názornosti. Při předmětné názornosti se systémy představ a pojmů vytvářejí na základě bezprostředního vnímání reálných předmětů (např. přírodnin) nebo kreseb, fotografií, map, schémat, grafů, modelů aj. Slovně obrazná názornost je založena na slovním popisu demonstrovaných jevů a dějů. Slovní doprovod je důležitý zejména pro usměrnění vnímání žáků – učitel by měl upozornit na podstatné aspekty demonstrovaného, vhodně zobecňovat, odhalit skryté souvislosti apod. Významně se uplatňuje tehdy, když se učitel může odvolávat na předchozí zkušenosti žáků.

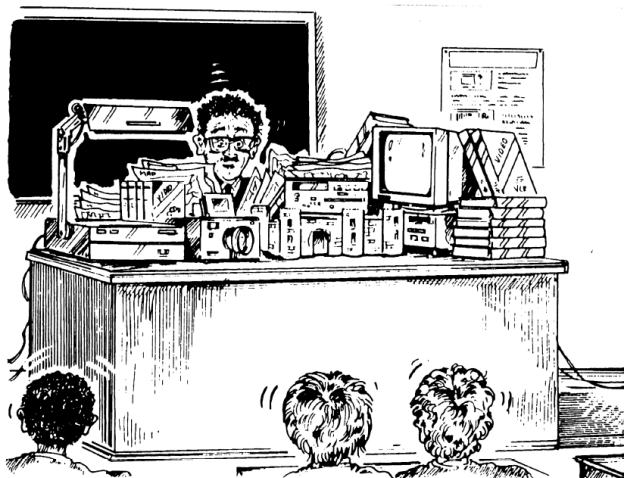
Podobně Maňák (2003) rozlišuje názornost smyslovou (konkrétní), která odráží skutečnost na úrovni jevů, a názornost racionální (abstraktní), která postihuje podstatu jevů (nesouvisí tedy přímo s konkrétním reálným objektem).

Pokud máme definovat zásadu názornosti, musíme respektovat to, že při názorném vyučování vycházíme jak z přímého pozorování skutečnosti (reálných předmětů či jejich zobrazení; tzv. přímé názorné vyučování), tak z již existujících představ, vytvořených v minulosti a uchovaných ve vědomí žáků (tzv. nepřímé názorné vyučování). V tomto širším chápání názornosti se jeví být vhodnou definice Dostála (2008), který uvádí: „*Zásada názornosti vyjadřuje takový požadavek na učitele, aby vedl žáky k vytváření a zobecňování představ bezprostředním vnímáním skutečnosti či jejího zobrazení, nebo při edukaci uplatňoval takový výklad, který vyvolá v žácích již dříve vytvořené představy popisované skutečnosti.*“

Názornost hraje důležitou roli zejména v přírodovědných předmětech, které jsou příznačné svojí abstraktností a právě vizualizace těžko pochopitelných, abstraktních pojmů, jevů a dějů usnadňuje jejich osvojení. Názorné demonstrace usnadňují pochopení učiva, protože umožňují učitelům vyložit a žákům pochopit probíranou látku dostatečně srozumitelně a přehledně. Chemii nemá smysl učit jako řadu definic a algoritmů, pokud je nepodpoříme bohatými smyslovými podněty. Učivo zprostředkované názorně, zejména díky vizualizovaným informacím, si žáci většinou rychleji osvojují a navíc neverbální informace vykazují větší trvanlivost. Vhodně vybrané demonstrace žáky zaujmou a ztraktivní průběh vyučovacího procesu. Srozumitelně podané informace navíc upevňují získané poznání v dlouhodobé paměti. Jak uvádí Dostál (2008), aplikace zásady názornosti pomáhá též rozvoji dovedností, návyků a postojů a celkové aktivizaci žáka.

Na druhou stranu je nutné si uvědomit, že názornost je prostředkem, nikoli cílem vyučování (Filová *et al.*, 1996). Jak je patrné z obr. 2, i při uplatňování principu názornosti

platí „všeho s mírou“. Přehušťenost grafickými obrazy a učebními pomůckami totiž může vnášet chaos, odvádět pozornost žáků a brzdí rozvoj jejich abstraktního myšlení.



Obr. 2: K dispozici je široká škála pomůcek. Učitel by však měl při jejich využívání dbát principu přiměřenosti. Převzato z Kyriacou (1996).

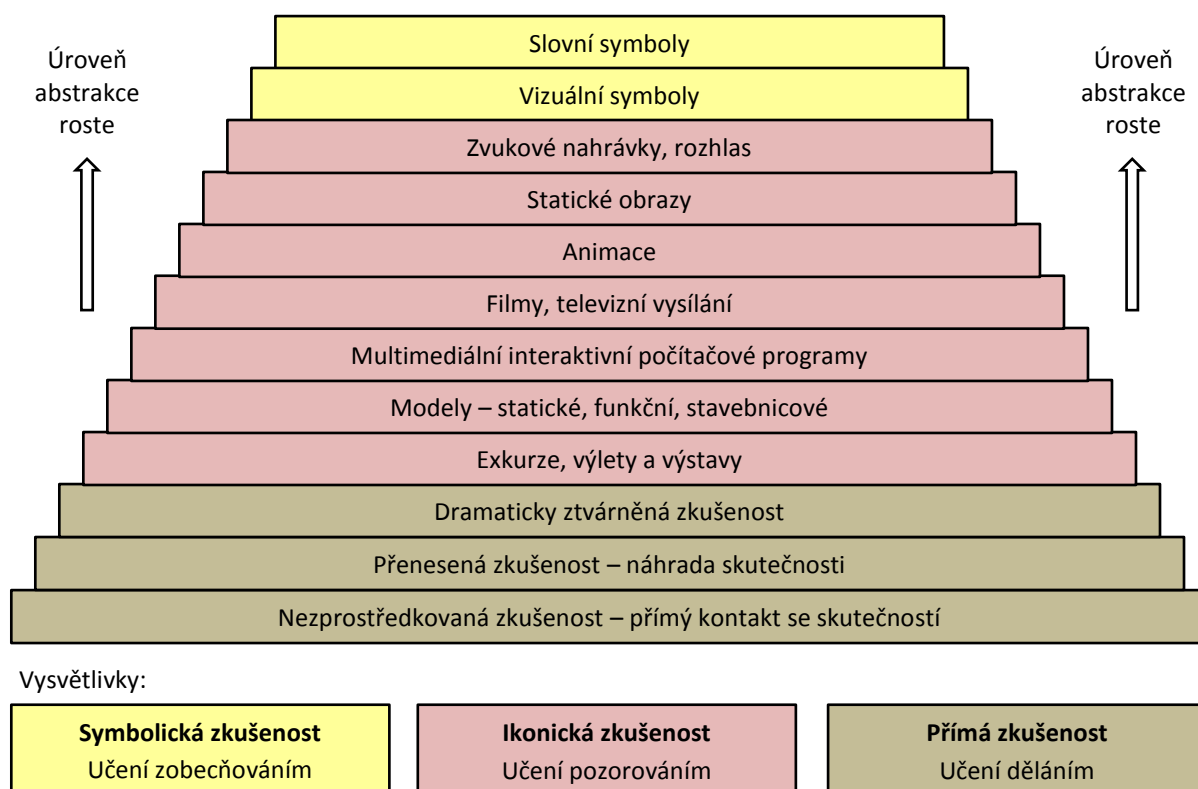
4.1. STUPNĚ NÁZORNOSTI A JEJICH REALIZACE

Jak uvádějí Urbanová a Čtrnáctová (2006), aby byla výuka chemie dostatečně názorná a přesvědčivá, využívá se především chemický experiment, tj. pozorování a poznávání reálných látek a dějů, manipulace s chemikáliemi a pomůckami apod. Dle Maňáka a Ševce (2003) tvoří předvádění reálných předmětů a jevů první, nejvíce konkrétní stupeň názornosti. Důležitý je zejména pro mladší žáky. Dalším stupněm je využívání rozmanitých demonstrací (např. skutečných předmětů a jevů nebo modelů, animací) s cílem realistického, příp. záměrně pozměněného zobrazování skutečných předmětů a jevů. Nejvíce abstraktním stupněm názornosti je postihování reality prostřednictvím schémat, grafů, znaků, symbolů, tabulek apod.

Skutečnost lze tedy ve výuce nahradit různými způsoby, které se liší mírou abstrakce. Jak je patrné z obr. 3 naznačujícího kužel abstrakce, u každého stupně lze využít různé didaktické prostředky (Dostál, 2008). Má-li být výuka skutečně efektivní, měly by v ní být zastoupeny všechny stupně názornosti směřující od empirického, nejvíce konkrétního kontaktu s realitou k jejímu teoretickému uchopení.

Jednotlivé stupně názornosti lze ve výuce chemie realizovat mnoha různými způsoby, ať už díky využití nemateriálních didaktických prostředků (např. různých výukových metod – kap. 4.2. nebo organizační formy exkurze – kap. 4.3.) či materiálních didaktických prostředků (např. rozmanitých učebních pomůcek – kap. 4.4., často prezentovaných prostřednictvím didaktické techniky – kap. 4.5.). Je třeba mít stále na paměti, že je nezbytné

ve výuce didaktické prostředky (různé metody a pomůcky) kombinovat, aby výuka byla různorodá a efektivní.



Obr. 3: Kůžel abstrakce. Nakresleno podle Dostála (2008).

4.2. VÝUKOVÉ METODY JAKO PROSTŘEDEK NÁZORNOSTI

V didaktice pod pojmem výuková (resp. vyučovací) metoda chápeme způsoby záměrného uspořádání činností učitele i žáků, které směřují ke stanoveným cílům (Skalková, 2007). Výukové metody patří mezi nemateriální didaktické prostředky. Učitel má dnes na výběr z velkého množství různých metod, které ve výuce může libovolně kombinovat. Je totiž známo, že dlouhodobé, jednostranné používání metod nepřináší dobré výsledky, ba právě naopak. Je proto žádoucí, aby měl učitel přehled o širší metod, jež má k dispozici, a nebál se je ve výuce obměňovat a doplňovat. Nejvhodnější metodu / metody pak pro konkrétní vyučovací jednotku učitel vybírá na základě stanoveného výchovně vzdělávacího cíle, charakteru obsahu učiva, předpokládaného procesu učení žáků a jejich znalostí, organizační formy vyučování, konkrétní situace (např. technické vybavenosti) i osobní zkušenosti a osobnosti učitele.

Řada autorů přináší klasifikace výukových metod, a to podle rozmanitých kritérií. Velmi podrobně se dělení a charakterizaci výukových metod věnují např. Mojžíšek (1988) nebo Maňák a Švec (2003). Pro účely této práce byla zvolena nejčastěji citovaná klasifika-

ce základních metod vyučování z hlediska „pramene poznání a typu poznatků“ (didaktický aspekt) – např. dle Vališové a Valenty in Vališová, Kasíková *et al.*, 2011; viz tab. 1):

- metody slovní – zdrojem poznání je slovo
- metody názorně-demonstrační (metody názorné) – zdrojem poznání je názor
- metody praktické (metody praktických činností, metody dovednostně-praktické, metody praktických prací) – zdrojem poznání je praktická činnost žáka

Výukové metody	Slovní	Názorně-demonstrační	Praktické
Příklady	<ul style="list-style-type: none"> • monologické metody (např. popis, vysvětlování, výklad, přednáška, vyprávění) • dialogické metody (např. rozhovor, diskuze, dramatizace, beseda) • metoda písemných prací (např. písemná cvičení, kompozice) • metoda práce s textem, učebnicí, knihou (čtení s výkladem, samostatná práce s textem) 	<ul style="list-style-type: none"> • pozorování předmětů a jevů • demonstrace (ukázka, předvádění předmětů, činností, jevů a dějů; demonstrace dvojrozměrných a trojrozměrných pomůcek) • projekce statická a dynamická • ilustrace (kresba na tabuli, obrazy, schémata, grafy, tabulky) • demonstrační pokus (experiment) 	<ul style="list-style-type: none"> • laboratorní činnosti žáků (frontální žákovské pokusy, laboratorní práce) • práce žáků s multiplikáty • nácvik pohybových a pracovních dovedností • instruktáž • didaktické montážní a demontážní práce žáků

Tab. 1: Klasifikace a příklady klasických výukových metod použitelných ve výuce chemie. Upraveno dle Vališové a Valenty (in Vališová, Kasíková *et al.*, 2011), Maňáka a Ševce (2003), Mojžíška (1988), Skallové (2007) a Šimonika (2005).

A dále klasifikace dle Mokrejšové (2009; viz tab. 2):

- metody informační
- metody ilustrační
- metody úkolové a problémové

Z uvedených tabulek je patrné, že názorné prostředky výuky můžeme zařadit mezi názorně-demonstrační metody a metody ilustrační. Blízké jsou jim i metody praktické. Podívejme se nyní blíže, jak lze tyto metody charakterizovat.

4.2.1. Názorně-demonstrační metody

Metody názorně-demonstrační mají v didaktice velmi dlouho tradici a jsou nepostradatelným doplňkem metod slovních. Umožňují totiž, aby výuka byla dostatečně názorná a přesvědčivá. Názorně-demonstrační metody výstižně charakterizuje Skallová (2007): „Tyto metody uvádějí žáky do přímého kontaktu s poznávanou skutečností, obohacují jejich před-

stavy, konkretizují abstraktní systém pojmů, podporují spojování poznávané skutečnosti s reálnou životní praxí.“ Tyto metody obvykle sice zabírají ve výuce delší čas a vyžadují přípravu učitele, na druhou stranu ale činí učivo atraktivnějším. V kombinaci s dalšími metodami by proto měly být nezbytnou součástí systému vyučovacích metod pravidelně používaných na základních i středních školách.

Z výše uvedeného je patrné, že demonstrační metody plní dvě důležité funkce – poznávací a motivační. Jejich základem je plánovitě a cílevědomě aktivní pozorování žáků, které poskytuje dostatečnou zásobu konkrétních představ pro další poznávací činnost, založenou na abstraktním myšlení (Skalková, 2007). Kvalitní demonstrace nejen že zapojuje smysly žáků (žáci aktivně pozorují – dívají se, poslouchají), ale učí je odlišovat podstatné od nepodstatného, postihnout demonstrováný jev jako celek složený z částí, vytvořit obecný závěr apod. Motivační prvek demonstrací může podpořit zájem žáků o probíranou látku. Při demonstrování neuvažujeme pouze vizuální aspekt demonstrace, ale snažíme se zapojit co možná největší počet smyslů žáků; důležité jsou tedy též demonstrace akustické, kineestetické, čichové apod., a to ve spojení s abstraktním slovním výkladem.

Existuje celá řada různých forem názorně-demonstračních metod, které ale mají společné to, že na jedné straně je názorné předvádění materiálu učitelem či příslušným technických zařízení a na druhé straně pozorování předváděných jevů žáky (Maňák, 2003). Žák by však neměl pouze pasivně přihlížet, nýbrž aktivně a cílevědomě pozorovat, přičemž učitel se při tom žákovi stává „rádcem a průvodcem“, který usměrňuje jeho vnímání a uvažování.

V chemii jsou z demonstračních metod využívány zejména demonstrační pokus, pozorování, demonstrace, ilustrace (viz tab. 1), při nichž se uplatňují rozmanité dvojrozměrné a trojrozměrné pomůcky statického i dynamického charakteru. Nejjednodušší formou statické 2D demonstrace je ilustrace, ať už se jedná o obrázek, schéma, tabulku, fotografii, obraz ze zpětné projekce či graf. Důležité je též využívání reálných předmětů a trojrozměrných pomůcek ve výuce, jako např. přírodnin, modelů apod. V souvislosti s rozvojem moderních technologií (zejména multimediálních počítačů) se dnes ve výuce hojně využívají demonstrace dynamického charakteru (animace, filmy). Podrobněji se problematice učebních pomůcek věnuje samostatná kapitola 4.4.

4.2.2. Praktické metody

Staré čínské přísloví praví: „Řekni mi a já zapomenu, ukaž mi a já si zapamatuji, nech mne to udělat a já pochopím.“ Metody praktické či metody praktických činností žáků, které

velmi úzce souvisejí s metodami názorně-demonstračními a nelze je od sebe jednoznačně oddělovat, tedy není možné podceňovat. Hlavním pramenem poznání u těchto metod je vlastní činnost žáků, přímý styk se skutečnými předměty a možnosti manipulace s nimi (Skalková, 2007). Metody praktických prací žáků jsou spojením názoru, slova a praktické činnosti, propojují tedy rovinu vizuální, auditivní i motorickou. Obvykle tyto metody nejsou pouze prostředkem vedoucím k novým poznatkům, ale také přispívají k utváření nových dovedností (Šimoník, 2005). Jak uvádí Skalková (2004), vlastní činnost je nejintenzivnější a nejproduktivnější forma osvojování zkušeností a poznávání.

V chemii mají nezastupitelný význam laboratorní činnosti žáků, jež pomáhají rozvíjet schopnosti žáků pozorovat, samostatně uvažovat, upevňovat manuální dovednosti, případně ve spolupráci s ostatními rozvíjet dovednosti komunikativní (Vališová a Valenta in Vališová, Kasíková *et al.*, 2011). Laboratorní činnosti mohou být realizovány např. formou frontálního pokusu nebo laboratorní práce. V případě frontálních pokusů (experimentů) provádí všichni žáci, zpravidla rozdělení do menších skupin, tentýž pokus buď samostatně, nebo paralelně s demonstračním pokusem učitele. Laboratorní práce probíhají ve školní laboratoři, kde žáci individuálně či ve dvojicích samostatně experimentují, pozorují, popisují, měří apod. Metoda laboratorních prací rozvíjí vědecké myšlení žáků; žáci se při ní učí manipulovat s laboratorním nádobím a přístroji, organizovat svou práci, poznávají laboratorní postupy, dbají na zásady bezpečnosti apod. (Šimoník, 2005). Mojžíšek (1988) rozlišuje tři typy laboratorních prací:

- ilustrační typ – žákům se vysvětluje, doplňuje, ilustruje učivo, které poznali již dříve (např. při výkladu)
- aplikační typ – žáci využívají, opakují a procvičují vědomosti a dovednosti
- objevný typ (heuristického charakteru) – žáci objevují, experimentují, zjišťují nová fakta a vztahy (problémová metoda, součást badatelsky orientovaného vyučování)

Specifickým typem pracovních metod je práce žáků s multiplikáty pomůcek. Při ní má každý žák (event. ve dvojici) k dispozici učební pomůcku (např. model), se kterou může manipulovat a provádět popis, měření apod. Žák tedy může na názorném materiálu aplikovat získané poznatky (Šimoník, 2005).

Dále jsou v chemii důležité montážní a demontážní metody (realizované např. stavebnicovými systémy, konstrukcí modelů atp.), díky kterým se žáci učí prvky analýzy a syntézy a které podporují technické myšlení (Skalková, 2007). Montážní a demontážní práce mají obvykle charakter problémového vyučování (Mojžíšek, 1988).

4.2.3. Ilustrační metody

Ilustrační metody se do značné míry překrývají s metodami názorně-demonstračními a bývají většinou zařazovány mezi ně. Někteří autoři (např. Mokrejšová, 2009) je však vyčleňují jako samostatný typ vyučovacích metod, příp. používají pojem ilustrační metoda jako synonymní k metodě názorné. Jedná se o metody názorné s pojmotvornou funkcí (Mojžíšek, 1988). Jejich využívání ve výuce pomáhá předcházet verbalizmu. Ilustrační metody jsou přehledně charakterizovány v tab. 2, kde jsou porovnány s metodami informačními a úkolovými a problémovými.

Výukové metody	Informační	Ilustrační	Úkolové a problémové
Příklady	Přednáška, výklad, vysvětlení, instrukce, instruktáž, prezentace, žákovský referát, host ve výuce, film	Demonstrace, ukázka, konzultace, exkurze, řízená praxe, demonstrační a modelový pokus, video	Žákovský pokus, projekt, hraní rolí, debata, konference, panelová diskuze, interview, brainstorming
V centru pozornosti	Učitel	Učitel	Žák
Zaměření	Teoretické	Praktické	Praktické
Počet účastníků	Velký	Omezený	Omezený
Účel	Předat množství informací	Předat množství informací, vzbudit zájem o téma	Vzbudit zájem o téma
Výhody	Předávat fakta rychle, přímo a v logickém sledu	Názorné, působí profesionálně a zajímavě	Aktivní podíl účastníků, motivující
Omezení	Odborník není nutně dobrý učitel; posluchači se účastní pasivně; komunikace je jednosměrná	Časová a materiální náročnost, náročné na přípravu; vyžaduje předběžnou průpravu účastníků	Má-li být efektivní, vyžaduje malou skupinu; potřeba pečlivého plánování a řízení
Důležité otázky před přípravou	Jakou znalost, dovednost nebo postoj chci zprostředkovat? Potřebuje ji většina žáků právě teď? Mohu jim poskytnout shrnutí a přehled důležitých bodů? Jak velkou část výuky strávím výkladem? Kladu svým posluchačům během výkladu také otázky? Už jsem někdy slyšel nebo viděl záznam své vlastní přednášky?	Co přesně potřebuji, aby moji žáci viděli právě nyní? Mohou při tom zapojit i jiné smysly než zrak a sluch? Bude ukázka delší než 20 minut? Budou mít možnost zkoušet si něco sami? Dokáží rozpoznat jednotlivé fáze nebo kroky? Je více než jeden možný postup? Už jsem někdy viděl svou vlastní demonstraci?	Potřebuji aktivně zapojit všechny své žáky? Musím já sám slyšet vše, co bude řečeno? Máme čas k vysvětlení možných omylů? Jak moc musím mít věci pod kontrolou? Bude čas na formulaci závěrů? Jak zabráním dominantním jedincům ovládnout pole? Už jsem někdy viděl sám sebe při diskuzi?
Příprava	Potřebuje jasný úvod a přehledný závěr; zařadit příklady; obsah omezit na stravitelnou míru	Časově i metodicky náročná; vyžaduje zvláštní vybavení; nutnost řízení a vysvětlení	Pečlivě připravit úvod do tématu; srozumitelné instrukce a úvodní otázky nebo počáteční stimul

Tab. 2: Klasifikace a charakteristika výukových metod. Zpracováno dle Mokrejšové (2009).

4.2.4. Metoda chemického experimentu

V přírodovědném vzdělávání je třeba u žáků prohlubovat zájem o poznání přírodních jevů a rozvíjet jejich badatelské a výzkumnické činnosti, což je možné hlavně formou experimentu. Chemický experiment plní řadu funkcí. Dle Šedivce a Sirotky (2009) k základním funkcím patří informativní, formativní, metodologická a motivační funkce. Chemický experiment má velký význam při získávání poznatků o přírodních zákonitostech a reakcích. Výše již bylo uvedeno, že nedostatečné experimentování na školách může být jednou z příčin nízké oblíbenosti chemie. Proto je důležité, aby učitel pravidelně zařazoval do vyučování reálné chemické experimenty, a to jak demonstrační, tak i žákovské (frontální, realizované např. formou laboratorní práce). Palazuelos *et al.* (2007) uvádějí, že experimentální práce napomáhá žákům v pochopení a rozvoji porozumění vědeckým konceptům, motivuje žáky, podporuje rozvoj jejich laboratorních dovedností, poskytuje žákům autentický pohled na vědu a vědecké aktivity a podporuje tzv. vědecké přístupy.

Ačkoliv je chemický experiment považován za základ přírodovědného poznání, mnozí učitelé z nejrůznějších důvodů nerealizují chemické experimenty nebo je provádějí pouze v omezené míře. Mezi nejčastější překážky v realizaci experimentů ve školách patří nedostatek času pro pravidelnou experimentální práci, nedostatečně vybavená nebo dokonce chybějící laboratoř, nemalé finanční náklady pro nákup chemikálií a vybavení laboratoře či přísná bezpečnostní pravidla omezující práci žáků s chemikáliemi (Šulcová *et al.*, 2006; Šulcová *et al.*, 2007). Provádění chemických pokusů navíc vyžaduje jisté předchozí znalosti a zkušenosti žáků či experimentátorů (Lomovcicová *et al.*, 2004). Někteří učitelé se navíc osobně nezajímají o realizaci experimentů, příp. učí chemii neodborně (Harvanová a Melichová, 2008).

Vzhledem k významu chemického experimentu by se učitelé měli snažit ve výuce chemie provádět efektní pokusy, aby si žáci v první řadě vytvořili kladný vztah k předmětu a k získávání nových poznatků. S ohledem na problémy s realizací reálných experimentů, je v současnosti trendem využívat i další možnosti pro zprostředkování chemických experimentů žákům – např. video-pokusy či počítačové animace. Pomocí počítače, příp. video-přehrávače lze vizualizovat chemické pokusy (ať už animované nebo reálné video-sequence pokusů) s nebezpečnými či drahými látkami. Je nutné zdůraznit, že přes řadu výhod, které video-pokusy či počítačové animace nabízejí (je možné je zastavit, zpomalit či zrychlit, odpadá příprava na pokus a úklid po experimentu apod.), nikdy nemohou plně nahradit pokus reálný a lze je využít spíše jako alternativu při nedostatku materiálního vybavení nebo nemožnosti provedení reálného experimentu (blíže např. Vrzáčková, 2013).

Vhodnou kombinací reálných a zprostředkovaných chemických experimentů se učitelům otevírá nová dimenze možností ke zkvalitnění poznávacího procesu od jevové stránky k pochopení průběhu a podstaty chemických dějů (Šulcová *et al.*, 2006). Rozboru výhod a nevýhod používání multimédií ve výuce se bude věnovat kap. 4.5.1. Při hledání možných způsobů, jak zatraktivizovat učivo, které téměř nelze ilustrovat reálnými experimenty (jako např. některé celky z učiva obecné chemie), lze použít i „neexperimentální“ demonstrace bez využití multimediální techniky (viz kap. 5.3.1.).

Demonstrační experimenty a zásady jejich provádění

Demonstrační experiment nemůže nahradit osobní zkušenost žáků při individuální práci v laboratoři. Přesto je důležité demonstrační pokusy do výuky pravidelně zařazovat, protože umožňují rozvíjet schopnost žáků pozorovat, vytvářet predikce, formulovat závěry atp. Experimenty v demonstračním provedení jsou vhodné zejména u pokusů, kde by realizace samotnými žáky mohla být nebezpečná nebo příliš náročná (vzhledem ke zkušenostem žáků), příp. je učitel předvádí, pokud při nich používá drahé nebo jedovaté chemikálie či složité aparatury. Pokud jsou demonstrační experimenty zařazeny na začátek hodiny, mohou posloužit jako užitečný nástroj pro ukázání a následné vysvětlení určitého principu.

Každý učitel chemie by měl získat dovednosti v provádění demonstračních experimentů – měl by vědět, co dělat a jak a co nedělat a proč. Většina z následujících zásad, které zformuloval Van Horne již roku 1930, je platná pro demonstrování obecně:

- Demonstrační experimenty je třeba (podobně jako divadelní představení) vždy dobře naplánovat i přesně provést.
- Předem je třeba připravit všechny potřebné chemikálie i součásti aparatury. Laboratorní sklo musí být čisté, aparatura správně sestavená – učitel totiž žákům musí jít příkladem pro správné utváření návyků pro laboratorní práci.
- Učitel by si měl pokus předem vyzkoušet, aby se ujistil, že vše proběhne tak, jak má a že dosáhne požadovaných výsledků (např. že bude dostatečně zřetelná změna zbarvení, pokus proběhne v čase pro něj vymezeném apod.).
- Pro všechny žáky musí být demonstrace jasně viditelná – pokud je to třeba, je nutné změnit uspořádání třídy tak, aby všichni měli ničím nerušený pohled.
- Před samotným provedením experimentu by měl učitel žákům popsat součásti aparatury a používané pomůcky a ukázat (event. nechat v označených lahvích kolovat) chemikálie, které bude při pokusu používat, pokud je to možné.

- Předem mohou žáci dostat text s popisem demonstrace, jež uvidí, a s otázkami vztahujícími se k jejich znalostem či zkušenostem s daným jevem / dějem.
- V některých případech může učitel požádat někoho ze žáků o asistenci během přípravy pokusu či samotné demonstrace.
- Učitel by měl směřovat pozornost žáků k důležitým aspektům experimentu (zvláště pokud daný jev může být pro nezkušeného pozorovatele těžko postřehnutelný).
- Učitel by měl být schopen zároveň pokus předvádět i komentovat.
- Po provedení demonstrace by měl učitel žáky povzbuzovat k diskuzi – hledání podstatných faktů a souvislostí, generalizaci, vyvozování závěrů atd.

4.3. EXKURZE JAKO PROSTŘEDEK NÁZORNOSTI

Jak poukazuje Skalková (2007), z hlediska spojování vyučování s reálným životem je neopomenutelný i takový typ demonstrací, který se uskutečňuje formou exkurze. Exkurze je jednou z organizačních forem vyučování. Realizuje se v prostředí mimo školní učebny, tj. např. v přírodě, muzeu, výrobním podniku či třeba vědecké instituci. Exkurze patří k často využívaným prostředkům vyučování a její význam neustále vzrůstá, protože umožňuje ukázat žákům skutečné předměty, činnosti, děje v přirozených podmínkách. Používá se s různými cíli – správně realizovaná exkurze podporuje názornost vyučování, prohlubuje znalosti žáků, ukazuje praktický význam osvojovaných poznatků a jejich využití, navozuje vztah vyučování k praktickému životu, posiluje motivaci a zájem žáků.

Stejně jako každá organizační forma má i exkurze vedle nesporných výhod jistá úskalí. Zejména se jedná o značnou časovou náročnost, a to jak přípravy exkurze, tak její samotné realizace. Učitel je v rámci organizace exkurze zodpovědný za výběr vhodného místa, zajištění kvalitních materiálů i za bezpečnost žáků mimo školní budovu. S ohledem na delší časový úsek, který realizace exkurze vyžaduje, se učitel navíc může setkat s odmítavým postojem kolegů vůči exkurzi.

Co se týká klasifikace exkurzí, v souvislosti s cílem a úkoly bývají exkurze jednooborové nebo komplexní (víceoborové), kterých se účastní učitelé různých oborů. Exkurze má fáze přípravy, vlastního provedení a zhodnocení exkurze. Didaktická účinnost exkurze do značné míry závisí na důkladné a promyšlené přípravě. Během exkurze učitel používá velké množství vyučovacích metod. Ve fázi vlastního provedení exkurze však hraje rozhodující roli metoda demonstrace. Mojžíšek (1988) takovýto typ demonstrace označuje termínem „exkurzní demonstrace“. Tato metoda je výrazně uzpůsobena cíli a podmínkám exkurze a je výrazně časově omezena (nelze ji za daných okolností kdykoliv opakovat).

4.4. UČEBNÍ POMŮCKY JAKO PROSTŘEDEK NÁZORNOSTI

Významnou roli ve vyučování hrají rozmanité učební pomůcky. Jejich prostřednictvím se taktéž realizuje princip názornosti. Učební pomůcky patří mezi materiální didaktické prostředky, tj. materiální předměty, které zajišťují, podmiňují a zefektivňují průběh vyučovacího procesu. V Pedagogickém slovníku Průchy *et al.* (2004) jsou učební pomůcky definovány jako „*předměty zprostředkující nebo napodobující realitu, napomáhající větší názornosti nebo usnadňující výuku*“. Tyto předměty jsou v úzké souvislosti s vyučovací metodou a organizační formou výuky a při správném metodickém zakomponování do edukačního procesu napomáhají dosažení výchovně vzdělávacích cílů tím, že usnadňují proces učení žáků, pomáhají k hlubšímu osvojování vědomostí a dovedností.

Cipro (1977; in Šimoník, 2005) charakterizuje učební pomůcky tak, že:

- přibližují to, co je daleké
- zvětšují to, co je nepatrné
- zmenšují to, co je příliš velké
- zpomalují to, co je příliš rychlé
- zrychlují to, co je příliš pomalé
- odhalují to, co je skryté
- konkretizují to, co je abstraktní
- zpřítomňují to, co je minulé
- fixují to, co je prchavé
- zpřehledňují to, co je složité

Učební pomůcky by měly být nedílnou součástí výuky, protože mohou pomoci žákům objasnit učivo, lépe ho pochopit a uchovat v paměti. Jak uvádí Dostál (2008), používání pomůcek ve výuce (ať už reálných předmětů či jejich napodobenin a zobrazení) umožňuje propojení vzdělávání s praxí. Do výuky mohou být včleněny ve formě demonstrace (demonstrační pomůcky) nebo se mohou stát objekty manipulace žáků (multiplikáty). Manipulace s pomůckami žáky může aktivizovat a vést k bezprostřednímu cílevědomému zkoumání, jež má motivační charakter.

Učební pomůcky mohou ve výuce plnit celou řadu funkcí. Např. podle Vaněčka (2008) mohou být funkce pomůcek ve výchovně vzdělávacím procesu následující:

- informační funkce
- transformační funkce
- aktivizační funkce

- regulační funkce
- motivační funkce
- deskripční funkce
- aplikační funkce
- demonstrační funkce
- repetiční funkce
- examinační funkce

Maňák (2003) k nejdůležitějším funkcím učebních pomůcek řadí následující:

- gnozeologická funkce (realizace jednoty konkrétního a abstraktního)
- intelektuální funkce (rozvoj vnímání, pozornosti, myšlení)
- funkce komunikativnosti a sociability (usnadnění komunikace, navozování vztahů, pochopení sdělovaných obsahů)
- výchovná funkce (působení na celkový rozvoj osobnosti žáka)

Má-li mít použití pomůcek ve výuce pozitivní přínos, je nutné vybírat je cílevědomě na základě určitých hledisek. Aby měla učební pomůcka co možná nejlepší didaktickou účinnost, měl by učitel volit adekvátní formu výuky a vybrat vhodné metody. Skalková (2007) doporučuje učitelům pro volbu vhodné učební pomůcky respektovat cíl, který ve vyučování sleduje. Dále je důležité výběr pomůcky přizpůsobit věku a psychickému vývoji žáků a jejich dosavadním zkušenostem a dovednostem. Opomenuty nesmí být ani podmínky využití pomůcky, tj. vybavení třídy a školy a zkušenosti a dovednosti učitele.

Jak uvádí Šimoník (2005), dobrá učební pomůcka má pravdivě odrážet skutečnost, měla by být zajímavá, poutavá a bezpečná. Pokud je to možné, žáci by měli být seznamováni se skutečnými předměty, jevy a procesy. V určitých případech však může být vhodnější ukázka zprostředkovaná (např. modelem nebo schématem) – třeba kvůli velikosti objektu (struktura molekuly), složitosti děje (lze zpomalit, příp. zrychlit, zdůraznit důležitou část, nepodstatné eliminovat) apod.

4.4.1. Klasifikace učebních pomůcek

Učební pomůcky můžeme rozdělovat do kategorií na základě různých kritérií a přístupů. Podle toho, kdo s pomůckami pracuje, je můžeme dělit na:

- **demonstrační pomůcky** – pracuje s nimi učitel
- **multiplikáty** – pracují s nimi žáci

Podle Obsta (in Kalhous, Obst *et al.*, 2002) a Vaněčka (2008) můžeme učební pomůcky třídit následujícím způsobem (třídění bylo upraveno pro výuku chemie):

- **původní předměty a reálné skutečnosti**
 - přírodniny a syntetické látky
 - v původním stavu (např. minerály, přírodní látky)
 - upravené (např. plasty)
 - chemické nádobí (např. laboratorní sklo) a pomůcky (např. váhy, mikroskop)
 - jevy a děje
- **zobrazení a znázornění předmětů a skutečností**
 - modely
 - zobrazení
 - prezentovaná přímo (např. fotografie, obrazy, schémata, symboly, grafy, tabulky)
 - prezentovaná pomocí didaktické techniky (statické – zápisy a nákresy na tabuli, dynamické – filmy, animace)
 - zvukové záznamy
- **textové pomůcky**
 - učebnice (klasické a programované) a výukové texty
 - pracovní materiály (např. pracovní sešity, studijní návody, sbírky úloh, tabulky, návody na pokusy)
 - doplňková a pomocná literatura (např. časopisy, encyklopedie)
 - internet
- **pomůcky prezentované didaktickou technikou**
 - promítaná zobrazení (např. fólie, obrázky, animace, fotografie)
 - promítané texty (např. fólie, video-texty)
 - promítané reálné situace (např. video-pořady, počítačové programy)
 - multimediální učební pomůcky (např. multimediální prezentace, multimediální učebnice)
- **speciální pomůcky**
 - např. žákovské experimentální soustavy

Dle senzoriální percepce můžeme učební pomůcky dělit na:

- **vizuální** – skutečné předměty (např. přírodniny), zobrazení (ve 2D schémata, symboly apod., ve 3D modely), textové pomůcky atd.
- **zvukové (akustické, auditivní)** – např. audiokazeta, CD, MP3

- **audiovizuální** – např. video-program, DVD, film
- **dotykové** – např. interaktivní tabule
- **smíšené** – působí současně na více smyslů

Velký význam mají zejména vizuální pomůcky, které podávají nevizuální abstraktní myšlenky vizuálním způsobem (např. prostřednictvím obrázku, tabulky, grafu, modelu apod.). Neverbální obrazové informace se ve vyučování uplatňují v podobě statistického a dynamického zobrazování skutečnosti. K hlavním výhodám vizuálních pomůcek dle Pettyho (1996) patří:

- upoutávají pozornost
- přinášejí změnu a vzbuzují zájem
- napomáhají konceptualizaci – mnoha abstraktním pojmům porozumíme lépe vizuálně než verbálně
- jsou snáze zapamatovatelné
- jsou projevem učitelova zájmu

Ve výuce chemie se uplatňují zejména chemické rovnice, symboly, diagramy, tabulky a grafy v učebnicích, ukázky přírodnin a chemikálií, chemické nádoby a laboratorní potřeby, počítačové animace. Jedná se o nástroje, které žákům pomáhají vytvářet si mentální modely a porozumět vědeckým konceptům (Treagust *et al.*, 2004). Velmi důležitými, hojně v chemii využívanými vizuálními pomůckami jsou též modely. Podrobněji o nich pojednává následující kapitola.

4.4.2. Modely

Charakteristika modelů

Modely bývají definovány jako znázornění objektu nebo principu na základě určité analogie (Treagust *et al.*, 2004). V chemii se modely používají jak pro znázornění pozorovaných jevů / dějů, tak i pro jejich vysvětlení (tzn. na makroskopické i submikroskopické úrovni). Justi a Gilbert (2003) uvádějí, že modely jsou konkrétním, vizuálním, matematickým a / nebo verbálním způsobem znázornění, někdy za použití speciálních symbolů (např. vzorců pro sloučeniny). Hunterová (1999) označuje model za druh příkladu, který zdůrazňuje rozhodující znak. Podobně Maňák (2003) vysvětluje termín model jako zobrazení určitého jevu skutečnosti prostřednictvím těch rysů, které jsou podstatné z hlediska sledovaného cíle. Průcha *et al.* (2004) vykládají termín model jako výsledek modelování (např. počítačový model, trojrozměrný model aj.). Modelování pak chápou jako „konstrukci

zjednodušeného obrazu reality, který umožní studovat modelovaný objekt, systém nebo proces, formulovat předpovědi jeho chování, popř. testovat intervenční strategie“.

Tvorba modelů je stará asi jako lidstvo samo. Je pravděpodobné, že chemické myšlenky byly vizuálně, matematicky nebo slovně modelovány od té doby, co byly vytvářeny. Dnes chemické modely slouží zejména k názorné prezentaci struktury látek – umožňují popsat stavbu atomu, zviditelnit prostorové uspořádání atomů a funkčních skupin ve struktuře molekul apod. Molekulární modely jsou také důležitými nástroji ve studiu stereochemie, vlastností a reaktivity látek. Díky nim mohou chemici předpovídat chování modelovaných látek a lépe plánovat experimentální aktivity. Dle Gilberta *et al.* (1998) proto mají modely dvě základní funkce: deskriptivní a prediktivní. Deskriptivní role zahrnuje to, jak by objekt (např. molekula) měl vypadat (ukazuje např. tvar molekuly). Prediktivní role se týká vytváření a testování predikcí (např. existence izomerů, reaktivity sloučeniny).

Je zřejmé, že modely hrají v chemii jednu z klíčových rolí. Díky nim docházelo (a stále dochází) k vývoji a zpřesňování našeho poznání. Modely proto nesmí být opomíjeny ani v chemickém vzdělávání!

Typy modelů

Ve výuce chemie se často používají materiální modely. Řada škol disponuje stavebnicemi, které umožňují sestavit modely molekul organických i anorganických sloučenin. Vedle toho bývají k dispozici i hotové molekulové modely, a to zejména modely kalotové („space-filling“) či kuličkové („ball and stick“). Tyto modely ke znázornění tvaru molekul využívají různobarvené kuličky, jež představují atomy (druh atomů je dán barvou), v případě kuličkových modelů jsou pomocí tyčinek znázorněny i vazby v molekulách.

Klasifikace modelů může být provedena podle celé řady hledisek, např.:

- dle toho, co zobrazují:
 - **zobrazují objekt** – např. atom (u tématu stavba atomu), látku (struktura látky)
 - **zobrazují princip** – vysvětlení určitého chemického jevu / děje
- z hlediska času:
 - **statické modely** – neuvažují prvek času, vhodné např. pro prezentaci struktury
 - **dynamické modely** – vhodné pro prezentaci děje, např. mechanismu reakce, bi-ochemického cyklu
- dle uspořádání v prostoru:
 - **planární modely (dvojměrné, 2D)** – např. strukturní vzorec
 - **prostorové modely (trojměrné, 3D)** – materiální modely

- dle toho, jak jsou prezentovány:
 - **prezentovány přímo pomocí materiálních modelů**
 - podle použitého materiálu: papírové, plastové, dřevěné apod.
 - podle zobrazovaného obsahu: modely orbitalů, atomu, molekul, krystalů atd.
 - **prezentovány pomocí počítačových programů** (např. ChemSketch, JChemPaint, PC Spartan Pro)
- dle účelu (Gilbert *et al.*, 1998):
 - **vědecké modely** – modely vědecké teorie uznávané vědeckou veřejností
 - **výukové modely** – používané učiteli za účelem porozumění vědeckým modelům
 - **mentální (konceptuální) modely** – osobní představa jedince utvářená na základě zkušenosti
 - **vyjádřené modely** – mentální modely vyjádřené pomocí akce, řeči nebo psaného projevu

Didaktické aspekty použití modelů ve výuce chemie

Modely a skutečné předměty umožňují propojení výuky s realitou a obvykle vyvolávají zájem žáků (Skalková, 2007). Mnoho žáků si představuje modely pouze jako přesné kopie reality, zatímco modely ve skutečnosti nemusí přesně postihovat všechny aspekty daného jevu / děje (Urbanová a Čtrnáctová, 2007). Prostřednictvím modelů učitel názorně demonstruje a zjednodušuje daný objekt, pojem, jev, děj nebo zákonitost, např. stavbu atomu, strukturu látky, mechanismus reakce apod. Model proto nemusí obsahovat nepodstatné části, na druhou stranu mohou být pro lepší orientaci jednotlivé části modelu obarveny (Petty, 1996). Od reality se model obvykle odlišuje i svou velikostí – konstruovány bývají zvětšeniny či zmenšeniny. Jak uvádí Hunterová (1999), účinný model by měl být přesný, jednoznačný, názorný a pravdivý. Méně jednoznačné modely a modely netypických případů by měly být ve výuce uváděny až nakonec.

Na střední škole (SŠ) by měly být modely používány také proto, že žáky povzbuzují k diskuzi – k vyjádření vysvětlení, určení názvu molekuly, identifikaci izomerů či k predikci (např. vlastností molekuly, reaktivity). Díky modelům získáváme představu o tom, jak věci fungují a modely též umožňují vizualizovat obrazy vytvářené v mysli. Modely jsou tedy vytvářeny za určitým účelem, ale mohou být změněny v souvislosti s tím, jak se mění naše poznání (Justi and Gilbert, 2003).

Učitel může modely zakoupit (např. komerčně dostupné kalotové modely či modely orbitalů, stavebnice pro výrobu modelů molekul apod.) či vytvářet sám (např. papírové modely, modely konstruované z polystyrenových kuliček a slámek, PET lahví atd.), příp. je může nechat vyrábět i samotnými žáky.

Jak zdůrazňuje Petty (1996), důležité je zvolit správnou velikost modelu – při demonstračním využití musí být dostatečně veliký, aby byl vidět přímo z lavice i z konce třídy. V případě že je model příliš malý, než aby byl předváděn celé přídě, je vhodné jej nechat kolovat či si ho prohlédnout ve skupinách.

Model bývá vytvořen nebo vybrán obvykle před zahájením výuky. Pečlivě zvolený model se může totiž stát vynikajícím pomocníkem pro pochopení učiva. Výzkumy opakovaně potvrzují, že 3D modely zlepšují učení žáků a mohou sloužit jako užitečný nástroj pro usnadnění pochopení struktury molekul i jejich reaktivity (viz např. Copolo and Hounshell, 1995; Pribyl and Bodner, 1987; Stieff *et al.* 2005). Díky modelům může být usnadněn též proces uchování informace v dlouhodobé paměti a jejího vybavení a použití v nových situacích. Každý žák by proto měl mít možnost s modely manipulovat, a to jak vlastníma rukama, např. prostřednictvím molekulového modelu (který si ideálně předtím sám poskládá), tak třeba na obrazovce počítače při využití příslušného programu.

Používání počítačových modelů v posledních letech získává významné postavení v chemickém výzkumu i ve vzdělávání. Díky počítačovému softwaru mohou žáci molekuly různě natáčet, rotovat atomy kolem vazeb, měnit atomy, měřit vazebné úhly apod. Výhodou počítačového modelování, resp. použití počítačové techniky, je i to, že učitel může promítnout obraz modelované molekuly na promítací plátno (či na stěnu), kde si všichni žáci zároveň mohou prohlédnout zobrazovanou molekulu. Ve výuce chemie by se však mělo vhodně kombinovat použití různých typů modelů, což dokládají výsledky výzkumu Copolo a Hounshella (1995), ze kterých vyplynulo, že žáci, kteří ve výuce pracovali s kuličkovými a současně i počítačovými modely, zaznamenali signifikantně vyšší úspěšnost v testu týkajícím se identifikace izomerů oproti skupinám žáků, které pracovali pouze s 2D zobrazeními v učebnicích nebo používali pouze počítačové či pouze kuličkové modely.

4.5. DIDAKTICKÁ TECHNIKA JAKO PROSTŘEDEK NÁZORNOSTI

Názornost ve výuce lze zvyšovat také díky použitím zařízení a přístrojů, které označujeme pojmem didaktická technika (či technické výukové prostředky). Při použití didaktické techniky je možné prezentovat učební pomůcky a předložit je tak žákům v nejefektivnější formě. Na školách jsou využívány zejména (upraveno podle Šimoníka, 2005):

- **tabule** (klasická, magnetická, dotyková apod.)
- **zvukové přehrávače** (např. magnetofon, CD-přehrávač, MP3-přehrávač)
- **přístroje pro statickou projekci** (např. zpětný projektor, diaprojektor, epiprojektor, vizualizér)
- **přístroje pro dynamickou projekci** (např. televizor, video-projektor, DVD-projektor, datový projektor)
- **multimediální technika** (např. počítač, interaktivní tabule)

Podle smyslů, na které didaktická technika působí, ji můžeme dělit na techniku vizuální, auditivní, audiovizuální apod. V poslední době dochází k vývoji didaktické techniky zejména směrem k propojování počítačových a dalších elektronických systémů a tvorbě multimédií. Multimediální počítače s dataprojektory a interaktivní tabule se ve školách stávají stále častějšími pomocníky pro prezentaci učebních pomůcek. Problematikou používání multimédií ve výuce chemie se v této práci zabývá následující kapitola. Uplatňování zásady názornosti při výuce s použitím interaktivní tabule se podrobněji věnuje např. práce Dostála (2009).

4.5.1. Multimédia ve výuce chemie

Vývoj společnosti, vědy a techniky je závratný. Jsme zaplavováni neustálým proudem nových informací a technologií. Jak poznamenává Šmejkal (2005), v poslední době se počítače, internet a jiné multimediální prostředky stávají stále běžnější pomůckou učitelů chemie v edukativním procesu. Důvodem je zejména pokles cen techniky používané pro přípravu i prezentaci studijních materiálů, s čímž souvisí lepší vybavenost učeben a kabinetů touto technikou, ale také pozvolný růst počítačové gramotnosti u učitelů chemie i u žáků základních a středních škol. Podívejme se blíže na výhody a nevýhody využití multimédií ve výuce.

Multimédia bývají počítány mezi nejúčinnější učební prostředky dnešní doby. Výhod multimédií je totiž celá řada. Předně to, co naznačuje už sám jejich název, a sice že kombinují celou řadu různých typů informací na jediném nosiči – text, obrázky, grafy, fotografie, animace, video a zvukové záznamy (mluvené slovo, hudba) jsou trvale uloženy na disku CD-ROM. Vzhledem ke známému faktu, že obrázky jsou vnímány s menší mírou abstrakce než text, multimédia mohou být velmi účinným nástrojem zprostředkovávajícím správné pochopení i velmi složitých chemických dějů a faktů, které lze pomocí pouhého textu nebo samotných obrázků pochopit jen těžko (Šmejkal, 2005). Dalším důvodem jejich úspěchu je, že jsou interaktivní, takže uživatel nepřijímá informace pasivně (jako když čte

knihu nebo se dívá na televizi), ale ovládá je, vybírá si a rozhoduje se, které z různých cest prozkoumat, přičemž se může libovolně, vlastním tempem pohybovat dopředu, dozadu nebo od jedné ke druhé (Bowen, 1997). To umožňuje, aby žáci při výuce postupovali svým vlastním tempem. Jak uvádí Šmejkal (2005), využití obrázků, pohybu a do určité míry interaktivity je zvláště vhodné pro vyvolání vyšší pozornosti u žáků. Multimédia jsou mezi žáky populární i proto, že ve výuce spojují zábavné a vzdělávací prvky. Jak píše např. Bowen (1997), aby udržely zájem žáka, multimédia kombinují faktografické informace s praktickými ukázkami. Pro názornost a oživení psaných informací se zařazuje animace, video, zvuk či hypertextové odkazy, které umožňují vyhledat konkrétnější informace nebo prozkoumat téma do širě.

Ani multimédia ale nejsou dokonalou učební pomůckou. Nákup zařízení nutného pro použití multimédií ve školní výuce (tj. multimediálního počítače, dataprojektoru, interaktivní tabule, příslušného softwaru atd.) je poměrně nákladný. Ačkoliv materiální vybavenost českých škol je lepší než kdy jindy, na řadě škol je využívání multimédií omezeno, ať už z důvodu nevelkého počtu tříd vybavených příslušnou technikou, nebo pro malou oblibu (zejména starších) pedagogů ve využívání těchto pomůcek. Ne vždy je tedy potřebná technika dostupná a také ne každý pedagog je ochotný (a schopný) ji využívat. Navíc je dle Šmejkal (2005) nutno uvažovat i časovou náročnost tvorby výukových materiálů či nutnost zvládnutí programů potřebných k práci s multimédií. Kromě toho mohou být žáci v souvislosti s ohromným „boomem“ informačních technologií při nadměře používání multimédií (např. při častém používání ve výuce, při řešení domácích úkolů, hraní her ve volnočasových aktivitách atd.) jimi přehlčeni, což může vést ke ztrátě jejich zájmu.

Je důležité, aby soudobá škola byla otevřená používání moderních didaktických prostředků, ovšem s jasnou koncepcí. Skalková (2004) výstižně uvádí, že *„honbu za počítači bez konkrétní pedagogické motivace nelze pokládat za pedagogicky zdůvodněnou.“* Multimédia je nutné využívat s rozvahou, např. tam, kde učitel nemá možnost provést demonstraci reálného materiálu či děje nebo v případě, kdy je dynamické zpracování počítačem názornější či když není možné reálné objekty pozorovat přímo, třeba kvůli malé velikosti či dostupnosti apod. (Dostál, 2001). Skalková (2004) také upozorňuje, že nebezpečí používání médií je v tzv. ikonickém osvojování a konzumní názornosti, vedoucí k vyhýbání se náročnějšímu pojmovému myšlení, a dále v potlačení vlastní činnosti žáků, jež má poznávací význam a při níž se většinou uplatňuje více smyslů.

Mezi další úskalí využití informačních technologií ve výuce patří zmenšení osobního kontaktu mezi učitelem a žákem (i mezi žáky navzájem). Otázkou je, jaké dopady může mít nadhodnocení používání multimédií na schopnosti a dovednosti týkající se např. vyja-

dřování mluveným slovem. Dostál (2001) navíc zdůrazňuje nezastupitelnou roli učitele v oblasti výchovného působení, kterou multimédia nikdy nemohou plně nahradit.

Multimédia jsou mocným nástrojem pro zkvalitňování výuky, který může napomoci správnému pochopení probírané látky a také významně přispět ke zvýšení zájmu žáků (nejen) o přírodovědné předměty. Multimédia mohou usnadnit samostatnou přípravu žákům, kteří nebyli přítomni výkladu, mohou také pomoci při prověřování vědomostí žáků. Na druhou stranu i multimédia přinášejí řadu nevýhod či omezení (finanční náklady na pořízení hardwaru a softwaru, časovou náročnost tvorby výukových materiálů, schopnost zvládat příslušné programy, vhodnost použití ve výuce atd.). Je proto důležité hledat alternativní způsoby, kterými je možné žáky zaujmout a názorně jim zprostředkovat poznání. To je možné např. prostřednictvím jednoduchých demonstrací bez použití multimediální techniky, jak bude rozvedeno dále v kap. 5.

5. DEMONSTRACE VE VÝUCE CHEMIE

5.1. CHARAKTERISTIKA DEMONSTRACÍ

Demonstrace patří mezi názorně-demonstrační vyučovací metody. Termín demonstrace nemá ustálenou jednotnou definici. Obvykle však bývá chápán ve smyslu názorného prostředku, jenž umožňuje objasnit žákům určitý úsek učiva. Podle Vališové a Valenty (in Vališová, Kasíková *et al.*, 2011) demonstrace znamená názornou ukázkou předmětu či procesu. Šimoník (2005) jako synonyma pro demonstraci používá pojmy ukáзка a předvádění. V pedagogickém slovníku (Průcha *et al.*, 2004) je demonstrace definována jako „*názorné předvedení věci, jevu, procesu žákům, přičemž nejde o pouhé ukázání, nýbrž i o učitelem řízené pozorování a poznávání.*“ Názorné předvádění tudíž bývá doplněno o slovní doprovod (učitelův výklad, příp. otázky na žáky).

Jak uvádí Roadruck (1993), někteří učitelé chemie se však demonstracím vyhýbají, protože tvrdí, že demonstrace jsou příliš náročné na čas (jejich příprava i provedení). Navíc není zaručeno, že se vždy podaří. Kromě toho prý demonstrace žáky spíš pobaví, než by je něco naučily.

Na druhou stranu existuje mnoho dobrých důvodů pro to, aby učitel ve výuce demonstrace předváděl. Demonstrace jsou názorným prostředkem usnadňujícím osvojení náročného teoretického učiva a přispívajícím k dosažení stanovených výukových cílů. Využívání demonstrací v jednotlivých fázích výuky chemie (např. ve formě ukáзки reálných předmětů, modelů, animací, učebních pomůcek, které didakticky zjednoduší realitu apod.) může velmi výrazně zvyšovat názornost této výuky, a tím i její efektivnost. Vizualizace totiž pomáhá žákům v porozumění učivu, upevnění vědomostí, rozvíjení kritického myšlení či včlenění nových vědomostí do již existující vědomostní struktury (Bálintová, 2005).

Tanis (1984) mezi hlavní důvody podporující zařazování demonstrací do výuky chemie počítá to, že demonstrace poskytují konkrétní, vizuální příklady abstraktních konceptů. Demonstrace tedy žákům pomáhají vytvářet spojení mezi teorií a realitou. Navíc nemusí být ztrátou času – správně vybraná demonstrace může ilustrovat chemický princip za stejně dlouhou dobu, která by byla třeba k vysvětlení tohoto principu.

Další důvody pro předvádění demonstrací nalezneme u Bodnera (2001), který tvrdí, že demonstrace jsou u žáků oblíbené – poutají jejich pozornost a motivují je. Navíc demonstrace žákům dávají prostor pro oddych od velkého množství informací, které v hodině získávají. Podobně i Roadruck (1993) uvádí, že demonstrace jsou hodnotným nástrojem pro výuku chemie, protože umožňují ukázat chemické jevy a děje, vzbuzují u žáků zvědavost, stimulují jejich myšlenkové procesy a rozvíjejí pozorovací schopnosti. Po předvedení

demonstrace může učitel žáky prostřednictvím diskuze vést ke kritickému myšlení a k používání vědeckých principů a teorií k vysvětlení demonstrovaného jevu.

Pokud bychom měli shrnout výhody demonstrací, patřily by k nim zejména tyto:

- umožňují aplikaci principu názornosti
- usnadňují porozumění učivu a jeho zapamatování
- propojují teorii s praxí
- látku přiměřeně didakticky zjednoduší – za předpokladu zachování principu vědeckosti (demonstrace ověřené a pravdivé)
- lze je využít ve všech fázích výuky
- rozvíjejí pozorovací schopnosti žáků
- stimulují myšlenkové procesy žáků
- fungují jako náhrada za složité, drahé, nebezpečné laboratorní experimenty
- obsahují motivační prvek
- aktivizují žáky (vytvářejí přechod od neúmyslné pozornosti k úmyslné)
- oživují výuku (není pak jednotvárná a nudná)

Vzhledem k výčtu pozitiv, které používání demonstrací může přinést, stojí za to věnovat demonstracím čas ve výuce a podstoupit riziko, že se třeba ne vždy povedou. Obavy z neúspěchu nejsou opodstatněným důvodem pro absenci demonstrací ve výuce chemie. I učitel je jen člověk, který může udělat chybu. Navíc platí rčení „cvičení dělá mistra“ – pokud bude učitel demonstrace do výuky zařazovat pravidelně, jistě časem získá potřebnou zručnost pro jejich správné provedení a odhad pro efektivní načasování.

5.2. RADY A TIPY PRO PŘÍPRAVU A REALIZACI DEMONSTRACÍ

Aby měla demonstrace co možná největší přínos pro žáky, je nutné dodržovat určité zásady při jejím výběru, přípravě i vlastní realizaci. Zajímavé, dobře viditelné a srozumitelné demonstrace, správně načasované, přesně a důkladně předvedené, usnadňují porozumění učivu, a proto jsou pro žáky i velmi motivující. Volba demonstrace musí být provedena s ohledem na vytčené výchovně vzdělávací cíle, věk a úroveň psychického vývoje žáků, vybavení školy a dovednosti učitele. Je důležité, aby obsah demonstrovaného byl přístupný žákům, tzn. aby byl na úrovni, kterou jsou schopni pojmout a pochopit. Zejména u mladších žáků je nutné začít na úrovni konkrétního a postupovat výše směrem k abstraktnímu vyjádření (Roadruck, 1993).

Jak zdůrazňuje Bodner (2001), demonstrace by měla nést určitou míru překvapení, protože právě nečekané momenty mohou žáky motivovat k učení. Je to změna zbarvení, tvorba plynu či exploze, co žáky na chemii fascinuje a co je k ní přitahuje. Pokud demonstrace bude pro žáky v určitém aspektu nečekaná, je pravděpodobné, že si ji spíše zapamatují. Při provádění demonstrací však nelze zapomínat na bezpečnost práce a ochranu zdraví učitele i žáků. Demonstrace nemusí (dokonce nesmí) být nebezpečná proto, aby byla účinná!

Podle Bodnera (2001) by každá demonstrace měla obsahovat tři fáze: predikci, pozorování a vysvětlení. V prvním kroku by žáci měli předpovědět, co se stane v průběhu demonstrace. Poté by měli popsat, co pozorovali. A nakonec by měli vysvětlit případný rozpor mezi tím, co očekávali, že se stane a co reálně pozorovali. Jak totiž poznamenává Skalková (2007), kvalitní demonstrace neznamená pouhé dívání se a poslouchání. Je to proces aktivního pozorování a myšlení žáků.

Podle Mokrejšové (2009) by demonstrace měla být:

- přínosná vzhledem k probíranému učivu a úrovni žáků
- dobře viditelná i v zadních lavicích
- názorná a přesvědčivá
- krátká
- směřující k ne příliš složitému vysvětlení

Následující rady a doporučení pro přípravu a realizaci demonstrace byly zpracovány na základě Maňáka (2003), Pettyho (1996), Kyriacou (1996), Obsta (in Kalhous, Obst *et al.*, 2002), Shakhashiri (1984) a Mokrejšové (2009).

5.2.1. Příprava demonstrace

Příprava demonstrace se týká především všech pomůcek (příp. techniky), jež bude učitel ve výuce používat. Učitel by měl mít přehled o učebních pomůckách, které má k dispozici i o těch, které je možné nově pořídit. Před výukou by měl zkontrolovat, že pomůcky jsou plně funkční, v případě laboratorního skla řádně omyté, v dostatečném množství (multiplikáty), správně sestavené apod. V případě, že bude nutné použít didaktickou techniku, učitel by měl předem zkontrolovat její bezproblémovou funkci a ověřit si, že s ní dokáže pracovat. Pokud to povaha demonstrace vyžaduje (např. v případě žakovských demonstrací), učitel by měl mít předem rozmnožené pracovní listy s návody pro žáky. Učitel by si měl dopředu také ujasnit, zda si žáci budou moci během demonstrace sami něco vyzkoušet či zda budou pouze pozorovat, příp. si dělat poznámky, odpovídat na otázky apod.

Kvalitní příprava demonstrace zajistí plynulý chod výuky (učitel nemusí odbíhat z hodiny). Kromě toho může v žácích vzbudit dojem, že učitel na výuce opravdu záleží. Zvolenou učební pomůcku je možné dotvářet a upravovat během hodiny, ale to pouze v případech, kdy tím chce učitel demonstrovat složitost jevu, vzájemné vztahy či dynamiku procesu.

Pokud učitel plánuje zařadit demonstraci do výuky poprvé, je žádoucí si ji předem vyzkoušet. Učitel tak získá představu o časové náročnosti demonstrace, jejích úskalích (a může se tak vyhnout neúspěchu během hodiny). Navíc díky nácviku rozvíjí svoje dovednosti, jako např. schopnost zároveň ukazovat a popisovat nebo vysvětlovat (obr. 4).



Obr. 4: Učitel by měl procvičovat svůj výklad a vystupování a každou demonstraci si předem vyzkoušet. Ilustrace převzata z Kyriacou (1996).

Je důležité vhodně naplánovat, ve které fázi výuky bude demonstrace zařazena. Demonstraci (např. konkrétní učební pomůcku) žákům předkládáme v době, kdy chceme zaměřit jejich pozornost na dané učivo (nenecháváme pomůcky kolovat po třídě hned na začátku vyučovací hodiny). Učitel by měl také uvážit, zda demonstrace má mít spíše motivační charakter (pak je vhodně její zařazení na začátku hodiny) či by měla přispět k osvojení vědomostí (v průběhu hodiny) nebo jejich zopakování a fixování (vhodnější v závěru hodiny).

Před zahájením demonstrace je nutné zajistit, aby uspořádání třídy nebránilo dobrému výhledu. Všichni žáci by měli co nejlépe vidět, takže pokud je to třeba, učitel by neměl váhat (za pomoci žáků) změnit rozmístění lavic a židlí. Případně je možné demonstraci opakovat vícekrát, vždy jen pro menší skupinu žáků, zatímco zbytek třídy bude např. vyplňovat úkoly v pracovním listu, číst vybraný text v učebnici apod. Učitel by se měl snažit zapojit do vnímání co nejvíce smyslů žáků, tedy ne jen že by měli všichni dobře vidět a slyšet, ale pokud to povaha demonstrace dovoluje, měli by žáci mít možnost se dotknout, příp. ochutnat či přivonět.

Uvedené rady jsou přehledně shrnuty v následující tab. 3.

- Mám připravené všechny pomůcky, které budu potřebovat?
- Jsou pomůcky v dobrém technickém stavu, řádně umyté a v dostatečném počtu?
- Budu k demonstraci potřebovat nějakou didaktickou techniku? Je funkční? Dokážu daný přístroj ovládat?
- Dostali žáci před demonstrací všechny potřebné informace?
- Budou mít žáci možnost sami si něco zkusit?
- Jak dlouho bude demonstrace trvat?
- Dokážu zároveň mluvit i ukazovat?
- V které části hodiny budu demonstraci předvádět? Měla by spíše žáky zaujmout a motivovat? Budou se učit něco nového nebo díky ní zopakujeme něco, co už znají?
- Bude demonstrace dostatečně dobře viditelná (resp. slyšitelná) ze všech míst ve třídě?
- Mohou při demonstraci žáci zapojit také jiné smysly než zrak a sluch?

Tab. 3: Před zahájením demonstrace by si učitel měl zodpovědět uvedené otázky.

5.2.2. Realizace demonstrace

Má-li být demonstrace úspěšná, nestačí žákům pouze ukázat určité předměty nebo předvést činnosti. Účinné uplatňování demonstračních metod vyžaduje dodržovat určité metodické požadavky.

Na začátku je vhodné žáky seznámit s pomůckami, které při demonstraci budou používány. To umožní, aby se žáci během demonstrace soustředili především na demonstrováný jev. Před zahájením demonstrace by měl učitel představit její nejdůležitějšími aspekty a cíl, k němuž pozorování při demonstraci předmětů a jevů směřuje. Nebo naopak v případě „tiché demonstrace“ (viz kap. 5.3.) může učitel po žácích požadovat popis demonstrace či souhrn nejdůležitějších znaků až po jejím předvedení. Tato technika žáky přiměje k usilovnému soustředění, zejména je-li demonstrace v nějakém směru neobvyklá či nejasná.

Učitel by měl předvádět v přiměřeném tempu. Během demonstrace by měl vysvětlovat, co a proč dělá / se děje a nejdůležitější myšlenky opakovat. Doprovodné slovo by mělo usměrňovat pozornost žáků a jejich učení zamýšleným směrem. Učitel tak pomůže žákům odlišit podstatné od nepodstatného, upozorní čeho si všimnout apod.

Žáci by se neměli stát pasivními pozorovateli demonstrace. Učitel by se měl snažit je aktivizovat a zapojit do demonstrace – mohou vytvářet predikce, odpovídat na otázky, prakticky pomoci během demonstrování (zejména má-li demonstrace charakter pokusu, je vhodné do realizace zapojit žáky), po předvedení demonstraci popsat apod. Dobrá demonstrace totiž není ta, která je pouze správně předvedená, ale taková, která žáky aktivně zapojí a přiměje k pochopení prezentovaného chemického obsahu.

Během demonstrace by mělo být zapojeno co nejvíce smyslů. Dnešní didaktika klade důraz na polysenzorickou aktivitu žáka, protože konkrétní zkušenost – možnost sáhnout si, cítit, vidět, manipulovat s objekty je důležitá pro to, aby bylo možné postihnout demonstrované jevy po všech stránkách.

Důležitá je také, jak již bylo zmíněno výše, otázka načasování předvedení demonstrace, která souvisí s charakterem demonstrace. Obvykle dochází k předvedení demonstrace až po začátku výkladu.

Po skončení demonstrace je vhodné shrnout hlavní poznatky – znovu vysvětlit demonstrováný jev / děj, provést zobecnění (např. určité zákonitosti), v případě pokusu výsledky zaznamenat do tabulky, nakreslit graf či schéma aparatury, zformulovat závěr atd. Shrnutí by měli provádět sami žáci, učitel jen opravuje či doplňuje. Pokud učitel při prověřování zjistí, že učivo nebylo žáky pochopeno, je nutné nejasné části znovu předvést.

5.3. KLASIFIKACE DEMONSTRACÍ

V literatuře lze dohledat nepřeberné množství demonstrací klasifikovaných na základě řady kritérií. Například předvádí-li demonstraci učitel, hovoříme o tzv. přednáškové demonstraci, která je obzvláště vhodná k použití ve třídě. Tento typ demonstrace bývá také obvykle časově úspornější než tzv. žákovské demonstrace (prováděné samotnými žáky), které navíc bývají náročnější na přípravu materiálu a pomůcek. Na druhou stranu významným přínosem žákovské demonstrace (realizované ve škole či v domácím prostředí) je přímá osobní zkušenost žáků získaná prostřednictvím jejich vlastní práce.

Podle záměru učitele je možné uplatnit různé typy demonstrací v odlišných fázích výuky. Dobře vybraná a předvedená demonstrace může skvěle uvést nové téma ve výuce (tzv. motivační demonstrace). Demonstrace lze též použít při osvojování učiva a jeho upevnování i ve fázi kontroly osvojeného učiva, kdy mohou žákům pomoci zdokonalit jejich pozorovací schopnosti (zejména v případě tzv. demonstrace beze slov). Prakticky ve všech fázích výuky chemie lze využít demonstrační pokusy (tzv. experimentální demonstrace), které se používají jako náhrada za laboratorní experimenty, pokud jsou tyto experimenty

příliš složité, chemikálie drahé či nebezpečné, příp. je-li vyžadováno speciální vybavení. Dále bývají v souvislosti s rozvojem a zdokonalováním technických prostředků (zejména multimediální didaktické techniky) hojně využívány i tzv. multimediální demonstrace.

Přehledová klasifikace demonstrací může vypadat např. takto:

- **přednášková demonstrace (z angl. „lecture demonstration“)** – demonstrace, kterou předvádí učitel, tj. v demonstračním provedení
- **žakovská demonstrace frontální**
 - samostatná (individuální, intrapersonální) – provádí žák sám
 - skupinová (interpersonální) – provádí žáci ve skupině
- **žakovská demonstrace domácí** – žáci mohou realizovat sami doma
- **demonstrace pomůcek** – dvojrozměrných (tj. obrazů, schémat, grafů, animací, filmů apod.) a trojrozměrných (tj. přírodnin, modelů apod.)
- **demonstrace reálná** – prezentuje chemický jev či děj; prováděná přímo ve výuce, kde ji žáci vnímají pomocí smyslů (zejména zrakem a sluchem, příp. čichem); patří sem demonstrace chemického experimentu
- **demonstrace modelová** – zjednodušuje složité děje, přibližuje funkci přístrojů apod.; realizovaná pomocí modelů
- **experimentální demonstrace (demonstrační experiment, demonstrační pokus)** – chemický experiment v demonstračním provedení (viz kap. 4.2.4.)
- **multimediální demonstrace** – demonstrace využívající multimedia
- **analogická demonstrace (z angl. „analogical demonstration“)** – demonstrace založená na kvalitativní analogii mezi konkrétním pozorovatelným předmětem (vizuální pomůckou) a abstraktním konceptem (Fortman, 1992); takovéto demonstrace jsou součástí navrhované databáze demonstrací (viz kap. 8.6.)
- **exkurzní demonstrace** – demonstrace realizovaná během exkurze (časově omezená, vázaná na určité místo; Mojžíšek, 1988)
- **motivační demonstrace** – učitel vzbuzuje v žácích zvědavost tím, že do třídy přinese obraz nebo jinou názornou ukázkou, kterou žáci pozorují; motivační objekt učitel nevystavuje před vyučováním, ale až ve vhodné chvíli, jinak by totiž ztratil oživující prvek (Mojžíšek, 1988)
- **tichá demonstrace (demonstrace beze slov)** – učitel předvádí demonstraci bez slovního popisu; žáci jsou vyzváni, aby během demonstrace pozorně sledovali a zaznamenávali svá pozorování, poté diskutují o pozorovaném jevu / ději (ve skupinách nebo celá třída) a učitel se ptá, co přesně dělal a proč (Petty, 1996)

5.3.1. „Neexperimentální“ demonstrace

Jak již bylo uvedeno, názorné vyučování má v české historii dlouhou tradici. Princip názornosti je totiž již od doby Jana Amose Komenského považován za jedno z nezbytných východisek výuky. Ruku v ruce s rychlým rozvojem didaktické techniky jsou v současnosti do výuky stále častěji začleňovány multimediální demonstrace. Vedle nich jsou u žáků značně oblíbené také demonstrace chemických experimentů (zvláště pak ty s výrazným efektem). K dispozici je však i řada jednoduchých, a přesto účelných demonstrací, které nevyužívají multimediální techniku, ani se nejedná o demonstrační experimenty, k nimž jsou třeba (složitě) aparatury či (drahé) chemikálie. Ve školách je možné (dokonce žádoucí) realizovat jednoduché, a přitom pravdivé „neexperimentální“ demonstrace, tj. předvádět trojrozměrné modely a demonstrace založené na makroskopické analogii.

V případě „neexperimentálních“ demonstrací si učitel a / nebo žáci vystačí s pouze předměty denní potřeby, jako jsou PET láhve, slámky, mince, magnetky atp. Takovéto demonstrace tedy vyžadují minimální vybavení a produkují minimální odpad. Přesto mohou pomoci rozvíjet u žáků dovednosti jako pozorování, formulaci hypotézy a její ověření apod. Mohou tedy být didakticky účinné, mít vliv na učení a myšlení žáků. Pokud jsou navíc zábavné a žáci je mohou provádět sami, jsou ještě účinnější. Využít je lze jak před samotným výkladem učiva (pokud mají žáky motivovat), tak v průběhu výkladu (k objasnění náročných teoretických pasáží), při opakování učiva, příp. jako domácí úkoly.

„Neexperimentální“ demonstrace navíc mohou být jedním z efektivních nástrojů použitelných k naplňování cílů přírodovědného vzdělávání, stanovených v základních kurikulárních dokumentech tzv. Rámcových vzdělávacích programech (RVP). Jak je totiž uvedeno v Rámcovém vzdělávacím programu pro gymnázia (RVP G), vzdělávání má u žáků rozvíjet klíčové kompetence a přispívat tak ke spokojenému a úspěšnému životu jedince ve společnosti 21. století. Při tom vzdělávání ve vzdělávací oblasti „Člověk a příroda“ (kam patří chemie spolu s dalšími přírodovědnými předměty – fyzikou, biologií, geografii a geologií) směřuje k utváření a rozvíjení klíčových kompetencí mj. tím, že vede žáka k „*provádění pozorování a tvorbě modelu přírodního objektu či procesu umožňujícího pro daný poznávací účel vhodně reprezentovat podstatné rysy či zákonitosti*“.

Zdá se tedy, že v kontextu RVP lze „neexperimentální“ demonstrace považovat za žádoucí prostředky použitelné ve výuce přírodovědných předmětů. Otázkou však je, nakolik jsou skutečně ve výuce chemie na SŠ využívány. V nadcházejícím oddíle práce věnovaném proběhlému dotazníkovému šetření budou diskutovány odpovědi na výše uvedenou otázku i na další otázky spjaté s tematikou názornosti a názorných výukových prostředků.

6. NÁZORNOST VE VÝUCE CHEMIE OČIMA UČITELŮ

V předcházejících kapitolách této práce bylo ukázáno, že názornost lze ve výuce chemie realizovat mnoha různými způsoby. V dnešní době je na jedné straně možné ve výuce použít moderní prostředky (jako např. multimédia), na druhé straně jsou k dispozici tradiční názorné prostředky jako modely a demonstrace experimentálního či „neexperimentálního“ charakteru. S ohledem velké množství různorodých prostředků, pomocí nichž je možné zvyšovat názornost, bylo v létě 2011 provedeno dotazníkové šetření, jehož cílem bylo zjistit, jaký je pohled středoškolských učitelů na problematiku týkající se názornosti ve výuce chemie na SŠ.¹

6.1. CHARAKTERISTIKA VÝZKUMNÉHO ŠETŘENÍ

Jak bylo předesláno, cílem dotazníkového šetření bylo zmapovat názory učitelů na důležitost názornosti ve výuce chemie na SŠ a dále zjistit, které prostředky a s jakou frekvencí učitelé v chemii volí pro zvýšení názornosti a pro demonstraci obtížně pochopitelných jevů a dějů. Pozornost byla zaměřena také na využitelnost „neexperimentálních“ demonstrací ve výuce chemie. Získaná data byla následně použita k vytyčení východisek pro další práci.

Zadaný dotazník sestával ze sedmi položek, přičemž byly kombinovány otázky otevřené (4), uzavřené (2) a škálové (1). Nejvíce tedy bylo zadáno otázek s otevřenou odpovědí, jež byly zvoleny s ohledem na to, že bylo výzkumným záměrem zjistit šířku spektra názoru učitelů. Přepis položek dotazníku je uveden v Příloze I.; stručně je zadání otázek představeno dále.

Učitelé byli nejprve dotazováni na důležitost názornosti ve výuce chemie, kterou měli ohodnotit body na škále 1–10 (kde 10 je nejvíce; otázka škálová) a mohli doplnit zdůvodnění svého hodnocení (otevřená otázka). Další položka v dotazníku byla zadána s otevřenou odpovědí a byla zaměřena na způsoby / prostředky, jimiž se učitelé snaží zvyšovat názornost ve výuce chemie. Následující otázka byla uzavřená, výběrová – učitelé měli označit frekvenci, s jakou ve výuce chemie používají čtyři prostředky (resp. skupiny prostředků), a to: multimédia; popis s grafickým doprovodem; modely a „neexperimentální“ demonstrace; experimenty. V navazující otevřené otázce měli učitelé zdůvodnit rozdílnou frekvenci využití jednotlivých prostředků. Dále měli učitelé seřadit čtyři uvedené prostředky dle toho, jak si myslí, že je oceňují žáci (od toho, který si myslí, že oceňují nejvíce

¹ Výsledky dotazníkového šetření byly publikovány na podzim roku 2012 na konferenci Aktuálne smerovanie výskumov v dizertačných prácach z didaktiky chémie v Bratislavě (Hájková a Šmejkal, 2013a).

(4 body), po ten, co odhadují, že žáci oceňují nejméně (1 bod); otázka škálová – škála pořadí). Na závěr byla zadána otevřená otázka, kde měli učitelé uvést problémová témata, k nimž by uvítali vypracování „neexperimentálních“ demonstrací použitelných ve výuce chemie.

Dotazník byl zadán elektronickou formou pomocí formuláře vytvořeného díky aplikaci Form z balíčku Dokumenty Google. Elektronická forma dotazníku byla zvolena z následujících důvodů:

- finančně nenáročné (zdarma)
- jednoduchá distribuce – umožňuje rychle oslovit velký počet respondentů
- snadné vyplnění dotazníku on-line
- automatický sběr a snadné vyhodnocení výsledků

Na konci června 2011 bylo e-mailem osloveno 190 středoškolských učitelů chemie. Oslovení učitelé byli požádáni o vyplnění on-line verze dotazníku. Celkem bylo získáno 27 odpovědí tzn., že míra návratnosti dotazníků byla 14 %. Vzhledem k tomu, že dotazník vyplnili pravděpodobně pouze ti učitelé, kteří měli zájem o téma šetření, se jedná o tzv. samo-výběr.

S ohledem na poměrně nízkou návratnost dotazníků jsme považovali za vhodné dotazníkové šetření doplnit hloubkovými polostrukturovanými rozhovory, týkajícími se stejného tématu, realizovanými s učiteli chemie z pražských gymnázií. Struktura rozhovorů byla odvozena z dotazníku. Do předvýzkumu byly rozhovory zařazeny proto, že jsme chtěli ověřit, zda se odpovědi těchto učitelů budou nějakým zásadním způsobem lišit od výsledků získaných použitím dotazníků. Osobní kontakt s učiteli považujeme za důležitý aspekt pro důvěryhodnost získaných dat. Navíc učitelé bývají při osobním setkání sdílnější a otevřenější, než při pouhém vyplňování elektronické formy dotazníku. Vzhledem k tomu, že odpovědi učitelů při rozhovorech již od počátku ve značné míře korelovaly s výsledky získanými prostřednictvím dotazníkového šetření, a vzhledem k dalším okolnostem (zejména relativně malé ochotě učitelů se šetření zúčastnit) byli dotazováni pouze tři učitelé. Jejich odpovědi byly následně zahrnuty mezi výsledky dotazníkového šetření.

6.2. VÝSLEDKY DOTAZNÍKOVÉHO ŠETŘENÍ

Údaje týkající se respondentů, kteří se zúčastnili provedeného šetření, jsou následující:

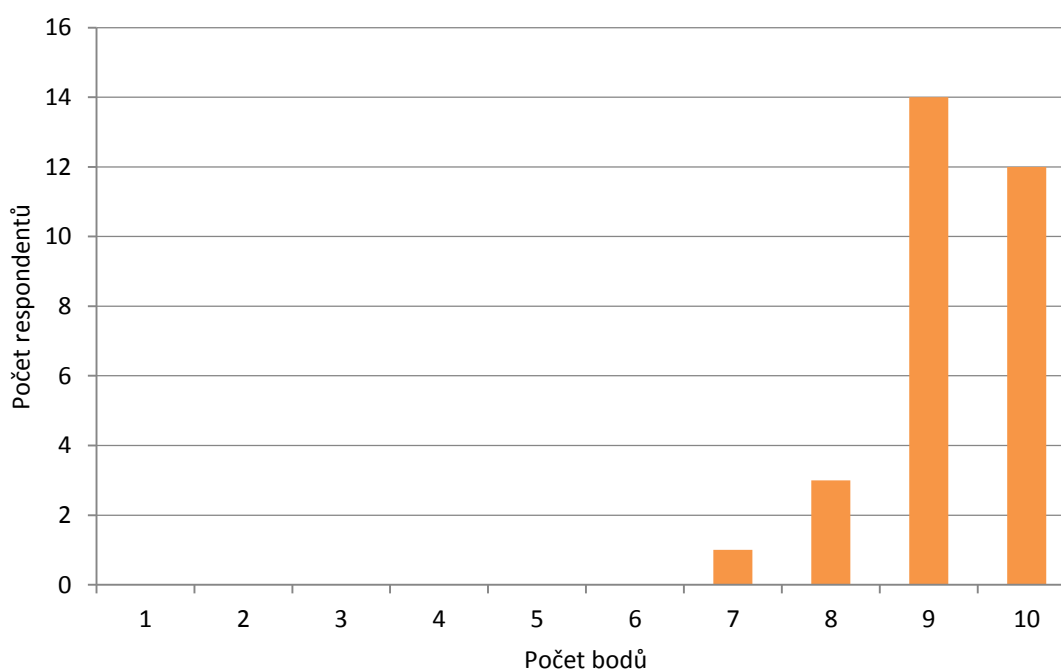
- počet a pohlaví respondentů: celkem 30 učitelů, z toho 20 žen (67 %), 4 muži (13 %), 6 učitelů nevedlo pohlaví (20 %)

- škola: gymnázium 26 učitelů (87 %), střední odborná škola 4 učitelé (13 %)
- aprobace: chemie + biologie 11 učitelů (37 %), pouze chemie 7 učitelů (23 %), chemie + matematika 5 učitelů (17 %), chemie + německý jazyk 2 učitelé (7 %), chemie + informační a výpočetní technika 1 učitel (3 %), chemie + základy společenských věd 1 učitel (3 %), chemie + tělesná výchova 1 učitel (3 %), chemie + zeměpis 1 učitel (3 %), chemie + anglický jazyk 1 učitel (3 %)
- délka pedagogické praxe: 0–5 let 7 učitelů (23 %), 6–10 let 5 učitelů (17 %), 11–15 let 4 učitelé (13 %), 16–20 let 7 učitelů (23 %), více než 21 let 7 učitelů (23 %)

Dále jsou shrnuty odpovědi učitelů na otázky zadané v dotazníku:

1. *Důležitost názornosti ve výuce chemie*

Esenciální význam názornosti ve výuce chemie potvrdil výsledek odpovědi na první otázku v provedeném šetření (graf 1), kdy učitelé ohodnotili důležitost názornosti na škále od 1 do 10 (kdy 1 je nejméně a 10 nejvíce) průměrnou hodnotou 9,2; resp. medián 9. Jde samozřejmě o očekávaný výsledek, nicméně je patrné, že učitelé samotní považují názornost za důležitý aspekt vyučování, čemuž by měli přizpůsobit svůj vyučovací styl a metody. Jak tomu je, napovídají další odstavce.



Graf 1: Důležitost názornosti ve výuce chemie. Bodová škála 1–10; čím více bodů, tím důležitější.

Proč si učitelé myslí, že je názornost ve výuce chemie tak důležitá?

Učitelé považují názornost za důležitou zejména z následujících důvodů (jsou uvedeny postupně od důvodu zmiňovaných nejčastěji k méně frekventovaným zdůvodněním):

- usnadňuje pochopení učiva (12x)
- umožňuje představit si konkrétně abstraktní pojmy (10x)
- napomáhá zapamatování (7x)
- motivuje (4x)
- umožní zapojit více smyslů při osvojování poznatků (4x)
- zvyšuje pozornost žáků (1x)
- ozvláštňuje výuku (1x)

Ze získaných odpovědí vyplynulo, že učitelé od názornosti očekávají zejména to, že usnadní pochopení a zapamatování učiva za pomoci vytvoření konkrétních představ (celkem 74 % ze zmiňovaných důvodů). Učitelé však uvedli i motivační aspekt názornosti a důležitost multisenzoriální percepce. Okrajově bylo zmíněno, že názornost může zvýšit pozornost žáků a ozvláštnit výuku.

Na druhou stranu učitelé, kteří důležitost názornosti hodnotili nižším číslem, zdůvodnili toho hodnocení tím, že některé jevy se demonstrují velmi špatně či že i vydařený pokus nemusí přinést očekávaný efekt (v porozumění, zapamatování apod.). Zmíněny také byly časové důvody, které limitují větší využití názorných prostředků ve výuce chemie.

2. Jakými způsoby se učitelé snaží zvyšovat názornost ve výuce chemie?

Díky použití otevřené otázky bylo zjištěno, že ke zvýšení názornosti ve výuce chemie učitelé využívají plejádu rozmanitých prostředků (různé výukové metody, organizační formy výuky, učební pomůcky, didaktickou techniku – viz níže; v závorce uvedena četnost výskytu), které volí dle potřeby a konkrétního tématu probíraného učiva. Většina učitelů uvedené prostředky ve výuce kombinuje.

- pokusy (demonstrační i žákovské; 25x)
- multimediální prostředky (video – z internetu či DVD, PowerPointové prezentace, animace; 23x)
- modely (13x)
- obrázky, schémata, grafy, nákresy, doplňovačky (12x)
- ukázky látek, pomůcky (4x)
- analogie, příklady z praktického života (4x)
- fólie, tabule (2x)
- exkurze, kurzy, konference (2x)

3. Prostředky k demonstraci obtížně pochopitelných jevů / dějů v chemii a frekvence jejich použití se zdůvodněním

Jak bylo naznačeno výše, k demonstraci obtížně pochopitelných jevů / dějů v chemii lze použít různé prostředky. Dále byly vybrány čtyři skupiny prostředků a bylo zkoumáno, s jakou frekvencí a oblibou jsou učitelé ve výuce chemie využívány:

- multimédia (animace, videa apod.)
- popis (slovní, písemný) s obrazovým doprovodem (obrázky, tabulky, grafy atd.)
- modely a „neexperimentální“ demonstrace
- experimenty

Z výsledků šetření vyplynulo, že učitelé nejvíce využívají popisu (slovního či písemného) s grafickým doprovodem. S o něco nižší frekvencí používají multimédia a nejméně modely a demonstrace experimentálního i „neexperimentálního“ charakteru (tab. 4).

	Počet učitelů, kteří používají příslušné prostředky ve výuce chemie				
	4 body	3 body	2 body	1 bod	Vážený průměr
Multimédia	7	15	5	3	2,87
Popis s grafickým doprovodem	15	9	3	3	3,20
Modely, „neexperimentální“ demonstrace	2	14	13	1	2,57
Experimenty	2	18	7	3	2,63

Tab. 4: Frekvence použití příslušných prostředků k demonstraci obtížně pochopitelných jevů / dějů v chemii. Každý učitel měl příslušnému prostředku přiřadit počet bodů odpovídající frekvenci, s jakou prostředek ve výuce používá (4 body – v každé hodině, 3 body – alespoň jednou za měsíc, 2 body – nepravidelně několikrát do roka, 1 bod – výjimečně).

Nejčastěji ve výuce chemie (prakticky v každé hodině) učitelé využívají slovní popis s grafickým doprovodem (statickým či dynamickým – obrázky, grafy, schémata, nákresy, doplňovačky apod. prezentované v např. učebnicích či prostřednictvím didaktické techniky). Slovní metody, resp. kombinaci slovních metod s názorně demonstračními (např. vhodnou ilustrací), učitelé volí zejména proto, že umožňují předat nejvíce informací v nejkratším čase. K jejich výhodám patří také to, že nemusí vyžadovat technické vybavení, jsou pohodlné, rychlé a pro učitele je jejich použití nejjednodušší. Slovní popis je navíc nutným doprovodem animace, pokusu apod.

Dále učitelé volí pomoc multimediálních prostředků (ve formě PowerPointových prezentací, animací, promítání videí z internetu či DVD apod.) – 7 učitelů (tj. 23 %) je využívá v každé hodině, 15 učitelů (tj. 50 %) alespoň jednou za měsíc. Multimédia učitelé označili za názorná, rychlá a žákům blízká. Mezi učitelé však byly značné rozdíly v materiálním

vybavení školy – někteří učitelé mají k dispozici potřebnou techniku (počítač, dataprojektor, příp. interaktivní tabuli) v každé třídě, jiní třeba pouze v jedné učebně na celé škole. Od toho se odvíjí frekvence, s jakou mohou multimédia využít ve své praxi. Navíc někteří učitelé využívají multimédia pouze v omezené míře z důvodu časových nároků na přípravu materiálu a omezené dostupnosti již vypracovaných materiálů. Kromě toho je obtížné použití multimédií u některých témat (např. výpočty, názvosloví). Nejčastěji z multimediálních prostředků učitelé používají PowerPointové prezentace, videa experimentů u pokusů s nebezpečnými či drahými látkami (promítaná z internetu nebo DVD) a animace jevů, které se dají jinak vysvětlit pouze obtížně. Někteří učitelé volí video-pokusy jako náhradu reálných experimentů v případě absence školní laboratoře (příp. při jejím omezeném vybavení). Jiní využívají multimédia pouze pro zpestření výuky.

Alespoň jednou za měsíc demonstruje experimenty ve výuce chemie 18 učitelů (tj. 60 %). Avšak 7 z 30 učitelů (tj. 23 %) předvádí experimenty nepravidelně několikrát do roka a 3 učitelé (tj. 10 %) dokonce jen zcela výjimečně. Poměrně nízká frekvence použití reálného experimentu ve výuce chemie byla zdůvodňována špatným vybavením (resp. absencí) školní laboratoře, (časovou) náročností na přípravu experimentu, provedení i následný úklid nebo tím, že nejsou vhodné ke každému tématu. Navíc v případě demonstračního provedení je nevýhodou, že žáci nemají možnost si experiment sami vyzkoušet a vzhledem k uspořádání tříd demonstrační experimenty často nevidí všichni žáci. Z těchto důvodů učitelé ve výuce reálné experimenty nahrazují použitím videa či animace. Na druhou stranu experimenty jsou pro žáky velice atraktivní – upoutávají jejich pozornost a objevil se i požadavek na vypracování návodů pro badatelsky orientované laboratorní práce, tedy laboratorní práce, kde by se vycházelo od experimentu, díky němuž by žáci „objevili“ obecnější zákonitost.

Nejméně ve výuce učitelé používají modely a „neexperimentální“ demonstrace; 14 učitelů (tj. 47 %) je využívá alespoň jednou měsíčně, ale dalších 14 učitelů (tj. 47 %) je volí pouze výjimečně či nepravidelně několikrát do roka. Učitelé zmínili využití modelů atomů, krystalových mřížek (např. grafitu, diamantu) a kuličkových modelů, ať hotových či vytvořených ze stavebnice modelů molekul. Modely a „neexperimentální“ demonstrace jsou učiteli využívány omezeně z důvodů malého výběru dostupných modelů, vysoké pořizovací ceny a horší dostupnosti. Ačkoliv učitelé oceňují názornost modelů a to, že s nimi mohou obvykle pracovat sami žáci, objevily se problémy s nedostatkem multiplikátů na školách či obavy z náročnosti přípravy modelů a demonstrací. Zmíněn byl též nedostatek času na jejich vyhledávání a zkoušení.

4. Které prostředky podle mínění učitelů nejvíce oceňují žáci?

Jednoznačným výsledkem této části šetření bylo, že si učitelé myslí, že jejich žáci ve výuce chemie nejvíce oceňují experimenty, (což ve svém výzkumu potvrzuje např. Koloros, 2011). Dále učitelé předpokládají, že by žáci uvítali modely a „neexperimentální“ demonstrace a s obdobnou preferencí multimédia. Za nejméně žákovsky přitažlivé učitelé označili slovní metody (popis) s grafickým doprovodem (tab. 5). Je zajímavé, že ačkoliv učitelé předpokládají u žáků srovnatelný zájem o multimédia a o modely a „neexperimentální“ demonstrace, výše bylo ukázáno, že použití multimediálních prostředků učitelé ve výuce chemie volí s vyšší frekvencí než použití modelů a „neexperimentálních“ demonstrací.

	Počet učitelů, kteří si myslí, jak by příslušný prostředek ocenili žáci				
	4 body	3 body	2 body	1 body	Vážený průměr
Multimédia	3	17	6	4	2,63
Popis s grafickým doprovodem	1	6	14	9	1,97
Modely, „neexperimentální“ demonstrace	3	17	8	2	2,70
Experimenty	24	4	0	2	3,67

Tab. 5: Domnělá žákovská obliba prostředků, které lze použít k demonstraci obtížně pochopitelných jevů / dějů v chemii. Učitelé měli jednotlivé prostředky seřadit od toho, který si myslí, že žáci oceňují nejvíce (4 body) po ten, který předpokládají, že žáci oceňují nejméně (1 bod).

5. Která témata v chemii považují učitelé za problémové a uvítali by vypracování „neexperimentálních“ demonstrací?

Učitelé by ocenili, kdyby měli k dispozici „neexperimentální“ demonstrace vztahující se zejména k obecné chemii. Témata z obecné chemie byla zmíněna celkem 31x (konkrétně např. výpočty s důrazem na látkové množství a zákon zachování hmotnosti, dále modely stavby atomů, orbitaly, elektronové konfigurace, vazba, termochemie, termodynamika, chemické rovnováhy, reakční kinetika, směsi, radioaktivita). Dále byla často uváděna biochemická témata (11x; např. schémata metabolismu a sacharidy) a témata z organické chemie (10x; např. typy a mechanismy reakcí, uhlovodíky, polymery). Anorganická chemie byla zmíněna pouze 3x (prvky, výroby – např. kyseliny sírové) a 2x byla uvedena obecně analytická chemie. Jednou bylo zmíněno „nano“, které „na školách zažívá „boom“, ale neučí se o tom“. Vedle „neexperimentálních“ demonstrací by učitelé ocenili jednoduché, levné, třeba i jednorázové sady pomůcek pro základní chemické pokusy ve skupinách pro školy, které nemají vlastní laboratoře nebo specializovanou učebnu chemie a dále krátká videa z anorganické a organické chemie a biochemie.

6.3. SHRNUÍ VÝSLEDKŮ A VÝCHODISEK PRO DALŠÍ PRÁCI

Provedené dotazníkové šetření potvrdilo důležitost používání názorných prostředků ve výuce chemie. Zjištěné důvody, proč je důležité využívat názorné prostředky ve výuce chemie, odpovídají výhodám vizuálních pomůcek, které uvádí Petty (1996), a to, že „*napomáhají konceptualizaci – mnoha abstraktním pojmům porozumíme lépe vizuálně než verbálně, jsou snáze zapamatovatelné, upoutávají pozornost, přinášejí změnu a vzbuzují zájem*“.

Provedené šetření odhalilo překvapivý rozpor mezi tím, jaké prostředky si učitelé myslí, že by ocenili jejich žáci k demonstraci obtížně pochopitelných jevů / dějů, a jaké sami ve výuce používají. Přestože učitelé předpokládají, že by žáci chtěli zejména vidět (resp. sami provádět) experimenty a dále by uvítali modely, „neexperimentální demonstrace“ a multimédia, učitelé žákům ve své výuce nejčastěji nabízejí slovní (příp. písemný) popis doplněný grafickým doprovodem, zatímco modely, demonstrace a experimenty předvádí žákům pouze v omezené míře. To je škoda, protože je známo, že názorné prostředky (zvláště pak chemické pomůcky a experimenty) lze považovat za významné motivační činitele ve výuce chemie (Koloros, 2011; Švandová a Kubiátko, 2012).

Ačkoliv učitelé předpokládají poměrně vysoký zájem žáků o modely a „neexperimentální“ demonstrace ve výuce chemie (srovnatelný se zájmem o multimédia), v reálné výuce jsou tyto prostředky využívány poměrně málo, mj. kvůli časové náročnosti na jejich vyhledávání a zkoušení, příp. kvůli vysokým finančním nákladům na jejich pořízení.

V návaznosti na výsledky provedeného šetření proto budou dále zkoumány možnosti implementace a využití „neexperimentálních“ demonstrací ve výuce chemie. Na základě rešerše literatury bude vypracován přehled několika nejzajímavějších „neexperimentálních“ demonstrací s předměty denní potřeby, jejichž předvedení nevyžaduje použití multimediální techniky. Následně bude pozornost blíže zaměřena na návrh a ověřování mezi-předmětových demonstrací s tematikou týkající se v dnešní době jak mezi odborníky, tak i laickou veřejností velmi diskutované oblasti tzv. nanosvětla. Toto téma je značně náročné na představitivost žáků. Navíc lze pouze omezeně doprovodit reálnými experimenty. Proto by se použití názorných ukázek ve smyslu „neexperimentálních“ demonstrací mohlo stát významným prostředkem napomáhajícím utváření správných představ žáků o nanosvětě a podporujícím jejich pochopení.

7. PŘEHLED CHEMICKÝCH DEMONSTRACÍ

7.1. PROČ VYHLEDÁVAT DEMONSTRACE?

Každý učitel se během své praxe dostává do situací, kdy by abstraktní výklad rád doplnil názornou demonstrací, o jejichž efektivitě snad čtenáře přesvědčily úvodní partie této práce. Učitelé by proto měli mít přehled o demonstračních experimentech a učebních pomůckách i didaktické technice, jež jsou dostupné na jejich pracovišti. Ne vždy jsou ale tyto pomůcky či / a technika v dobrém stavu, dostatečném počtu či nevyhovují z jiného důvodu, popř. úplně chybí. Jindy má učitel k dispozici dostatek pomůcek a materiálů, ale chybí mu náměty k tomu, jak je ve výuce efektivně využít. V souvislosti s rychlým rozvojem přírodních věd také dochází k novým objevům, které jsou do výuky zařazovány až s určitým zpožděním a ne vždy s dostatečnou metodologickou podporou.

Má-li učitel zájem do výuky zařazovat demonstrace, často mu nezbývá, než je opakovaně jednotlivě vyhledávat v odborné literatuře či na internetu, příp. se účastnit seminářů pro učitele, kde jsou mnohdy tyto také prezentovány. V současnosti existují (elektronické) databáze, které sdružují demonstrační video-experimenty (více v kap. 7.3.1.). Dosud však chybí jakási databáze či přehled, kde by byly shrnuty jednoduché, efektivní demonstrace, při kterých se nepoužívají chemikálie a multimediální technika. Jedním z cílů této práce je proto vyhledání ve výuce snadno použitelných „neexperimentálních“ demonstrací a vytvoření jejich přehledu, ze kterého by mohli pedagogové čerpat, příp. ho sami dále doplňovat. Mimo to bude vytvořena databáze sdružující nově navržené i převzaté (a upravené) mezi-předmětové demonstrace s tematikou týkající se v současnosti velmi populární oblasti tzv. nanosvěta. Tyto „nanodemonstrace“ budou také ověřeny přímo ve výuce na SŠ.

7.2. REŠERŠE TIŠTĚNÝCH ZDROJŮ

„Neexperimentální“ demonstrace byly nejprve vyhledávány v tištěných zdrojích – domácích i zahraničních časopisech, které se věnují vzdělávání v chemii a u nichž se tudíž předpokládalo, že by v nich mohly být demonstrace představeny. Z českých časopisů se jednalo o časopisy „Biologie, chemie, zeměpis“ a „Chemické listy“. Ze zahraničních periodik byl pro důkladnou rešerši vybrán „Journal of Chemical Education“ (JCE). Tyto tři časopisy byly vytipovány s ohledem na to, že v oblasti chemického vzdělávání mají již delší tradici a mimo to jsou pro učitele poměrně snadno dostupné. Dále byly (vzhledem k afiliaci autorky) demonstrace vyhledávány v závěrečných pracích vytvořených na Katedře učitelství a didaktiky chemie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze (KUDCH PŘF UK).

7.2.1. Časopisy zabývající se vzděláváním v chemii

Biologie, chemie, zeměpis

Biologie, chemie, zeměpis je název recenzovaného časopisu, jenž se věnuje výuce přírodovědných předmětů na základní a střední škole. Jeho vydavatelem je SPN – pedagogické nakladatelství, a. s. Tento časopis začal vycházet v roce 1992 a navázal tak na více než čtyřicetiletou tradici časopisu pro teorii a praxi vyučování přírodním vědám a zeměpisu s názvem „Přírodní vědy ve škole“. Časopis Biologie, chemie, zeměpis vychází pětikrát ročně a obsah příspěvků tvoří odborné články (upravené pro použití na úrovni SŠ), náměty na pokusy a návody pro praktické činnosti žáků, příspěvky a ohlasy čtenářů, novinky z domácích i zahraničních časopisů, informace o nových publikacích a jejich recenze, životní jubilea významných osobností, informace o odborných setkáních apod.

V oddíle věnovaném biologii lze nalézt návod, kdy je možné pomocí jednoduchých a snadno dostupných pomůcek (jako jsou špejle, brambory, špendlíky, kolíčky atp.) sestavit modely pavouka, raka či sarančete (Dundr, 1999). Jak uvádí autor: „*Díky lepší kladné motivaci a využití více smyslů si žáci velmi brzy osvojili složité učivo týkající se vnější stavby těla členovců.*“ Dále zde byly představeny také jednoduché a levné žákovské modely virových částic (Janštová a Jáč, 2014a), modely mitózy, meiózy, ontogeneze živočichů nebo vnitřního povrchu střeva (Janštová a Jáč, 2014b).

V rubrice „Z dopisů čtenářů“ byla z oboru geologie publikována nabídka jednoduchých předloh, díky nimž lze z kartonu vyrobit sadu modelů krystalů jednotlivých krystalových soustav (Gajdošová, 2002). S pomocí takovýchto pomůcek se krystalografie, obor náročný na prostorovou představivost, může stát pro žáky pochopitelnější a zajímavější.

V oddíle „Chemie“ byla v časopise publikována řada návodů na (demonstrační) experimenty. Z demonstrací, které využívají pouze v domácnosti dostupné chemikálie, je možné jmenovat biochemickou demonstraci týkající se denaturace bílkovin, konkrétně vzniku bílkového sněhu denaturací bílkovin mechanickým působením (Hudeček, 2005). V časopise byly dále uveřejněny dva příspěvky týkající se modelů fullerenu, zejména fullerenu C₆₀ (Kolář *et al.*, 1999; Hájková a Šmejkal, 2012b) a příspěvek, který pojednává o modelech uhlíkových nanotrubic (Hájková *et al.*, 2013b). Publikován byl též článek popisující příklady analogií v chemii (např. elektronový obal jako sedmiposchodová budova – vrstvy odpovídají poschodím, orbitaly místnostem; pravděpodobnost výskytu elektronu je podobná pohybu brankáře fotbalového mužstva v brankovišti a na celém hřišti během zápasu apod.; Haláková, 2006). Celbová a Holada (2013) popsali vzduchový stoleček, pomůcku pro modelování ve výuce chemie, a uvedli seznam modelů a pokusů, k nimž lze použít.

Chemické listy

Chemické listy jsou oficiálním časopisem Asociace českých chemických společností již od roku 1876. Jedná se o impaktovaný časopis, který v současnosti vychází jednou měsíčně. Součástí časopisu je Bulletin českých společností chemických vycházející čtvrtletně. V časopise jsou publikovány úvodníky a referáty ze všech oborů chemie a příbuzných oborů, dále původní články o laboratorních přístrojích a postupech, články zaměřené na průmyslovou chemii, recenze nových knih a aplikačního softwaru, články věnované chemické nomenklatuře a terminologii, osobní zprávy, zprávy z kongresů a symposií, redakční poznámky apod. Od roku 1996 se v časopise vyskytuje rubrika „Výuka chemie“, která vytváří prostor pro výměnu názorů, informací a zkušeností učitelů z různých chemických oborů i z různých typů škol. V elektronické verzi jsou na webových stránkách časopisu – <http://chemicke-listy.cz/cz/index.html> – dostupné všechny příspěvky publikované od roku 1997.

Praktických námětů a návodů na výukové experimenty se v časopise nachází poměrně málo. Je možné zmínit praktické úlohy z koloidní chemie (Panáček *et al.*, 2004; Panáček a Kvítek, 2005) a experimenty k demonstraci výroby papíru (Kraitr *et al.*, 2000), k jejichž provedení je však třeba řada chemikálií. Publikován byl též námět na konstrukci malého, cenově dostupného zařízení pro fotometrická měření využitelného na SŠ, příp. ZŠ (Kalina *et al.*, 2014). Další demonstrace ve smyslu 3D analogií, návody na konstrukci modelů či pokusy s předměty denní potřeby dosud v tomto časopise nebyly publikovány.

Journal of Chemical Education (JCE)

Journal of Chemical Education (JCE) je zahraničním časopisem Oddělení chemického vzdělávání Americké společnosti chemické (Division of Chemical Education of the American Chemical Society), jež ho vydává společně s Publikačním oddělením Americké společnosti chemické (American Chemical Society Publications Division). Časopis je vydávaný nepřetržitě od roku 1924 a je impaktovaný. JCE vychází měsíčně a pro předplatitele je dostupný v tištěné a elektronické verzi. Časopis se plně věnuje problematice vzdělávání v chemii – uveřejňuje příspěvky týkající se chemického obsahu, novinky, komentáře, zprávy, recenze, reakce čtenářů, články věnující se metodám i obsahu výuky (laboratorní experimenty, demonstrace, třídní a laboratorní aktivity, domácí projekty), výsledky vědeckého výzkumu v oblasti chemického vzdělávání, články z oblasti historie a aplikace chemie apod. Roku 2012 došlo k velkým změnám on-line obsahu časopisu, který lze nově nalézt na webových stránkách <http://www.chemedx.org>. Některé materiály a informace byly přemístěny na nové stránky, jiné již nejsou k dispozici (to se týká např. JCE softwaru

na mimo-internetových médiích, diskuzního fóra). Dřívější obsah stránek byl rozdělen do několika sekcí, nejdůležitější jsou:

- náplň tištěného časopisu (JCE Print) – <http://pubs.acs.org/journal/jceda8>
- digitální knihovna (JCE Digital Library), která se stala součástí Chemical Education Digital Library – <http://www.chemeddl.org/>

Demonstrace mají v JCE dlouholetou tradici. Již v roce 1924 (tedy v prvním ročníku časopisu) zde byla publikována demonstrace týkající se vodivosti (Davison, 1924). Uveřejňovány byly dále nejen „návody“ k experimentům, ale také metodologické poznámky a pojednání o tom, jak demonstrace správně provádět (k prvním patří např. Davison, 1925). V dalších letech se demonstrace chemických experimentů staly běžnou součástí časopisu, dokonce začaly být publikovány první tematicky uspořádané série experimentů (první v JCE publikovali Morris and Headlee, 1933). Časem musely být demonstrace tříděny a vytvářely se seznamy známých demonstrací (např. Derrick, 1940 – 100 demonstrací; Derrick, 1950 – 158 odkazů na demonstrace v knihách, časopisech, člancích). Od roku 1955 je v časopise JCE rubrika „Tested Demonstrations“, která se věnuje vyzkoušeným demonstracím (první Alyea, 1955 – testované demonstrace z obecné chemie). Opakovaně pak byly vydávány sbírky testovaných demonstrací (např. Alyea and Dutton, 1965; Gilbert *et al.*, 1994).

Zásadním milníkem byl rok 2004 a vytvoření „DigiDemos“ na portálu JCE, tj. on-line verze vyzkoušených demonstrací (Tested Demonstrations), které se objevily v JCE (Vitz, 2004). K přednostem DigiDemos patřilo to, že bylo možné mezi nimi vyhledávat podle klíčových slov či dle zaměření demonstrace (z obecné, anorganické, organické, fyzikální, analytické, environmentální chemie, biochemie atd.). V diskuzním fóru se demonstrace navíc mohly okomentovat. Kromě toho byly tyto demonstrace na webu provázány s doplňujícími materiály, např. videy, barevnými obrázky, zvukem apod.

V souvislosti se změnou webových stránek časopisu JCE jsou v současnosti z obsahu DigiDemos dostupné články a přílohy na: <http://pubs.acs.org/journal/jceda8>. (Diskuzní fórum bylo zrušeno, příspěvky je možné komentovat prostřednictvím sociálních sítí. Videá jsou na stránkách JCE v samostatné záložce <http://www.jce.divched.org/video>, většina je však přístupná pouze předplatitelům. Nově byla vytvořena digitální knihovna Chemical Education Digital Library – viz výše.)

Co se týká charakteru demonstrací, většinou jsou v JCE publikovány demonstrační experimenty. Např. v letech 1995–2009 bylo v tomto časopise publikováno přes 160 demonstrací – jen v rubrice Tested Demonstrations bylo na webu časopisu v uvedeném časovém

rozmezí dostupných 165 demonstrací (citováno 12/2011), v databázi Web of Science bylo v uvedeném časovém rozmezí v daném časopise v kategoriích název („Title“) či téma („Topic“) vyhledáno celkem 162 výsledků odkazujících na „demonstration“, resp. „demonstrations“. K realizaci většiny z těchto demonstrací jsou však nutné chemikálie (jedná se o demonstrace chemického experimentu), příp. počítač (např. pro tvorbu počítačových modelů). Za „neexperimentální“ demonstrace ve smyslu této práce jsou považovány zejména modely a 3D analogie, které využívají předmětů denní potřeby a k nimž není zapotřebí počítačového vybavení ani laboratorních chemikálií. Takto úzce vyspecifikovaných demonstrací bylo v JCE nalezeno mezi léty 1995–2009 pouze cca 50. Publikovány byly většinou jako články, resp. byly zařazeny v rubrikách JCE Classroom Activities, Tested Demonstrations, Applications and Analogies, Overhead Projector Demonstrations a Cost-Effective Teacher.

Náplní „neexperimentálních“ demonstrací publikovaných v JCE je např.²:

- **tvorba modelů:**

- modely orbitalů
- modely atomu
- modely periodické tabulky
- modely VSEPR
- modely molekul:
 - voda a anorganické sloučeniny
 - elementární buňky
 - symetrie molekul
 - krystaly
 - mnohostěny, fullereny
 - organické látky a biomolekuly
 - biologické membrány
 - komplexní sloučeniny

- **demonstrace / analogie pravidla, zákona, principu apod.:**

- výstavbový princip, Hundovo pravidlo, atomová struktura atd.
- zákon zachování hmotnosti, zákon stálých poměrů slučovacích, zákon násobných poměrů slučovacích
- periodicitu vlastností prvků (např. velikosti atomů)

² Příklady demonstrací k daným tematům jsou citovány v Příloze II.

- **demonstrace / analogie chemických jevů a dějů, mechanismů:**
 - stechiometrie
 - změna hybridizace
 - mechanismus S_N2
 - chiralita
 - rozpustnost polárních a nepochárních látek
 - chování plynů (Charlesův, Boyleův, Avogadroův zákon, imploze)
 - povrchové napětí
 - koncept pevných látek, kapalin a plynů
 - elektrochemie (elektrolyty, elektrolýza)
 - samosestavení, samouspořádávání (self-assembly)
 - enzymová aktivita
 - osmóza
 - reakční kinetika
 - chemická rovnováha
- **zjednodušení přístroje či metody / demonstrace principu funkce:**
 - chromatografie
 - destilační aparatura
 - polarimetr, polarizace světla
 - hmotnostní spektrometrie
 - spektroskop, spektrometr, spektrofotometr
 - fluorescence
 - mikroskopie skenující sondou (SPM)

Jak je vidět, jedná se o demonstrace ze všech možných odvětví chemie, od chemie obecné a anorganické, přes chemii fyzikální a organickou, až k biochemii, často i s mezipředmětovými vazbami k fyzice, matematice, biologii a geologii.

V časopise JCE se opakovaně objevují různé demonstrace a modely týkající se stejného tématu, které se však liší použitím jiných pomůcek. Např. pro tvorbu modelů orbitalů je možné použít plastové láhve (Samoshin, 1998), polystyren (Lambert, 1957) či plastové trubičky (Barrett, 1967). V případě modelů atomu lze elektrony demonstrovat magnety s korkem (2D model atomu neonu; Bricker, 1987) nebo třeba dřevěnými kuličkami (3D „planetární“ model atomu kyslíku; Brooks, 1947). Někdy jsou použity i velmi neobvyklé pomůcky, jako např. houska a sýr pro představení rezonančních struktur benzenu (Lin, 2007). Občas se v časopise objeví vylepšení starší demonstrace – to se týká např.

přístroje pro demonstraci rovnováhy (Sawyer and Martens, 1992; aktualizoval Schultz, 2008). Vedle materiálních modelů se od 70. let 20. století začínají v časopise objevovat také počítačové modely (např. Olcott, 1972). Postupně pak vzrůstá počet počítačových modelů, modelování, animací a multimediálních prezentací obecně.

V rubrice „Aplikace a analogie“ jsou vedle dvourozměrných („obrázkových“) analogií publikovány i rozmanité 3D analogie, které např. Fortman (1992) označuje termínem „analogické demonstrace“. K řadě takovýchto demonstrací je třeba pouze jednoduchých, běžně dostupných předmětů (jako jsou gumičky, rukavice apod.) či si žáci vystačí dokonce pouze s vlastním tělem (Perkins, 1995).

7.2.2. Závěrečné práce vytvořené na KUDCH PřF UK

To, že jsou demonstrace důležitou součástí výuky chemie, dokládá mj. jejich zařazení do řady bakalářských, diplomových, rigorózních a disertačních prací vytvořených KUDCH PřF UK v Praze. V naprosté většině případů jsou však z demonstrací prezentovány demonstrační experimenty, a to jak pokusy reálné, tak video-pokusy.

„Neexperimentální“ demonstrace – modely a demonstrace založené na makroskopické analogii, které nevyužívají multimediální techniku – se v závěrečných pracích objevují zřídka. Např. v diplomové práci Zaspalové (2010) najdeme námět na použití céček pro názorné představení základních pojmů v makromolekulární chemii, případně v disertační práci Součkové (2011) je popsán jednoduchý model přístroje pro demonstraci optické aktivity látek, sestavený ze stavebnice Merkur. V rigorózní práci Hájkové (2009) byly představeny čtyři „neexperimentální“ demonstrace s tematikou vztahující se k oblasti tzv. nanosvětla. Tato problematika je dále rozvinuta v této disertační práci, zejména v kap. 8.6.

7.3. DEMONSTRACE NA INTERNETU

Dostupným médiem, které učitelé často využívají v přípravách na výuku, je internet. Na internetu jsou při tom dohledatelné jak celé databáze sdružující zejména demonstrační video-pokusy, tak je možné zde vyhledávat i jednotlivé demonstrace experimentálního či „neexperimentálního“ charakteru.

7.3.1. Video-databáze demonstračních experimentů

V posledních letech vznikají internetové video-databáze demonstračních experimentů. Z českých databází video-pokusů stojí za zmínku zejména tyto čtyři:

- databáze chemických pokusů na portálu Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy na podporu výuky na ZŠ a SŠ: <http://www.studiumchemie.cz/pokusy.php>
- internetová video-databáze chemických pokusů na webových stránkách Katedry aplikované chemie a učitelství chemie Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity v sekci Oddělení didaktiky chemie: <http://kch.zf.jcu.cz/didaktika/didaktika.htm>
- chemické pokusy na chemickém vzdělávacím portálu Gymnázia F. X. Šaldy (Chemie.gfxs.cz): <http://chemie.gfxs.cz/index.php?pg=videa>
- databáze multimediální učebnice chemie E-ChemBook na webových stránkách www.youtube.com, která zahrnuje více než 80 videí chemických pokusů, přičemž některá lze přehrát ve 3D: <http://www.youtube.com/user/VideosChemWeb>

Zahraníční databáze představila a problematice video-pokusů se podrobně věnovala Vrzáčková ve své bakalářské a diplomové práci (Vrzáčková, 2011 a Vrzáčková, 2013).

7.3.2. „Neexperimentální“ demonstrace na internetu

Internet je mocný informační zdroj, který poskytuje nepřeborné množství demonstrací různého obsahu i charakteru – stačí do vyhledávače zadat správná klíčová slova. Dohledatelných je velmi mnoho animací a jiných multimediálních prezentací chemického obsahu, na které však není blíže zaměřena tato práce. Celou řadu „neexperimentálních“ videodemonstrací lze najít např. na serveru www.youtube.com.

Vedle video-demonstrací lze na internetu nalézt i velké množství textových (a obrazových) návodů na provedení „neexperimentálních“ demonstrací, tj. např. sestavení modelů. Obsáhlý přehled modelů, které je možné vytvořit z kostek stavebnice LEGO („LEGO Bricks Activities“), je k dispozici na webových stránkách Univerzity z Wisconsinu: <http://education.mrsec.wisc.edu/77.htm>. Zde jsou k dispozici návody na sestavení modelů demonstrujících krystalovou strukturu, skupenství látek, stechiometrii, nukleární magnetickou rezonanci, chromatografii a mnoho dalších chemických struktur, jevů, dějů a přístrojů.

Další příklady konkrétních webových stránek a on-line dokumentů zaměřených na „neexperimentální“ demonstrace budou uvedeny v kap. 8.5., v souvislosti s představením tzv. „nanodemonstrací“, tj. „neexperimentálních“ demonstrací vztahujících se k oblasti nanosvěta. Podobně jsou odkazy na publikované „nanodemonstrace“ citovány též v jednotlivých kapitolách dokumentu „Databáze „nanodemonstrací““, který tvoří ústřední přílohu této disertační práce.

8. MEZIPŘEDMĚTOVÉ DEMONSTRACE S TEMATIKOU Z OBLASTI TZV. NANOSVĚTA

V předcházejícím oddíle této práce bylo naznačeno, že „neexperimentální“ demonstrace mohou znázorňovat rozmanitá témata napříč všemi chemickými obory. S ohledem na snahu prozkoumat problematiku „neexperimentálních“ demonstrací do větší hloubky bylo žádoucí pro další práci zúžit pole zájmu a vymezit určité jednotící téma. Zvolena byla oblast tzv. nanosvěta, kde se setkáváme s řadou jevů a dějů, které jsou našim očím skryté, a proto hůře představitelné. K důvodům pro výběr této tematiky patřilo zejména:

- Ačkoliv se slova s předponou „nano“ stala v posledních letech běžnou součástí naší mluvy, poznatky týkající se nanosvěta nejsou obvyklou součástí výuky na SŠ, mj. kvůli absenci názorných výukových prostředků.
- Tematika týkající se nanosvěta je interdisciplinární, propojuje chemii s dalšími přírodovědnými disciplínami. „Neexperimentální“ demonstrace týkající se „nano“ proto mohou ve výuce významně přispět k podpoře mezipředmětových vztahů, čemuž připisují velkou důležitost i RVP.
- Volbu tématu ovlivnil též autorčin osobní zájem, daný zaměřením její diplomové práce na implementaci „nano“ do výuky na SŠ (Hájková, 2009). Pro autorku bylo osobně významné prozkoumat tuto tematiku i z pohledu využití demonstrací.

8.1. DŮVODY PRO IMPLEMENTACI „NANO“ DO VÝUKY NA SŠ

Nanosvět je velmi zajímavou oblastí výzkumu, jež přináší mnoho využitelných aplikací. Vše, co má v názvu „nano“, je aktuálně populární a vypadá slibně. Na druhou stranu ale ne každý zná odpovědi na otázky typu: *Co znamená předpona „nano“? Proč jsou v současnosti nanomateriály tolik oblíbené? Může nanosvět přinést nějaké negativní dopady?* Jak je vidno, v problematice týkající se nanosvěta se nachází mezera mezi praktickým životem (tj. našimi zkušenostmi a povědomím o „nano“) a konkrétními znalostmi. Chce-li žáky připravit pro úspěšný život v 21. století, měli bychom se zamyslet nad otázkou implementace základních poznatků z oblasti nanosvěta do výuky na SŠ.

Nanosvět je oblastí částic a struktur, které se nacházejí mezi světem jednotlivých atomů a makrosvětem. Rozsah velikostí, o němž je zde řeč, je v intervalu asi 1–100 nm (Prnka a Šperlink, 2004). Nanosvět a slova obsahující předponu „nano“ jsou dnes velmi oblíbená, a to jak u odborníků, tak u laické veřejnosti (Obrtelová, 2010). V dnešní době bychom asi těžko hledali někoho, kdo dosud neslyšel pojmy nanotechnologie, nanovlákná, nanoelek-

tronika nebo třeba nanočástice. S „nano“ se setkáváme na stránkách populárně-naučných časopisů, denního tisku a internetu. O zajímavých nanotechnologických aplikacích slyšíme z televize či rádia. A kromě toho sami používáme (i když si to mnohdy ani neuvědomujeme) řadu „nanoproduktů“.

Důvodem zvýšeného zájmu o nanosvět je zejména to, že hmota v měřítku nanometrů může mít nové, unikátní vlastnosti zcela odlišné od vlastností pozorovaných v makrosvětě. Nanomateriály mohou být pevnější a při tom lehčí v porovnání s materiály obdobného chemického složení, ale vytvořených ze struktur větší velikosti. Například uhlíkové nanotrubičky jsou stokrát pevnější než ocel, ale šestkrát lehčí (EUR-Lex, 2004). U nanočástic a nanomateriálů se mění nejen mechanické, ale i magnetické, elektrické či optické vlastnosti. Mohou mít i baktericidní účinky apod.

Neobvyklé jevy, odehrávající se v nanosvětě, a jejich vliv na vlastnosti materiálů zkoumá obor označovaný jako nanověda. Získané poznatky následně prakticky využívá nanotechnologie – interdisciplinární obor, který zahrnuje soubor různých technologií a postupů, jež pracují v nanosvětě a jejichž cílem je řízenou manipulací s atomy, molekulami nebo jejich malými skupinami vytvářet materiály, zařízení a funkční systémy s výjimečnými vlastnostmi vyplývajícími z vlastností hmoty v rozměru nanometrů (Hájková, 2009). V běžném životě se dnes setkáváme s celou řadou nanotechnologických aplikací. Mezi snadno dostupné „nanoprodukty“ patří např.:

- ponožky a spodní prádlo s nanočásticemi stříbra majícími antibakteriální efekt
- protiskluzové „nanopodložky“, které udrží na povrchu předměty i ve svislé poloze
- kosmetické krémy a líčidla obsahující nanočástice (TiO_2 , SiO_2 , Fe_2O_3 a další), které fungují např. jako UV-filtr
- vysokokapacitní pevné disky založené na obřích změnách odporu vlivem magnetického pole magnetických multivrstev (jev gigantické magnetorezistence, GMR), tj. jevu z oblasti nanosvěta
- pevnější (a přitom lehčí) sportovní náčiní s různými nanovláknami

Jak bylo naznačeno, tematika týkající se oblasti nanosvěta je velmi aktuální a pro žáky značně atraktivní. Je však poměrně náročná na pochopení. Jak bude rozvedeno dále, toto téma se ve školách dosud neobjevuje příliš často, mezi učiteli však vzrůstá potřeba kvalitních a dostupných výukových materiálů týkajících se „nano“, které budou moci při výuce v případě potřeby použít. Z těchto důvodů se další náplň této práce zaměřuje na vytváření výukových materiálů s tematikou vztahující se k nanosvětě (zvláště pak demonstrací) a jejich praktické ověřování ve výuce přírodovědných předmětů na SŠ.

8.2. JAK UČIT O NANOSVĚTĚ?

8.2.1. Pohled učitelů na výuku o „nano“

V průběhu roku 2013 bylo šest středoškolských učitelů požádáno o spolupráci při ověřování nově vytvořených výukových materiálů s tematikou vztahující se k nanosvětě ve výuce chemie, resp. fyziky; (materiály budou blíže představeny v kap. 8.6. a 8.7.). Mezi těmito učiteli byl jeden muž (délka praxe 3 roky; aprobace chemie; pražské gymnázium) a pět učitelek (délky praxe 1, 4, 12, 14 a 30 let; aprobace 2x chemie + biologie, 1x chemie + německý jazyk, 1x chemie, 1x fyzika + matematika; 4x pražské gymnázium, 1x gymnázium z Karlovarského kraje). Před zahájením testování byly s učiteli vedeny polostrukturované rozhovory, které si kladly za cíl zjistit, jaký mají učitelé názor na výuku o „nano“ a také jaké mají osobní zkušenosti s takovou výukou. Zkoumáno bylo též očekávání učitelů a možnosti implementace „nano“ do výuky na SŠ. Vzhledem k tomu, že se odpovědi učitelů názorově příliš nerozházely, vzorek dotazovaných učitelů již dále nebyl rozšiřován.

1. Proč máte zájem o výuku o nanosvětě?

Učitelé uvedli, že mají o nanosvět zájem, protože se jedná o zajímavé téma, které je v současnosti velmi aktuální (objevuje se např. ve sdělovacích prostředcích), má řadu aplikací a slibnou budoucnost. Je to téma nové, které dosud není součástí učebnic, ale žáci sami mají dotazy, zejména týkající se praktických aplikací nanotechnologie.

2. Myslíte si, že by se o „nano“ mělo učit na SŠ, příp. v jakém předmětu, ročníku a jakým způsobem?

Všichni učitelé se domnívají, že by o „nano“ měla padnout zmínka už na SŠ. Většina učitelů uvedla, že by se toto téma mělo objevit až ve vyšším ročníku, zejména v přírodovědném semináři. Z časových důvodů by učitelé v běžné výuce poznatky z nanosvěta uváděli spíše okrajově v hodinách fyziky a chemie, příp. biologie, a to na dotaz žáků či při vhodné příležitosti (např. u alotropických modifikací uhlíku). Za vhodnou časovou dotaci učitelé považují 4–5 hodin, přičemž ale přiznávají, že v reálné výuce je možné tématu věnovat max. dvě vyučovací hodiny. Co se týká výukové metody / formy, učitelé neměli vyhraněnou představu, ačkoli by spíše preferovali výklad s prezentací, žákovský referát či přednášku odborníka, příp. doplněnou demonstracemi, event. by volili exkurzi nebo projekt.

3. Učí se již o „nano“ na Vaší SŠ, příp. v jakém předmětu, ročníku a jakým způsobem?

Žádný z dotazovaných učitelů si nebyl vědom toho, že by témata z nanosvěta byla součástí jejich školního vzdělávacího programu. Tři učitelé uvedli, že se o „nano“ ve výuce zmiňují

pouze okrajově (v případě fullerenů, resp. nanovláken). Opakovala se odpověď, že z časových důvodů nelze „nano“ zařadit do výuky systematicky a ve větším rozsahu.

4. *Byli byste schopni učit o „nano“ na SŠ? (S vysvětlením proč ano, resp. proč ne.)*

Žádný z učitelů na začátku neuvedl, že by byl schopen (bez přípravy, dohledávání informací) vyučovat o „nano“. Učitelé sice uváděli, že o „nano“ mají něco načteno z vlastního zájmu, příp. že o novinkách z nanosvěta zaslechli na přednášce (např. v rámci Letní školy pro středoškolské učitele pořádané VŠCHT), nicméně učitelům chybí učební text, který by souvisle shrnoval a třídil informace. Učitelé také dodávali, že by patrně byli schopni o „nano“ učit, kdyby měli k dispozici kvalitní výukové materiály.

5. *Uvítali byste výukové materiály o „nano“ pro svou praxi, příp. jaké?*

Z výukových materiálů by učitelé ocenili zejména výukový text, PowerPointovou prezentaci a pracovní listy. Dále by uvítali i náměty na demonstrace / experimenty či návrh exkurze a projektu. Nejmenší zájem byl o testy.

6. *Měli by se o „nano“ učit studenti učitelství na VŠ, příp. jakou metodou / formou?*

Všichni učitelé se shodli, že by „nano“ mělo být zahrnuto v přípravě budoucích učitelů chemie, resp. fyziky během jejich studia na VŠ, a to zejména v rámci oborových didaktik, kde je prostor pro vytváření výukových materiálů pro vlastní praxi. Učitelé také považují za vhodné získat již na VŠ tipy pro možné exkurze, příp. exkurzi během svého studia i realizovat (tedy dříve než až v praxi se svými žáky). Stejně tak by učitelé během svého vysokoškolského studia uvítali možnost účastnit se přednášky týkající se nanosvěta od odborníka z praxe.

8.2.2. Možnosti a omezení implementace „nano“ do výuky na SŠ

V dnešní době mají školy možnost aktivně se spolupodílet na vytváření kurikula a zahrnout do něj nové poznatky objevené na poli vědy, techniky, průmyslu apod. Umožňují to totiž platné kurikulární dokumenty – Rámcové vzdělávací programy (RVP). Na jejich základě školy vytvářejí vlastní školní vzdělávací programy (ŠVP), které jsou pro ně závazné. Součástí ŠVP by mělo být alespoň elementární přiblížení nových, perspektivních oborů a odvětví, jakými jsou bez pochyby i nanotechnologie a nanověda (Hájková, 2009). Tyto obory jsou navíc silně multi- a interdisciplinární – vycházejí z přírodovědných disciplín (zejména z chemie, fyziky a biologie) a inženýrských přístupů a vyžadují zvládnutí mnoha různých oblastí lidského poznání a jejich úzké propojení. Implementaci takovýchto témat

a přístupů do středoškolské výuky přímo podporuje Rámcový vzdělávací program pro gymnázia (RVP G), ve kterém je uvedeno: „*Zkoumání přírody nezbytně vyžaduje komplexní, tj. multidisciplinární a interdisciplinární přístup, a tím i úzkou spolupráci jednotlivých přírodovědných oborů a odstraňování jakýchkoli zbytečných bariér mezi nimi.*“ Opomíjet „nano“ ve středoškolské výuce přírodovědných předmětů by tudíž bylo chybou.

Uskutečněné rozhovory se středoškolskými učiteli potvrdily, že učitelé vnímají problematiku týkající se nanosvět jako velmi aktuální a zajímavou. Jak se ukázalo, poznatky z oblasti nanosvět však na vybraných českých středních školách dosud nebyly vyučovány, a to zejména ze tří důvodů:

- Prvním důvodem je nepřipravenost pedagogů vyučovat o „nano“, jež je daná především absencí (resp. horší dostupností) kvalitních metodických a výukových materiálů a pomůcek.
- Druhým důvodem je obsáhlost současného kurikula a s ní spjaté otázky týkající se časové dotace, jež by výuce týkající se „nano“ měla být věnována.
- Třetím důvodem, který přímo souvisí s charakterem nanotechnologie, resp. nanovědy, je mezioborovost. Výuka o „nano“ vyžaduje interdisciplinární přístup a provázanost různých přírodovědných poznatků, které jsou však ve školách vyučovány učiteli s různými aprobacemi a v rámci oddělených předmětů (zejména chemie, fyziky a biologie).

Ačkoli se učitelé shodnou na tom, že témata z nanosvět jsou vhodná pro implementaci do výuky přírodovědných předmětů na SŠ, učitelé neměli vyhraněnou představu o způsobu, jakým by tato témata měla být do výuky zařazena. Dále proto bude uveden přehled různých, v současnosti dostupných výukových materiálů pro podporu výuky o nanosvětě na úrovni SŠ. Představeny také budou nově vytvořené materiály („nanodemonstrace“, pracovní listy s tematikou nanosvět apod.), u nichž budou naznačeny i konkrétní možnosti (časové, metodické), jakými je lze implementovat do výuky přírodovědných předmětů.

Z odpovědí učitelů i ze samotného charakteru nanosvět vyplývá, že poznatky týkající se „nano“ by se měly objevit zejména v přírodovědných předmětech – chemii, fyzice, biologii. S ohledem na časová omezení ve výuce těchto předmětů a vzhledem k celkové náročnosti tématu lze doporučit implementaci „nano“ zejména do vyšších ročníků SŠ. Jako velmi vhodné se jeví být začlenění tohoto tématu do přírodovědného semináře, kde je jednak více prostoru pro aktuální, nová témata a dále se semináře účastní žáci mající zvýšený zájem o výuku přírodovědných předmětů – lze tedy očekávat jejich vyšší motivaci a zájem.

8.3. VÝUKOVÉ MATERIÁLY VZTAHUJÍCÍ SE K NANOSVĚTU

Jak uvádí Remzová (2011), která provedla rešerši třinácti nejpoužívanějších učebnic chemie pro SŠ, pojem „nano“ se v těchto publikacích (až na jednu výjimku) nevyskytuje. Mají-li učitelé či žáci zájem se s nanosvětlem blíže seznámit, musí se proto poohlédnout jinde. K dispozici jsou různé semináře, workshopy, popularizační přednášky apod. (viz Kubínek, 2011), které jsou však dostupné pouze omezenému počtu účastníků a v určitém čase. Pro větší počet zájemců (a prakticky bez časového omezení) může být vhodnější přiblížení nanosvěta s pomocí textů. K vybraným aspektům nanosvěta se vztahují např. následující, abecedně řazené výukové texty, rešerše, příp. odborně správné, ale populárně psané přehledy (obvykle doplněné obrazovým doprovodem):

- Ambrož (2008) – studijní text pro SŠ týkající se chemie nových materiálů
- Ducháček (2010) – stručný přehled nanomateriálů a nanotechnologií
- Grégr (online) – formy a modifikace uhlíku (rešerše)
- Horská (2011) – nanotechnologie a nanomateriály (rešerše)
- Hošek (2010) – skriptum k předmětu Nanotechnologie vyučovaném na Fakultě strojní ČVUT
- Janoušková (2010) – nanotechnologie, nanobiotechnologie a zobrazovací techniky (rešerše, u každé kapitoly shrnutí pro ZŠ)
- Klusoň *et al.* (2007) – populární přehled nanotechnologie s důrazem na historii oboru a s rozsáhlou citační částí
- Kolář (1999a, 1999b) – charakteristika fullerenů a jejich možné zařazení do výuky chemie na SŠ
- Kubínek *et al.* (2003) – přehledová brožura věnovaná mikroskopii skenující sondou pro studenty přírodovědných oborů nižších ročníků VŠ
- Kubínek a Půlkrábek (online) – rešerše učebnic a nové zpracování témat elektronová mikroskopie a mikroskopie skenující sondou pro výuku fyziky na SŠ
- Kubínek a Stránská (online) – úvod do problematiky nanotechnologií
- Kvítek a Panáček (2007) – skriptum Základy koloidní chemie
- Nebesářová (2001) – učební text věnovaný elektronové mikroskopii (pro biology na Biologické fakultě Jihočeské univerzity)
- Prášek (2011) – studijní materiál týkající se grafenu, uhlíkových nanotrubic a fullerenů

- Vůjtek *et al.* (2012) – podrobný přehled mikroskopie skenující sondou a elektronové mikroskopie
- pro vzdělávací účely mohou být nápomocné i dokumenty dostupné na portálu www.nanotechnologie.cz – zejména např. Prnka a Šperlink (2004, 2006)

Vzhledem k dynamickému vývoji poznatků z oblasti nanosvěta nelze uvedený výčet publikací považovat za zcela vyčerpávající. Zájemcům o danou problematiku však může usnadnit vyhledávání relevantních informací. Výhodou výše uvedených materiálů je také jejich dostupnost v češtině. Navíc je většina z nich rychle a pohodlně dohledatelná i na internetu.

V průběhu posledních pěti let byly pro podporu výuky o nanosvětě v češtině připraveny i komplexnější výukové materiály a náměty pro praxi učitelů, např.:

- Baďurová (2009) – popis principu technik mikroskopie se skenující sondou a návrh využití přístroje NanoEducator v laboratorních úlohách pro žáky SŠ
- Hájková (2009) – výukový text, multimediální prezentace, návrh projektu, návrh exkurze, mezipředmětové úlohy a testové položky pro podporu výuky nanotechnologie v přírodovědných předmětech na SŠ; většina z těchto výukových materiálů je dostupná na webu www.studiumchemie.cz
- Remzová (2011) – řešerše tématu koloidní chemie a návrh experimentálních úloh použitelných v rámci laboratorních cvičení na SŠ i na VŠ
- Svobodová (2012) – témata nanotechnologie a nanomateriály zpracovány ve formě textového přehledu a materiálů pro „projektovou hodinu“; součástí jsou prezentace, pracovní listy a návody na tvorbu modelů fullerenu C₆₀, grafenového listu a uhlíkové nanotrubičky; autorkou doporučeno pro výuku fyziky na ZŠ

8.4. EXPERIMENTY S TEMATIKOU „NANO“

S ohledem na to, že výuka o „nano“ je poměrně náročná na představivost, žáci mohou mít problémy se správným pochopením vyučovaných poznatků. Proto může být vhodné výuku doplnit názornými ukázkami, např. experimenty. Z reálných experimentů vztahujících se k nanosvětě, které mohou být použity na SŠ, lze uvést např.:

- **praktické úlohy týkající se koloidní chemie** – samostatného vědního oboru, který byl předchůdcem nanotechnologie (Panáček *et al.*, 2004; Panáček a Kvítek, 2005)
- **příprava nanočástic stříbra či zlata** (McFarland *et al.*, 2004; Remzová, 2011, Sharma *et al.*, 2012; Soukupová *et al.*, 2010; Vaníčková *et al.*, 2010)

- **příprava nanočástic magnetitu a čištění vody pomocí těchto nanočástic** (Šrajbr a Prášilová, 2013)
- **experimenty demonstrující samosestavení** (Bagaria *et al.*, 2011; Chan and Salaita, 2012)
- **experimenty s fullereny** (Hildebrand *et al.*, 1996; Kolář *et al.*, 2003; West *et al.*, 1997)
- **úlohy s mikroskopy se skenující sondou** (Baďurová, 2009; Blonder *et al.*, 2010; Rapp, 1997)

Řadu jevů z oblasti nanosvětla však bohužel není možné demonstrovat reálným experimentem (např. z důvodu velkých finančních nákladů na chemikálie či vybavení). Pak lze s výhodou použít „neexperimentální“ vizuální prostředky, jako modely, 3D analogie apod.

8.5. „NEEXPERIMENTÁLNÍ“ DEMONSTRACE S TEMATIKOU „NANO“

Tato práce je dále zaměřena na rešerši, návrh a ověřování „neexperimentálních“ mezi-předmětových demonstrací s tematikou vztahující se k oblasti nanosvětla, pro něž je s ohledem na jejich tematickou náplň používáno označení „nanodemonstrace“.

8.5.1. Cizojazyčné „nanodemonstrace“

Jednotlivé „nanodemonstrace“

Konkrétní „neexperimentální“ demonstrace založené na makroskopické analogii a modely vztahující se k nanosvětlu jsou v angličtině dohledatelné např. pro následující témata:

- výroba nanostruktur pomocí litografie – „nanovýroba“ postupem „shora dolů“
- samosestavování – „nanovýroba“ postupem „zdola nahoru“
- mikroskopie skenující sondou (SPM) – zobrazení povrchů až na úrovni jednotlivých atomů a manipulace s atomy
- fullereny a uhlíkové nanotrubičky – umělé „nanoalotropické“ modifikace uhlíku

(Nano)litografie

Princip litografie – techniky, díky níž je možné postupem „shora dolů“ (Prnka a Šperlink, 2006) vytvářet nanočástice požadované velikosti, tvaru a složení – může učitel jednoduše názorně vysvětlit na ukázce obyčejného razítka (Lyman *et al.*, 2012), příp. je k dispozici makroskopická analogie litografie s nylonovými kuličkami a pudrem vhodná k žákovskému provedení (Haynes *et al.*, 2005).

Samosestavování

Spontánní samosestavení, proces při němž funkční nanostrukturní celky vznikají hierarchicky postupem „zdola nahoru“, lze demonstrovat s celou řadou makroskopických předmětů. Např. k **samosestavení působením magnetických sil** je vhodné použít:

- magnety (What is self assembly?, online)
- magnetické kostky ze stavebnice LEGO (Campbell *et al.*, 2001)
- klasické kostky LEGO s přilepenými magnety (Jones *et al.*, 2006)

K **samosestavení působením kapilárních sil** se hodí např.:

- klasické kostky LEGO (Self-Assembly: Building Structures at the Nanoscale, online)
- slámky (Campbell *et al.*, 2002)
- cereálie (např. Cheerios – Johnsen, online)
- kolečka párku (Campbell, online)
- těstoviny (Burgan and Baker, 2009)

Mikroskopie skenující sondou (SPM)

Jako mikroskopie skenující sondou (SPM) se označuje soubor technik, které za pomoci velmi ostrého hrotu sondy umožňují do nanosvěta nejen nahlížet (tzn. zobrazovat povrch předmětů až s atomárním rozlišením), ale též v něm vytvářet struktury požadovaného tvaru (např. cílenou manipulací jednotlivými atomy). K tématu SPM jsou dohledatelné vynikající výukové modely. Pro **SPM obecně** je to např. model z proložky od vajíček a propisky (Hájková *et al.*, 2013a) nebo model SPM, který detekuje signál podobně jako theremin³ (Quardokus *et al.*, 2014). Pro dvě nejčastěji užívané metody SPM, tj. pro mikroskopii atomárních sil (AFM) a skenovací tunelovou mikroskopii (STM), lze uvést např. tyto modely:

Modely AFM:

- model postavený z papírového kelímku na kávu (Ashkenaz *et al.*, 2010)
- model využívající upravenou gramofonovou jehlu (Bonson *et al.*, 2011)
- modely sestavené z kostek stavebnice LEGO (např. Campbell *et al.*, 1999; Planinsic and Kovac, 2008; Planinsic *et al.*, 2009; Campbell *et al.*, 2011)
- model z krabice, papírových tubusů a pingpongových míčků (Goss *et al.*, 2013)
- model z ohebné ledničkové magnetky (Lorenz *et al.*, 1997; Campbell *et al.*, 1999, Ellis *et al.*, 1999; Magnetic Force Microscopy, online)
- dřevěný model (Planinsic *et al.*, 2009)

³ Theremin je první elektronický hudební nástroj, na který se hraje, aniž by se ho hráč jakkoli dotýkal.

Modely STM:

- model s meotarem, průhlednou proložkou a skleničkou (Hájková *et al.*, 2013a)

Vyhledat lze samozřejmě řadu dalších modelů SPM. Bohužel ne vždy se jedná o vizuální prostředky vhodné pro použití ve výuce na SŠ, a to proto, že jsou často příliš složité (např. makroskopické modely konstruované pro univerzitní použití v laboratořích fyziky – Zypman and Guerra-Vela, 2001; Guerra-Vela and Zypman, 2002; Greczyło and Debowska, 2006) a / nebo jsou hodně drahé (např. Gadia *et al.*, 2005; Bosma *et al.*, 2010).

Fullereny a uhlíkové nanotrubičky

Dalším tématem z oblasti nanosvětla, k němuž byly vyhledávány „nanodemonstrace“, jsou umělé alotropické modifikace uhlíku – fullereny a uhlíkové nanotrubičky.

Výuku týkající se **fullerenů** lze zahájit ukázkou fotbalového míče, který má stejné uspořádání pěti- a šestiúhelníků ve svém plášti jako molekula fullerenu C_{60} . Pro bližší poznání struktury fullerenů je k dispozici řada trojrozměrných modelů, a to jak počítačových, tak materiálních, jež lze sestavit třeba ze stavebnice modelů molekul či poskládat z papíru. Dále v textu (zejména pak v tab. 6) bude rozvedeno, jaké daný typ modelu fullerenu přináší výhody či úskalí. Podobně různé typy modelů komentují Kolář *et al.* (2004). Je důležité podotknout, že všechny modely fullerenů se při vhodném začlenění do výuky mohou stát užitečnou vizuální pomůckou, jež žákům pomůže při utváření prostorové představivosti.

Molekuly nejznámějších fullerenů C_{60} a C_{70} lze ve 3D snadno vizualizovat pomocí vhodného počítačového programu (např. bezplatného chemického programu ChemSketch).

Dále je možné fullereny ve výuce prezentovat prostřednictvím komerčně vyráběných materiálních modelů kuličkových, resp. tyčinkových. Vzhledem k jejich ceně však může být pro učitele výhodnější pro demonstraci sestavit kuličkový model fullerenu ze stavebnice „Molekulové modely“, která bývá na řadě škol k dispozici. V případě dostupnosti většího počtu stavebnic, lze sestavení modelu žákům zadat jako problémovou úlohu (vhodnou k řešení v rámci žákovských skupin). Formulace úkolu pro sestavení modelu fullerenu C_{60} může být následující: „Vytvořte model molekuly, která má stejný tvar jako fotbalový míč, tedy skládá se z 12 pravidelných pětiúhelníků a 20 pravidelných šestiúhelníků, přičemž žádné dva pětiúhelníky nesmí ležet těsně vedle sebe.“

K nejméně nákladným materiálním modelům patrně patří papírové modely. Návodů na konstrukci papírových modelů fullerenů lze dohledat mnoho; velmi se osvědčily např. tyto: Beaton, 1992; Beaton, 1995; Construction of the C_{60} Fullerene Model, online; Hájková, 2011b.

Fullereny	Výhody	Nevýhody
Počítačový model (vytvořený pomocí programu ChemSketch)	<ul style="list-style-type: none"> • program ChemSketch je dostupný ve formě freewaru • šablony (templáty) fullerenů C₆₀, C₇₀ • program umožňuje molekulou rotovat, měnit barvy atomů, měřit délku vazeb, vazebné úhly apod. 	<ul style="list-style-type: none"> • je třeba vybavení (počítač se softwarem, příp. dataprojektor, plátno) • nejedná se o materiální model, se kterým by žáci mohli bezprostředně manipulovat
Kuličkový model (sestavený ze stavebnice Molekulové modely)	<ul style="list-style-type: none"> • levnější než komerčně dostupné modely • žáci mohou model sestavovat sami a bezprostředně s ním manipulovat • možná skupinová práce žáků (nutná spolupráce, komunikace) • lze použít v demonstrační formě 	<ul style="list-style-type: none"> • časově spíše náročný na sestavení (cca jedna vyučovací hodina při zadání formou problémové úlohy) • omezené možnosti modelu
Papírový model	<ul style="list-style-type: none"> • každý žák může sestavit vlastní model, a to i doma • jednoduchý postup konstrukce • časově nenáročný na sestavení (cca 20 minut) • není třeba speciálních pomůcek ani vybavení 	<ul style="list-style-type: none"> • může být snadno poničený • omezené možnosti modelu

Tab. 6: Pozitiva a negativa různých typů 3D modelů fullerenů. Upraveno podle Hájková, 2011b.

K tvorbě materiálních modelů fullerenů lze samozřejmě využít i další materiál, např. víčka od PET lahví (Siodlak, 2013). Chuang *et al.* (2012) představili modely fullerenů, grafenu a uhlíkových nanotrubic sestavené z korálků navlékaných na nylonovou nit.

Vedle fullerenů jsou dalším uměle připraveným uhlíkovým nanomateriálem **uhlíkové nanotrubic**, které lze při první zmínce ve výuce připodobnit velmi tenkým a extrémně dlouhým slámkám na pití. Ke znázornění uhlíkových nanotrubic ve 3D lze také využít:

- papírové modely (návody na konstrukci např.: Atomic world: Carbon nanostructures, online; Jones, online; MRSEC: Carbon Nanotubes Activity Guide, online)
- drátěné modely vytvořené z šestihránného (králičího) pletiva (An introduction to carbon nanotubes, online)

Papírové modely mohou sestavovat i sami žáci, v případě drátěných modelů je však z hlediska bezpečnosti žáků vhodnější pouze jejich demonstrační předvedení učitelem.

Brožury „nanodemonstrací“ a webové stránky s „nanodemonstracemi“

Kromě jednotlivě publikovaných demonstrací a modelů lze dohledat i celé brožury, jež se věnují přiblížení fyzikálních a chemických principů z oblasti nanosvěta. Např. publikace „Exploring the Nanoworld with LEGO[®] Bricks“ (Campbell *et al.*, 2012) sdružuje návody na modely, které lze sestavit z kostek stavebnice LEGO. V brožurě jsou s pomocí těchto

modelů přiblíženy mikroskopy se skenující sondou, skenovací elektronová mikroskopie, efekt obřího magnetického odporu, fotolitografie, samosestavování a mnoho dalšího.

Soubor deseti jednoduchých demonstrací, které mají za cíl poutavě představit základní koncepty a principy nanosvěta, tvoří náplň příručky „NanoDays DEMO GUIDE“⁴ určené zejména pro žáky ve věku 10–12 let. V příručce najdeme např. návod na demonstraci přibližující velikost jednoho nanometru pomocí lámání špagety či náměty na ukázky superhydrofobního chování „magického písku“ nebo samosestavení kostek LEGO ve vodě.

Náměty na aktivity umožňující integrovat problematiku nanovědy a nanotechnologie do výuky na ZŠ a SŠ lze nalézt i ve slovenské práci Tkáčové⁵ (2011). Zde jsou vedle demonstrací s předměty denní potřeby (např. sýrem, magnetkou, kostkami LEGO) navrženy didaktické hry, badatelské činnosti žáků, test a multimediální pomůcky (video, prezentace).

Nepřeberné množství námětů a návodů k žákovským aktivitám, demonstracím a hrám s tematikou „nano“ je shromážděno též na webových stránkách Nanoscale Informal Science Education Network (online), Howtosmile.org (online), Center for Probing the Nanoscale (online). Na další zdroje s podobným zaměřením odkazuje Sustainable Nano (online).

8.5.2. „Nanodemonstrace“ publikované v češtině

V češtině bylo dosud publikováno pouze několik mezipředmětových demonstrací týkajících se problematiky nanosvěta, které by byly možné využít ve výuce na SŠ, např.:

- demonstrace porovnání velikosti objektů v nanosvětě a mimo něj (Hájková, 2011a)
- dřevěný model znázorňující nárůst povrchové plochy při zmenšování velikosti částic (Hájková, 2011a; Hájková a Šmejkal, 2011)
- demonstrace principu funkce mikroskopů se skenující sondou (Hájková, 2011a)
- modely fullerenů a uhlíkových nanotrubic (Kolář *et al.*, 1999; Hájková a Šmejkal, 2011; Svobodová, 2012; Hájková a Šmejkal, 2012b; Hájková *et al.*, 2013b)

Z výše naznačeného je zřejmé, že je žádoucí vytvořit databázi česky psaných „nanodemonstrací“, jež bude sdružovat jednoduché a přesto názorné, finančně i časově nenáročné modely a demonstrace založené na makroskopické analogii, díky nimž se výuka týkající se nanosvěta stane pro žáky pochopitelnější a zábavnější.

⁴ Příručka „NanoDays DEMO GUIDE“ doplňuje festival NanoDays, který je zaměřený na prezentaci výukových programů týkajících se nanovědy a nanotechnologie. Festival je pořádán od roku 2008 a v současnosti je do něj zapojeno více než 200 přírodovědných muzeí, výzkumných center a univerzit po celých Spojených státech amerických.

⁵ Výukové materiály vhodné pro implementaci problematiky „nano“ do výuky na SŠ (např. podkladový studijní materiál pro učitele, příp. pro žáky, či prezentace) jsou ve slovenštině dostupné na webových stránkách projektu NANOYOU (viz nanoyou.eu, online).

8.6. ČESKÁ DATABÁZE „NANODEMONSTRACÍ“

Představovaná databáze sdružuje 18 česky psaných „nanodemonstrací“, jimiž se rozumí názorné, bezpečné, finančně i časově nenáročné mezipředmětové demonstrace založené na makroskopické analogii a trojrozměrné materiální modely, které se tematicky vztahují k oblasti tzv. nanosvětla.

Pro databázi „nanodemonstrací“ bylo (s ohledem na výše uvedenou rešerši literatury) vytipováno šest tematických okruhů z oblasti nanosvětla, rozdělených do kapitol:

1. Úvod do nanosvětla
2. Vlastnosti hmoty v měřítku nanometrů
3. Jak vyrobit „nano“?
4. Elektronová mikroskopie (EM)
5. Mikroskopie skenující sondou (SPM)
6. Umělé alotropické modifikace uhlíku

U každé kapitoly (tématu) databáze najdeme podkapitoly: Obecný úvod, Přehled demonstrací a Použité a doporučené zdroje. „Obecný úvod“ stručně představuje téma kapitoly. V podkapitole „Přehled demonstrací“ jsou rozepsány jednotlivé „nanodemonstrace“. Poslední podkapitola se u každého tematického celku věnuje souhrnu teoretických zdrojů, z nichž bylo čerpáno a ve druhé části odkazům na publikované demonstrace na dané téma.

Databáze je pod názvem Hajkova_databaze_nanodemonstraci uložena ve formátu PDF na CD jako příloha této disertační práce. Některé demonstrace jsou též dohledatelné na webových stránkách www.studiumchemie.cz (viz kap. 8.8.).

8.6.1. Přehled a charakteristika „nanodemonstrací“

Jak je přehledně shrnuto v tab. 7, ke každému tematickému okruhu databáze bylo nově vytvořeno, příp. převzato a upraveno 1–5 demonstrací (resp. modelů), které lze realizovat jako přednáškové demonstrace (tedy ty, co předvádí učitel v demonstračním provedení) či / a žákovské demonstrace (které mohou realizovat sami žáci, mnohdy i doma). Většina žákovských demonstrací je navíc doplněna pracovními listy (viz dále kap. 8.7.2.).

K provedení „nanodemonstrací“ učiteli / žákům postačí pouze předměty denní potřeby (jako např. mince, vatová tyčinka, slámka, magnetka, papíry, izolepa apod.) a levné a bezpečné chemikálie dostupné běžně v domácnosti (potravinářské – např. cukr, vaječný bílek, a drogistické zboží – prací prášek apod.). Navrhované demonstrace / modely jsou fakticky (vědecky) správné, ale přesto snadno pochopitelné, a proto účinné. Navíc jsou finančně

nenáročné, jednoduché na přípravu i provedení a rychlé – časová náročnost se pohybuje obvykle v rozmezí 5 až 20 minut. Všechny demonstrace jsou bezpečné, některé dokonce i zábavné a žáci je mohou vyzkoušet i sami doma. Mohou proto být používány nejen při výkladu učiva, ale i při jeho opakování či procvičování. Realizovat je lze mj. také na školách, kde chybí laboratoř nebo jako součást chemických kroužků apod.

Téma	„Nanodemonstrace“	Provedení	
		DEM	ŽÁK
1. Úvod do nanosvětla	1.1 Jak velké je „nano“	x	(x)
	1.2 Porovnání velikostí	x	x PL 1
2. Vlastnosti hmoty v měřítku nanometrů	2.1 „Nanokostky“	x	x PL 2
	2.2 Tyndallův jev	x	x PL 3
3. Jak vyrobit „nano“?	3.1 „Nanoauto“ ze stavebnice LEGO	x	
	3.2 „Nanoauto“ z cukru		x PL 4
	3.3 Samosestavení magnetů	x	
	3.4 Samosestavení kousků slámky	(x)	x PL 5
4. Elektronová mikroskopie (EM)	4.1 Skenovací elektronová mikroskopie (SEM)		x PL 6
5. Mikroskopie skenující sondou (SPM)	5.1 Princip funkce SPM	x	
	5.2 Princip funkce STM	x	
	5.3 Princip funkce AFM		x PL 7
	5.4 SPM jako manipulátor s atomy	x	x
6. Umělé alotropické modifikace uhlíku	6.1 Kuličkový model fullerenu C ₆₀	x	x
	6.2 Papírový model fullerenu C ₆₀	x	x N
	6.3 Papírové modely uhlíkových nanotrubic	x	x
	6.4 Drátěné modely uhlíkových nanotrubic	x	
	6.5 Papírový model „rostoucí“ uhlíkové nanotrubic	x	x

Tab. 7: Přehled „nanodemonstrací“ sdružených v databázi. PL značí pracovní list, N návod pro žáky dostupný u demonstrace. DEM = demonstrační provedení, ŽÁK = žákovské provedení. Pozn.: Řazení demonstrací do kapitol respektuje členění databáze „nanodemonstrací“. Demonstrace v databázi však mají jiné číselné označení, než je používáno v této práci.

Představované „nanodemonstrace“ byly koncipovány pro použití ve výuce přírodovědných předmětů na SŠ; odpovídají požadavkům kladeným na gymnázia a jsou v souladu s hlavním platným kurikulárním dokumentem – Rámcovým vzdělávacím programem pro gymnázia. S ohledem na pojetí demonstrací (běžně dostupné pomůcky, jednoduchá analogie) lze uvažovat o využitelnosti vybraných „nanodemonstrací“ i na úrovni druhého stupně základních škol (ZŠ), resp. v odpovídajících ročnících gymnázií.

8.6.2. Stručné představení „nanodemonstrací“

První demonstrace v databázi „nanodemonstrací“ slouží k přiblížení předpony „nano“ a naznačení velmi malých rozměrů nanosvěta. V dem. 1.1 totiž učitel (či žáci) postupným ředěním tekutého potravinářského barviva připraví „nanoroztok“. Dem. 1.2 využívá kartičky s obrázky různých objektů (např. molekuly vody, viru chřipky, červené krvinky, blechy psí apod.) pro porovnání jejich velikostí a přiblížení rozměrů nanosvěta.

Dem. 2.1 na modelu 64 částečně obarvených dřevěných krychlí názorně ukazuje, že důsledkem zmenšení velikosti částic je obrovský nárůst jejich povrchové plochy. Dem. 2.2 představuje Tyndallův jev související s rozptylem světla u koloidů.

První dvě demonstrace v třetí kapitole ukazují rozdílnost přístupů „shora dolů“ a „zdola nahoru“ při výrobě „nanoauta“ z kostek stavebnice LEGO (dem. 3.1), resp. z cukru (dem. 3.2). Následující dvě demonstrace jsou ukázkou samosestavení makroskopických jednotek – magnetů (dem. 3.3) či kousků slámky (dem. 3.4).

Dem. 4.1 na základě analogie s voskovkou jako zdrojem elektronů předvádí princip funkce skenovacího elektronového mikroskopu (SEM).

Dem. 5.1 a dem. 5.2 slouží k jednoduchému představení principu funkce mikroskopu se skenující sondou (SPM), a to za pomoci makroskopické analogie, kdy proložka od vajíček reprezentuje povrch zkoumaného předmětu a propiska, resp. sklenička, vystupuje jako sonda mikroskopu. Tyto dvě demonstrace byly s laskavým dovolením převzaty z přednášky RNDr. Antonína Fejfara, CSc. „Dotek atomu“. Následující dem. 5.3 s pomocí ohebné ledničkové magnetky a „sondy“ vytvořené z téže magnetky vysvětluje princip funkce mikroskopu AFM. Na tuto demonstraci plynule navazuje dem. 5.4, která přibližuje mikroskop se skenující sondou jako manipulátor s atomy. Atomy jsou při tom reprezentovány sponkami ze sešívačky, mincemi či magnety.

Demonstrace v šesté kapitole představují modely umělých alotropických modifikací uhlíku, tj. modely fullerenů (kuličkový model fullerenu C_{60} v dem. 6.1 sestavený ze stavebnice Molekulové modely a papírový model téže molekuly v dem. 6.2, k jehož tvorbě

jsou třeba pouze dvě šablony, nůžky a izolepa) a dále modely jednovrstvých uhlíkových nanotubic (papírové modely typů „zig-zag“, „armchair“ a „chiral“ v dem. 6.3, „rostoucí“ papírový model typu „armchair“ v dem. 6.5 a drátěné modely typů „zig-zag“, „armchair“ a „chiral“ v dem. 6.4 vytvořené z šestihhranného pletiva).

Bližší popis demonstrací lze nalézt v samotné databázi „nanodemonstrací“. Některé demonstrace byly také uveřejněny v českých i zahraničních publikacích (např. Hájková, 2011a; Hájková, 2011b; Hájková a Šmejkal, 2011; Hájková a Šmejkal, 2012b; Hájková *et al.* 2013a, Hájková a Šmejkal, 2013a, Hájková a Šmejkal, 2013b, Hájková *et al.* 2013b).

Všechny uvedené „nanodemonstrace“ byly autorkou mnohokrát vyzkoušeny a v případě potřeby doplněny či modifikovány. Většina demonstrací byla také ověřena přímo ve výuce na různých SŠ (viz kap. 9., kap. 10., kap. 11.). Některé demonstrace byly vedle toho přestaveny učitelům chemie (a fyziky) při různých seminářích (např. v rámci projektu OPPA „Přírodní vědy a matematika na středních školách v Praze: aktivně, aktuálně a s aplikacemi“ – modulu Teoretická chemie prakticky, Projektu 5P – Programu pro pedagogy přírodovědných předmětů či na 2. Veletrhu nápadů učitelů chemie). Dem. 5.1 a dem. 5.2 mj. prezentoval Dr. Fejfar v rámci projektů Heureka a Otevřená věda. Mnohdy se ukázka „nanodemonstrací“ setkala se značným pozitivním ohlasem.

8.6.3. Schéma „nanodemonstrací“

„Nanodemonstrace“ v databázi mají jednotné schéma, a to:

- název demonstrace
- jméno autora (resp. autorů), příp. odkaz na zdroj
- využití ve výuce, tj. předměty, v rámci nichž lze demonstraci na SŠ použít
- klíčová slova charakterizující danou demonstraci
- cíl, který provedení demonstrace sleduje
- forma provedení – demonstrační (přednášková demonstrace), resp. žákovská
- potřebný materiál a pomůcky
- čas nutný k provedení demonstrace, příp. i časová náročnost přípravy
- teoretický základ, se kterým by žáci měli být seznámeni před demonstrací, event. v jejím průběhu
- příprava, je-li nutné zdůraznit, co je třeba připravit před realizací demonstrace
- podrobný postup provedení demonstrace s vysvětlením, často s obrazovým doprovodem ve formě fotografií či schematických nákrešů

- závěrečné poznámky, doplnění, rady a doporučení
- odkazy na materiály pro tisk – konkrétní dostupné materiály k tisku jsou zmíněny u příslušné „nanodemonstrace“ v databázi; všechny tiskové verze pracovních listů (u žákovských demonstrací), návodů a šablon pro konstrukci modelů apod. jsou uloženy na CD ve složce „Pracovni_listy_navody_sablony“, kde jsou tříděny dle tematických okruhů (kapitol) databáze

8.6.4. Ukázka „nanodemonstrace“ z databáze

Vyrobte si „nanoauto“ – shora dolů nebo zdola nahoru

Autor / Zdroj: RNDr. Zdeňka Hájková

Využití: přírodovědný seminář, (obecná) chemie, fyzika

Klíčová slova: shora dolů (top-down), zdola nahoru (bottom-up), nanovýroba, „nanoauto“

Cíl: Demonstrovat rozdílnost přístupů „shora dolů“ a „zdola nahoru“ při výrobě „nanoauto“ z kostek stavebnice LEGO.

Forma provedení: přednášková demonstrace

Materiál a pomůcky: 1–2 podvozky auta ze stavebnice LEGO DUPLO (2x4 nopy, tj. výstupky), kostky LEGO (alespoň 32 ks, velikost 2x2 nopy v případě klasických kostek LEGO), chňapka

Časová náročnost: 5–10 minut

Teoretický základ:

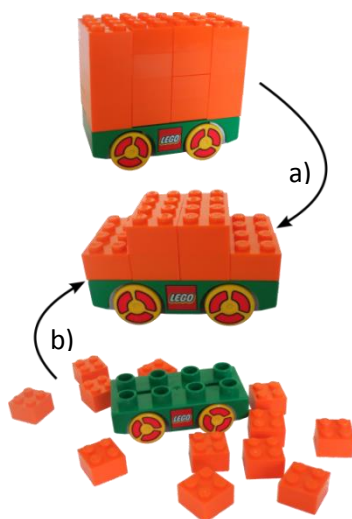
Nanotechnologie je obor, který se mj. zaměřuje na vytváření funkčních zařízení a systémů o velikosti cca 1–100 nm, tj. molekulárních a makromolekulárních struktur, které jsou díky své velikosti nositeli neobvyklé fyzikální, chemické či biologické vlastnosti. Nanostruktury mohou být vyráběny dvěma způsoby: buď postupem označovaným jako „shora dolů“ (top-down), nebo opačným postupem „zdola nahoru“ (bottom-up). První postup se označuje jako fyzikální nebo rozkladný, druhý postup bývá označován jako chemický či syntéza.

Postup „shora dolů“ vychází z větších struktur (obvykle mikrosystémů), které jsou různými procesy (např. litografií, leptáním apod.) miniaturizovány na objekty o velikosti v řádu nanometrů. Tímto postupem pracuje v makrosvětě např. řezbář nebo sochař. Naproti tomu postup „zdola nahoru“ napodobuje přírodu a začíná u nejjednodušších stavebních částic hmoty – atomů a molekul, které jsou postupně hierarchicky sestavovány do větších a složitějších funkčních celků. Využívá se při tom schopnosti jednotlivých složek vzájemně se rozpoznávat, strukturovat, samosestavovat a samoorganizovat.

Postup provedení s vysvětlením:

Cílem je postavit „nanoauto“, které sestává z podvozku LEGO DUPLO 2x4 nopy a 12 klasických kostek LEGO 2x2 nopy (jedna takováto kostka lze nasadit na jeden nop LEGO DUPLO). Postupy, kterými „nanoauto“ můžeme sestavovat, jsou v zásadě dva: „shora dolů“ nebo „zdola nahoru“.

V případě postupu „shora dolů“ začneme s podvozkem auta, na který je umístěno alespoň 32 kostek LEGO 2x2 nopy (uspořádaných do kvádru 2x4x4 kostky – viz obr. 5a; do výšky možno dát až 6 kostek), čímž se vytvoří „mikroauto“. To musíme miniaturizovat, tzn. postupně odebírat jednotlivé kostky, a tím vytvořit požadované „nanoauto“. Odebírání kostek představuje např. proces leptání. Je poměrně snadné odebírat kostky rukou, ale pokud si nasadíme na ruku chňapku, miniaturizace se stane mnohem obtížnější. Podobně je i v případě skutečného postupu „shora dolů“ náročné vytvořit „nanoobjekt“, obzvláště pokud má mít velmi malý vzor. Navíc jak je z demonstrace vidět, nevýhodou tohoto postupu je odpad (nevyužitých 20 kostek LEGO), který při výrobě vzniká.



Obr. 5: „Nanovýroba“ z kostek LEGO. „Nanoauto“ je možné vyrobit postupem (a) „shora dolů“ nebo (b) „zdola nahoru“.

Pokud budeme postupovat opačně, tj. „zdola nahoru“, začneme tím, že budeme mít prázdný podvozek auta a 12 samostatných kostek LEGO 2x2 nopy (viz obr. 5b), které představují atomy či molekuly. Kostky postupně jednu po druhé umístíme na správná místa na podvozku a vytváříme „nanoauto“. Na rozdíl od předchozího postupu nám nevzniká žádný odpad. Aplikace tohoto postupu je snadná v případě, že kostkami LEGO manipulujeme rukou. Kdybychom však stavěli auto skutečně v rozměru „nano“ a kostky LEGO by měřily ne 1,6 cm, ale 1,6 nm, manipulace s nimi by byla mnohem obtížnější.

Poznámky, doplnění, rady, doporučení:

Při kombinaci podvozku LEGO DUPLO s klasickými kostkami LEGO lze na jeden nop LEGO DUPLO nasadit jednu klasickou kostku LEGO 2x2 nopy. Název DUPLO kostka totiž znamená, že má dvojnásobné rozměry klasické LEGO kostky, a proto jsou oba typy kostek kompatibilní. Počet a typ kostek pro demonstraci lze samozřejmě modifikovat podle dostupné stavebnice, typu podvozku apod.

8.7. VÝUKOVÉ MATERIÁLY DOPLŇUJÍCÍ DATABÁZI „NANODEMONSTRACÍ“

Ve snaze rozšířit portfolio českých výukových materiálů týkajících se nanosvěta (a s ohledem na již publikované materiály a náměty pro praxi učitelů) byly „nanodemonstrace“ doplněny dalšími interdisciplinárními výukovými materiály, jež korespondují s tematickým členěním databáze „nanodemonstrací“. Tyto materiály jsou (podobně jako databáze „nanodemonstrací“) uloženy na CD, jakožto příloha této disertační práce. Jedná se o:

- multimediální prezentace
- pracovní listy k žákovským „nanodemonstracím“
- pracovní listy s mezipředmětovými „nanoúlohami“

8.7.1. Multimediální prezentace

Podpůrným materiálem, který doplňuje databázi „nanodemonstrací“, jsou dvě multimediální PowerPointové prezentace.

První prezentace, nazvaná „Nanosvět: Svět nepatrných rozměrů, ale netušených možností“, čítá 62 snímků a obsáhlý poznámkový aparát. Tato prezentace vznikla upravením prezentace „Nanotechnologie: Velká věda o malých věcech“ publikované jako příloha diplomové práce Hájkové (2009). Prezentace byla koncipována tak, aby ji jako bylo možné použít v rámci dvou až tří vyučovacích hodin, např. v přírodovědném semináři. Tab. 8 naznačuje strukturovaný obsah prezentace a zdůrazňuje místa, kam lze zařadit přednáškové demonstrace z databáze „nanodemonstrací“. Vzhledem k tomu, že časová náročnost předvedení jednotlivých přednáškových „nanodemonstrací“ bývá kolem 5–10 minut, je třeba při začlenění vybraných demonstrací počítat s navýšením časové dotace pro prezentaci. Učitel prezentaci samozřejmě může dle potřeby modifikovat, vybrat si např. pouze určité téma apod. Poznámky doplňující jednotlivé snímky jsou místy velmi podrobné. Soubor s poznámkami proto může učiteli sloužit i jako jakási forma výukového textu.

Téma	Snímky	Přednášková „nanodemonstrace“	Snímek
1. Úvod do nanosvěta	2–7	1.1 Jak velké je „nano“ 1.2 Porovnání velikostí	2 5–7
2. Vlastnosti hmoty v měřítku nanometrů	8–18	2.1 „Nanokostky“ 2.2 Tyndallův jev	9 15
3. Jak vyrobit „nano“?	19–24	3.1 „Nanoauto“ ze stavebnice LEGO 3.3 Samosestavení magnetů	19 22
4. Elektronová mikroskopie (EM)	25–30	1.1 Jak velké je „nano“	25
5. Mikroskopie skenující sondou (SPM)	31–43	5.1 Princip funkce SPM 5.2 Princip funkce STM 5.4 SPM jako manipulátor s atomy (varianta s magnety)	32 36 42
6. Umělé alotropické modifikace uhlíku	44–61	6.1 Kuličkový model fullerenu C ₆₀ 6.2 Papírový model fullerenu C ₆₀ 6.3 Papírové modely uhlíkových nanotrubic 6.4 Drátěné modely uhlíkových nanotrubic 6.5 Papírové model „rostoucí“ uhlíkové nanotrubic	49–51 49–51 55–56 55–56 53

Tab. 8: Obsah multimediální prezentace „Nanosvět: Svět nepatrných rozměrů, ale netušených možností“ s návrhem začlenění přednáškových „nanodemonstrací“.

Na základě velmi pozitivní odezvy učitelů i žáků na přednášku kombinující použití PowerPointové prezentace s přednáškovými „nanodemonstracemi“, získané při ověřování přednáškových „nanodemonstrací“ (viz kap. 11.) a také při prezentaci „nanodemonstrací“ na druhém ročníku Veletrhu nápadů učitelů chemie v Táboře (2013), byla vytvořena ještě jedna verze prezentace nazvaná „Nano‘ hrou: Náзорný úvod do nanosvěta“. Tato prezentace obsahuje pouze 17 snímků a naprosté minimum textu. Prezentace byla koncipována s cílem jejího úzkého provázání s přednáškovými „nanodemonstracemi“ – v komentáři u jednotlivých snímků jsou uvedeny konkrétní příklady (celkově je odkazováno na 14 demonstrací). Prezentace je vhodná pro použití ve výuce přírodovědných předmětů na SŠ, s časovou náročností jedné až dvou vyučovacích hodin. Je možné zvážit využití prezentace (event. vybraných snímků) i na škole základní, příp. v nižších ročnících gymnázií.

Obě prezentace byly vytvořeny pomocí MS PowerPoint 2010 a jsou uloženy na CD ve složce „Prezentace“ pod názvem Nanosvet, resp. Nano_hrou, a to jak v editovatelné formě ve formátu PPTX, tak v needitovatelné formě ve formátu PDF (vhodné k použití při problémech s kompatibilitou softwaru). Ve stejné složce jsou též některé obrázky, animace a video, které najdeme v prezentacích, dále prohlížeč PowerPointViewer, jenž umožňuje prezentace korektně zobrazit i na počítačích bez MS Office 2010, a v neposlední řadě PDF soubory Nanosvet_s_poznamkami, resp. Nano_hrou_s_poznamkami, což jsou verze prezentace vhodné pro tisk, jelikož shrnují nejen snímky, ale i jejich doporučený komentář v podobě poznámek.

8.7.2. Pracovní listy k žákovským „nanodemonstracím“

Jak je naznačeno v tab. 7, většina žákovských demonstrací v databázi „nanodemonstrací“ je doplněna pracovními listy pro žáky, konkrétně byly vytvořeny tyto pracovní listy:

- Od atomu k makrosvětlu (PL 1)
- „Nanosýr“ (PL 2)
- Koloidy (PL 3)
- „Nanoauto“ z cukru (PL 4)
- Samosestavování (PL 5)
- Skenovací elektronová mikroskopie (SEM; PL 6)
- Mikroskopie skenující sondou (SPM; PL 7)

Námět k pracovnímu listu „Nanosýr“ byl převzatý od Tkáčové (2011) a nebyl ověřován ve výuce na SŠ. Další pracovní listy byly testovány na několika gymnáziích (viz kap. 10.) a na základě tohoto ověření následně mírně upraveny.

Každý ze sedmi vytvořených pracovních listů se skládá z jedné, event. dvou úvodních stránek, tj. zadání, kde žáci naleznou následující informace:

- název demonstrace
- definovaný cíl, který demonstrace sleduje
- teoretický úvod, jenž žákům představí téma demonstrace
- materiál a pomůcky nutné k provedení demonstrace
- podrobný postup práce při realizaci demonstrace

Na druhé (resp. třetí) straně pracovního listu se nacházejí úkoly, které mají žáci v průběhu či těsně po skončení demonstrace vypracovat. Těmito úkoly jsou míněny požadavky na doplnění tabulky, zakreslení pozorovaného jevu, výběr správného tvrzení apod.

Na konci každého pracovního listu má učitel k dispozici autorské řešení. Všechny pracovní listy jsou uloženy na CD – v tiskové verzi ve formátu PDF a v editovatelné verzi ve formátu DOCX.

Demonstrace je vhodné realizovat v menších skupinách žáků (ideálně ve trojicích). V praxi se velmi osvědčilo „úsporné“ členění pracovních listů, kdy zadání, tj. první stranu (u SPM první dvě strany) pracovního listu učitel ponechá na konkrétním stanovišti demonstrace spolu s potřebným s materiálem a pomůckami, zatímco další stránku pracovního listu (tj. úkoly pro žáky) učitel rozkopíruje jednotlivým skupinám. Žáci se postupně vystřídají na stanovištích s různými demonstracemi rozmístěnými v rámci třídy. Vzhledem k tomu, že pro realizaci jedné žákovské demonstrace a vyplnění odpovídajícího pracovního

listu je adekvátní čas cca 15 minut (u úloh „Nanoauto“ z cukru, Samosestavování a Koloidy je možno počítat s časem až o polovinu kratším), při zachování naznačeného uspořádání mohou žáci během jedné vyučovací hodiny provést 3–4 demonstrace.

S ohledem na to, že k realizaci demonstrací je dostačující materiál a pomůcky běžně dostupné v domácnosti, pracovní listy mohou žáci využívat i samostatně, např. při domácí přípravě. Navíc díky podrobnému zadání jsou demonstrace pochopitelné i pro žáky bez hlubších znalostí dané problematiky. Vyplnění pracovních listů tedy nutně nevyžaduje předcházející výklad či asistenci učitele.

Dále následuje ukázka pracovního listu týkajícího se makroskopického samosestavení kousků slámky ve vodě (PL 5). Nejprve je ukázáno zadání, poté oddíl pracovního listu vhodný k žákovskému vyplnění (ve skupinách). Na závěr je prezentováno autorské řešení (správné odpovědi jsou zaznamenány červeně).

Ukázka pracovního listu k žákovské demonstraci samosestavení slámek ve vodě

Pracovní list – zadání (vhodné nechat na stanovišti ve třídě)

SAMOSESTAVOVÁNÍ (SELF-ASSEMBLY)

Cíl: Demonstrace spontánního samosestavení makroskopických jednotek (kousků slámky).

Úvod:

Samosestavování (self-assembly) je proces, při němž se částice samovolně uspořádávají do strukturovaných, stabilních, nekovalentně spojených agregátů. Funkční celky tedy vznikají hierarchicky postupem zdola nahoru („bottom-up“) bez ovlivňování procesu zvnějšku. K samosestavování dochází na základě přitažlivých a odpuzivých interakcí. Obvykle se jedná o slabé nekovalentní interakce, např. o vodíkové můstky a van der Waalsovy síly, příp. o iontové vazby či hydrofobní interakce. Tyto interakce určují přesný tvar a velikost struktury vzniklé samosestavením. V buňce se např. procesem samosestavení skládá z velké a malé podjednotky ribosom, vytvářejí se kolagenová vlákna, vzniká dvojvrstva fosfolipidů tvořící základ buněčných membrán apod. Na dané trojrozměrné struktuře, vzniklé samosestavením, je závislá i biologická funkce. Podobně je snahou člověka využít procesu molekulárního samosestavování např. pro výrobu počítačových zařízení (molekulární elektronika), chemických senzorů atd.

Materiál a pomůcky:

kousky slámky (10 ks, každý délky 1,5 cm), kádinka (alespoň 400 ml, lépe větší; příp. hrnek), voda, nůžky (na stříhání slámky)

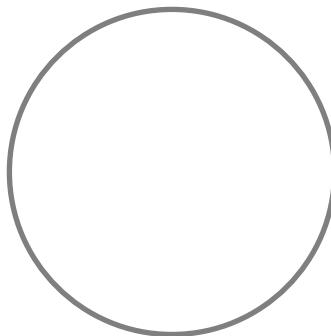
Postup práce:

1. Nůžkami ze slámky nastříhejte 10 kousků (možno i více), každý o délce 1,5 cm.
2. Do kádinky nalijte max. do poloviny jejího objemu vodu.
3. Kousky slámky vložte do kádinky s vodou, a to tak, že každý kousek slámky ponoříte a vytlačíte z něj ven všechny vzduch. (Kousky slámky naplněné vodou budou stále plavat.)
4. Slámky se ihned začnou shlukovat, ale nebudou vytvářet příliš organizovanou strukturu. Kádinkou proto lehce zatočte, jemně zatřepejte nebo na ni poklepejte, příp. zamíchejte její obsah, aby se takovéto struktury rozrušily a mohla se vytvořit organizovanější struktura.
5. Po chvíli slámky samosestavením vytvoří strukturovaný celek.

Žákovský pracovní list (vyplňují žáci ve skupinách)**SAMOSESTAVOVÁNÍ (SELF-ASSEMBLY)****Jména:****Datum:****Pozorování:**

Nakreslete strukturu vytvořenou samosestavením kousků slámky.

Kruh představuje kádinku při pohledu shora.

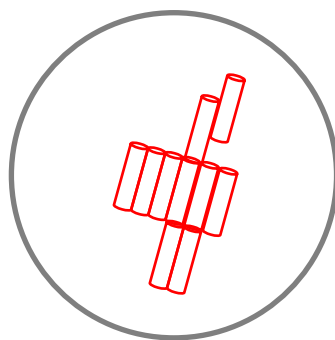
**Výsledky:**

Na základě vašeho pozorování doplňte následující text. Vybranou variantu zakroužkujte.

K samosestavení slámečků ve vodě dochází působením slabých **kapilárních** / **elektrostatických** / **magnetických** sil. Stěny slámečků jsou přednostně přitahovány **k sobě navzájem** / **ke koncům** slámečků. Podobně konce slámečků jsou přitahovány zejména **k bočním stěnám** / **ke koncům** slámečků. Proto se po určité době slámečky uspořádají do **paralelních** / **kolmých** řad.

Autorské řešení pracovního listu

Pozorování:



Výsledky:

K samosestavení slávek ve vodě dochází působením slabých **kapilárních** / **elektrostatických** / **magnetických** sil. Stěny slávek jsou přednostně přitahovány **k sobě navzájem** / **ke koncům** slávek. Podobně konce slávek jsou přitahovány zejména **k bočním stěnám** / **ke koncům** slávek. Proto se po určité době slámky uspořádají do **paralelních** / **kolmých** řad.

8.7.3. Pracovní listy s mezipředmětovými „nanoulohami“

Posledním nově sestaveným výukovým materiálem jsou pracovní listy s „nanoulohami“, tj. mezipředmětovými úlohami, jež se tematicky vztahují k oblasti nanosvěta. Ke každému z šesti tematických okruhů databáze „nanodemonstrací“ byl vytvořen pracovní list obsahující 3–10 mezipředmětových „nanouloh“ (zaměřených zejména na mezipředmětové vztahy chemie s fyzikou, geologií, biologií a matematikou). Učitelé tedy mají k dispozici šest žákovských pracovních listů celkem s 35 interdisciplinárními úlohami. Necelá polovina úloh byla převzata (a příp. mírně modifikována) z diplomové práce Hájkové (2009), 18 úloh bylo vytvořeno zcela nově.

Některé úlohy v pracovních listech mají motivační charakter (např. křížovky, osmisměrka, doplňovačky), jiné jsou určeny spíše k osvojování znalostí či opakování. Úlohy zahrnují také náměty na žákovský referát, tvorbu myšlenkové mapy apod. Jednotlivé pracovní listy mohou být využívány jak přímo během vyučovacích hodin, tak jejich vypracování může učitel žákům zadat za domácí úkol. Všechny pracovní listy s mezipředmětovými úlohami jsou doplněny autorským řešením a jsou uloženy na CD ve složce „Nanoulohy“, a to jak v tiskové verzi ve formátu PDF, tak v editovatelné verzi ve formátu DOCX.

Dále je představeno pět mezipředmětových „nanouloh“ z oddílu týkajícího se vlastností hmoty v měřítku nanometrů. Naznačeno je též autorské řešení těchto úloh.

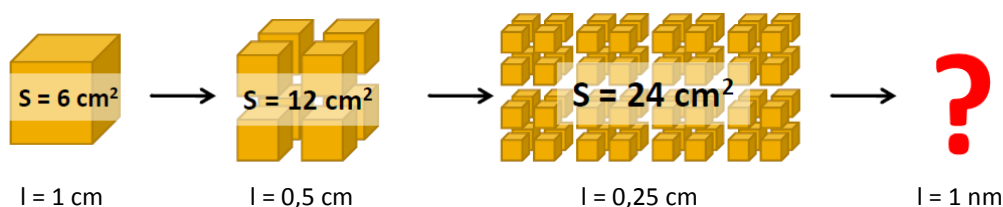
Ukázka vybraného pracovního listu s mezipředmětovými „nanoulohami“

VLASTNOSTI HMOTY V MĚŘÍTKU NANOMETRŮ – DOPLŇJÍCÍ ÚLOHY

Úloha 1: Nanokrychličky

Jak dokumentuje obrázek níže, rozdělením krychle o hraně délky 1 cm na osm krychlíček o poloviční délce hrany (tj. 0,5 cm) vzroste povrchová plocha dvakrát – z 6 cm^2 na 12 cm^2 . Podobně při dalším rozdělení hrany každé krychličky má výsledných 64 krychlíček (každá s hranou délky 0,25 cm) opět dvakrát větší celkový povrch, tj. celkem 24 cm^2 .

Úkol: Nejprve zkuste tipnout a poté spočítejte, jaký by byl celkový povrch krychlíček, které by vznikly rozdělením původní krychle s hranou délky 1 cm na krychličky o hranách délky 1 nm.



Tip: Povrch by vzrostl do velikosti plochy:

- třída
- fotbalového hřiště
- České republiky
- kontinentu Evropa

Výpočet:

Úloha 2: Vlastnosti nanočástic

Hmota v měřítku nanometrů může projevovat neobvyklé fyzikální, chemické a biologické vlastnosti, které jsou využitelné v praxi. U nanočástic a nanomateriálů byly pozorovány změny mechanických, elektrických, magnetických, optických a dalších vlastností.

Úkol: Doplňte následující tvrzení tak, aby byla pravdivá.

- S klesající velikostí částic dochází k bodu tání.
- Zmenšení velikosti částic má za následek povrchové plochy částic.
- Zmenšení velikosti částic má za následek chemickou reaktivitu.

To lze dokázat např. tímto jednoduchým experimentem:

- Již ve starověkém Římě se pilo ze stříbrných pohárů a do vody se házely stříbrné mince. Obě tyto praktiky totiž chrání vodu před zkažením, protože nanočástice stříbra mají vlastnosti.

Úloha 3: Záhadný jev

Nanočástice mohou být součástí koloidů (jako je mléko, mlha, krev, vaječný bílek apod.). Koloidy, přesněji koloidní soustavy, jsou totiž směsi obsahující částice o velikosti cca 1–1000 nm rozptýlené v prostředí jiné chemické látky. Na koloidních částicích (tedy mj. na nanočásticích) dochází k některým zvláštním jevům, např. způsobují rozptyl světla. Ten můžeme pozorovat jako zákal či jako tzv. jev, což je optický efekt, kdy koloidem procházející úzký světelný paprsek je rozptylován na koloidních částicích, důsledkem čehož se vytváří viditelný světelný kužel.

Úkoly:

- a) Vyluštěte osmisměrku a odhalte tak jméno britského fyzika, který záhadný jev v 19. století poprvé popsal, a po němž jev nese své pojmenování.

N	K	E	S	R	P	A	P
A	L	J	S	O	S	J	H
N	A	N	T	M	V	E	D
O	K	É	L	M	Ě	V	I
M	Á	U	L	Y	T	S	O
E	Z	H	Ž	N	L	D	L
T	A	M	A	E	O	L	O
R	L	N	B	Í	L	E	K

Nápověda: zákal, paprsek, koloid, nanometr, bílek, jev, směs, světlo, kužel, mléko, mlha, nm

- b) S pomocí slov z osmisměrky vlastními slovy popište, co to je a jak vzniká diskutovaný „záhadný“ jev.

Úloha 4: Vlastnosti nanomateriálů

Nanomateriály jsou materiály složené z částic a struktur o velikosti 1–100 nm. Díky nanočásticím či nanostrukturám mohou mít nanomateriály nové, leckdy neobvyklé vlastnosti, které se liší od vlastností objemových (bulk) materiálů stejného chemického složení.

Úkoly: Zodpovězte následující otázky; doplňte odpovědi do vynechaných míst.

a) Jmenujte předměty ze svého okolí, které obsahují nanočástice.

Jaké mají tyto předměty díky přítomnosti nanočástic vlastnosti?

Setkali jste se s reklamou na produkt, který obsahuje nanočástice? Kde? O jaký produkt se jednalo?

b) Uhlík se vyskytuje v několika alotropických modifikacích, a to jako:

grafen, grafit (tuha), fullereny, diamant, uhlíkové nanotrubičky
--

- nejtvrdší minerál –
- výborné mazadlo –
- modifikace, jejíž nejznámější molekula svým tvarem připomíná fotbalový míč –
- dlouhé, tenké a velmi pevné „slámky“ –
- nejtenčí a zároveň nejpevnější materiál –

První dvě charakteristiky se vztahují k modifikacím přírodním, další tři modifikace byly připraveny uměle a jsou považovány za velmi perspektivní nanomateriály.

c) Česká republika má zásluhou Technické univerzity v Liberci patent v oblasti nanosvětla. Tamní odborníci pod vedením prof. Oldřicha Jirsáka totiž roku 2003 jako první na světě vyvinuli a patentovali technologii, která umožňuje výrobu netkaných nanovláknenných textilií (tvořených vláknem o průměru 50–500 nm) v průmyslovém měřítku.

Jak byla unikátní technologie výroby nanovláknenných textilií nazvána?

Jaké mají nanovláknenné materiály aplikace?

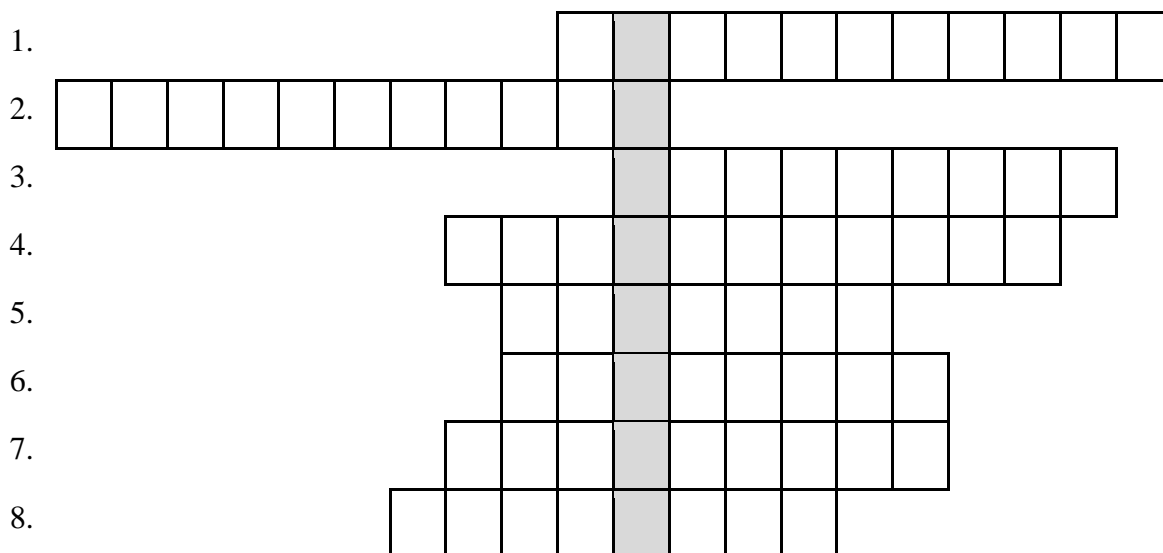
Úloha 5: Tajemný pohár



Obrázky byly převzaty z <http://www.britishmuseum.org>.

Jedním z nejstarších „důkazů“ toho, že hmota v měřítku nanometrů může vykazovat nové, unikátní vlastnosti odlišné od vlastností pozorovaných v makrosvětě, je tajemný pohár, který byl vyrobený pravděpodobně již ve 4. století našeho letopočtu. Pohár byl pojmenovaný podle mytologického thráckého krále Ten je zobrazen na vlysu na poháru, jak je lákán do podsvětí řeckou nymfou Ambrosií, která se proměnila ve vinnou révu. Jev, který nás zajímá, spočívá v neobvyklých barvách poháru. Pohár je totiž vyrobený ze speciálního typu tzv. dichroického skla, které mění barvu v závislosti na umístění světleného zdroje. Pozorujeme-li pohár v odraženém, např. denním světle, je zelený (viz obrázek vlevo). Pokud však zdroj světla umístíme dovnitř poháru, je červený (viz obrázek vpravo). Chemickou analýzou bylo zjištěno, že složení skla tohoto poháru je podobné tomu, jaké je používáno dnes. Za pozorované barevné změny mohou nanokrystaly ze slitiny stříbra a zlata (v molárním poměru 14:1) o velikosti asi 70 nm. Pohár byl vyrobený pravděpodobně v Římě, není však známo, jakou technologii římsí skláři použili. Dnes lze pohár vidět v Britském muzeu v Londýně.

Úkol: Vyluštěte křížovku a odhalte tak jméno onoho bájného krále, po němž pohár nese svůj název.



1. Nanočástice (např. ty ze slitiny zlata a stříbra) nelze pozorovat pomocí světelného mikroskopu. K jejich zobrazení musíme použít přístroj s větším rozlišením, to je například mikroskop.
2. V textu byla několikrát použita předpona nano-. Ve vědeckém slova smyslu se tato předpona používá pro vyjádření 10^{-9} , tj. jedné celku.
3. Složení skla tajemného poháru je podobné moderním sklům – nejhojněji zastoupeným oxidem je SiO_2 , tj. oxid
4. Pro dosažení zajímavých barevných efektů se do skel přidávají prášky zejména ze stříbra, zlata, zinku, kadmia, síry a selenu. Zapište značky uvedených chemických prvků v daném pořadí.
5. Pokud je pohár osvětlený zevnitř, je zbarvený
6. Pohár byl pravděpodobně vyrobený ve 4. století našeho letopočtu v Římě, kde byla úředním jazykem latina. Jak se latinsky řekne stříbro?
7. Unikátní zbarvení skla poháru je způsobeno přítomností krystalů ze slitiny stříbra a zlata o velikosti několika desítek
8. Předpona nano- se používá jako první část řady slov (zmíněny byly např. nanotechnologie, nanokrystaly). Její význam je malost, drobnost, trpaslictví. Zkuste odhadnout, co znamená řecké slovo „nanos“, ze kterého je tato předpona odvozena.

Autorské řešení

Úloha 1: Nanokrychličky

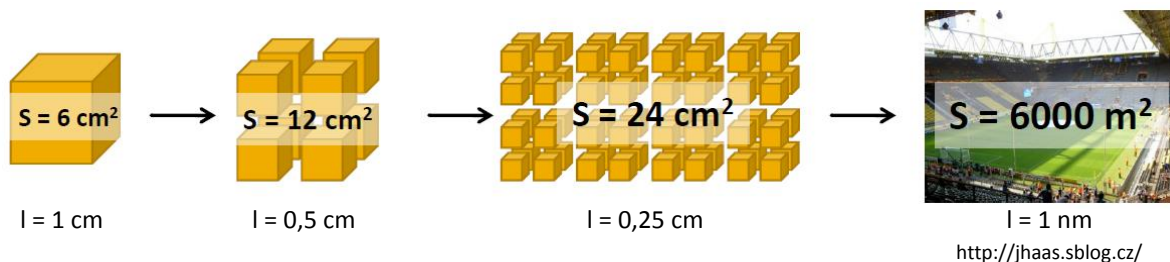
Tip:

Rozdělením krychle o hraně délky 1 cm na krychličky o hranách délky 1 nm naroste celkový povrch na **rozměr plochy fotbalového hřiště!**

Výpočet:

Vzorec pro výpočet povrchů krychlí o hraně délky l vzniklých dělením krychle o hraně délky 1 cm je:

$$S = 6 \times l^2 \times (10^{-2}/l)^3 \text{ v m}^2; \text{ pro } 1 \text{ nm } S = 6 \times (10^{-9})^2 \times (10^{-2}/10^{-9})^3 = 6000 \text{ m}^2.$$



Důsledkem zmenšení délky hrany krychle je nárůst celkové povrchové plochy.

Úloha 2: Vlastnosti nanočástic

- S klesající velikostí částic dochází k **poklesu** bodu tání.
- Zmenšení velikosti částic má za následek **nárůst** povrchové plochy částic.
- Zmenšení velikosti částic má za následek **zvýšenou** chemickou reaktivitu.

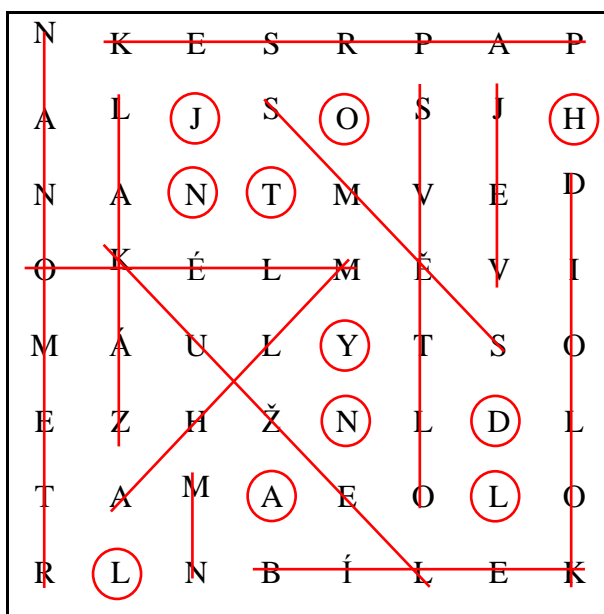
To lze dokázat např. tímto jednoduchým experimentem:

Při reakci zinku s kyselinou chlorovodíkovou reaguje práškový zinek rychleji než zinek v granulích.

- Již ve starověkém Římě se pilo ze stříbrných pohárů a do vody se házely stříbrné mince. Obě tyto praktiky totiž chrání vodu před zkažením, protože nanočástice stříbra mají **baktericidní** vlastnosti.

Úloha 3: Záhadný jev

- Britským fyzikem, který záhadný jev v 19. století poprvé popsal a po němž jev nese své pojmenování, byl **John Tyndall**.



Nápověda: zákal, paprsek, koloid, nanometr, bílek, jev, směs, světlo, kužel, mléko, mlha, nm

- Viz text zadání úlohy.

Úloha 4: Vlastnosti nanomateriálů

- a) Z velkého množství produktů obsahujících nanočástice je možno uvést např.:
- kosmetické a opalovací krémy, které mohou obsahovat nanočástice TiO_2 nebo SiO_2 ; rtěnky a líčidla s nanočásticemi Fe_2O_3 – nanočástice zde fungují jako UV filtr
 - ponožky firmy Nanosilver, ve kterých mají nanočástice stříbra antibakteriální a fungicidní účinky; navíc ponožky dle výrobce lépe vstřebávají pot, urychlují hojení ran a oděrek, zlepšují prokrvení nohou, předcházejí omrzlinám, eliminují zápach nohou a jsou antialergenní
 - skla automobilů, zrcadla či brýle s nanočásticemi TiO_2 , jejichž přítomnost na povrchu skla zabraňuje srážení vody a sklo proto zůstává stále suché a „nepotí se“ atd.
- b) První dvě modifikace (diamant a grafit) jsou přírodní, další tři byly připraveny uměle v posledních 30 letech a jedná se o perspektivní nanomateriály.
- nejtvrdší minerál – **diamant**
 - výborné mazadlo – **grafit (tuha)**
 - modifikace, jejíž nejznámější molekula svým tvarem připomíná fotbalový míč – **fullereny (C_{60})**
 - dlouhé, tenké a velmi pevné „slámky“ – **uhlíkové nanotrubičky**
 - nejtenčí a zároveň nejpevnější materiál – **grafen**
- c) Unikátní technologie výroby nanovlákných textilií byla nazvána **Nanospider**. Technologie Nanospider je založena na metodě tzv. **elektrospiningu**, což je proces využívající silného elektrického pole pro zvláknování vodných roztoků polymerů.
- Z vytvořených nanovláken se dají vyrábět lehké a současně velmi pevné textilie, které jsou porézní. Jejich póry jsou však dostatečně malé na to, aby jimi nemohly projít bakterie či viry. Tyto textilie lze proto použít v laboratořích, chirurgických sálech apod. V medicíně je lze využít jako krycí a obvazový materiál. Jejich struktura je totiž velmi podobná struktuře buněčné hmoty lidské tkáně – látka propouští kyslík, brání vstupu bakterií a zajišťuje odtok zánětlivého výtoku z krevních a mízních cest. Navíc lze na povrch navázat hojení urychlující léčiva. Kromě toho mohou být tyto textilie využity pro rekonstrukci kůže, kostí, cév, svalů i nervové tkáně, doručování a řízené uvolňování léčiv či buněk. Výborné schopnosti absorpce zvuku těchto nanotextilií se dá využít např. v průmyslu pro odhlučňování interiérů automobilů, letadel či ve stavebnictví.

Úloha 5: Tajemný pohár

Nanočástice zlata a stříbra způsobují unikátní zbarvení skla **Lykurgova poháru**.

1.									E	L	E	K	T	R	O	N	O	V	Ý
2.	M	I	L	I	A	R	D	T	I	N	Y								
3.										K	Ř	E	M	I	Č	I	T	Ý	
4.					A	G	A	U	Z	N	C	D	S	S	E				
5.						Č	E	R	V	E	N	Ě							
6.							A	R	G	E	N	T	U	M					
7.								N	A	N	O	M	E	T	R	Ů			
8.									T	R	P	A	S	L	Í	K			

8.8. VÝUKOVÉ „NANOMATERIÁLY“ NA WEBU WWW.STUDIUMCHEMIE.CZ

Nově vytvořené výukové materiály vztahující se k oblasti nanosvětla (tj. „nanodemonstrace“, pracovní listy a multimediální prezentace, které „nanodemonstrace“ doplňují, a taktéž pracovní listy s mezipředmětovými „nanoúlohami“) budou po obhájení této práce z důvodu snazší dostupnosti pro učitele uveřejněny na webových stránkách www.studiumchemie.cz, tj. portálu PřF UK na podporu výuky chemie na ZŠ a SŠ. Zde doplní stávající portfolio „nanomateriálů“ zahrnující výukový text, multimediální prezentaci, návrh projektu, návrh exkurze a testy, jež byly autorkou této práce vytvořeny již v rámci její diplomové práce (Hájková, 2009).

„Nanodemonstrace“ budou (spolu s dalšími výukovými „nanomateriály“) učitelům přístupné na stránce <http://www.studiumchemie.cz/nanosvet.php>, k níž se lze dostat i ze záložky „Učitelé“ (dostupné v levém sloupci na stránkách <http://www.studiumchemie.cz>), a sice přes odkaz „Výukové materiály týkající se nanosvětla“. Již nyní jsou zde v záložce „Nanodemonstrace“ na ukázkou k dispozici náměty na konstrukci pěti modelů umělých alotropických modifikací uhlíku (fullerenu C₆₀, resp. uhlíkových nanotrubic). Náhled online prezentace „nanodemonstrací“ je znázorněn na obr. 6.

<http://www.studiumchemie.cz/nanodemonstrace.php?id=13>

www.studiumchemie.cz
 portál PřF UK na podporu výuky chemie na ZŠ a SŠ

Domů O projektu Kontakt Registrovat jako učitel

Nanodemonstrace
Papírový model fullerenu C₆₀

Autor:
 RNDr. Zdeňka Hájková (upraveno podle: Construction of the C₆₀ Fullerene Model [online]. Dostupné na: http://cd1.edb.hkedcity.net/cd/science/chemistry/s67chem/pdf/sPS_2_C60.pdf.)

Využití:
 chemie (anorganická chemie), přírodovědný seminář, matematika (mnohostěny), geologie

Klíčová slova:
 fullereny, C₆₀, nanomateriály, alotropická modifikace, uhlík, komolý ikosaedr, papírový model, modely molekul

Cíl:
 Sestavit 3D papírový model a ukázat tvar molekuly fullerenu C₆₀.

Forma provedení:
 Demonstrační i žákovské (individuálně, ve dvojicích), možno sestavit i doma.

Materiál a pomůcky:
 Pro sestavení jednoho papírového modelu molekuly fullerenu C₆₀: šablona I, šablona II, nůžky, průhledná izolepa.

Šablona I
 Šablona II

Šablony pro tvorbu papírového modelu fullerenu C₆₀, resp. C₇₀ a uhlíkové nanotrubičky.

<http://www.studiumchemie.cz/zaci.php>

Obr. 6: Ukázka prezentace vytvořených „nanodemonstrací“ na internetu. Screenshot webové stránky <http://www.studiumchemie.cz/nanodemonstrace.php?id=13>, kde je představen námět na sestavení papírového modelu fullerenu C₆₀.

9. „NANODEMONSTRACE“ POPRVÉ VE VÝUCE NA SŠ

V předcházejících kapitolách této práce byly představeny nově vytvořené výukové materiály týkající se oblasti nanosvětla, zejména tzv. „nanodemonstrace“. V tomto a v následujících oddílech práce bude popsán průběh a shrnuty výsledky ověřování představených „nanomateriálů“ ve výuce chemie, resp. fyziky, na SŠ. Nejprve bude přiblíženo výzkumné šetření, které bylo jakousi první „sondou“ týkající se praktické využitelnosti „nanodemonstrací“ ve výuce na SŠ. Dále bude pozornost věnována ověřování žákovských „nanodemonstrací“ doplněných pracovními listy v porovnání s žákovským vyplňováním „nanoúloh“ v pracovních listech. V poslední výzkumné části práce bude popsáno šetření, které se týkalo ověřování přednáškových „nanodemonstrací“. V jednotlivých částech výzkumu budou diskutovány dílčí cíle, výzkumný vzorek i použité metody.

9.1. CHARAKTERISTIKA VÝZKUMNÉHO ŠETŘENÍ

V průběhu koncipování „nanodemonstrací“ jsme si kladli otázku, zda se ubíráme správným směrem – jestli vytvářené demonstrace budou pro učitele atraktivní, aby je vůbec měli zájem používat ve svých hodinách a zda je nejen učitelé, ale i jejich žáci budou vnímat jako přínos pro výuku. Provedeno proto bylo pilotní šetření, ve kterém byli oslovení učitelé požádáni o ověření pěti „nanodemonstrací“ a následně o jejich zhodnocení.⁶

K hlavním cílům tohoto pilotního šetření patřilo:

- Naznačit, jaká je reálná využitelnost „nanodemonstrací“ ve výuce.
- Odhalit jak silné stránky, tak slabiny vytvořených „nanodemonstrací“.

Informace, které jsme v průběhu šetření získali od učitelů prostřednictvím dotazníků (ve vybraných případech navíc doplněných polostrukturovanými rozhovory), resp. na základě emailové komunikace, a od žáků, kteří „nanodemonstrace“ viděli, prostřednictvím dotazníků, jsme využili zejména k úpravě ověřovaných „nanodemonstrací“.

Výzkumné šetření probíhalo následujícím způsobem: V únoru 2011 se na PřF UK v Praze konal seminář nazvaný „Nanotechnologie pro život“⁷, jehož se zúčastnilo 20 učitelů chemie ze středních odborných škol a gymnázií v Praze. V rámci semináře byli učitelé formou přednášky doplněné PowerPointovou prezentací seznámeni s oborem nanotechno-

⁶ Zkušenosti učitelů s modely fullerenu C₆₀ byly představeny na konferenci Chemistry education – 2011 v Rize (Hájková, 2011b). Kompletní výsledky proběhnutého šetření pak byly prezentovány roku 2012 na konferenci Aktuálně trendy vo vyučovaní prírodných vied ve Smolenicích (Hájková a Šmejkal, 2012a).

⁷ Seminář „Nanotechnologie pro život“ byl součástí projektu OPPA „Přírodní vědy a matematika na středních školách v Praze: aktivně, aktuálně a s aplikacemi“, modulu Teoretická chemie prakticky (Urbanová *et al.*, 2012).

logie, jejími aplikacemi a s možnostmi výuky tohoto tématu na SŠ. Učitelé dostali k dispozici CD obsahující výukové materiály a náměty pro svou praxi, z nichž většina byla publikovaná v rigorózní práci Hájkové (2011a). Jednalo se o výukový text, prezentaci, návrhy projektu a exkurze, mezipředmětové úlohy, testové položky a dále pět „nanodemonstrací“, a sice:

- dem. 1.2 Porovnání velikostí
- dem. 2.1 „Nanokostky“
- dem. 5.1 Princip funkce SPM
- dem. 5.2 Princip funkce STM
- dem. 6.2 Papírový model fullerenu C₆₀

Během semináře učitelé zhlédli všechny uvedené demonstrace; první a pátou si mohli dokonce sami vyzkoušet. V závěru semináře byli učitelé požádáni o ověření získaných materiálů, zejména „nanodemonstrací“, a následně o vyplnění dotazníku, týkajícího se použití demonstrací ve výuce chemie. Další dotazník měli vyplnit žáci, kterým učitelé „nanodemonstrace“ předváděli. Zadání dotazníků pro učitele i pro žáky je součástí Přílohy III.

Při výběru vzorku se jednalo o tzv. kompletní sběr (dle Švaříčka *et al.*, 2007), kdy do vzorku byli zahrnuti všichni dostupní a ochotní účastníci. Z osloveného vzorku dvaceti učitelů poskytlo zpětnou vazbu šest učitelů (tři ženy a tři muži) s pedagogickou praxí delší než 20 let. Jeden z těchto učitelů nevyplnil dotazník, ale zaslal několik pokladů podrobně popisujících využití získaných materiálů na Gymnáziu Oty Pavla (viz kap. 9.4.). Další tři učitelé odevzdali jak vyplněný dotazník pro učitele, tak vyplněné dotazníky pro gymnazisty, kteří demonstrace viděli, příp. sami realizovali. Zpětná vazba získaná prostřednictvím dotazníků byla v případě těchto tří učitelů ještě doplněna polostrukturovaným rozhovorem. Poslední dva učitelé, kteří se zúčastnili šetření, odevzdali pouze vyplněný dotazník pro učitele.

Zbývající učitelé, kteří se zúčastnili semináře „Nanotechnologie pro život“, na žádost o vyplnění dotazníků nereagovali. Lze pouze spekulovat, zda to bylo proto, že téma „nano“ nepovažují za důležité, a proto ho do výuky neimplementovali či zda již využívají jiné výukové materiály vztahující se k tomuto tématu. Je též možné, že demonstrace nebo některé jiné z poskytnutých materiálů vyzkoušeli, ale z časových (event. jiných důvodů) nevyplnili dotazník. I přes poměrně nízkou návratnost vyplněných dotazníků lze vzhledem k osobnímu kontaktu s učiteli, kteří poskytli zpětnou vazbu, získané informace považovat za relevantní alespoň pro orientační posouzení využitelnosti zmíněných „nanodemonstrací“ ve výuce na SŠ.

9.2. ZKUŠENOSTI UČITELŮ S „NANODEMONSTRACEMI“

Mezi účastníky semináře „Nanotechnologie pro život“ se našlo pět učitelů, kteří ve své výuce ověřili alespoň některé z představených „nanodemonstrací“. Tito učitelé poskytli zpětnou vazbu formou vyplnění dotazníku, příp. doplněného následným rozhovorem. Učitelé obvykle nerealizovali všechny demonstrace, protože je některé nezaujaly nebo z časových důvodů. Každá demonstrace byla ale ověřována alespoň dvakrát (dem. 1.2 3x, dem. 2.1 3x, dem. 5.1 2x, dem. 5.2 2x, dem. 6.2 5x). Demonstrace byly realizovány v těchto předmětech a ročnících: první ročník čtyřletého studia v chemii (2x), sedmý a osmý ročník osmiletého studia v chemickém, resp. přírodovědném semináři (2x), první ročník čtyřletého studia a pátý a šestý ročník osmiletého studia v rámci projektového týdne (chemie, fyzika, IVT; 1x).

V dotazníku učitelé nejprve mohli formou volné odpovědi u každé demonstrace uvést, jaká spatřují její pozitiva (co se jim na demonstraci líbí) a negativa (co naopak navrhuji vylepšit, event. jakým způsobem).

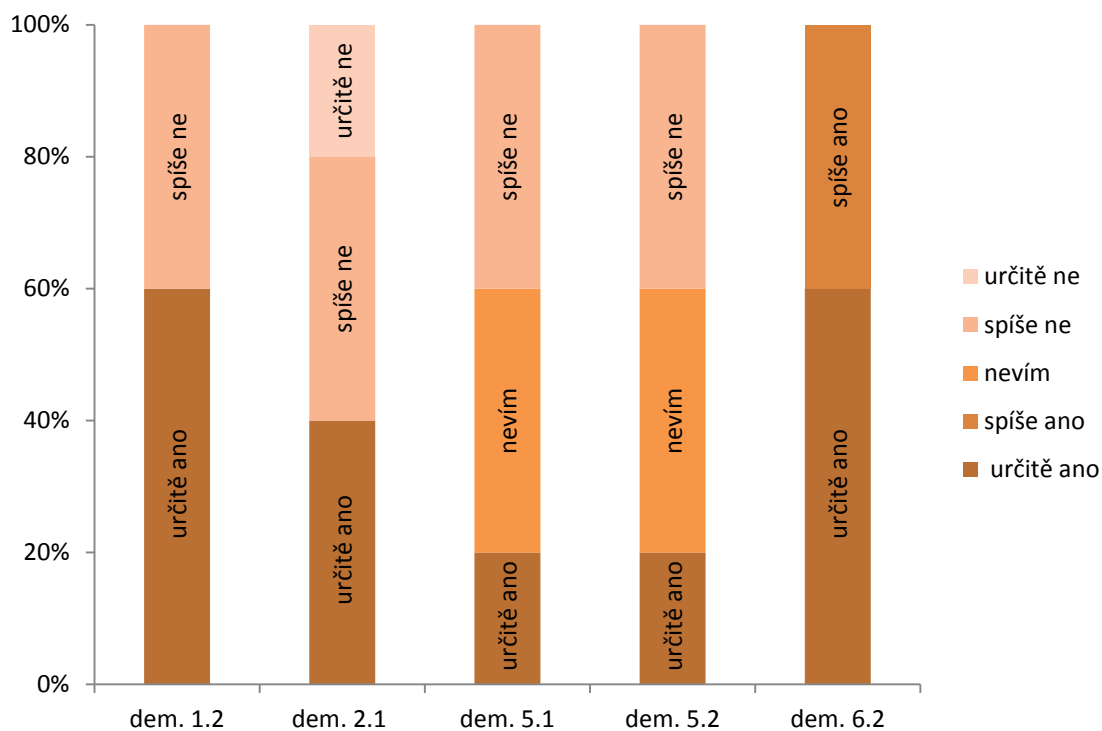
Na dem. 1.2 učitelé ocenili názornost, jednoduchost a to, že dovoluje žákům nahlédnout do světa „nanorozměrů“. Jedna učitelka navrhla vylepšit demonstraci znázorněním poměrů velikostí objektů pomocí osy.

Za největší přínos dem. 2.1 učitelé považovali též její názornost a jednoduchost a propojení s matematikou.

Dem. 5.1 a dem. 5.2 podle názoru části učitelů patří spíše do fyziky. Demonstrace 5.2 je náročnější na přípravu i na provedení a je vhodné ji vyzkoušet dopředu. V jednom případě byla dem. 5.2 upravena a místo tuše byla použita Berlínská modř. Navrženo bylo použití těsnícího tmelu na okna pro upevnění proložky k vaně s vodou a zamezení jejímu nadzvedávání a pronikání vody. Jeden z učitelů chybně interpretoval dem. 5.1 a 5.2 jako znázornění funkce elektronového mikroskopu.

Dem. 6.2 je dle dvou učitelů dobře použitelná v prvním ročníku chemie (čtyřletého studia). V jednom případě byla stavba papírového modelu nahrazena sestavením kuličkového modelu fullerenu C_{60} ze stavebnice modelů molekul. Stavbu různých modelů považují za přínosnou, a proto využívají v hodinách chemie, všichni učitelé. Jako problematické učitelé často označovali to, že „žáci neumějí používat nůžky“, resp. mají potíže s přesností vystřižení šablon. Žáci měli též menší problémy se spojováním jednotlivých dílů modelu.

Dále učitelé v dotazníku doplňovali odpovědi na tři uzavřené, výběrové otázky (s možnostmi odpovědí: určitě ano – spíše ano – nevím – spíše ne – určitě ne). Znění otázek a odpovědi na tyto otázky jsou přehledně znároněny na grafech 2–4.



Graf 2: Považujete demonstrace za přínosné pro pochopení příslušného jevu / děje apod. pro žáky?

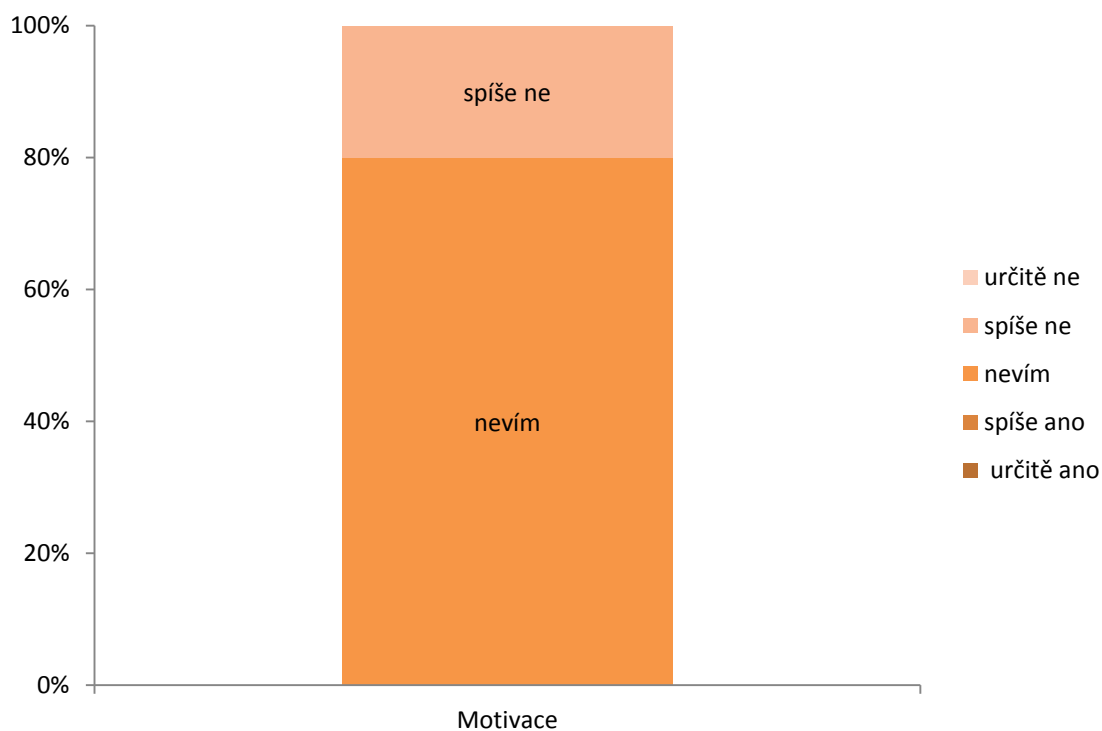
dem. 1.2 určité ano (3), spíše ne (2)

dem. 2.1 určité ano (2), spíše ne (2), určité ne (1)

dem. 5.1 určité ano (1), nevím (2), spíše ne (2)

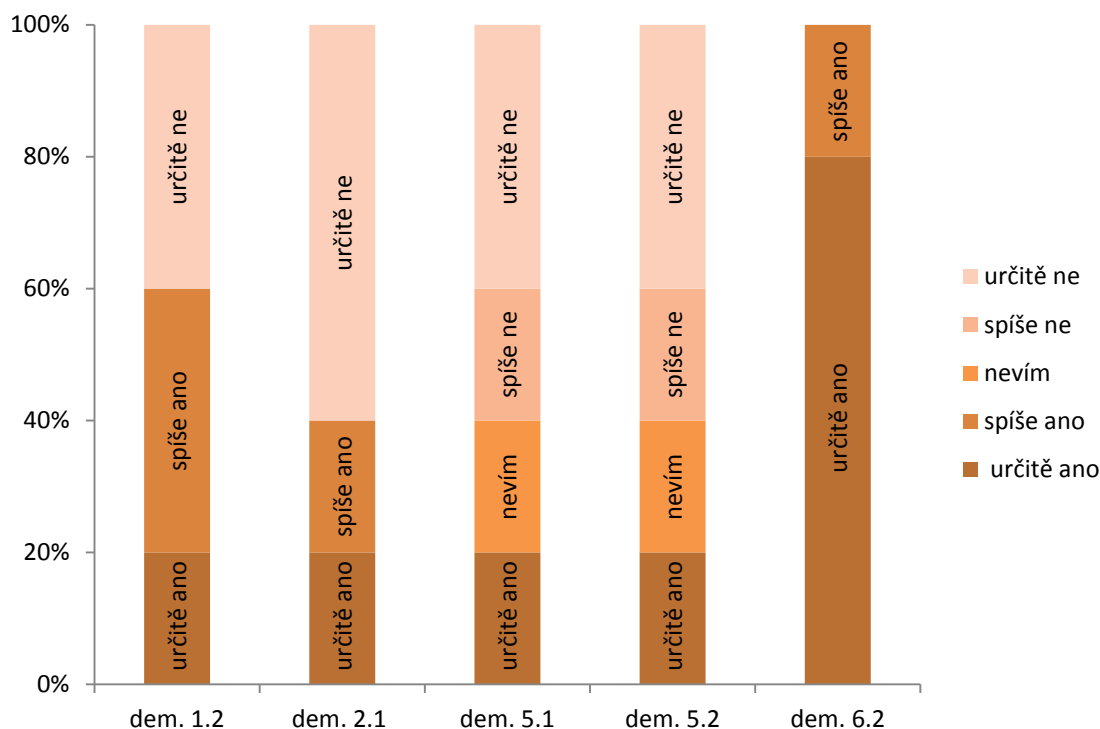
dem. 5.2 určité ano (1), nevím (2), spíše ne (2)

dem. 6.2 určité ano (3), spíše ano (2)



Graf 3: Myslíte si, že díky předvedeným demonstracím budou žáci více motivováni učit se chemii?

nevím, nejsem si jistý/á (4), chemii spíše ne, ale fyziku spíše ano (1)



Graf 4: Budete demonstrace týkající se „nano“ dále používat ve své výuce?

dem. 1.2 určité ano (1), spíše ano (2), určité ne (2)
 dem. 2.1 určité ano (1), spíše ano (1), určité ne (3)
 dem. 5.1 určité ano (1), nevím (1), spíše ne (1), určité ne (2)
 dem. 5.2 určité ano (1), nevím (1), spíše ne (1), určité ne (2)
 dem. 6.2 určité ano (4), spíše ano (1)

Ze zjištěných výsledků vyplývá, že za nejpřínosnější v pochopení daného jevu / děje učitelé považovali dem. 6.2 a dem. 1.2. Většina učitelů (80 %) nedovedla posoudit, zda uvedené demonstrace mohou žáky motivovat učit se chemii. Jeden učitel se domníval, že chemii spíše ne, ale že by žáci mohli být více motivováni učit se fyziku. Z pěti učitelů, kteří se zúčastnili šetření, budou v budoucnu ve své výuce pravděpodobně i nadále zařazovat dem. 1.2 tři učitelé, dem. 2.1 dva učitelé, dem. 5.1 a dem. 5.2 pouze jeden učitel (jeden další neví), dem. 6.2 všichni učitelé.

Při rozhovorech učitelé uvedli, že s ohledem na (časovou) náročnost tématu, považují za vhodné zařazení tématu nanotechnologie spíše do semináře. Učitelé překvapivě nedokázali říci, zda mohou „nanodemonstrace“ přispět k motivaci žáků pro učení se chemie, a to patrně proto, že nanosvět je mezioborovou oblastí, jež zahrnuje poznatky nejen z chemie, ale i z fyziky, biologie či materiálového inženýrství. Vzhledem k aktuálnosti této tematiky učitelé často zdůrazňovali, že „nano“ za zmínku ve výuce přírodovědných předmětů na SŠ rozhodně stojí.

9.3. POHLED ŽÁKŮ NA „NANODEMONSTRACE“

Celkový počet respondentů – žáků, kteří viděli (příp. sami realizovali) demonstrace a zároveň vyplňovali dotazník, byl 33 (z toho 19 chlapců a 14 dívek). Žáci měli nejprve demonstrace zhodnotit (uvést, co se jim na demonstracích líbilo, zda jim přišly srozumitelné a příp. navrhnout, čím by je vylepšili).

Na dem. 1.2 žáci ocenili zábavnost a názornost při porovnávání velikosti objektů. Demonstraci žáci hodnotili např. takto: „*Uvědomili jsme si (ne)rovnatelné velikosti objektů. Seřadit všechny karty správně se nikomu nepovedlo, ale byla to zábava. Bylo to dost těžké, ale zajímavé a poučné. Opravili jsme si představu o velikosti malých částic. Zábavný pokus o převedení nanorozměrů do reálného světa a zviditelnění „neviditelného“. Demonstrace ukazuje relativitu pojmů (i blecha může být velká).*“ Jako vylepšení žáci navrhovali dát vedle sebe obrázky ve „skutečných“ velikostech, dále nepoužívat u obrázku odkaz na použitý zdroj, pokud je v něm napsán název objektu (např. v angličtině) a v případě demonstračního provedení volit dostatečnou velikost obrázků. Zmíněno bylo také, že „*pro větší zábavu by se měly přidat další kartičky*“.

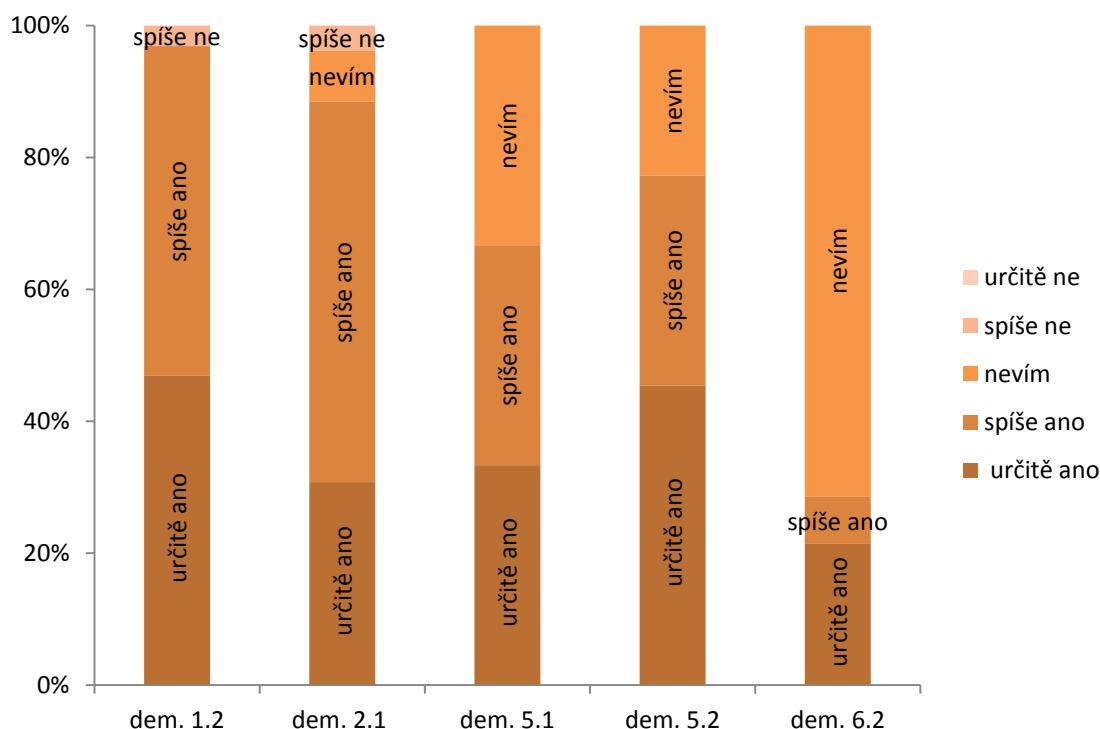
V případě dem. 2.1 měli někteří žáci od učitele k dispozici rozkládací model krychle, jiní ho sami vyráběli skládáním z papírových kostek (pak se objevoval názor, že „*lepení kostiček je piplačka, moc mě to nebavilo, protože nemám ráda slepování drobných věcí*“), jedna třída pouze teoreticky počítala nárůst povrchové plochy. Obecně lze říci, že dem. 2.1 byla jednoduchou, ale názornou ukázkou pro řadu žáků již známého jevu. Demonstraci většina žáků označila za dobře pochopitelnou. Asi třetina žáků ji považovala za nudnou či zbytečnou, protože nepřinesla novou informaci (byla známa již z dřívějších let studia). Většina žáků však demonstraci přivítala, protože jim poskytla lepší představu či důkaz známého jevu, příp. ji považovali za zábavnou pomůcku pro zopakování a upevnění matematických znalostí. V několika případech žáci byli dokonce překvapeni nečekaně velkým nárůstem plochy nanokrychliček.

Dem. 5.1 a dem. 5.2 by se podle asi poloviny žáků hodily spíše do fyziky než do chemie. Většina žáků by přivítala možnost vidět skutečný mikroskop SPM. Žáci byli zaujati tím, že i přes použití jednoduchých pomůcek mohli „vidět atomy jako je vidí mikroskop“. Z reakcí žáků můžeme uvést např.: „*Dívali jsme se očima mikroskopu. Konečně jsem viděl atom – hurá! Trefné zviditelnění atomů pomocí jednoduchých pomůcek. Trefné, vzbuzuje zájem pracovat se skutečný mikroskopem.*“ Demonstrace 5.2 byla často označována za nejzajímavější z předvedených demonstrací, na druhou stranu ale také jako nejobtížnější na pochopení. Žáci často chybně označovali mikroskop jako elektronový, příp. používali

nesprávnou zkratku SPN. Rozpačité názory žáků dokumentují jejich vyjádření: „*Demonstrace se povedla, ale moc nevím, o co se jednalo, mám to smíšené. Pokus se povedl, ale nepochopila jsem, o co jde. Uvítal bych podrobnější vysvětlení. Zajímavý pokus, nicméně trochu obtížný na pochopení. Exkurze u skutečného přístroje by dala více.*“ Ze získané zpětné vazby jednoznačně vyplývá, že problematika mikroskopie skenující sondou je pro žáky zcela nová, snadno zaměnitelná s elektronovou mikroskopií a vyžaduje podrobnější vysvětlení.

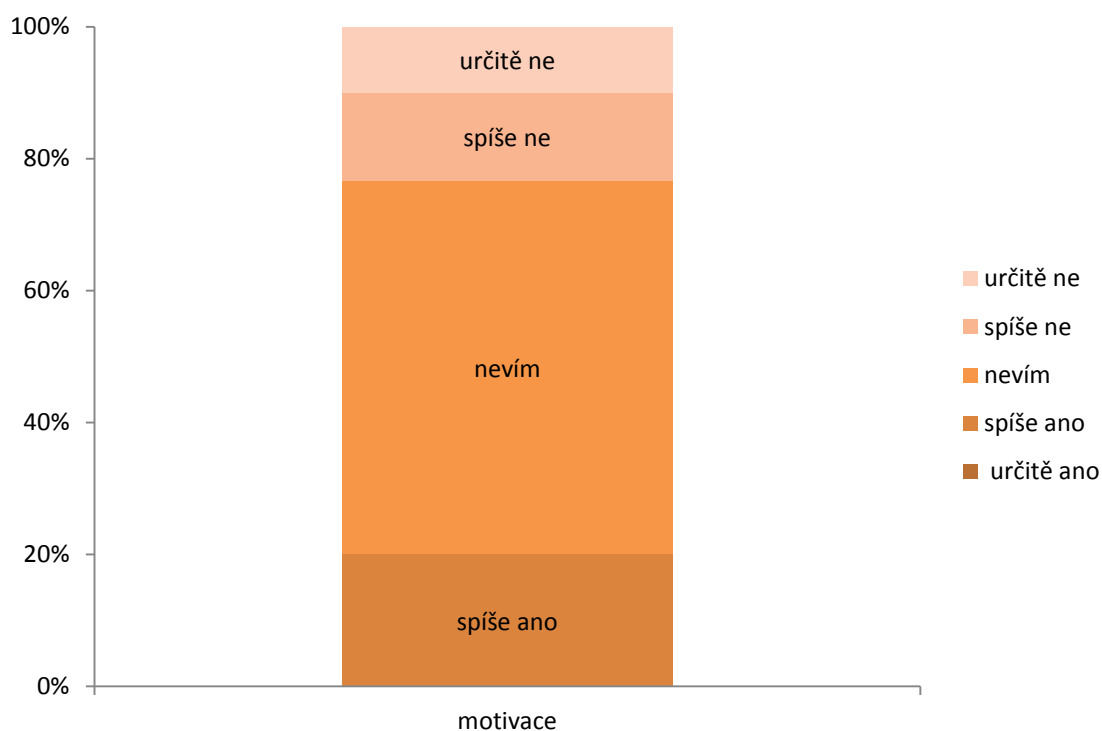
Dem. 6.2 označovanou jako „kopačák“ žáci nejčastěji hodnotili jako zajímavou a zábavnou z hlediska jednoduchého skládání, možnosti přemýšlet trochu jiným způsobem. Objevil se i názor, že „*by stačil pouze obrázek s prvkem*“. U dvou žáků byl fullerén chybně označen C_6O , resp. C_{61} .

Dále žáci v dotazníku doplňovali odpovědi na tři uzavřené, výběrové otázky (s možnostmi odpovědí: určitě ano – spíše ano – nevím – spíše ne – určitě ne). U poslední z těchto otázek byl navíc prostor pro zdůvodnění odpovědi. Znění otázek a odpovědi na ně následují u grafů 5–7.



Graf 5: Díky demonstracím jsem lépe pochopil/a vysvětlovanou látku. Demonstrace mi pomohly národně si představit do té doby pouze abstraktní pojmy.

dem. 1.2 určitě ano (15), spíše ano (16), nevím (0), spíše ne (1), určitě ne (0)
 dem. 2.1 určitě ano (8), spíše ano (15), nevím (2), spíše ne (1), určitě ne (0)
 dem. 5.1 určitě ano (6), spíše ano (6), nevím (6), spíše ne (0), určitě ne (0)
 dem. 5.2 určitě ano (10), spíše ano (7), nevím (5), spíše ne (0), určitě ne (0)
 dem. 6.2 určitě ano (3), spíše ano (1), nevím (10), spíše ne (0), určitě ne (0)



Graf 6: Díky demonstracím se cítím být více motivován/a učít se chemii.
určitě ano (0), spíše ano (6) nevím, nejsem si jistý/á (17), spíše ne (4), určitě ne (3)



Graf 7: Přál/a bych si, aby nám ve výuce bylo ukazováno více podobných demonstrací.
určitě ano (24), spíše ano (9)

Celkově lze říci, že demonstrace žáci většinou považovali za povedené a přínosné. Žáci se domnívali, že jim demonstrace pomohly lépe pochopit vysvětlovanou látku, a to

v případě dem. 1.2 97 % žáků, u dem. 2.1 89 % žáků (7 % neví), dem. 5.1 67 % žáků (33 % neví), dem. 5.2 77 % žáků (23 % neví), dem. 6.2 překvapivě pouze 28 % žáků (72 % neví). Necelá čtvrtina žáků (20 %) se cítí být díky demonstracím více motivována učit se chemii, polovina nedovede rozhodnout. Všichni žáci by ocenili zařazení dalších podobných demonstrací do výuky i v budoucnu, což zdůvodňovali tím, že:

- demonstrace díky názornosti usnadní pochopení: „*Můžeme si to tak lépe představit. Lépe se pochopí probírané látka. V chemii je velký problém, že si spoustu věcí nedovedu představit. Že si to ukážeme názorně je určitě lepší, než teoreticky.*“
- usnadní zapamatování: „*Více si toho pamatují. Pomocí pokusů si jednotlivé jevy můžeme lépe zapamatovat, než pomocí pouhé teorie v učebnici.*“
- oživí výklad: „*Demonstrace oživí suchý výklad. Je to více zajímavé.*“
- aktivizuje: „*Jednotlivec se může na pokusu podílet.*“
- propojí teorii s praxí: „*Teorie je nám v životě k ničemu, potřebujeme praxi. Rozšíří zájem o související obory*“
- přináší relaxaci: „*Nezkouší se z toho, odpočinu si.*“

Na druhou stranu ale zaznívaly obavy, že „*v hodinách chemie není k demonstracím dostatek prostoru*“ či že „*nepodařilo se mi vždy udržet pozornost; někdy to bylo i trochu zajímavé, jindy to bylo nudný (o chemii se moc nezajímám).*“

9.4. JAK VYUŽILI MATERIÁLY O „NANO“ NA GYMNÁZIU OTY PAVLA

Na webových stránkách Gymnázia Oty Pavla v Praze je možné dočíst se o akci nazvané „Nanotechnologické pondělí“, kterou vyvrcholilo zařazení aktuálního tématu nanotechnologie do výuky chemie a fyziky. Na pondělí 27. června 2011 připravili RNDr. Bohumil Černocký a Mgr. Jitka Frouzová pro žáky praktický program se soutěžními úkoly, které byly inspirovány materiály z projektu OPPA, především demonstracemi, které byly přetvořeny v soutěžní úkoly. Akce se zúčastnilo 30 žáků chemie z třetího ročníku čtyřletého studia a 27 žáků fyziky z pátého ročníku šestiletého studia.

Zahájení dne bylo stylové – žáci kvinty předali paní ředitelce první číslo nově založeného školního časopisu Přírodovědný GOPík, které celé věnovali problematice nanotechnologie⁸. Pak se žáci rozdělili do skupin po třech nebo čtyřech a pustili se do soutěžení (1 vyučovací hodina). V prvním úkolu museli podle obrázků rozpoznat deset přírodních

⁸ Ukázka časopisu Přírodovědný GOPík věnovaná nanotechnologii a fotografie z akce „Nanotechnologické pondělí“ jsou uloženy na CD ve složce Práce_zaku – GOP.

objektů, přiřadit jim správné názvy, určit jejich rozměry a rozhodnout, zda patří či nepatří do nanosvěta (upravená dem. 1.2). Druhý úkol byl zaměřen na určování počtu a celkového povrchu částic při jejich dělení na částice menší (upravená dem. 2.1). Tady již žáci museli zapojit náročnější prostorovou představivost i matematické schopnosti, proto mohli využít rozkládací model krychle. Poslední úkol testoval zručnost a přesnost při vytvoření papírového modelu molekuly nejznámějšího fullerenu C_{60} (dem. 6.2). Členové vítězné skupiny z každé třídy byli odměněni opět ve stylu „nano“, a to „nanopodložkami“, které bez lepidla udrží na palubní desce auta např. mobilní telefon. Součástí pondělního programu bylo i promítání filmů s nanotechnologickou tematikou (1 hodina) a prezentace (2 hodiny v každé třídě, s využitím dodané prezentace; vybrány byly snímky zaměřené na vzbuzení zájmu žáků).

Zařazení tématu nanotechnologie do výuky přijali žáci velmi příznivě, soudě např. podle zmíněného faktu, že se jedna třída rozhodla nanotechnologii věnovat první číslo nově vznikajícího školního časopisu. V celkovém hodnocení v e-mailové korespondenci Dr. Černocký píše: *„Podle zaujetí, s jakým žáci soutěžili, akci považujeme za úspěšnou. Myslím, že vše použité, bylo pro žáky přínosné, určitě budeme opakovat i v dalších letech. Ještě jednou díky za skvělé materiály, jsou pro nás velkou inspirací a přínosem pro lepší práci.“*

9.5. PRVNÍ OVĚŘENÍ „NANODEMONSTRACÍ“ – SHRUTÍ VÝSLEDKŮ ŠETŘENÍ

Ačkoliv se objevily názory, že *„vylepšení demonstrací nebylo nutné, protože vše fungovalo perfektně“* či *„všechny demonstrace byly velmi povedené“*, dem. 1.2 by mohla být vylepšena zejména použitím více kartiček s dostatečně velkými obrázky a jejich porovnáním s běžnými věcmi, jako např. autem.

Dem. 2.1 spíše pouze názorně připomněla středoškolákům již známý fakt. U této demonstrace by žáci uvítali doplnění teoretického výpočtu při použití hotového modelu, (přestože zazněl i názor, že při výrobě jednotlivých krychliček se mohou více zapojit jednotlivci).

Dem. 5.1 a dem. 5.2 jsou obsahově náročné a je proto nutný teoretický úvod a představení zmiňovaných mikroskopických metod před samotným provedením demonstrací. V případě SPM je zřejmá silná interdisciplinarita a přesah do fyziky. Dem. 5.1 a dem. 5.2 doporučuji doprovodit přírodovědnou exkurzí na pracoviště, kde si žáci mohou prohlédnout skutečný přístroj.

V případě dem. 6.2 se všichni učitelé shodli na tom, že stavba modelů je pro žáky prospěšná a budou ji i nadále zařazovat do své výuky. Je překvapivé, že ačkoli tato demonstrace učitele zaujala nejvíce, žáci v ní spatřovali nejmenší užitek (v porovnání se zbývajícími „nanodemonstracemi“).

Jak ukázaly výsledky provedeného šetření, hlavním přínosem „nanodemonstrací“ pro žáky patrně není motivační aspekt, ale spíše jejich názornost, která usnadní pochopení abstraktních pojmů a jejich zapamatování. Na základě provedeného šetření se tedy zdá, že by představené „nanodemonstrace“ mohly být považovány za vhodné názorné prostředky, které mohou usnadnit výuku „nano“ v přírodovědných předmětech na SŠ.

Poukázáno však bylo též na náročnost této tematiky danou jejím interdisciplinárním charakterem, což se projevilo mj. v tom, že se učitelé stavěli spíše negativně k „nanodemonstracím“, které vyžadují znalosti i jiných oborů než chemie a kde je důvodné podezření, že si nebyli úplně jisti, zda by je dokázali správně předvést a interpretovat. Učitelé by měli doplnit své znalosti v tomto směru a nezaměřovat mikroskopii se skenující sondou s elektronovou mikroskopií.

Na druhou stranu byla naznačena atraktivita „nano“. Na Gymnáziu Oty Pavla totiž učitelé problematice nanotechnologie věnovali celý projektový den. Nenucený zájem žáků o toto téma navíc dokazuje fakt, že žáci na „nano“ zaměřili první číslo nově vznikajícího školního přírodovědného časopisu. Na základě této zpětné vazby lze tedy usuzovat, že je žádoucí vedle demonstrací uvažovat i o dalších přístupech, které seznámí učitele, potažmo jejich žáky, v dostatečné šířce i hloubce a korektně s taji nanosvěta.

10. „NANODEMONSTRACE“ A „NANOÚLOHY“ VE VÝUCE NA SŠ

10.1. CHARAKTERISTIKA VÝZKUMNÉHO ŠETŘENÍ

V návaznosti na šetření týkající se prvotního ověření pěti „nanodemonstrací“ bylo navrženo a realizováno další výzkumné šetření, které sloužilo k ověření komplexnějšího celku, tj. většího počtu žákovských i přednáškových „nanodemonstrací“, resp. mezipředmětových „nanoúloh“, ve výuce na SŠ. K hlavním cílům tohoto šetření patřilo:

- Zjistit, zda žáci budou mít (a příp. jaké) potíže s realizací žákovských „nanodemonstrací“.
- Ověřit, zda žáci zvládnou bez pomoci učitele vyplnit pracovní listy vztahující se k žákovským „nanodemonstracím“. Provést rozbor řešení těchto pracovních listů a na základě toho porovnat náročnost jednotlivých pracovních listů a vytipovat problematické partie.
- Zjistit, jaký mají po zhlédnutí žákovských i přednáškových „nanodemonstrací“ učitelé názor na jejich používání ve výuce na SŠ.
- Provést rozbor žákovského řešení mezipředmětových „nanoúloh“ v pracovním listu „Vítejte v nanosvětě“. Na základě výsledků porovnat náročnost jednotlivých „nanoúloh“ a vytipovat problematické partie.

Představované šetření probíhalo v období od ledna do března 2013 na čtyřech gymnáziích (Gymnázium Českolipská – GČ, Gymnázium Na Vítězné pláni – GVP, Gymnázium Omská a Gymnázium a obchodní akademie Chodov – GaOA). Vzorek škol byl vybrán na základě zájmu a ochoty učitelů účastnit se výzkumného šetření. V rámci každého gymnázia byli žáci rozděleni do dvou skupin (pouze na Gymnáziu Českolipská byla vytvořena skupina jedna a na Gymnáziu Na Vítězné pláni byly vytvořeny skupiny čtyři – dvě tvořené žáky z chemického semináře a dvě tvořené žáky předmětu chemie). „První skupinu“ vždy tvořili žáci, kteří realizovali žákovské „nanodemonstrace“ a vyplňovali k nim odpovídající pracovní listy. Ve „druhé skupině“ pak byli žáci, kteří vyplňovali pouze pracovní list „Vítejte v nanosvětě“ sestávající z 13 mezipředmětových „nanoúloh“ (tematicky podobných „nanodemonstracím“). Žáci „druhé skupiny“ tedy sami nerealizovali ani neviděli žádné demonstrace. Výzkumného šetření se zúčastnilo celkem 108 žáků, přičemž výzkumný vzorek „prvních skupin“ zahrnoval 72 žáků, u „druhých skupin“ 36 žáků. Žáci byli do skupin rozděleni svým učitelem, pokud možno náhodně. Pro všechny žáky byla tematika „nano“ poměrně nová, protože ji dosud ve výuce neprobírali.

Na začátku šetření byli všichni žáci účastníci se šetření na jednotlivých školách seznámeni s oblastí nanosvěta, a to formou krátké, asi třicetiminutové přednášky s PowerPointovou prezentací. V případě „prvních skupin“ byla prezentace doplněna ještě přednáškovými „nanodemonstracemi“ (dem. 1.1, dem. 2.1, dem. 3.1, dem. 3.3, dem. 5.1, dem. 6.1, dem. 6.2, dem. 6.5, u Gymnázia Na Vítězné pláni navíc doplněné dem. 2.2; na GaOA Chodov byla ukázána pouze prezentace). Poté žáci prováděli žákovské „nanodemonstrace“ a vyplňovali pracovní listy k demonstracím, resp. řešili pracovní list s vybranými mezipředmětovými „nanoúlohami“. Po realizaci „nanodemonstrací“ byly navíc uskutečněny rozhovory se čtyřmi učiteli, kteří se ověřování demonstrací ve výuce účastnili. Přehledný souhrn uspořádání výzkumného šetření je uveden v tab. 9.

Škola	Počet žáků	Ročník Předmět	Doplnění PPTX prezentace	Materiály k ověření
„Nanodemonstrace“				
GČ	15	9. ZŠ, 1. a 3. SŠ projekt NT	Přednáškové „nanodemonstrace“: dem. 1.1 dem. 2.1 dem. 3.1 dem. 3.3 dem. 5.1 dem. 6.1 dem. 6.2 dem. 6.5	Šest pracovních listů k žákovským „nanodemonstracím“: PL 1 PL 3 PL 4 PL 5 PL 6 PL 7
GVP SEM	17	3. SŠ seminář chemie		
GVP CHEM	11	3. SŠ chemie		
G Omská	14	3. SŠ fyzika		
GaOA Chodov	15	3. SŠ chemie		
Mezipředmětové „nanoúlohy“				
GVP SEM	7	3. SŠ seminář chemie	Bez „nanodemonstrací“	Pracovní list „Vítejte v nanosvětě“ s 13 vybranými mezipředmětovými „nanoúlohami“
GVP CHEM	3	3. SŠ chemie		
G Omská	12	3. SŠ fyzika		
GaOA Chodov	14	4. SŠ chemie		

Tab. 9: Ověřování „nanodemonstrací“ a mezipředmětových „nanoúloh“ ve výuce na SŠ. Vysvětlivky: GČ = Gymnázium Českolipská; GVP SEM = Gymnázium Na Vítězné pláni, seminář; GVP CHEM = Gymnázium Na Vítězné pláni, chemie; GaOA Chodov = Gymnázium a obchodní akademie Chodov; projekt NT = týdenní mezipředmětový projekt věnovaný nanotechnologii.

10.2. ŽÁKOVSKÉ „NANODEMONSTRACE“ S PRACOVNÍMI LISTY

Jak bylo předesláno v kap. 8.7.2., z databáze „nanodemonstrací“ bylo k ověření ve výuce na SŠ vybráno sedm žákovských demonstrací doplněných šesti pracovními listy.⁹ Na čtyřech gymnáziích byly „prvními skupinami“ testovány následující pracovní listy:

- PL 1 (Od atomu k makrosvětu)
- PL 3 (Koloidy)
- PL 4 („Nanoauto“ z cukru)
- PL 5 (Samosestavování)
- PL 6 (Skenovací elektronová mikroskopie, SEM)
- PL 7 (Mikroskopie skenující sondou, SPM)

Výzkumného šetření se zúčastnilo 72 žáků rozdělených do 23 skupin (po 2–4 žácích). V tab. 10 je přehledně shrnuto, na jakých školách byly ověřovány konkrétní demonstrace.

Žákovské „nanodemonstrace“		GČ	GVP SEM	GVP CHEM	G Omská	GaOA Chodov
PL 1	dem. 1.2	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
PL 3	dem. 2.2	ANO	NE	NE	ANO	ANO
PL 4	dem. 3.2	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
PL 5	dem. 3.4					
PL 6	dem. 4.1	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
PL 7	dem. 5.3 + dem. 5.4	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO

Tab. 10: Ověřování žákovských „nanodemonstrací“ doplněných pracovními listy ve výuce na SŠ. Vysvětlivky: GČ = Gymnázium Českolipská; GVP SEM = Gymnázium Na Vítězné pláni, seminář; GVP CHEM = Gymnázium Na Vítězné pláni, chemie; GaOA Chodov = Gymnázium a obchodní akademie Chodov. Každé ANO odpovídá stanovišti, na němž byla/y realizována/y příslušná/é demonstrace a vyplňovány úkoly v pracovním/ích listu/ech.

Realizace žákovských „nanodemonstrací“ probíhala na označených stanovištích ve třídě¹⁰, přičemž u daného stanoviště se prováděla/y demonstrace vztahující se k jednomu pracovnímu listu, pouze demonstrace k PL 4 a PL 5 se prováděly na společném stanovišti. U každého stanoviště měli žáci k dispozici pomůcky potřebné k demonstraci/ím a jednostránkové (v případě SPM dvoustránkové) zadání, jež obsahovalo stručný teoretický úvod k demonstraci a podrobný postup jejího provedení. Během, příp. ihned po uskutečnění pří-

⁹ Výsledky proběhnutého šetření byly prezentovány na podzim roku 2013 na konferenci Aktuální problémy disertačních prací oboru didaktika chemie v Olomouci (Hájková a Šmejkal, 2013b).

¹⁰ V průběhu ověřování demonstrací bylo pořízeno několik fotografií, jež jsou uloženy na CD ve složce „Prace_zaku“ pod názvy jednotlivých škol. V téže složce je v adresáři „G-Omska“ uložena také ukázka naskenovaných pracovních listů vyplněných žáky Gymnázia Omská.

slušné demonstrace žáci ve skupině řešili úkoly v pracovním listu – zaznamenali, co pozorovali, doplnili text apod. K realizaci demonstrace/í a vyplnění úkolů v pracovním listu/ech na daném stanovišti měli žáci vyčleněno 12–15 minut. Celkem na provedení všech demonstrací a vyplnění pracovních listů měli žáci 60 minut, v případě Gymnázia Českolipská 90 minut; (žáci tohoto gymnázia však navíc dle návodu sestavovali papírový model fullerenu C₆₀). V závěru bylo se žáky stručně projito správné řešení úkolů v pracovních listech.

Cílem provedeného šetření bylo zjistit, zda žáci budou mít (a příp. jaké) potíže s realizací demonstrací a vyplňováním pracovních listů a dále porovnat úspěšnost ve vyplňování jednotlivých pracovních listů s důrazem na rozbor chyb. Jak se ukázalo, naprostá většina žáků neměla potíže s realizací demonstrací. Drobné nejasnosti byly se žáky konzultovány v průběhu ověřování „nanodemonstrací“. Na základě výsledků testování byly mírně formulačně upraveny pracovní listy a navrženo, jak ve výuce efektivně využívat žakovské „nanodemonstrace“ v kombinaci s příslušnými pracovními listy.

10.2.1. Pracovní listy k žakovským „nanodemonstracím“

Řešení jednotlivých úkolů v pracovních listech bylo obodováno a následně byla spočítána procentuální úspěšnost jednotlivých skupin ve vyplnění pracovních listů vztahujících se k žakovským „nanodemonstracím“. Ta se pohybovala v rozmezí 52,5–80,7 %, přičemž polovina skupin (11 skupin) dosáhla úspěšnosti v intervalu 70,0–79,9 % (viz tab. 11).

Úspěšnost	G Českolipská			GVP SEM		GVP CHEM		G Omská			GaOA Chodov		
90,0–100,0													
80,0–89,9	80,7												
70,0–79,9	71,2	71,9	78,7	70,5	72,3			70,2	70,2	74,3	77,3	79,8	79,8
60,0–69,9	65,8			67,4		61,8	60,9				65,6	69,3	
50,0–59,9				55,8		53,0	58,6	52,5	57,3				
40,0–49,9													
30,0–39,9													
20,0–29,9													
10,0–19,9													
0,0–9,9													

Tab. 11: Úspěšnost skupin ve vyplňování pracovních listů vztahujících se k „nanodemonstracím“. Úspěšnost je vyjádřena v procentech správných odpovědí. Čím vyšší číslo, tím lepší výsledek.

Co se týká úspěšnosti vyplňování konkrétních pracovních listů, nejvyšší procento správných odpovědí bylo zaznamenáno u PL 3, tedy u Koloidů (90,8 %). Tento pracovní list také vyplnilo nejvíce skupin zcela správně – cca polovina všech skupin, které tuto demonstraci realizovali, dosáhla 100% úspěšnosti. Navíc žádná ze skupin neměla úspěšnost nižší než 75 %. Naopak nejnižší procento správných odpovědí měly pracovní listy PL 1 (Od atomu k makrosvětlu) – 54,1 % a PL 4, („Nanoauto“ z cukru) – 59,1 %. PL 1 byl zároveň jediným pracovním listem, u kterého ani jedna skupina nezodpověděla správně všechny otázky. Zbývající tři pracovní listy (PL 5 – Samosestavování, PL 6 – SEM, a PL 7 – SPM) dosáhly průměrně kolem 70 % úspěšnosti. U PL 5 a PL 7 byl (vedle PL 4) největší rozdíl v úspěšnostech jednotlivých skupin, na rozdíl od PL 6, který spolu s PL 1 patřil k pracovním listům s nejmenším rozdílem úspěšnosti mezi jednotlivými skupinami. Při porovnání úspěšnosti řešení pracovních listů v rámci jednotlivých skupin vychází jako nejsnazší řešení PL 3, poté s větším odstupem následují PL 4 a PL 6, dále PL 7, PL 5 a naposledy opět s velkým odstupem jako nejobtížnější PL 1. Podrobnější výsledky jsou k dispozici v tabulce v Příloze IV.

Nejčastější chyby v řešení pracovních listů

PL 1 (Od atomu k makrosvětlu) byl pracovním listem, se kterým měli žáci největší potíže. Jednak tento pracovní list získal celkově nejnižší průměrnou úspěšnost, dále byl rovněž nejhůře řešený v porovnání s ostatními pracovními listy. Představa velikosti objektů s rozměry 1–100 nm a jejich porovnání s objekty, které jsou menší než 1 nm, resp. větší než 100 nm, žákům činila největší nesnáze. Většina žáků správně určila, že pod hranici nanosvěta spadá velikost molekuly vody (pouze jedna skupina zařadila molekulu vody do nanosvěta a dvě skupiny neodpověděly). Žáci obvykle také správně zařadili nad hranici nanosvěta tloušťku lidského vlasu, velikost blechy psí a délku bakterie *E. coli* (tyto tři pojmy zároveň správně zařadilo 14 skupin, 9 skupin chybovalo, a to v sedmi případech zařazením bakterie do nanosvěta). Ve zbývajících 8 pojmech (nanočástice stříbra, nanovlákna, protein hemoglobin, červená krvinka, ribozom, DNA, virus chřipky a chloroplast) ale žáci chybovali mnohem častěji (nejfrekventovanějším omylem bylo chybné zařazení chloroplastu do nanosvěta u 14 skupin). Překvapivě žádná skupina žáků nedokázala správně přiřadit na osu dle vzrůstající velikosti pojmy: atomy – molekuly – viry – organely – bakterie – eukaryotní buňky.

Chyby ve vyplnění PL 3 (Koloidy) se vyskytovaly pouze ojediněle.

U PL 4 („Nanoauto“ z cukru) žáci ve většině správně popsali obtíže, které je doprovázely při výrobě „nanoauta“ postupy „shora dolů“ i „zdola nahoru“. Často však nedokázali

odpovědět na otázky: „Pomocí jakého přístroje lze manipulovat s atomy a vytvářet nanostruktury?“ a „Jak se nazývá spontánní proces samovolného uspořádávání částic, který k tvorbě nanostrukturních celků používá příroda?“

V PL 5 (Samosestavování) žáci bez problémů zakreslili pozorovanou strukturu vzniklou samosestavením kousků slámky ve vodě. Někdy však měli potíže se slovním popisem daného útvaru – např. zda se slámky uspořádají do paralelních či kolmých řad, k čemu jsou přednostně přitahovány stěny, resp. konce slámek (zda ke stěnám či koncům jiných slámek). U tohoto pracovního listu žáci nejčastěji chybovali ve výběru sil, které způsobí samosestavení slámek – nesprávné varianty volilo 13 skupin žáků (elektrostatické síly 9 skupin, magnetické síly 4 skupiny), správnou možnost (kapilární síly) vybralo pouze 7 skupin žáků, 3 skupiny nevybrali žádnou možnost.

V případě PL 6 (SEM) byl obvykle v pořádku slovní popis obrázku vytvořeného demonstrací. Žáci většinou také správně vysvětlili zkratku SEM. V případě TEM však zkratku nedokázali vysvětlit (10 skupin) nebo uváděli chybné označení jako tunelový, tunelovací či tranzitní elektronový mikroskop (8 skupin). Směšování elektronové mikroskopie s SPM a celková náročnost těchto témat již byla naznačena výše i v dalších pracích (např. Margel *et al.*, 2004). Vzhledem k tomu, že správné označení transmisní elektronový mikroskop zaznamenalo pouze 5 skupin, je žádoucí žákům vysvětlit pojem „transmise elektronů“. Dále se ukázalo, že žákům činil také potíže pojem „rozlišovací mez“ – 14 skupin špatně určilo, že EM má rozlišovací mez až 1000x větší než světelný mikroskop; (7 skupin odpovědělo správně, zbývající 2 skupiny neodpověděly).

U PL 7 (SPM) všichni žáci na základě demonstrace správně zvolili obrázek, který nejlépe vystihuje uspořádání pólů na povrchu magnetky. V mnoha případech však nechali nezodpovězenou otázku týkající se parametrů, které by musel mít hrot sondy, aby s jeho pomocí bylo možné určit uspořádání pólů o velikosti pouze několik nanometrů. Nezodpovězenou tuto otázku nechalo 13 skupin, správně ji zodpovědělo 8 skupin.

10.3. ROZHOVORY S UČITELI PO REALIZACI „NANODEMONSTRACÍ“

Ověřování žakovských „nanodemonstrací“, jemuž předcházela krátká prezentace doplněná přednáškovými „nanodemonstracemi“, na každé škole přihlížel (v případě GaOA Chodov je dokonce sám vedl) jeden učitel, resp. učitelka. Po skončení testování demonstrací byl s daným učitelem veden strukturovaný rozhovor zaměřený na problematiku demonstrací při výuce týkající se nanosvěta. Celkem tedy byly uskutečněny čtyři rozhovory (s jedním učitelem – délka praxe 3 roky, aprobace chemie; a třemi učitelkami – délky praxe 1, 4

a 30 let; aprobace chemie + biologie 2x, fyzika + matematika). Cílem provedeného šetření bylo zhodnocení předvedených „nanodemonstrací“, identifikace jejich potenciálu a návrh možných zlepšení a doplnění. Pokládané otázky a odpovědi na ně byly následující:

1. Zaujala Vás některá demonstrace natolik, že ji budete v budoucnu používat ve své výuce?

Učitele jednoznačně nejvíce zaujala dem. 2.2 Tyndallova jevu (tři učitelé) a poté dem. 1.2 týkající se porovnávání velikostí objektů v nanosvětě a mimo něj (dva učitelé). Jednou byly zmíněny také demonstrace s magnety.

2. Co si myslíte, že se žákům z demonstrací líbilo nejvíce, resp. nejméně?

Učitelé se domnívají, že se žákům nejvíce líbily demonstrace, které si mohli sami vyzkoušet, tedy tzv. žákovské demonstrace. Z nich pak zejména dem. 1.2 a dem. 2.2. Dem. 3.2 (stavění „nanoauta“ z cukru) a dem. 5.3 (SPM s magnetkou) byly jednou zmíněny jako ty, co se žákům líbily nejvíce, u jiného učitele byly naopak uvedeny jako žáky patrně nejméně oblíbené.

3. Co byste na demonstracích změnili, doplnili, vynechali apod.?

U této otázky se názory učitelů značně rozcházejí. Zatímco jeden učitel by nic neměnil, další dva učitelé by vynechali dem. 3.2, tedy stavění „nanoauta“ z cukru, a to z důvodu nepořádku, který při demonstraci vzniká (možné „ulepení“ lavič). Dva učitelé by také vynechali přednáškovou dem. 2.1, resp. padl návrh nahradit model dřevěné, částečně obarvené kostky (poměrně náročné na přípravu) žákovskou demonstrací s kostkou z materiálu, který by žáci mohli sami postupně krájet a obarvovat nově odhalené stěny. Jeden učitel navíc vůbec nepovažuje za podstatné zahrnovat do výuky na SŠ elektronovou mikroskopii a mikroskopii skenující sondou; domnívá se totiž, že patří až do vysokoškolského kurikula.

4. Přijde Vám vhodnější používat přednáškové demonstrace nebo demonstrace žákovské?

Všichni učitelé považují za přínosnější žákovské demonstrace provedené v rámci malých skupin, protože jsou pro žáky zábavnější než demonstrace přednáškové a žáci navíc mají příležitost si věci sami „osahat“. Zároveň se ale učitelé nebrání kombinaci obou typů demonstrací. Žákovské demonstrace učitelé doporučují realizovat ve škole, a to jednak z důvodu, že mají pochybnosti, zda by žáci demonstrace doma skutečně všichni realizovali a dále proto, že je možné ve škole v průběhu demonstrace a bezprostředně po jejím skončení o ní s žáky diskutovat.

5. *Napadá Vás nějaké další téma z nanosvěta, ke kterému byste uvítal/a vypracování dalších demonstrací?*

Nebylo navrženo žádné další téma.

6. *Co považujete za největší přínos demonstrací pro žáky?*

Obecných přínosů demonstrací učitelé uváděli celou řadu, např.:

- Demontrace přináší zjednodušený vhled do problému a usnadňuje tak jeho pochopení a představu (uvedeno 2x).
- Demontrace může přinést vítané propojení teorie s praxí nebo alespoň s hmatatelným modelem.
- Problematika přiblížená pomocí demonstrace (zejména takové, kterou provádějí samotní žáci) má větší šanci zůstat v paměti. Pozitivní efekt na zapamatování byl zmíněn u všech dotazovaných učitelů, tedy hned čtyřikrát.
- Demontrace je velmi motivující, žáci se do ní pouštějí ochotněji než např. do vyplňování pracovních listů.
- Demontrace může vzbudit zájem o obor.

7. *Myslíte si, že jsou demonstrace přínosnější než výklad pouze s pomocí prezentace či žákovské vyplňování úloh v pracovních listech (bez demonstrací).*

Ačkoliv jsou demonstrace pro žáky zábavné a mají velký potenciál (viz otázku 6), je vhodné je ve výuce kombinovat s dalšími výukovými prostředky. Učitelé hodnotili jako velmi pozitivní střídání názorných ukázek (demonstrací a modelů) s výkladovou částí prezentace. Učitelé zmiňovali, že vyplňování pracovních listů či poslouchání výkladu je ekonomické z hlediska poměru času a množství získaných informací. Na druhou stranu díky demonstracím je možné učit v souvislostech, rozvíjet motorické dovednosti žáků a navíc je pravděpodobné, že demonstrace budou žáky bavit a přispějí k pochopení a dlouhodobějšímu zapamatování předávaných informací.

10.4. PRACOVNÍ LIST S MEZIPŘEDMĚTOVÝMI „NANOÚLOHAMI“

Dále bylo ověřováno 13 mezipředmětových „nanoúloh“ seskupených do pracovního listu „Vítejte v nanosvětě“. Pracovní list vyplňovali žáci stejných škol i tříd jako při ověřování žákovských „nanodemonstrací“ (s výjimkou Gymnázia Českolipská, na kterém „nanoúlohy“ ověřovány nebyly a GaOA Chodov, kde „nanoúlohy“ řešili žáci jiného ročníku), jednalo se však o žáky „druhých skupin“. Úlohy byly vybírány tak, aby se námětově vztaho-

valy k žákovským a přednáškovým „nanodemonstracím“, přičemž k příslušnému tematickému okruhu byly zvoleny vždy dvě až tři úlohy. Pracovní list „Vítejte v nanosvětě“ lze najít v Příloze V. Autorské řešení jednotlivých úloh je dohledatelné u příslušných pracovních listů uložených na CD.

Řešení úloh v pracovním listu bylo žákům zadáno za domácí úkol. Žáci mohli odpovědi na úkoly v pracovním listu vyhledávat v jakékoliv literatuře, na internetu apod. Na odevzdání pracovního listu žáci měli cca jeden týden, poté učitel se žáky stručně prošel správné řešení jednotlivých „nanouloh“. Vyplněné pracovní listy odevzdalo 36 žáků. Přehled číselných výsledků úspěšnosti vyplnění pracovních listů je součástí tabulky v Příloze VI.

10.4.1. Výsledky žákovského řešení „nanouloh“

Jak ukazuje tab. 12, mezi žáky jednotlivých škol byly značné rozdíly v úspěšnosti, s jakou vyplnili „nanoulohy“ pracovního listu „Vítejte v nanosvětě“. Nejvyšší úspěšnosti dosahovali žáci Gymnázia Omská (průměrně přes 70 %; nejvyšší absolutní hodnota: 86,9 % správných odpovědí) a seminaristi z GVP (průměrná úspěšnost přes 60 %). Horší výsledky zaznamenali na GVP žáci předmětu chemie (průměrně necelých 40 %; vyplněný pracovní list však odevzdali pouze 3 žáci). Nejhůře pak byly vyplněny pracovní listy žáky z GaOA Chodov (průměrná úspěšnost pouze cca 30 %; nejnižší absolutní hodnota: 14,0 % správných odpovědí).

Úspěšnost	GVP SEM		GVP CHEM		G Omská						GaOA Chodov					
90,0–100,0																
80,0–89,9	83,7	84,4			86,9											
70,0–79,9	79,2				73,5	74,1	75,5	76,0	76,4	76,7						
60,0–69,9	62,9				63,2	63,2	65,1	69,2								
50,0–59,9	56,7				59,5											
40,0–49,9			40,3	42,8							40,8	40,8	40,8	40,8		
30,0–39,9	35,8		32,8								39,0	39,0				
20,0–29,9	29,5										21,6	21,6	25,0	25,0	27,4	29,3
10,0–19,9											14,0	15,1				
0,0–9,9																

Tab. 12: Rozdíly mezi žáky v úspěšnosti řešení pracovního listu „Vítejte v nanosvětě“. Úspěšnost je vyjádřena v procentech správných odpovědí. Čím vyšší číslo, tím lepší výsledek.

Nejsnazší pro žáky bylo řešení „nanoulohy“ 3, tj. osmisměrky týkající se Tyndalova jevu (z 36 žáků účastních se šetření úlohu zcela správně vyřešilo 33 žáků). Tato úloha byla navíc mezi žáky nejoblíbenější, jednalo se totiž o nejčastěji řešenou úlohu – vyřešit se ji pokusili vyjma jednoho všichni žáci. Dále k úlohám s nejnižší obtížností patřily úlohy 5–7 vztahující se k „nanovýrobě“. Naopak nejnáročnější pro žáky byly úlohy 2 a 4, a to patrně proto, že zde bylo požadováno provedení výpočtu. V úloze 2 naprostá většina žáků, kteří se ji pokusili řešit, vyhledala pouze konkrétní hodnotu pH krve. Výpočet správně provedl jen jeden žák, což je s ohledem na to, že úlohy vyplňovali žáci 3. a 4. ročníku SŠ značně znepokojující zjištění. Poměrně náročné pro žáky bylo také řešení úloh 9 a 13, jež se týkají elektronové mikroskopie a alotropických modifikací uhlíku. Od řešení některých úloh žáky pravděpodobně odrazovalo delší zadání. Např. úlohu 6 neřešilo 20 z 36 žáků, ačkoli úloha není příliš náročná (ze zbývajících 16 žáků ji totiž 15 žáků vyřešilo zcela správně). Překvapivě žáci často nechávali neřešenou krátkou křížovku v úloze 11 (neřešilo ji 17 žáků).

Podobně jako v případě pracovních listů k „nanodemonstracím“ byly i v tomto pracovním listu obecně nejhůře žáky řešeny úlohy vztahující se k „Úvodu do nanosvěta“, tj. úlohy, které se týkají významu předpony „nano“ a seřazení (zejména biologických) objektů dle vzůstající velikosti, navíc s vymezením těch objektů, které svoji velikostí spadají do nanosvěta (viz tab. 13). Úlohy 5–13 (týkající se „nanovýroby“, mikroskopických metod používaných ke studiu nanostruktur a „nanoalotropických“ modifikací uhlíku) byly žáky řešeny s podobnou úspěšností (kolem 50 %).

Úspěšnost	Úvod do nanosvěta		Vlastnosti hmoty v měřítku nanometrů		Jak vyrobit „nano“?			EM		SPM		Umělé alotropické modifikace uhlíku	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
90,0–100,0			94,2										
80,0–89,9													
70,0–79,9													
60,0–69,9													
50,0–59,9					55,6		59,7	58,0		55,6		58,1	54,4
40,0–49,9						43,1			46,3		42,6		
30,0–39,9	39,6			30,6									
20,0–29,9		22,2											
10,0–19,9													
0,0–9,9													

Tab. 13: Přehled úspěšnosti řešení jednotlivých úloh pracovního listu „Vítejte v nanosvětě“.

Celková úspěšnost řešení „nanoúloh“ byla v porovnání s úspěšností řešení pracovních listů doplňujících „nanodemonstrace“ v průměru cca o 20 % nižší. V případě „nanoúloh“ bylo také mnohem širší rozmezí úspěšností řešení, což bylo pravděpodobně ovlivněno tím, že „nanoúlohy“ žáci vyplňovali za domácí úkol a ne všichni žáci tomuto úkolu věnovali dostatečný čas a pozornost. (Zejména v případě GaOA Chodov řada žáků u mnoha úloh nevyplnila vůbec nic.) Témata týkající se „nanoúloh“ s vyšší chybovostí by ve výuce zasluhovala větší pozornost.

10.5. OVĚŘENÍ „NANODEMONSTRACÍ“ A „NANOÚLOH“ – SHRnutí VÝSLEDKŮ ŠETŘENÍ

Při ověřování žákovských „nanodemonstrací“ doplněných pracovními listy se ukázalo, že žáci k demonstracím přistupovali velmi pozitivně. Valná většina žáků neměla potíže s provedením demonstrací. Žákům též obvykle nečinilo potíže do pracovního listu správně zakreslit pozorovaný jev. Občasné chyby v interpretacích naznačují důležitost kontroly žákovského řešení učitelem. Na základě provedeného šetření se jeví být velmi vhodné žákovské „nanodemonstrace“ ve výuce používat ve spojení s vyplňováním příslušných pracovních listů. Jak se zdá, provedení demonstrací je jednoduché, časově ne příliš náročné, někdy i zábavné. Navíc u žáků rozvíjí motorické dovednosti, schopnosti pozorování, může mít motivační aspekt a usnadnit pochopení abstraktního jevu / děje a jeho zapamatování. Ve spojení s vyplňováním pracovního listu žáky nutí k dalšímu zamyšlení, vytváření souvislostí a používání správné terminologie. Kontrola učitele je nutná pro korekci miskonceptů.

Z rozhovorů uskutečněných s učiteli, kteří se účastnili ověřování demonstrací ve výuce, je zřejmé, že učitelé jsou si plně vědomi pozitiv, která realizace demonstrace ve výuce přináší. Nejčastěji při tom uváděli, že demonstrace může napomoci zapamatování a pochopení příslušného jevu / děje. Ze zkušenosti učitelé doporučují provádět spíše žákovské demonstrace v malých skupinách, příp. je doplňovat demonstracemi přednáškovými. Jedním dechem ale dodávají, že je vhodné (ne-li přímo nutné) demonstrace kombinovat s dalšími výukovými prostředky, které podpoří pozitivní vliv demonstrací.

Při ověřování mezipředmětových „nanoúloh“ žáci nejochotněji a nejúspěšněji vyřešili úlohu 3 mající motivační charakter (jedná se o osmisměrku). Naopak neřešené nechali nejčastěji úlohy vyžadující provedení výpočtu. Značně obtížným se pro žáky jeví být porovnávání velikosti různých objektů. Je proto důležité propojovat přírodovědné poznatky a např. při výuce témat z biologie buňky či biochemie žákům naznačovat velikosti různých

struktur s jejich hierarchií (atomy – molekuly – viry – organely – bakterie – eukaryotní buňky apod.), příp. i s vazbou na přístroje, které (ne)umožňují dané struktury zobrazit (např. světelný vs. elektronový mikroskop).

Zatímco žáci „prvních skupin“ obvykle neměli potíže s vyplňováním pracovních listů k žákovským „nanodemonstracím“ a sami uváděli, že provádění některých demonstrací bylo zábavné, žáci „druhých skupin“ označovali „nanoúlohy“ pracovního listu „Vítejte v nanosvětě“ jako velmi náročné. V případě řešení „nanoúloh“ pracovního listu „Vítejte v nanosvětě“ žáci navíc dosahovali nižší úspěšnosti než při řešení pracovních listů vztahujících se k „nanodemonstracím“. Důvodem pro to mohla být nižší motivovanost žáků pro teoretické řešení „nanoúloh“ než pro praktické provádění „nanodemonstrací“. O náročnosti úloh v pracovním listu „Vítejte v nanosvětě“ a nízké motivaci žáků k jeho vyplnění svědčí také fakt, že vyplněný pracovní list odevzdalo pouze 36 žáků (ze 48 oslovených).

11. PŘEDNÁŠKOVÉ „NANODEMONSTRACE“ VE VÝUCE NA SŠ

11.1. CHARAKTERISTIKA VÝZKUMNÉHO ŠETŘENÍ

Poslední část výzkumu byla zaměřena zejména na ověřování přednáškových „nanodemonstrací“. Cílem provedeného šetření bylo:

- Zhodnotit kvalitu přednášky kombinující PowerPointovou prezentaci s přednáškovými „nanodemonstracemi“.
- Poukázat též na důležitost používání názorných prostředků ve středoškolské výuce.

Jak bylo uvedeno v předcházejícím oddíle práce, dem. 1.1, dem. 2.1, dem. 2.2, dem. 3.1, dem. 3.3, dem. 5.1, dem. 6.1, dem. 6.2, dem. 6.5 byly v demonstrační formě předvedeny žákům gymnázií Českolipská, Na Vítězné pláni a Omská (jako součást krátkých přednášek s prezentací) před ověřováním žákovských „nanodemonstrací“. Dalšího, samostatného výzkumného šetření, zaměřeného na využití přednáškových „nanodemonstrací“, se v období od května 2013 do března 2014 zúčastnili žáci a učitelé ze tří gymnázií, a to z Gymnázia U Libeňského zámku (GULZ), Gymnázia Jana Nerudy (GJN) a Gymnázia J. S. Machara (GJSM). Zájem o přednášku týkající se „nano“ vzešel ve všech případech ze strany učitelů, kteří si přednášku objednali přes nabídku na webu Přírodovědci.cz, resp. v jednom případě byla oslovena přímo autorka této práce.

Průběh výzkumného šetření byl ve všech případech obdobný. Pro přednášku nazvanou „Nano pro život“ (s podtitulem „Nanosvět: Svět nepatrných rozměrů, ale netušených možností“) bylo vždy vyhrazeno 90 minut. V rámci této přednášky žáci shlédli PowerPointovou prezentaci doplněnou následujícími přednáškovými „nanodemonstracemi“:

- dem. 1.1 (příprava „nanoroztoku“)
- dem. 2.1 (ukázka dřevěného modelu znázorňujícího nárůst povrchové plochy při zmenšování velikosti částic)
- dem. 2.2 (odlišení koloidů a pravých roztoků pomocí Tyndallova jevu)
- dem. 3.1 (demonstrace postupů „nanovýroby“ při sestavení „nanoauta“ ze stavebnice LEGO)
- dem. 3.3 (samosestavení magnetů a samosestavení kostek LEGO s magnety)
- dem. 5.1 (vysvětlení principu funkce SPM za použití proložky od vajíček a propisky)
- dem. 6.2 (ukázka papírových modelů fullerenu C_{60} a C_{70})
- dem. 6.3 (vytvoření různých typů uhlíkových nanotrubic stočením listu papíru)
- dem. 6.4 (ukázka dratěného modelu uhlíkové nanotrubic)

Poté žáci vyplňovali krátký dotazník a s pedagogickým doprovodem byl uskutečněn polostrukturovaný rozhovor.

Na GULZ se uskutečnily dvě za sebou jdoucí přednášky „Nano pro život“, které byly odpřednášeny 24. května 2013, kde se jich zúčastnili žáci druhého ročníku (celkem se jednalo o 74 žáků) a pedagogický doprovod (paní učitelka s délkou praxe 12 let a aprobací chemie + německý jazyk).

Podobně jako v případě GULZ byli 18. prosince 2013 s nanosvětlem seznámeni také žáci chemického semináře GJN. Jednalo se o 13 žáků a pedagogický doprovod (paní učitelka s délkou praxe 14 let a aprobací chemie). Přednášku navíc následně doplnila exkurze, realizovaná 29. ledna 2014 na Fyzikálním ústavu Akademie věd České republiky (FZÚ AV ČR), kde RNDr. Antonín Fejfar, CSc. žákům mj. ukázal mikroskopy, jež na ústavu používají k nahlížení do nanosvěta.

Devadesátiminutová přednáška s „nanodemonstracemi“ pro 26 žáků z druhého ročníku GJSM a jejich doprovod (dvě paní učitelky – délky praxe 12 a 28 let, aprobace biologie + matematika, resp. chemie + fyzika) byla realizována na půdě PřF UK dne 20. března 2014.

11.2. VÝSLEDKY DOTAZNÍKOVÉHO ŠETŘENÍ ANEB JAK TO VIDÍ ŽÁCI?

Zadaný dotazník vyplnilo celkem 113 žáků, z toho z GULZ 74 žáků druhého ročníku (20 mužů, 44 žen, 10 žáků neuvedlo pohlaví), z GJN 13 žáků 5. a 6. ročníku šestiletého studia z chemického semináře (3 muži, 10 žen) a z GJSM 26 žáků (10 mužů a 16 žen). Struktura dotazníku byla shodná u všech gymnázií. Žáci doplňovali osobní údaje (pohlaví a školu) a odpovědi na tři otázky, které se týkaly náplně přednášky a postojů žáků k implementaci „nano“ do výuky na SŠ. První dvě byly otázky s otevřenou odpovědí, třetí otázka byla uzavřená s možnostmi odpovědi ano – ne – nevím. V případě odpovědi „ano“ následovaly dvě podotázky – jedna otevřená a druhá uzavřená s výčtem položek, z nichž bylo možné vybrat jednu či více možností. Níže jsou shrnuty výsledky provedených šetření, které odhalují, co žáky z přednášky nejvíce zaujalo, a naznačují, jaký mají žáci názor na výuku týkající se nanosvěta.

11.2.1. Otázka první: Co žáky nejvíc zaujalo?

Odpovědi žáků na první otázku dotazníkového šetření – „*Co tě v dnešní přednášce nejvíc zaujalo?*“ – jsou přehledně shrnuty v tab. 14. Z naznačených výsledků je zřejmé, že na prostou většinu žáků přednáška skutečně upoutala, a to zejména její obsahová část a použi-

té „nanodemonstrace“. Bližší komentář k získaným výsledkům (rozdělený dle jednotlivých škol) následuje dále.

Co žáky nejvíc zaujalo?	Bližší specifikace	Počet odpovědí
Obsahová část prezentace	Obecně	10+0+2
	Aplikace NT	11+4+11
	Mikroskopy	8+2+1
	Alotropické modifikace uhlíku	1+1+4
	Trpaslík (první snímek)	4+1+0
	Budoucnost NT (poslední snímek)	7+0+0
	Další	2+0+1
„Nanodemonstrace“	Obecně	12+2+7
	Příprava „nanoroztoku“	0+2+0
	LEGO	6+1+0
	Tyndallův jev	4+2+0
	Dělení krychle	5+0+0
	Magnety	3+0+0
Grafická část prezentace	Obrázky	2+0+0
	Animace	2+0+0
	Video*	0+0+2
Vtip		7+0+0 = 7
Osoba přednášející		4+0+1 = 5
Nic nevedeno		4+0+0 = 4
Nuda, nezájem o tuto problematiku		2+0+1 = 3

Tab. 14: Souhrn odpovědí žáků na první otázku dotazníku. Sčítaná čísla odpovídají počtu odpovědí žáků na jednotlivých gymnáziích v pořadí GULZ, GJN, GJSM. Vysvětlivky: NT = nanotechnologie, *Nejmenší animované video na světě, „A boy and his atom“, shlédli pouze žáci GJSM.

Gymnázium U Libeňského zámku

Z tab. 14 je patrné, že žáky GULZ nejvíce zaujaly obsahová část prezentace a ukazované „nanodemonstrace“. Z obsahové části prezentace byly nejčastěji uváděny obecné charakteristiky (např. co vše patří do nanosvětla, rychlý vývoj této oblasti apod.), z konkrétních aspektů byly nejčastěji zmiňovány aplikace nanotechnologie (možná léčba nemocí – zejména rakoviny, 6x; použití nanovláken, nanočástic apod., 5x), mikroskopy (elektronové a se skenující sondou, celkem uvedeny 8x) a dále budoucnost nanotechnologie (možné přínosy a rizika, které byly shrnuty na posledním snímku prezentace, 7x) a „trpaslík“ (odkazující na původ předpony „nano“ představený v prvním snímku prezentace, 4x).

Demonstrace byly v odpovědi na první otázku uvedeny celkem 30x, z toho 12x obecně (žákům se líbily názorné ukázky, experimenty, modely apod.) a 18x žáci zapsali konkrétní přednáškovou „nanodemonstraci“. Z realizovaných „nanodemonstrací“ žáci v dotazníku uváděli zejména demonstrace prováděné s pomůckami a chemikáliemi, které důvěrně znají a běžně používají (u dem. 3.1 a dem. 3.3 kostky stavebnice LEGO, u dem. 2.2 potraviny apod.).

Značný zájem žáků vyvolal také vtip týkající se uhlíkových nanotrubic (zmíněn 7x).

Méně často byly žáky uváděny grafická část prezentace (obrázky a animace, 4x), osoba přednášející (4x), příp. nebylo uvedeno nic (4x). Záporné hodnocení (nudná přednáška, resp. nezájem o problematiku nanotechnologie) bylo zmíněno pouze 2x.

Poněkud překvapivě žáky nebyly jmenovány konkrétní demonstrace věnující se tématům 1 (Úvod do nanosvěta), 5 (SPM) a 6 (Umělé alotropické modifikace uhlíku). V případě dem. 1.1 je možné se domnívat, že důvodem pro nižší zájem žáků mohlo být to, že se při demonstraci používají mezi žáky ne příliš oblíbené odborné pojmy „roztok“ a „koncentrace“. Navíc je demonstrace náročnější na myšlenkové operace – žáci by u ní měli nejen bedlivě pozorovat, ale také provést výpočet. Na druhou stranu je nutné uvést, že dem. 1.1 měla pozitivní vliv na utváření představy velikosti nanočástic, protože (jak bude uvedeno níže) pět žáků po přednášce definovalo nanosvět jako „svět, který není pozorovatelný pouhým okem“.

Dem. 5.1, týkající se předvedení principu funkce SPM, patrně nebyla žáky zmíněna proto, že se jednalo pouze o krátkou ukázkou. Problematika mikroskopie skenující sondou byla pro žáky novinkou – většina z nich o SPM před přednáškou nic neslyšela. (Žáky výše uvedené zmínění SPM v rámci obsahové části prezentace však dokládá, že je i přesto tato metoda studia struktur zaujala.)

Gymnázium Jana Nerudy

Podobně jako v případě žáků z GULZ i žáky GJN v uskutečněné přednášce nejvíce zaujaly nové informace, tj. obsahová část prezentace (uvedlo osm žáků ze 13) a praktické ukázky, tj. „nanodemonstrace“ (zmíněny u pěti žáků). Konkrétně byly z obsahové části uváděny: praktické aplikace nanotechnologie (obecně – využití, vývoj a zneužití, nanočástice, antibakteriální ponožky; 4x), mikroskopy (2x), trpaslík ve vztahu k předponě „nano“ (1x) a fullerény (1x). „Nanodemonstrace“ byly zmiňovány jak obecně (uváděny byly „*praktické ukázky nanosvěta; interaktivní vstupy – LEGO, kádinky, zkumavky; pomůcky demonstrující výklad*“), tak konkrétně (Tyndallův jev, příprava „nanoroztoku“).

Gymnázium J. S. Machara

V odpovědích žáků GJSM nalezneme, na rozdíl od předchozích gymnázií, značné rozdíly mezi pohlavími. Zatímco chlapci většinou uváděli, že je zaujal určitý obsahový aspekt prezentace (zejména aplikace nanotechnologie – 3x, alotropické modifikace uhlíku – 4x či mikroskopu – 1x), resp. osoba přednášející (1x), dívky vedle obsahové složky přednášky (zejména aplikací nanotechnologie – 8x) často zmiňovaly interaktivní a grafické aspekty přednášky, tj. „nanodemonstrace“ (7x) a shlédnuté nejmenší animované video na světě (2x). Překvapivě nebyla zmíněna žádná konkrétní „nanodemonstrace“, uváděno bylo pouze obecně „pokusy a názorné ukázky“. Lze spekulovat, zda tím žáci chtěli zdůraznit vítané použití prostředku pro zpestření a názorné přiblížení výkladu.

11.2.2. Otázka druhá: Co je to nanosvět?

Znění druhé otázky v dotazníku bylo následující: „*Kdyby se tě kamarád/ka zeptal/a, co je to „nanosvět“, co bys mu/jí odpověděl/a?*“. Kvalitu i příslušný počet žakovských odpovědí zaznamenává tab. 15. Je potěšující, že 85 % žáků si po přednášce odneslo alespoň přibližnou představu o velikosti částic spadajících rozměrově do oblasti nanosvěta. Navíc 41 % z těchto žáků bylo schopno oblast nanosvěta popsat zcela správně.

Definice nanosvěta	Odpovědi	
	Kvalita	Počet
Svět částic (a struktur) o rozměru 1–100 nm.	+	24+3+9 = 36
Svět malých částic, které lze vidět elektronovým mikroskopem.	+	3+0+0 = 3
Svět částic, které nevidíme pouhým okem / jsou menší než tloušťka vlasu.	+/-	6+1+5 = 12
Svět velmi malých částic. / Miniaturní, mikroskopický svět.	+/-	20+4+8 = 32
Svět částic o velikosti 10^{-9} m / 1–10 nm / 1–100 (bez jednotky).	+/-	7+4+2 = 13
Nejmenší svět, co existuje.	-	2+0+0 = 2
Svět částic o velikosti 10^{-9} – 10^{-12} m.	-	1+0+0 = 1
Vyhledat informace na internetu.	0	2+1+0 = 3
Obecná, neurčitá nebo chybějící odpověď.	0	9+0+2 = 11

Tab. 15: Žakovské definice nanosvěta. Sečítaná čísla odpovídají počtu odpovědí žáků na jednotlivých gymnáziích v pořadí GULZ, GJN, GJSM. Vysvětlivky: Ve sloupci „Kvalita“ symbol „+“ označuje odpovědi správné, „+/-“ odpovědi nepřesné či neúplné, „-“ odpovědi nesprávné a „0“ odpovědi bez definice nebo příliš obecné.

Gymnázium U Libeňského zámku

Jak je vidět z tab. 15, 36 % žáků (27 žáků ze 74) po přednášce dokázalo správně definovat nanosvět, a sice buď prostřednictvím určení rozsahu velikostí nanočástic (tj. 1–100 nm), nebo uvedli, že nanočástice jsou tak malé, že je lze pozorovat pomocí elektronového mikroskopu. (Z toho v jednom případě byl mikroskop nepřesně označen jako elektrický.)

Necelá polovina žáků (33 žáků) si z přednášky odnesla informaci, že nanosvět je světem velmi malých částic. Ovšem u 20 z těchto žáků chybělo určení rozsahu velikosti takovýchto částic a u dalších 7 žáků nebyl rozsah určený zcela správně, (např. byl udáván pouze rozměr 10^{-9} m, nikoli rozsah velikostí od 10^{-9} do 10^{-7} m). Šest žáků si zapamatovalo, že nanočástice není možné vidět pouhým okem či že jsou menší než průměr lidského vlasu.

Dva žáci chybně uvedli, že nanosvět je nejmenším světem co existuje. Jeden žák určil nesprávně rozměrový rozsah nanosvěta 10^{-9} – 10^{-12} m. Zbývajících 11 žáků neudalo konkrétní definici nanosvěta.

Gymnázium Jana Nerudy

Tři ze 13 žáků (tj. 23 %) zcela správně definovali nanosvět jako svět zahrnující nanočástice s rozměry velikostí v rozmezí 1–100 nm. Zbývajících deset žáků (tj. 77 %) zapsalo nepřesnou či neúplnou definici. Většina z těchto žáků uváděla, že nanosvět je spjatý s rozměrem 10^{-9} m nebo označovala nanosvět jako „trpasličí“ svět (s ohledem na původ předpony „nano“). Objevilo se též upřesnění, že nanosvět je velmi malým světem, kde se mění vlastnosti látek, čehož se využívá v praxi. Jednou bylo uvedeno, že nanočástice nejsou viditelné okem a v jednom případě zněla odpověď: „*Vygoogli si to.*“

Gymnázium J. S. Machara

Skoro všichni žáci GJSM si z přednášky odnesli představu, že nanosvět, je oblastí velmi malých částic. Obecné vyjádření „*velmi malý svět či miniaturní svět, příp. mikroskopický svět budoucnosti*“ uvedlo osm žáků (z 26, tj. 31 %). Dalších pět žáků blíže specifikovalo, že „nano“ není možné vidět pouhým zrakem. Devět žáků (tj. 35 %) uvedlo zcela správně, že nanosvět je území částic a struktur v rozmezí cca 1–100 nm. Další dva žáci zapsali číselný rozsah 1–100 bez uvedení jednotky. Pouze dva žáci (tj. 8 %) na otázku neodpověděli, resp. jeden z nich zapsal „*nevím*“.

11.2.3. Otázka třetí: Patří nanosvět do výuky na SŠ?

Znění třetí otázky v dotazníku bylo následující: „*Myslíš si, že by se mělo o „nanosvětě“ učit na střední škole? Pokud ano, uveď v rámci jakého předmětu (resp. předmětů) a vyber, jakým způsobem (resp. způsoby).*“ Dvě třetiny dotázaných žáků (73 žáků ze 113, tj. 65 %) se domnívají, že by „nano“ mělo být součástí středoškolského kurikula. Dalších 39 žáků (tj. 35 %) je naopak toho názoru, že by se o „nano“ na SŠ vyučovat nemělo, příp. by se mělo zmínit pouze okrajově. Jeden žák na tuto otázku neodpověděl.

Většina žáků, kteří považují za vhodné vyučovat o nanosvětě na SŠ, by poznatky z této oblasti implementovala do přírodovědných předmětů, a to do chemie (uvedena 53x), fyziky (35x) či / a biologie (16x) a spíše ve vyšších ročnících studia. Další předměty byly zmiňovány ojediněle.

Z možných metod, resp. forem výuky by žáci pro seznámení se s „nano“ volili nejspíše přednášku odborníka, příp. výklad učitele či / a exkurzi. Níže naznačená preference žáků v otázce způsobu výuky o „nano“ potvrzuje, že je zaujala přednáška, které se zúčastnili:

- přednáška odborníka $46+11+11 = 68x$
- výklad učitele $27+7+7 = 41x$
- exkurze $25+6+11 = 42x$
- projekt $22+5+1 = 28x$
- demonstrace $19+2+1 = 22x$
- žákovský referát $10+1+1 = 12x$
- pracovní listy $5+0+0 = 5x$
- jiné $5+1+0 = 6x$

Gymnázium U Libeňského zámku

Dvě třetiny dotazovaných žáků z GULZ (49 žáků) se domnívají, že by se o nanosvětě mělo učit na SŠ. Třetina žáků (24 žáků) si naopak myslí, že je toto učivo pro výuku na střední škole příliš náročné a patří až na školu vysokou nebo na odborné (chemické) střední školy. Jeden žák na otázku neodpověděl.

Takřka všichni žáci, kteří by o „nano“ chtěli být vzděláváni na SŠ, by tuto tematiku zařadili do výuky přírodovědných předmětů. Tři čtvrtiny z těchto žáků (tj. 37 žáků ze 49), by poznatky implementovali do výuky chemie, necelých 40 % žáků (19 žáků) do výuky fyziky a cca 30 % žáků (14 žáků) také / nebo do výuky biologie. Pouze okrajově byly zmíněny předměty matematika (1x), základy společenských věd (1x) a tělesná výchova (1x). Šest

žáků by výuku týkající se nanosvětla vidělo spíše jako dobrovolnou, nepovinnou, a to v rámci nově vytvořeného předmětu (4 žáci) či jako součást přírodovědného semináře (2 žáci).

Prakticky všichni žáci mající zájem o výuku o nanosvětě by jednoznačně preferovali přednášku odborníka. Pouze asi polovina z nich uvedla vedle přednášky odborníka i výklad učitele, resp. exkurzi či / a projekt. Necelých 40 % žáků zvolilo položku demonstrací. Nejnižší preference získali žákovský referát a vyplňování pracovních listů. Pětkrát byla uvedena „jiná možnost“, např. návrh na realizaci pokusů. V odpovědích žáků se objevilo také několik konkrétních návrhů pro realizaci exkurze, a to zejména do místa, kde se zabývají „nanovýrobou“ (např. do laboratoře PřF UK v Praze, na Univerzitu v Liberci apod.).

Gymnázium Jana Nerudy

Dvanáct ze třinácti dotázaných žáků z GJN se domnívá, že by se o nanosvětě mělo učit na SŠ, pouze jeden žák byl toho názoru, že to není nutné. Žáci by preferovali výuku o „nano“ v rámci přírodovědných předmětů (chemie uvedena 10x, fyzika 8x, biologie 1x), přičemž doplňovali, že to považují za vhodné především ve vyšších ročnících SŠ.

Za adekvátní metodu / formu výuky o „nano“ považují takřka všichni žáci přednášku odborníka (uvedeno 11x), příp. by řada z nich uvítala výklad učitele (7x), exkurzi (6x; ve výzkumném ústavu nebo na VŠCHT) či projekt (5x). Okrajově byly zmíněny demonstrace (2x), žákovský referát (1x) a film (1x). Demonstrace byly žáky překvapivě zvoleny pouze dvakrát. Na druhou stranu to, že „nanodemonstrace“ předvedené v rámci přednášky žáky značně zaujaly, dokládají výše uvedené odpovědi na první otázku dotazníku.

Gymnázium J. S. Machara

Překvapivě nadpoloviční většina dotázaných žáků z GJSM (14 žáků z 26) nepovažuje výuku o „nano“ na SŠ za žádoucí. A pokud by se už „nano“ mělo ve výuce objevit, tak prý pouze okrajově. Poměrně zajímavé je rozložení odpovědí podle pohlaví – zatímco osm z deseti dotázaných chlapců soudí, že toto téma do středoškolské výuky nepatří, většina dívek (10 z 16) se naopak domnívá, že by bylo vhodné „nano“ do výuky na SŠ implementovat. Ti, kdo by měli rádi výuku o nanosvětě na SŠ, by ji zahrnuli do předmětů chemie (6x), fyzika (8x), event. biologie (1x) či tělesná výchova (1x) a spíše až ve vyšších ročnících studia (od třetího ročníku výše uvedeno celkem 11x).

Odpovědi žáků na otázku vhodné metody či formy výuky o nanosvětě na SŠ dokládají spokojenost žáků s absolvovanou přednáškou „Nano pro život“, protože 11 ze 12 žáků uvedlo, že za vhodný způsob výuky o „nano“ považují přednášku odborníka a exkurzi

(při tom 7x bylo uvedeno „*exkurzi sem na PŘF UK*“). Dále byl 7x zmíněn výklad učitele a vždy 1x demonstrace, projekt a žákovský referát. Můžeme spekulovat, zda je nízká četnost demonstrací dána tím, že si žáci pod tímto pojmem nevybavili pokusy a názorné ukázky, které jinak značně přitáhly jejich pozornost (jak ukázaly odpovědi na první otázku dotazníku).

11.3. ROZHOVORY S UČITELI

Cílem provedených polostrukturovaných rozhovorů s učiteli (resp. učitelkami) bylo zhodnocení přednášek doplněných „nanodemonstracemi“. Důraz byl kladený na popis toho, co se povedlo a hledání příčiny úspěchu. Zjišťovány byly možnosti využití výukových materiálů týkajících se „nano“ v rámci vlastní praxe učitelů v budoucnosti. Prostor byl věnován též identifikaci potenciálu pro zlepšení materiálů.

V rámci zpětné vazby, poskytnuté formou polostrukturovaného rozhovoru, všechny čtyři učitelky, které se přednášek zúčastnily, neskrývaly své nadšení z obsahu přednášky a ze zvolených výukových prostředků (zejména z jejich kombinace a dynamického střídání). Při tom nejvíce je zaujaly „*jednoduché, názorné demonstrace s předměty denní potřeby*“ a uvedené praktické příklady. Za hlavní přínos přednášky paní učitelky považují seznámení žáků s tématem (a to z různých hledisek), představení praktických aplikací nanotechnologie a motivaci žáků pro další studium. Učitelky ocenily, že přednáška vyžadovala aktivní účast žáků (provést predikci, popsat pozorovaný jev apod.).

Ve vlastní praxi by paní učitelka z GULZ ráda v rámci semináře dále využila prezentaci a demonstrace a uvítala by i kompaktní studijní text a pracovní listy týkající se nanosvětla. Paní učitelka z GJN bude ve své výuce v budoucnu využívat ukázkou s laserem při výkladu koloidních směsí, rozkládací kostku pro názornou ukázkou nárůstu povrchové plochy a magnety demonstrující samosestavení. Uvítala by též výukový text, PowerPointovou prezentaci a návrh exkurze. Za vhodné doplnění přednášky by považovala rozšíření konkrétních aplikací nanotechnologie. Paní učitelky z GJSM by v budoucnu do vlastní výuky chtěly začlenit některé z předvedených modelů (např. modely uhlíkových nanotrubic z šestihranného pletiva) a poznatky týkající se praktických aplikací nanotechnologie a mezi-předmětových vztahů s biologií. Dále by přivítaly přednášku o „nano“ pro učitele a z výukových materiálů by využily skripta, resp. PowerPointovou prezentaci a pracovní listy.

11.4. OVĚŘENÍ PŘEDNÁŠKOVÝCH „NANODEMONSTRACÍ“ – SHRUTÍ VÝSLEDKŮ ŠETŘENÍ

Výsledky dotazníkového šetření i provedených rozhovorů jasně dokládají, že žáky i učitele velmi oslovily jak zvolené metody, tak i obsahová náplň přednášky o nanosvětě doplněné „nanodemonstracemi“. Patrné je toto jak z odpovědí pedagogů, tak z žákovských odpovědí, a to zejména na první a třetí otázku v provedeném dotazníkovém šetření. Většinu žáků zaujala obsahová část prezentace (byla uvedena 70x) a předvedení „nanodemonstrací“ (zapsány 44x). Kromě toho takřka všichni žáci, kteří v dotazníku uvedli, že by se o nanosvětě mělo vyučovat na SŠ, by preferovali představení této oblasti právě formou přednášky odborníka (68 žáků ze 73, tj. 93 %), a to v rámci přírodovědného předmětu.

Jak naznačilo proběhnuté šetření, používání přednáškových „nanodemonstrací“ bylo žáky (i učiteli) přijímáno velmi pozitivně. Přednáška, jejíž důležitou součástí byly právě „nanodemonstrace“ se žákům i učitelům velmi líbila. Lze proto připustit, že představené demonstrace a modely by mohly být považovány za užitečné názorné pomůcky, které žáky ve výuce zaujmou, ožíví jim a názorně přiblíží výklad abstraktních pasáží týkajících se nanosvěta a napomohou jeho správnému pochopení, příp. i zapamatování.

12. DISKUZE

Nedostatek názornosti ve výuce chemie na úrovni SŠ je problémem letitým a stále velmi diskutovaným. Jak poznamenává Skalková (2004), didaktické prostředky se vyvíjejí a mění se v čase spolu s rozvojem kultury a techniky. V roce 1930 považoval Astell za důležité vizuální prostředky, napomáhající zvýšení názornosti ve výuce chemie, tabuli, exkurzi, fotografie, černobílé (příp. i pohyblivé) obrázky zobrazované projektory, ilustrace v učebnicích, modely atomů či reálné vzorky. O více než sedmdesát let později uvádějí Urbanová a Čtrnáctová (2007), že ve výuce chemie často převažuje obtížné teoretické učivo, které je málo názorné, a tudíž pro žáky méně srozumitelné a hůře pochopitelné. Ve snaze zvýšit názornost obecné chemie výše uvedené autorky využívají moderní techniku, konkrétně vytvořily prezentace v programu MS PowerPoint doplněné obrázky, schémata, tabulkami, grafy, animacemi apod. Dalším, žáky velmi oblíbeným prostředkem oživujícím výuku chemie a zvyšujícím její názornost, používaným již od počátků chemie, jakožto vědního oboru, jsou demonstrace chemických experimentů. Ve výuce chemie je však možné, jak naznačila tato disertační práce, zvyšovat názornost i prostřednictvím dalších prostředků, např. „neexperimentálních“ demonstrací.

Používání „neexperimentálních“ demonstrací má ve výuce chemie taktéž dlouholetou tradici. Za „neexperimentální“ demonstrace byly v této práci považovány materiální modely a demonstrace založené na makroskopické analogii, které je možné realizovat s pomůckami běžně dostupnými v domácnosti, navíc bez multimediální techniky. Řada výzkumů se zabývá použitím materiálních modelů ve výuce chemie, při tom se nejčastěji jedná o modely vhodné pro prezentaci tvaru molekul organických sloučenin (např. Copolo and Hounshell, 1995; Hageman, 2010; Treagust *et al.*, 2004). Ačkoliv se objevují i práce zaměřené na využití analogií ve výuce přírodovědných předmětů na SŠ (např. Haláková, 2006; Matlen *et al.*, 2011), toto téma zůstává dosud ve značné míře neprobádaným územím.

Problematika „neexperimentálních“ demonstrací byla v této práci vztažena k tematice tzv. nanosvěta, jež je v současnosti často diskutovanou laickou i odbornou veřejností. V zahraniční literatuře byly publikovány práce, které sledují možnosti začlenění poznatků z oblasti nanosvěta do středoškolské výuky a také úspěšnost této implementace. Např. k tematice mikroskopie skenující sondou (SPM) jsou k dispozici jak příspěvky popisující modely založené na makroskopické analogii (viz kap. 8.5.1.), tak i didaktické výzkumy věnující se zavádění poznatků o SPM do přírodovědného kurikula (např. Blonder *et al.*, 2010; Margel *et al.*, 2004). Zahraniční výzkum proto může být vhodnou inspirací i pro české prostředí, kde je toto téma stále trochu opomíjeno.

V českém prostředí se teprve začínají objevovat první práce týkající se vybraných aspektů „nano“, které učitelům přírodovědných předmětů na SŠ mohou poskytnout výukové materiály či náměty pro praxi, jak bylo ukázáno v kapitolách 8.3.–8.5. Zatímco v oblasti výroby v oboru nanotechnologií patří Česko ke světové špičce (Horký, 2012), didaktický výzkum a implementace získaných poznatků do středoškolského kurikula v českém prostředí bohužel zaostávají. Proto bylo cílem této disertační práce vytvořit komplexnější výukový materiál týkající se nanosvět, mající těžiště v „neexperimentálních“ demonstracích označovaných v této práci jako „nanodemonstrace“, a dále prostřednictvím reálné výuky na vybraných SŠ poodhalit skutečnou využitelnost „nanodemonstrací“ v přírodovědném vzdělávání.

Provedená výzkumná šetření poměrně jednoznačně ukazují, že vytvořené „nanodemonstrace“ byly pro žáky i učitele vítaným zpestřením výuky a zároveň napomohly porozumění obtížně představitelných pasáží ve výuce týkající nanosvět. Je však nutné zdůraznit, že s ohledem na novost „nano“ a zmiňované obtíže, které s sebou výuka tohoto tématu přináší (interdisciplinární charakter, obsáhlost současného kurikula na SŠ apod.), lze výzkumnou část této práce přirovnat k jednomu z kamínků mozaiky, které je třeba složit pro vytvoření uceleného obrazu diskutované problematiky.

13. ZÁVĚR

Demonstrací se rozumí názorný prostředek, který ve výuce pomáhá žákům objasnit určitý úsek učiva a usnadnit tak jeho pochopení. V chemii se často setkáváme s demonstracemi chemických experimentů, které jsou u žáků velmi oblíbené. Ukazovat a předvádět však můžeme i demonstrace „neexperimentální“, které byly v této práci chápány jako materiální modely a demonstrace založené na makroskopické analogii, jež je možné provádět s předměty denní potřeby, bez použití drahých a nebezpečných chemikálií a bez multimediální techniky. Podobně jako demonstrace chemických experimentů i „neexperimentální“ demonstrace zvyšují pozornost žáků a mohou být pro žáky velmi motivující. Tyto demonstrace žákům umožňují představit si konkrétně abstraktní pojmy, čímž vytvářejí spojovací můstek mezi teorií a praxí. V neposlední řadě napomáhají též zapamatování osvojovaného učiva.

V kap. 7. byly uvedeny „neexperimentální“ demonstrace dohledatelné ve vybraných tištěných zdrojích a na internetu. Pozornost při tom byla zaměřena zejména na časopis *Journal of Chemical Education*, kde bylo dosud publikováno nejvíce těchto demonstrací. Jejich přehled (tříděný dle obsahu demonstrace) je součástí Přílohy II.

Dále se práce věnovala oblasti tzv. nanosvětla, která je v dnešní době velmi populární. Témata týkající se nanosvětla zahrnují interdisciplinární poznatky, jež jsou poměrně náročné na představivost. Řadu jevů z oblasti nanosvětla navíc není možné demonstrovat reálným experimentem. Proto může být vhodné výuku doplnit právě názornými „neexperimentálními“ demonstracemi, označovanými v této práci s ohledem na jejich tematickou náplň jako „nanodemonstrace“.

„Nanodemonstrace“ vyhledané v literatuře a převzaté s mírnými úpravami (5), zásadněji modifikované „nanodemonstrace“ (5) i ty zcela nově vytvořené (8) se staly součástí české databáze „nanodemonstrací“ vytvořené jako nosný výukový materiál, jež je přílohou této disertační práce. Představená databáze sdružuje náměty na 18 názorných, finančně i časově nenáročných mezipředmětových „nanodemonstrací“ rozdělených do šesti kapitol:

1. Úvod do nanosvětla
2. Vlastnosti hmoty v měřítku nanometrů
3. Jak vyrobit „nano“?
4. Elektronová mikroskopie (EM)
5. Mikroskopie skenující sondou (SPM)
6. Umělé alotropické modifikace uhlíku

„Nanodemonstrace“ v databázi může provádět učitel jako přednáškové demonstrace nebo / a je mohou realizovat žáci, mnohdy i sami doma. Lze je použít v různých fázích výuky, a to i na školách, kde chybí laboratoř. „Nanodemonstrace“ byly koncipovány pro použití ve výuce přírodovědných předmětů na SŠ (ISCED 3¹¹). Některé z nich je však možné (dle úvahy učitele) implementovat i do výuky na druhém stupni ZŠ, resp. v nižších ročnících gymnázií (ISCED 2¹¹).

Přednáškové „nanodemonstrace“ je možné použít buď samostatně, nebo mohou doplnit jednu ze dvou multimediálních PowerPointových prezentací, vytvořených jako další příloha této práce. Spojení přednáškových „nanodemonstrací“ s PowerPointovou prezentací v proběhnutém výzkumném šetření velmi kladně hodnotili jak žáci, tak učitelé.

Většinu žákovských „nanodemonstrací“ doplňují pracovní listy. Celkem bylo vytvořeno sedm pracovních listů, které vždy obsahují zadání k demonstraci a úkoly pro žáky k řešení během či těsně po provedení demonstrace. Pro učitele je u každého pracovního listu k dispozici také autorské řešení.

Vedle pracovních listů k žákovským „nanodemonstracím“ byly dále vytvořeny pracovní listy s 35 mezipředmětovými „nanoúlohami“, členěné dle témat (kapitol) databáze „nanodemonstrací“. Úlohy v těchto pracovních listech mohou sloužit k motivaci žáků k tématu, příp. pro osvojení znalostí či k jejich zopakování. Stejně jako ostatní výše uvedené výukové materiály jsou i pracovní listy s mezipředmětovými „nanoúlohami“ uloženy na CD jako příloha této disertační práce.

Prakticky byly ve výuce na SŠ ověřovány jak „nanodemonstrace“ přednáškové, tak „nanodemonstrace“ žákovské doplněné pracovními listy. Po samotné realizaci demonstrací probíhaly polostrukturované rozhovory s učiteli a dotazníková šetření se žáky. Byly také provedeny rozborů vyplněných žákovských pracovních listů vztahujících se k „nanodemonstracím“ i pracovního listu s vybranými „nanoúlohami“ bez demonstrací. Kromě toho byly představené „nanodemonstrace“ prezentovány na řadě konferencí i během různých seminářů pořádaných pro učitele chemie a fyziky na SŠ, kde se často setkaly s pozitivním ohlasem.

Výsledky uskutečněných výzkumných šetření ukázaly, že zařazení „nanodemonstrací“ do výuky žáci přijali velmi příznivě. Vedle toho se potvrdilo, že se v případě témat z oblasti nanosvěta jedná o náročné učivo, což je dáno zejména výrazným průřezovým a interdisciplinárním charakterem „nano“. To klade na pedagoga i žáky zvýšené nároky

¹¹ ISCED (International Standard Classification of Education) je mezinárodní standardní klasifikace vzdělávání podle UNESCO (2011). ISCED 2 značí nižší sekundární vzdělávání, ISCED 3 vyšší sekundární vzdělávání.

na znalosti z různých přírodovědných disciplín a schopnost jejich syntézy. Za zmínku na SŠ však „nano“ rozhodně stojí a právě „nanodemonstrace“ mohou být při této implementaci významnou měrou nápomocny.

Závěrem lze říci, že demonstrace mohou být považovány za vhodný prostředek, který usnadní a zefektivní osvojení náročného teoretického učiva. Zejména to platí o takových tématech, která není možné (či lze jen velmi obtížně) doprovodit reálnými experimenty, což se týká např. oblasti nanosvěta. Abstraktní interdisciplinární pasáže vztahující se k „nano“ lze žákům zpřístupnit díky představeným „nanodemonstracím“, které učitel může dle potřeby doplnit dalšími výukovými materiály (např. prezentací či pracovními listy). Ačkoliv demonstrace nemohou ve výuce nahradit experimentální činnost žáků, tato disertační práce naznačila, že mohou být jejím vhodným doplňkem.

14. POUŽITÉ ZDROJE

1. ALYEA, H.N. Tested demonstrations in general chemistry. *J. Chem. Educ.*, 1955, vol. 32, no. 1, p. 28. ISSN 0021-9584.
2. ALYEA, H.N. and DUTTON, F.B. Tested demonstrations in chemistry. Easton: Journal of Chemical Education, 1965.
3. AMBROŽ, A. *Úvod do chemie nových materiálů – studijní text pro střední školy*. Praha, 2008. Bakalářská práce. KUDCH PřF UK.
4. *An introduction to carbon nanotubes* [online]. [cit. 9. července 2013]. Dostupné na: <http://www.stanford.edu/group/cpima/education/nanotube_lesson.pdf>.
5. ASHKENAZ, D.E.; HALL, W.P.; HAYNES, Ch.L. *et al.* Coffee Cup Atomic Force Microscopy. *J. Chem. Educ.*, 2010, vol. 87, no. 3, pp. 306–307. ISSN 0021-9584.
6. ASTELL, L.A. Visual aids in chemical education. *J. Chem. Educ.*, 1930, vol. 7, no. 4, pp. 828–831. ISSN 0021-9584.
7. *Atomic world: Carbon nanostructures* [online]. [cit. 9. července 2013]. Dostupné na: <http://www.hk-phy.org/atomic_world/carbon/carbon02_e.html>.
8. BAĐUROVÁ, R. *Využití SPM přístroje „NanoEducator“ pro vzdělávání v oblasti nanotechnologií*. Olomouc, 2009. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra experimentální fyziky. Dostupné také na: <<http://theses.cz/id/kjo8rw/54122-715036868.pdf>>.
9. BAGARIA, H.G.; DEAN, M.R.; NICHOL, C.A.; WONG, M.S. Self-Assembly and Nanotechnology: Real-Time, Hands-On, and Safe Experiments for K-12 Students. *J. Chem. Educ.*, 2011, vol. 88, no. 5, pp. 609–614. ISSN 0021-9584.
10. BÁLINTOVÁ, J. Vizualizácia v multimediálnych programoch. In *Acta Fac. Paed. Univ. Tyrnaviensis*, Ser. D, Supplementum 1. Trnava: Trnavská univerzita, Pedagogická fakulta, 2005. ISBN 80-8082-049-X.
11. BARRETT, E.J. Models illustrating d orbitals involved in multiple bonding. *J. Chem. Educ.*, 1967, vol. 44, no. 3, pp. 146–147. ISSN 0021-9584.
12. BEATON, J.M. A Paper-Pattern System for the Construction of Fullerene Molecular Models. *J. Chem. Educ.*, 1992, vol. 69, no. 8, pp. 610–612. ISSN 0021-9584.
13. BEATON, J.M. Paper Models for Fullerenes C₆₀–C₈₄. *J. Chem. Educ.*, 1995, vol. 72, no. 10, pp. 863–869. ISSN 0021-9584.
14. BERGEROVÁ, M.; BŘÍZA, M.; CÍDLOVÁ, H. *et al.* Společenské karetní hry s chemickou problematikou. Brno: Katedra chemie Pedagogické fakulty Masarykovy uni-

- verzity v Brně, 2003 [online]. [cit. 18. června 2014]. Hry (kvarteto, pexeso) dostupné na: <<http://www.ped.muni.cz/wchem/hry1.htm>>.
15. BLONDER, R.; JOSELEVICH, E.; COHEN, S.R. Atomic Force Microscopy: Opening the Teaching Laboratory to the Nanoworld. *J. Chem. Educ.*, 2010, vol. 87, no. 12, pp. 1290–1293. ISSN 0021-9584.
 16. BODNER, G.M. Why Lecture Demonstrations Are “Exocharmic” for Both Students and Their Instructors. *U. Chem. Ed.*, 2001, vol. 5, pp. 31–35. ISSN 1369-5614.
 17. BONSON, K.; HEADRICK, R.L.; HAMMOND, D. *et al.* Working model of an atomic force microscope. *Am. J. Phys.*, 2011, vol. 79, no. 2, pp. 189–192. ISSN 0002-9505.
 18. BOSMA, E.; OFFERHAUS, H.L.; VAN DER VEEN, J.T. *et al.* Large scale scanning probe microscope: Making the shear-force scanning visible. *Am. J. Phys.*, 2010, vol. 78, no. 6, pp. 562–566. ISSN 0002-9505.
 19. BOWEN, D. *Multimédia. Podrobný průvodce*. Praha: Albatros, 1997. ISBN 80-00-00528-X.
 20. BRICKER, C.E. A two-dimensional working model of the neon electron configuration. *J. Chem. Educ.*, 1987, vol. 64, no. 2, pp. 133–134. ISSN 0021-9584.
 21. BROOKS, W.O. Model of an oxygen atom. *J. Chem. Educ.*, 1947, vol. 24, no. 5, p. 245. ISSN 0021-9584.
 22. BURGAN, D.A. and BAKER, L.A. Investigating Self-Assembly with Macaroni. *J. Chem. Educ.*, 2009, vol. 86, no. 6, pp. 704A–704B. ISSN 0021-9584.
 23. CAMPBELL, D.J. *Spontaneous assembly of hot dogs* [online]. [cit. 9. července 2013]. Dostupné na: <<http://bradley.bradley.edu/~campbell/demopix6.html>>.
 24. CAMPBELL, D.J.; OLSON, J.A.; CALDERON, C.E. *et al.* Chemistry with Refrigerator Magnets: From Modeling of Nanoscale Characterization to Composite Fabrication. *J. Chem. Educ.*, 1999, vol. 76, no. 9, pp. 1205–1211. ISSN 0021-9584.
 25. CAMPBELL, D.J.; FREIDINGER, E.R.; QUERNS, M.K. Spontaneous Assembly of Magnetic LEGO[®] Bricks. *Chem. Educator*, 2001, vol. 6, no. 6, pp. 321–323. ISSN 1430-4171.
 26. CAMPBELL, D.J.; FREIDINGER, E.R.; HASTINGS, J.M. *et al.* Spontaneous Assembly of Soda Straws. *J. Chem. Educ.*, 2002, vol. 79, no. 2, pp. 201–202. ISSN 0021-9584.
 27. CAMPBELL, D.J.; MILLER, J.D.; BANNON, S.J. *et al.* An Exploration of the Nanoworld with LEGO Bricks. *J. Chem. Educ.*, 2011, vol. 88, no. 5, pp. 602–606. ISSN 0021-9584.

28. CAMPBELL, D.; FREIDINGER, E.; QUERNS, M. *et al. Exploring the Nanoworld with LEGO® Bricks* [online]. Peoria: Bradley University, 2012 [cit. 9. července 2013]. Dostupné na: <<http://chemistry.beloit.edu/edetc/LEGO/PDFfiles/nanobook.PDF>>.
29. CELBOVÁ, Z. a HOLADA, K. Vzduchový stoleček – staronová pomůcka pro modelování ve výuce chemie. *Biologie, chemie, zeměpis*, 2013, roč. 22, č. 3, s. 132–135. ISSN 1210-3349.
30. *Center for Probing the Nanoscale: Hands-on nano Activities* [online]. [cit. 26. března 2014]. Dostupné na: <<http://teachers.stanford.edu/activities>>.
31. *Construction of the C₆₀ Fullerene Model* [online]. [cit. 9. července 2013]. Dostupné na: <http://cd1.edb.hkedcity.net/cd/science/chemistry/s67chem/pdf/sPS_2_C60.pdf>.
32. COPOLO, C.E. and HOUNSHELL, P.B. Using three-dimensional models to teach molecular structures in high school chemistry. *Journal of Science Education and Technology*, 1995, vol. 4, no. 4, pp. 295–305. ISSN 1573-1839.
33. ČTRNÁCTOVÁ, H. *Učební úlohy v chemii, 1. díl*. Praha: Karolinum, 2009. ISBN 987-80-246-1666-7.
34. DAVISON, H.F. A new lecture table outfit for demonstrating conductivity to elementary classes. *J. Chem. Educ.*, 1924, vol. 1, no. 4, p. 74. ISSN 0021-9584.
35. DAVISON, H.F. The art of lecture table demonstrating. *J. Chem. Educ.*, 1925, vol. 2, no. 6, pp. 443. ISSN 0021-9584.
36. Databáze chemických pokusů. In *Studiumchemie.cz – Portál PřF UK na podporu výuky chemie na ZŠ a SŠ* [online]. Praha: KUDCH PřF UK. [cit. 3. července 2013]. Dostupné na: <<http://www.studiumchemie.cz/pokusy.php>>.
37. DERRICK, J.O. One hundred high-school chemistry projects. *J. Chem. Educ.*, 1940, vol. 17, no. 10, p. 492. ISSN 0021-9584.
38. DERRICK, J.O. A bibliography of chemistry projects and demonstrations, 1940–49. *J. Chem. Educ.*, 1950, vol. 27, no. 10, p. 562. ISSN 0021-9584.
39. DOSTÁL, P. Nahradí multimédia práci učitele biologie? *Biologie, chemie, zeměpis*, 2001, roč. 10, č. 4, s. 161–164. ISSN 1210-3349.
40. DOSTÁL, J. *Učební pomůcky a zásada názornosti*. Olomouc: Votobia, 2008. ISBN 978-80-7409-003-5.
41. DOSTÁL, J. Interaktivní tabule – významný přínos pro vzdělávání. *Časopis Česká škola* [online]. Computer Press, publikováno 28. dubna 2009, ISSN 1213-6018 [cit. 28. října 2011]. Dostupné na: <http://www.nazornost-ucebni-pomucky.xf.cz/interaktivni_tabule.pdf>.

42. DUCHÁČEK, V. Kde se vzaly nanomateriály a nanotechnologie? *Biologie, chemie, zeměpis*, 2010, roč. 19, č. 3, s. 127–132. ISSN 1210-3349.
43. DUNDR, M. Škola hrou – a proč ne? *Biologie, chemie, zeměpis*, 1999, roč. 8, č. 3, s. 122–123. ISSN 1210-3349.
44. DUŠEK, B. Podpora mimovýukových aktivit žáků v chemii. In *Acta Fac. Paed. Univ. Tyrnaviensis*, Ser. D, Supplementum 1. Trnava: Trnavská univerzita, Pedagogická fakulta, 2005. ISBN 80-8082-049-X.
45. E-ChemBook – Multimediální učebnice chemie. In *www.youtube.com* [online]. [cit. 29. října 2013]. Dostupné na: <<http://www.youtube.com/user/VideosChemWeb/>>.
46. ELLIS, A.B.; KUECH, T.F.; LISENSKY, G.C. *et al.* Making the Nanoworld Comprehensible: Instructional Materials for Schools and Outreach. *J. Nanoparticle Research*, 1999, vol. 1, no. 1, pp. 147–150. ISSN 1388-0764.
47. EUR-Lex. *Stanovisko Evropského hospodářského a sociálního výboru ke sdělení Komise: Směrem k evropské strategii pro nanotechnologie* [online]. 2004 [cit. 23. července 2013]. Dostupné na: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52005AE1629:CS:NOT>>.
48. FILOVÁ, H.; MAŇÁK, J.; STRACH, J. *et al.* *Vybrané kapitoly z obecné didaktiky*. Brno: Masarykova univerzita, Pedagogická fakulta, 1996. ISBN 80-210-1308-7.
49. FORTMAN, J.J. Analogical demonstrations. *J. Chem. Educ.*, 1992, vol. 69, no. 4, pp. 323–324. ISSN 0021-9584.
50. FRÝZKOVÁ, M. a ADAMEC, M. Approach to Implementation of Science Curriculum, with a Special View to Chemistry. In *Proceedings of the 2nd European Variety in Chemistry Education*. Prague: Charles University, Faculty of Science, 2007. ISBN 978-80-86561-85-1.
51. GADIA, V.; PATEL, R.; ROY, S. *et al.* An Educational Model of an Atomic Force Microscope. *The Nanotechnology Group*, 2005, vol. 4, no. 7, pp. 1–8.
52. GAJDOŠOVÁ, V. Z dopisů čtenářů: Učíte geologii? *Biologie, chemie, zeměpis*, 2002, roč. 11, č. 1, s. 20–21. ISSN 1210-3349.
53. GILBERT, G.L.; ALYEA, H.N.; DUTTON, F.B.; DREISBACH, D. *Tested Demonstrations in Chemistry and selected demonstrations from the Journal of Chemical Education*. Easton: Division of Chemical Education of the American Chemical Society, 1994.
54. GILBERT, J.K.; BOULTER, C.; RUTHERFORD, M. Models in Explanations, Part 1: Horses for Courses? *International Journal of Science Education*, 1998, vol. 20, no. 1, pp. 83–97. ISSN 1464-5289.

55. GRECZYŁO, T. and DEBOWSKA, E. The macroscopic model of an atomic force microscope in the students' laboratory. *Eur. J. Phys.*, 2006, vol. 27, no. 3, pp. 501–513. ISSN 0143-0807.
56. GRÉGR, J. *Moderní pohled na formy a modifikace uhlíku* [online]. [cit. 23. července 2013]. Dostupné na:
<http://centrum.tul.cz/centrum/centrum/3Aplikace/3.2_publikace/%5B3.2.51%5D.pdf>.
57. GOSS, V.; BRANDT, S.; LIEBERMAN, M. The Analog Atomic Force Microscope: Measuring, Modeling, and Graphing for Middle School. *J. Chem. Educ.*, 2013, vol. 90, no. 3, pp. 358–360. ISSN 0021-9584.
58. GUERRA-VELA, C. and ZYPMAN, F.R. The poor man's scanning force microscope. *Eur. J. Phys.*, 2002, vol. 23, no. 2, pp. 145–153. ISSN 0143-0807.
59. *Gymnázium Oty Pavla: Fyzika* [online]. [cit. 21. srpna 2013]. Dostupné na:
<<http://www.gop.cz/predmety/fyzika.php>>.
60. HAGEMAN, J.H. Use of Molecular Models for Active Learning in Biochemistry Lecture Courses. *J. Chem. Educ.*, 2010, vol. 87, no. 3, pp. 291–293. ISSN 0021-9584.
61. HÁJKOVÁ, Z. *Návrh implementace nových poznatků z interdisciplinárního oboru „nanotechnologie“ do výuky přírodovědných předmětů na SŠ*. Praha, 2009. Diplomová práce. KUDCH PřF UK.
62. HÁJKOVÁ, Z. *Návrh implementace nových poznatků z interdisciplinárního oboru „nanotechnologie“ do výuky přírodovědných předmětů na SŠ a příspěvek k edukaci studentů učitelství chemie v tomto oboru*. Praha, 2011a. Rigorózní práce. KUDCH PřF UK.
63. HÁJKOVÁ, Z. Models of carbon "nanoallotrope" C₆₀. In *Chemistry education – 2011*. University of Latvia: University of Latvia, 2011b, pp. 65–72. ISBN 978-9984-45-421-4.
64. HÁJKOVÁ, Z. a ŠMEJKAL, P. Vybrané demonstrace problematiky „nano“ ve výuce chemie na SŠ. In *Alternativní metody výuky 2011*. Hradec Králové: Gaudeamus, 2011, s. 1–6. ISBN 978-80-7435-104-4.
65. HÁJKOVÁ, Z. a ŠMEJKAL, P. Demonstrace „nano“ ve výuce přírodovědných předmětů na SŠ. In *Aktuálne trendy vo vyučovaní prírodných vied*. Trnava: Trnavská univerzita, Pedagogická fakulta, 2012a, s. 275–280. ISBN 978-80-8082-541-6.
66. HÁJKOVÁ, Z. a ŠMEJKAL, P. Modely fullerenu C₆₀ aneb Fotbalový míč ve výuce chemie. *Biologie, chemie, zeměpis*, 2012b, roč. 21, č. 5, s. 230–234. ISSN 1210-3349.

67. HÁJKOVÁ, Z.; FEJFAR, A.; ŠMEJKAL, P. Two Simple Classroom Demonstrations for Scanning Probe Microscopy Based on a Macroscopic Analogy. *J. Chem. Educ.*, 2013a, vol. 90, no. 3, pp. 361–363. ISSN 0021-9584.
68. HÁJKOVÁ, Z. a ŠMEJKAL, P. Názornost ve výuce chemie očima učitelů. In *Aktuálně smerovanie výskumov v dizertačných prácach z didaktiky chémie*. Bratislava: Univerzita Komenského, Prírodovedecká fakulta, 2013a, s. 62–68. ISBN 978-80-223-2582-0.
69. HÁJKOVÁ, Z. a ŠMEJKAL, P. Mezipředmětové demonstrace z oblasti nanosvětla ve výuce na střední škole. In *Aktuální problémy disertačních prací oboru didaktika chemie*. Olomouc: Univerzita Palackého, Přírodovědecká fakulta, 2013b, s. 104–111. ISBN 978-80-244-3776-7.
70. HÁJKOVÁ, Z.; HÁJEK, V. a ŠMEJKAL, P. Uhlíkové nanotrubičky ve výuce na střední škole. *Biologie, chemie, zeměpis*, 2013b, roč. 22, č. 5, s. 234–238. ISSN 1210-3349.
71. HALÁKOVÁ, Z. Analógie ako prostriedok na uľahčenie pochopenia pojmov v chémii. *Biologie, chemie, zeměpis*, 2006, roč. 15, č. 4, s. 188–190. ISSN 1210-3349.
72. HARVANOVÁ, L. a MELICHOVÁ, Z. Analýza tematiky redoxních reakcí v přírodovědných predmetoch na ZŠ. In *Acta Fac. Paed. Univ. Tyrnaviensis, Ser. D, Supplementum 2*. Trnava: Trnavská univerzita, Pedagogická fakulta, 2008. ISBN 978-80-8082-182-1.
73. HAYNES, Ch.L.; McFARLAND, A.D.; VAN DUYN, R.P. *et al.* Nanopatterning with Lithography. *J. Chem. Educ.*, 2005, vol. 82, no. 5, pp. 768A–768B. ISSN 0021-9584.
74. HILDEBRAND, A.; HILGERS, U.; BLUME, R.; WIECHOCZEK, D. Playing with the Soccer Ball-an Experimental Introduction to Fullerene Chemistry. *J. Chem. Educ.*, 1996, vol. 73, no. 11, pp. 1066–1067. ISSN 0021-9584.
75. HORKÝ, P. Z Česka se stává světový lídr oboru nanotechnologií. *Mladá fronta E15, deník pro ekonomiku a byznys*, 2012, č. 1247, s. 6–7. ISSN 1803-4543.
76. HORSKÁ, J. *Možnosti inovace výuky středoškolské chemie v oblasti nanotechnologií*. Olomouc, 2011. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra analytické chemie. Dostupné také na:
<http://theses.cz/id/7wdtm3/bakalarska_prace_JHorska.pdf>.
77. HOŠEK, J. *Úvod do nanotechnologie*. Praha: České vysoké učení technické, Fakulta strojní, 2010. ISBN 978-80-01-04555-8.

78. *Howtosmile.org* [online]. [cit. 20. května 2014]. Dostupné na: <<http://howtosmile.org>>.
79. HUDEČEK, J. Poznatky z biochemie v učivu SŠ i ZŠ a šlehání vaječného bílku. *Biologie, chemie, zeměpis*, 2005, roč. 14, č. 5, s. 231–237. ISSN 1210-3349.
80. HUNTEROVÁ, M. *Účinné vyučování v kostce*. Praha: Portál, 1999. ISBN 80-7178-220-3.
81. CHAN, Ch.J. and SALAITA, K. The Molecular Boat: A Hands-On Experiment To Demonstrate the Forces Applied to Self-Assembled Monolayers at Interfaces. *J. Chem. Educ.*, 2012, vol. 89, no. 12, pp. 1547–1550. ISSN 0021-9584.
82. *Chemical Education Digital Library* [online]. [cit. 26. července 2013]. Dostupné na: <<http://www.chemeddl.org/>>.
83. *Chemické listy* [online]. [cit. 26. července 2013]. Dostupné na: <<http://chemicke-listy.cz>>.
84. Chemické pokusy. In *Chemie.gfxs.cz – chemický vzdělávací portál* [online]. Liberec: Gymnázium F. X. Šaldy, [cit. 3. července 2013]. Dostupné na: <<http://chemie.gfxs.cz/index.php?pg=videa>>.
85. CHUANG, Ch.; JIN, B.-Y.; TSOO, Ch-Ch. *et al.* Molecular Modeling of Fullerenes with Beads. *J. Chem. Educ.*, 2012, vol. 89, no. 3, pp. 414–416. ISSN 0021-9584.
86. *Internetová video-databáze chemických pokusů* [online]. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, Katedra aplikované chemie a učitelství chemie, 22. května 2012 [cit. 3. července 2013]. Dostupné na: <<http://kch.zf.jcu.cz/didaktika/didaktika.htm>>.
87. JANOUŠKOVÁ, M. *Fyzika a biologie*. Brno, 2010. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Pedagogická fakulta, Katedra fyziky. Dostupné také na: <http://is.muni.cz/th/222836/pedf_b/>.
88. JANŠTOVÁ, V. a JÁČ, M. Modelování ve výuce biologie (1) (aneb jak žákům přiblížit některé biologické jevy). *Biologie, chemie, zeměpis*, 2014, roč. 23, č. 2, s. 61–65. ISSN 1210-3349.
89. JANŠTOVÁ, V. a JÁČ, M. Modelování ve výuce biologie (2) (aneb jak žákům přiblížit některé biologické jevy). *Biologie, chemie, zeměpis*, 2014, roč. 23, č. 3, s. 111–116. ISSN 1210-3349.
90. *JCE Chemical Education Xchange* [online]. Division of Chemical Education, [cit. 26. července 2013]. Dostupné na: <<http://www.chemedx.org/>>.

91. JENSEN, W.B. To Demonstrate the Truths of 'Chymistry': An Historical and Pictorial Celebration of the Art of the Lecture Demonstration in Honor of Dr. Hubert Alyea. *Bull. Hist. Chem.*, 1991, vol. 10, pp. 3–15. ISSN 1053-4385.
92. JOHNSEN, J. *Self assembly with Cheerios* [online]. [cit. 9. července 2013]. Dostupné na: <<http://www.exo.net/~jillj/>>.
93. JONES, A. *Carbon Discovery Projects* [online]. Madison: University of Wisconsin, Institute for Chemical Education and the Nanoscale Science and Engineering Center, 2013 [cit. 9. července 2013]. Dostupné na: <<http://carbon.chem.wisc.edu/Projects.html>>.
94. JONES, M.G.; FALVO, M.R.; BROADWELL, B. *et al.* Self-Assembly: How Nature Builds. *Science Teacher*, 2006, vol. 73, no. 9, pp. 54–57. ISSN 0036-8555. Dostupné také na: <http://user.physics.unc.edu/~falvo/Phys53_Spring11/Projects_Assignments/2006_Self_Assembly_How_Nature_Builds_Science_Teacher_2006.pdf>.
95. *Journal of Chemical Education* [online]. American Chemical Society. [cit. 26. července 2013]. Dostupné na: <<http://pubs.acs.org/journal/jceda8>>.
96. JUSTI, R. and GILBERT, J. Models and Modelling in Chemical Education. *Contemporary Trends and Issues in Science Education*, 2003, vol. 17, pp. 47–68. ISSN 1878-0784.
97. KALHOUS, Z.; OBST, O. *et al.* *Školní didaktika*. Praha: Portál, 2002. ISBN 80-7178-253-X.
98. KALINA, J.; HRVOLOVÁ, B.; KROHOVÁ, J.; ŠMONDRK, M.; PENHAKER, M. Experiment pro výuku – fotometrie. *Chem. listy*, 2014, roč. 108, č. 2, s. 172–175. ISSN 0009-2770. Dostupné také na: <http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2014_02_172-175.pdf>.
99. KLEČKOVÁ, M.; FADRNÁ, V.; TOPIČOVÁ, P. Využití chemických experimentů při integraci přírodovědných poznatků. In *Aktuální otázky výuky chemie XV*. Hradec Králové: Gaudeamus, 2005. ISBN 80-7041-511-8.
100. KLUSOŇ, P.; DROBEK, M.; BÁRTKOVÁ, H. *et al.* Vítejte v „nanosvětě“. *Chem. listy*, 2007, roč. 101, č. 4, s. 262–272. ISSN 0009-2770. Dostupné také na: <http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2007_04_262-272.pdf>.
101. KOLÁŘ, K. Fullereny a výuka organické chemie (1). *Biologie, chemie, zeměpis*, 1999a, roč. 8, č. 2, s. 71–74. ISSN 1210-3349.
102. KOLÁŘ, K. Fullereny a výuka organické chemie (2). *Biologie, chemie, zeměpis*, 1999b, roč. 8, č. 3, s. 125–127. ISSN 1210-3349.

103. KOLÁŘ, K.; MYŠKA, K.; HIRSCH, M. Fullereny a výuka organické chemie (3). *Biologie, chemie, zeměpis*, 1999, roč. 8, č. 4, s. 177–178. ISSN 1210-3349.
104. KOLÁŘ, K.; KMEŤOVÁ, J.; MYŠKA, K.; TOMEČEK, O. Experimenty s fullereny. *Biologie, chemie, zeměpis*, 2003, roč. 12, č. 2, s. 85–88. ISSN 1210-3349.
105. KOLÁŘ, K.; MYŠKA, K.; KMEŤOVÁ, J.; TOMEČEK, O. Počítačové modely fullerenu ve výuce chemie. In *Informační technologie ve výuce chemie*. Hradec Králové: Gaudeamus, 2004. ISBN 80-7041-198-8.
106. KOLOROS, P. *Školní pokus ve výuce chemie – minulost a současnost*. Praha, 2011. Disertační práce. KUDCH PřF UK.
107. KOMENSKÝ, J.A. *Didaktika velká*. Brno: Komenium, 3. vydání, 1948. ISBN 1863-254.
108. KRAITR, M.; ŠTROFOVÁ, J.; RICHTER, V. Experimenty k demonstraci výroby papíru ve výuce chemie. *Chem. listy*, 2000, roč. 94, č. 11, s. 1022–1024. ISSN 0009-2770. Dostupné také na: <<http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/archiv/2000-PDF/11-PDF/1022-24.pdf>>.
109. KUBÍNEK, R. *Vzdělávání v nanotechnologiích* [online]. Olomouc, 2011 [cit. 23. července 2013]. Dostupné na: <<http://fyzika.upol.cz/cs/system/files/download/vujtek/granty/VzdelavaniNano.pdf>>.
110. KUBÍNEK, R.; VŮJTEK, M.; MAŠLÁŇ, M. *Mikroskopie skenující sondou*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2003. ISBN 80-244-0602-0. Pro potřeby výuky je k dispozici volná verze textu ve formátu PDF dostupná na: <<http://atmilab.upol.cz/brozura.html>>.
111. KUBÍNEK, R. a PŮLKRÁBEK, J. *Moderní mikroskopické techniky* [online]. [cit. 23. července 2013]. Dostupné na: <exfyz.upol.cz/didaktika/oprlz/mmm.pdf>.
112. KUBÍNEK, R. a STRÁNSKÁ, V. *Úvod do problematiky nanotechnologií* [online]. [cit. 23. července 2013]. Dostupné na: <<http://exfyz.upol.cz/didaktika/oprlz/nanotechnologie.pdf>>.
113. KVÍTEK, L. a PANÁČEK, A. *Základy koloidní chemie* [online]. Olomouc: Univerzita Palackého, Přírodovědecká fakulta, 2007 [cit. 9. července 2013]. Dostupné na: <<http://fch.upol.cz/skripta/kol/koch.pdf>>.
114. KYRIACOU Ch. *Klíčové dovednosti učitele. Cesty k lepšímu vyučování*. Praha: Portál, 1996. ISBN 80-7178-022-7.
115. LAMANAUSKAS, V. and GEDROVICS, J. Modern natural science education development tendencies in Lithuania and Latvia. *Gamtamokslinis ugdyimas/Natural Science Education*, 2005, vol. 13, no. 2, pp. 20–26. ISSN 1648-939X.

116. LAMBERT, F.L. Atomic and molecular orbital models. *J. Chem. Educ.*, 1957, vol. 34, no. 5, pp. 217–219. ISSN 0021-9584.
117. Lego Bricks Activities. In *MRSEC Education group* [online]. University of Wisconsin, [cit. 7. července 2013]. Dostupné na: <<http://education.mrsec.wisc.edu/77.htm>>.
118. LIN, S. Aromatic Bagels: An Edible Resonance Analogy. *J. Chem. Educ.*, 2007, vol. 84, no. 5, pp. 779–780. ISSN 0021-9584.
119. LOMOVCICOVÁ, E.; MUSILOVÁ, E.; JANČÁŘ, L.; CÍDLOVÁ, H. Společenské hry s chemickou tematikou. In *Informační technologie ve výuce chemie*. Hradec Králové: Gaudeamus, 2004. ISBN 80-7041-198-8.
120. LORENZ, J.K.; OLSON, J.A; CAMPBELL, D.J. *et al.* A Refrigerator Magnet Analog of Scanning-Probe Microscopy. *J. Chem. Educ.*, 1997, vol. 74, no. 9, pp. 1032A–1032B. ISSN 0021-9584.
121. LYMAN, B.M.; FARMER, O.J.; RAMSEY, R.D. *et al.* Atomic Force Microscopy Analysis of Nanocrystalline Patterns Fabricated Using Micromolding in Capillaries. *J. Chem. Educ.*, 2012, vol. 89, no. 3, pp. 401–405. ISSN 0021-9584.
122. *Magnetic Force Microscopy* [online]. Center for Probing the Nanoscale, Stanford University [cit. 26. března 2014]. Dostupné na: <<http://teachers.stanford.edu/activities>>.
123. MAŇÁK, J. *Nárys didaktiky*. Brno: Masarykova univerzita, 2003. ISBN 80-210-3123-9.
124. MAŇÁK, J. a ŠVEC, V. *Výukové metody*. Brno: Paido, 2003. ISBN 80-7315-039-5.
125. MARGEL, H; EYLON, B.S.; SCHERZ, Z. "We Actually Saw Atoms with Our Own Eyes". Conceptions and Convictions in Using the Scanning Tunneling Microscope in Junior High School. *J. Chem. Educ.*, 2004, vol. 81, pp. 558–566. ISSN 0021-9584.
126. MATLEN, B.J.; VOSNIADOU, S.; JEE, B.G.; PTOUCHKINA, M. Enhancing the comprehension of science text through visual analogies. In *Proceedings of the 33rd Annual Meeting of the Cognitive Science Society*. Austin, TX: Cognitive Science Society, 2011.
127. McFARLAND, A.D.; HAYNES, Ch.L.; MIRKIN, Ch.A. *et al.* Color My Nanoworld. *J. Chem. Educ.*, 2004, vol. 81, no. 4, pp. 544A–544B. ISSN 0021-9584.
128. MOJŽIŠEK, L. *Vyučovací metody*. Praha: SPN, 3. vydání, 1988.
129. MOKREJŠOVÁ, O. *Moderní výuka chemie*. Praha: TRITON, 2009. ISBN 978-80-7387-234-2.

130. MORRIS, M. and HEADLEE, A.J.W. Lecture experiments in general chemistry. I. The rusting of iron. II. Spontaneous combustion. III. The halogens. *J. Chem. Educ.*, 1933, vol. 10, no. 10, p. 637. ISSN 0021-9584.
131. MRSEC (Materials Research Science and Engineering Center). *Carbon Nanotubes Activity Guide* [online]. [cit. 9. července 2013]. Dostupné na: <<http://chemistry.beloit.edu/edetc/IPSE/educators/activities/supplements/carbon-NanotubeGuide.pdf>>.
132. *NanoDays DEMO GUIDE* [online]. Charlottesville: University of Virginia [cit. 26. července 2013]. Dostupné na: <<http://www.seas.virginia.edu/admin/diversity/k12/UVa%20NanoDemo%20Guide-JerryFloro.pdf>>.
133. *Nanodemonstrace a další výukové materiály týkající se tzv. nanosvěta* [online]. [cit. 14. března 2014]. Dostupné na: <<http://www.studiumchemie.cz/nanosvet.php>>.
134. *Nanoscale Informal Science Education Network: Catalog* [online]. [cit. 26. března 2014]. Dostupné na: <<http://www.nisenet.org/catalog>>.
135. *Nanotechnologie.cz* [online]. [cit. 23. července 2013]. Dostupné na: <<http://www.nanotechnologie.cz>>.
136. *Nanoyou: Nanotechnology education resources* [online]. [cit. 26. července 2013]. Dostupné na: <nanoyou.eu>.
137. NEBESÁŘOVÁ, J. *Elektronová mikroskopie pro biology*. [online]. 2001 [cit. 9. července 2013]. Dostupné na: <<http://www.paru.cas.cz/lem/book/>>.
138. OBRTILOVÁ, K. *Hranice stylu v časopisech popularizujících vědu*. Olomouc, 2010. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Filozofická fakulta, Katedra bohemistiky. Dostupné také na: <<http://theses.cz/id/yyu5y4/101350-893228129.pdf>>.
139. OLCOTT, R.J. Visualization of molecular orbitals. Formaldehyde. *J. Chem. Educ.*, 1972, vol. 49, no. 9, p. 614. ISSN 0021-9584.
140. PALAZUELOS, G.I.; CHÁVEZ, M.C.; MILLÁN, G.H. *et al.* Chemical Demonstration. An integrated methodology for chemical education. In *Proceedings of the 2nd European Variety in Chemistry Education*. Prague: Charles University, Faculty of Science, 2007. ISBN 978-80-86561-85-1.
141. PANÁČEK, A.; KVÍTEK, L.; KLEČKOVÁ, M. Koloidní chemie v praktických úlohách. *Chem. listy*, 2004, roč. 98, č. 1, s. 39–41. ISSN 0009-2770. Dostupné také na: <http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2004_01_07.pdf>.

142. PANÁČEK, A. a KVÍTEK, L. Praktické úlohy z koloidní chemie. *Chem. listy*, 2005, roč. 99, č. 8, s. 606–609. ISSN 0009-2770. Dostupné také na: <http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2005_08_606-609.pdf>.
143. PERKINS, R.R. Put the Body to Them! *J. Chem. Educ.*, 1995, vol. 72, no. 2, pp. 151–152. ISSN 0021-9584.
144. PETTY, G. *Moderní vyučování*. Praha: Portál, 1996. ISBN 80-7178-070-7.
145. PICKOVÁ, M. (Ne)oblíbenost vyučovacího předmětu chemie u žáků na gymnáziích. In *Věda má budoucnost*. Ostrava: Studentská vědecká konference 2012 Přírodovědecké fakulty OU v Ostravě, 2012. Interaktivní sborník dostupný na: <<http://konference.osu.cz/svk/sbornik2012/pages/budoucnost/didaktika-prirodnich-ved.html>>.
146. PLANINSIC, G. and KOVAC, J. Nano goes to school: a teaching model of the atomic force microscope. *Physics Education*, 2008, vol. 43, no. 1, pp. 37–45. ISSN 0031-9120.
147. PLANINSIC, G.; LINDELL, A.; REMSKAR, M. Themes of nanoscience for the introductory physics course. *Eur. J. Phys.*, 2009, vol. 30, no. 4, pp. S17–S31. ISSN 0143-0807.
148. PRÁŠEK, J. *Uhlíkové nanočástice: Grafen, nanotrubičky, fullereny* [online]. Brno, 2011 [cit. 23. července 2013]. Dostupné na: <<http://www.umel.feec.vutbr.cz/nanoteam/data/soubory/CTN,%20grafen,%20fullerenCNTs+grafen+fullereny.pdf>>.
149. PRIBYL J.R. and BODNER, G.M. Spatial ability and its role in organic chemistry: A study of four organic courses. *Journal of Research in Science Teaching*, 1987, vol. 24, no. 3, pp. 229–240. ISSN 1098-2736.
150. PRNKA, T. a ŠPERLINK, K. *6 Nanotechnologie, Šestý rámcový program evropského výzkumu a technického rozvoje*. Ostrava: Repronis Ostrava, 2004. ISBN 80-7329-070-7. Dostupné také na: <<http://www.nanotechnologie.cz/storage/nanotechnologie6.pdf>>.
151. PRNKA, T. a ŠPERLINK, K. *2 Bionanotechnologie, Nanobiotechnologie, Nanomedicína, Sedmý rámcový program evropského výzkumu a technického rozvoje*. Ostrava: Repronis Ostrava, 2006. ISBN 80-7329-134-7. Dostupné také na: <<http://www.nanotechnologie.cz/storage/nanotechnologie200610.pdf>>.
152. PRŮCHA, J.; WALTEROVÁ, E.; MAREŠ, J. *Pedagogický slovník*. Praha: Portál, 4. vydání, 2004. ISBN 80-7178-772-8.

153. *Přírodovědci.cz: Nano pro život* [online]. [cit. 25. března 2014]. Dostupné na: <<https://www.prirodovedci.cz/eduweb/ucitel/katalog/131-nano-pro-zivot/?st=2&sec=3>>.
154. QUARDOKUS, R.C.; WASIO, N.A.; KANDEL, S.A. The Scanning Tunneling Microscope: A Model Scanning Probe Instrument for Hands-On Activities. *J. Chem. Educ.*, 2014, vol. 91, no. 2, pp. 246–250. ISSN 0021-9584.
155. *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia* [online]. Praha: Výzkumný ústav pedagogický v Praze, 2007. ISBN 978-80-87000-11-3. [cit. 24. srpna 2012]. Dostupné na: <http://www.vuppraha.cz/wp-content/uploads/2009/12/RVPG-2007-07_final.pdf>.
156. RAPP, C.S. Getting Close with the Instructional Scanning Tunneling Microscope. *J. Chem. Educ.*, 1997, vol. 74, no. 9, pp. 1087–1089. ISSN 0021-9584.
157. REMZOVÁ, M. *Nanotechnologie jako součást školního vzdělávacího programu chemie na SŠ a bakalářského studijního programu na VŠ*. Olomouc, 2011. Diplomová práce. Univerzita Palackého, Přírodovědecká fakulta, Katedra fyzikální chemie. Dostupné také na: <http://theses.cz/id/6p26e1/Diplomov_prce.pdf>.
158. ROADRUCK, M.D. Chemical Demonstrations. *J. Chem. Educ.*, 1993, vol. 70, no. 12, pp. 1025–102. ISSN 0021-9584.
159. ROŠTEJNSKÁ, M. a KLÍMOVÁ, H. Fotosyntéza v dynamických animacích – výukový program zpracovaný v programu Macromedia Flash. In *Current Trends in chemical curricula*. Praha: Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, 2008. ISBN 978-80-86561-60-8.
160. SAMOSHIN, V.V. Orbital Models Made of Plastic Soda Bottles. *J. Chem. Educ.*, 1998, vol. 75, no. 8, p. 985. ISSN 0021-9584.
161. SAWYER, D.J. and MARTENS T.E. An equilibrium machine. *J. Chem. Educ.*, 1992, vol. 69, no. 7, p. 551–553. ISSN 0021-9584.
162. *Self-Assembly: Building Structures at the Nanoscale* [online]. [cit. 26. července 2013]. Dostupné na: <<http://chemistry.beloit.edu/edetc/LEGO/PDFfiles/assembly.PDF>>
163. SHAKHASHIRI, B.Z. Lecture Demonstrations. *J. Chem. Educ.*, 1984, vol. 61, no. 11, pp. 1010–1011. ISSN 0021-9584.
164. SHARMA, R.K.; GULATI, S.; MEHTA, S. Preparation of Gold Nanoparticles Using Tea: A Green Chemistry Experiment. *J. Chem. Educ.*, 2012, vol. 89, no. 10, pp. 1316–1318. ISSN 0021-9584.
165. SCHULTZ, E. An Updated Equilibrium Machine. *J. Chem. Educ.*, 2008, vol. 85, no. 8, pp. 1131–1132. ISSN 0021-9584.

166. SIODLAK, D. Building Molecular Models Using Screw-On Bottle Caps. *J. Chem. Educ.*, 2013, vol. 90, no. 9, pp. 1247-1249. ISSN 0021-9584.
167. SKALKOVÁ, J. Využívání médií jako didaktických prostředků v procesu školního vzdělávání. In *Pedagogika a výzvy nové doby*. Brno: Paido, 2004. ISBN 80-7315-060-3.
168. SKALKOVÁ, J. *Obecná didaktika*. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1821-7.
169. SOUČKOVÁ, D. *Analytická chemie na gymnáziu*. Praha, 2011. Disertační práce. KUDCH PřF UK.
170. SOUKUPOVÁ, J.; KVÍTEK, L.; KRATOCHVÍLOVÁ, M. *et al.* Silver Voyage from Macro- to Nanoworld. *J. Chem. Educ.*, 2010, vol. 87, no. 10, pp. 1094–1097. ISSN 0021-9584.
171. STIEFF, M.; BATEMAN, R., UTTAL. D. Teaching and Learning with Three-dimensional Representations. In *Visualization in science education*. Oxford: Oxford University Press, 2005, vol. 1, section B, pp. 93–120. ISBN 978-1-4020-3613-2.
172. *Sustainable Nano* [online]. [cit. 20. května 2014]. Dostupné na: <<http://sustainable-nano.com>>.
173. SVOBODOVÁ, P. *Materiály blízke i vzdálenější budoucnosti – nanotechnologie a nanomateriály*. Brno, 2012. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Pedagogická fakulta, Katedra fyziky. Dostupné také na: <http://is.muni.cz/th/106583/pedf_m/>.
174. ŠEDIVÉC, V. a SIROTEK, V. Současný stav experimentální výuky chemie na středních školách. In *Výzkum, teorie a praxe v didaktice chemie XIX*. Hradec Králové: Gaudeamus, 2009. ISBN 978-80-7041-839-0.
175. ŠIMONÍK, O. *Úvod do didaktiky základní školy*. Brno: MSD, 2005. ISBN 80-86633-33-0.
176. ŠKODA, J. a DOULÍK, P. Lze docílit oblíbenosti chemie na našich školách? *Biologie, chemie, zeměpis*, 2003, roč. 12, č. 2, s. 88–90. ISSN 1210-3349.
177. ŠMEJKAL, P. PC a Internet ve výuce chemie – výhody, nevýhody, možnosti. In *Acta Fac. Paed. Univ. Tyrnaviensis, Ser. D, Supplementum 1*. Trnava: Trnavská univerzita, Pedagogická fakulta, 2005. ISBN 80-8082-049-X.
178. ŠRAJBR, D. a PRÁŠILOVÁ, J. Návrh experimentů z oblasti nanotechnologie pro výuku na střední škole. In *Aktuální problémy disertačních prací oboru didaktika chemie*. Olomouc: Univerzita Palackého, Přírodovědecká fakulta, 2013, s. 112–117. ISBN 978-80-244-3776-7.

179. ŠULCOVÁ, R.; ROŠTEJNSKÁ, M; PISKOVÁ, D. Učitel chemie, projekty a školní experimenty. In *Aktuální otázky výuky chemie XVI*. Hradec Králové: Gaudeamus, 2006. ISBN 80-7041-560-6.
180. ŠULCOVÁ, R.; BÖHMOVÁ, H.; PISKOVÁ, D. Present Conception of Laboratory Activities in Chemistry Education. In *Proceedings of the 2nd European Variety in Chemistry Education*. Prague: Charles University – Faculty of Science, 2007. ISBN 978-80-86561-85-1.
181. ŠVANDOVÁ, K. a KUBIATKO, M. Faktory ovlivňující postoje studentů gymnázií k vyučovacím předmětům chemie. *Scientia in educatione*, 2012, roč. 3, č. 2, s. 65–78. ISSN 1804-7106.
182. ŠVAŘÍČEK, R.; ŠEĐOVÁ, K.; JANÍK, T. *et al.* *Kvalitativní výzkum v pedagogických vědách*. Praha: Portál, 2007. ISBN 978-80-7367-313-0.
183. TANIS, D.O. Why I Do Demonstrations. *J. Chem. Educ.*, 1984, vol. 61, no. 11, p. 1010. ISSN 0021-9584.
184. TKÁČOVÁ, Z. *Nanoveda a nanotechnologie vo vyučovaní* [online]. Bratislava: Metodicko-pedagogické centrum, 2011 [cit. 9. července 2013]. Dostupné na: <<http://shared.mpc-edu.sk/web/OPSOSO%20I.%20kolo%20vyzvy%20na%20poziciu%20Odborny%20poradca%20vo%20vzdelavani/Nanoveda%20a%20nanotechnologie%20vo%20vyucovani.pdf>>.
185. TREAGUST, D.F.; CHITTLEBOROUGH, G.D.; MAMIALA, T.L. Students' Understanding of the Descriptive Nature of Teaching Models in Organic Chemistry. *Research in Science Education*, 2004, vol. 34, no. 1, pp. 1–20. ISSN 1573-1898.
186. UNESCO, Institute for Statistics. *ISCED: International Standard Classification of Education. ISCED 2011* [online]. [cit. 31. května 2014]. Dostupné na: <<http://www.uis.unesco.org/Education/Pages/international-standard-classification-of-education.aspx>>.
187. URBANOVÁ, K. a ČTRNÁCTOVÁ, H. Stavba látek – Presentace učiva v programu PowerPoint. In *Aktuální otázky výuky chemie XVI*. Hradec Králové: Gaudeamus, 2006. ISBN 80-7041-560-6.
188. URBANOVÁ, K. a ČTRNÁCTOVÁ, H. Stavba látek – prezentace v programu PowerPoint. In *Inovačné trendy v prírodovednom vzdelávaní*. Trnava: Trnavská univerzita, Pedagogická fakulta, 2007. ISBN 978-80-8082-131-9.

189. URBANOVÁ, K.; HÁJKOVÁ, Z.; ŠTEFKOVÁ, I.; KONEČNÝ, M. *Teoretická chemie prakticky*. Praha: Nakladatelství P3K s. r. o., 2012. ISBN 978-80-87186-79-4.
190. VALIŠOVÁ, A.; KASÍKOVÁ, H. *et al. Pedagogika pro učitele*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3357-9.
191. VANĚČEK, D. *Informační a komunikační technologie ve vzdělávání*. Praha: České vysoké učení technické, 2008. ISBN 978-80-01-04087-4.
192. VAN HORNE, D. The lecture-demonstration method in high-school chemistry. *J. Chem. Educ.*, 1930, vol. 7, no. 1, pp. 109–116. ISSN 0021-9584.
193. VANÍČKOVÁ, M.; SOUKUPOVÁ, J.; KVÍTEK, L.: Nanotechnologie ve výuce přírodních věd. *Chem. listy*, 2010, roč. 104, č. 10, s. 945–949. ISSN 0009-2770. Dostupné také na: <http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2010_10_945-949.pdf>.
194. Video. In *JCE ChemEd Xchange* [online]. Division of Chemical Education, [cit. 26. července 2013]. Dostupné na: <<http://www.jce.divched.org/video>>.
195. VITZ, E. JCE DigiDemos Debut. *J. Chem. Educ.*, 2004, vol. 81, no. 1, p. 160. ISSN 0021-9584.
196. VRZÁČKOVÁ, E. *Tvorba databáze experimentů pro výuku chemie*. Praha, 2011. Bakalářská práce. KUDCH PřF UK.
197. VRZÁČKOVÁ, E. *Videodatabáze chemických pokusů – tvorba a evaluace*. Praha, 2013. Diplomová práce. KUDCH PřF UK.
198. VŮJTEK, M.; KUBÍNEK, R.; MAŠLÁŇ, M. *Nanoskopie*. Olomouc: Univerzita Palackého, 2012. ISBN 978-80-244-3102-4. Dostupné také na: <<http://fyzika.upol.cz/cs/system/files/download/vujtek/nanoskopie.pdf>>.
199. WANG, W. Multimedia Use in Classrooms: What Students Like and Dislike. In *Proceedings of World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education*. Chesapeake, VA: AACE, 2005. ISBN 978-1-880094-57-0.
200. WEST, S.P; POON, T.; ANDERSON, J.L. *et al.* Extraction, Isolation, and Characterization of Fullerene C₆₀: A Safe and Reliable Separation Experiment. *J. Chem. Educ.*, 1997, vol. 74, no. 3, pp. 311–312. ISSN 0021-9584.
201. *What is self assembly?* [online]. [cit. 9. července 2013]. Dostupné na: <<http://www.math.udel.edu/MECLAB/Projects/SelfAssembly/selfassembly1.htm>>.
202. *YouTube* [online]. [cit. 29. října 2013]. Dostupné na: <www.youtube.com>.
203. ZASPALOVÁ, J. *Výběr a tvorba výukových materiálů pro podpůrný výukový web www.studiumchemie.cz*. Praha, 2010. Diplomová práce. KUDCH PřF UK.
204. ZYPMAN, F.R. and GUERRA-VELA, C. The macroscopic scanning force 'microscope'. *Eur. J. Phys.*, 2001, vol. 22, no. 1, pp. 17–30. ISSN 0143-0807.

15. SEZNAM PŘÍLOH

- I. Přepis dotazníku „Názornost ve výuce chemie“
- II. „Neexperimentální“ demonstrace v časopise JCE
- III. První zkušenosti učitelů a žáků s „nanodemonstracemi“
- IV. Přehled úspěšnosti vyplnění pracovních listů vztahujících se k „nanodemonstracím“
- V. Pracovní list s mezipředmětovými „nanoúlohami“ ověřovaný ve výuce na SŠ
- VI. Přehled úspěšnosti řešení „nanoúloh“ v pracovním listu „Vítejte v nanosvětě“

I. PŘEPIS DOTAZNÍKU „NÁZORNOST VE VÝUCE CHEMIE“

Pohlaví respondenta (učitele):

Škola:

Aprobace:

Délka praxe (v letech):

1. Jak je pro Vás důležitá názornost ve výuce chemie? Důležitost názornosti ohodnoťte na škále od 1 do 10. (1 je nejméně, 10 nejvíce)

1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 10

Zdůvodněte Vaše hodnocení:

.....

2. Uveďte, jakými způsoby / prostředky se snažíte zvyšovat názornost ve výuce chemie.

.....

3. Ke každé z následujících skupin prostředků doplňte číslo od 1 do 4 odpovídající frekvenci, s jakou daný prostředek v chemii využíváte k demonstraci obtížně pochopitelných jevů / dějů.

Prostředky	Frekvence použití
Multimédia (animace, videa apod.)	
Popis (slovní, písemný) s obrazovým doprovodem (obrázky, tabulky, grafy atd.)	
Modely a „neexperimentální“ demonstrace	
Experimenty	

4 = v každé hodině, 3 = alespoň jednou za měsíc, 2 = nepravidelně několikrát do roka, 1 = výjimečně

Zdůvodněte rozdíly ve frekvenci použití jednotlivých prostředků:

.....

.....

4. Seřadte uvedené výukové prostředky od toho, který si myslíte, že ve výuce žáci oceňují nejvíce (4 body), po ten, který dle Vašeho mínění žáci oceňují nejméně (1 bod).

Prostředky	Obliba u žáků
Multimédia (animace, videa apod.)	
Popis (slovní, písemný) s obrazovým doprovodem (obrázky, tabulky, grafy atd.)	
Modely a „neexperimentální“ demonstrace	
Experimenty	

5. Která témata v chemii považujete za problémová a uvítali byste k nim vypracování „neexperimentálních“ demonstrací?

.....

.....

II. „NEEXPERIMENTÁLNÍ“ DEMONSTRACE V ČASOPISE JCE

Příklady „neexperimentálních“ demonstrací (3D analogií a modelů) publikovaných v časopise *Journal of Chemical Education* (ISSN 0021-9584) a tříděných podle obsahu:

Modely:

• modely orbitalů:

BARRETT, E.J. Models illustrating d orbitals involved in multiple bonding. *J. Chem. Educ.*, 1967, vol. 44, no. 3, pp. 146–147.

LAMBERT, F.L. Atomic and molecular orbital models. *J. Chem. Educ.*, 1957, vol. 34, no. 5, pp. 217–219.

SAMOSHIN, V.V. Orbital Models Made of Plastic Soda Bottles. *J. Chem. Educ.*, 1998, vol. 75, no. 8, p. 985.

• modely atomu:

BRICKER, C.E. A two-dimensional working model of the neon electron configuration. *J. Chem. Educ.*, 1987, vol. 64, no. 2, pp. 133–134.

BROOKS, W.O. Model of an oxygen atom. *J. Chem. Educ.*, 1947, vol. 24, no. 5, p. 245.

• modely periodické tabulky:

BALABAN, A.T. A Different Approach to a 3-D Periodic System Including Stable Isotopes. *J. Chem. Educ.*, 1999, vol. 76, no. 3, p. 359.

BOLMGREN, I. Presenting the Periodic System with Pictures. *J. Chem. Educ.*, 1995, vol. 72, no. 4, pp. 337–338.

GRAYBILL, C.M.; SUPALO, C.A.; MALLOUK, T.E. *et al.* Low-Cost Laboratory Adaptations for Precollege Students Who Are Blind or Visually Impaired. *J. Chem. Educ.*, 2008, vol. 85, no. 2, pp. 243–247.

SAECKER, M.E. Periodic Table Presentations and Inspirations. *J. Chem. Educ.*, 2009, vol. 86, no. 10, pp. 1151–1153.

SLOCUM, L.E. A Research Paper on the Elements, in 3-D. *J. Chem. Educ.*, 2009, vol. 86, no. 10, pp. 1142–1143.

• modely VSEPR:

BIRK, J.P. and ABBASSIAN, S. Teaching VSEPR: The plastic egg model. *J. Chem. Educ.*, 1996, vol. 73, no. 7, pp. 636–637.

DONAGHY K.J. and SAXTON, K.J. Connecting Geometry and Chemistry: A Three-Step Approach to Three-Dimensional Thinking. *J. Chem. Educ.*, 2012, vol. 89, no. 7, pp. 917–920.

GILLESPIE, R.J. Multiple bonds and the VSEPR model. *J. Chem. Educ.*, 1992, vol. 69, no. 2, pp. 116–121.

HERVAS, M. and SILVERMAN, L.P. A magnetic illustration of the VSEPR theory. *J. Chem. Educ.*, 1991, vol. 68, no. 10, pp. 861–862.

SHAW III, C.F. and SHAW, B.A. A magnetic two-dimensional analogue of VSEPR. *J. Chem. Educ.*, 1991, vol. 68, no. 10, pp. 861–862.

• **modely molekul:**

– **voda:**

DAVIES, W.G. Magnetic models of ions and water molecules for overhead projection. *J. Chem. Educ.*, 1991, vol. 68, no. 3, pp. 245–246.

JOHNSON, J.L.H.; YALKOWSKY S.H.; VITZ, E.A Three-Dimensional Model for Water. *J. Chem. Educ.*, 2002, vol. 79, no. 9, pp. 1088–1091.

– **prvky a anorganické sloučeniny:**

FIES, C. and MASON, D. Clip Clues: Discovering Chemical Formulas. *J. Chem. Educ.*, 2008, vol. 85, no. 12, pp. 1648A–1648B.

GARRIDO-ESCUADERO, A. Using a Hands-On Method To Help Students Learn Inorganic Chemistry Nomenclature via Assembly of Two-Dimensional Shapes. *J. Chem. Educ.*, 2013, vol. 90, no. 9, pp. 1196–1199.

RUDDICK, K.R. and PARRILL, A.L. An Interlocking Building Block Activity in Writing Formulas of Ionic Compounds. *J. Chem. Educ.*, 2012, vol. 89, no. 11, pp. 1436–1438.

– **elementární buňky:**

BIRK, J.P.; YEZIERSKI, E.J.; LAING, M. Paper-and-Glue Unit Cell Models. *J. Chem. Educ.*, 2003, vol. 80, no. 2, pp. 157–159.

LLOYD, D.R. and SILVER, J. A simple and versatile close-packing model for student use and overhead projection. *J. Chem. Educ.*, 1977, vol. 54, no. 11, pp. 685–686.

– **symetrie molekul:**

SEIN Jr., L.T. Dynamic Paper Constructions for Easier Visualization of Molecular Symmetry. *J. Chem. Educ.*, 2010, vol. 87, no. 8, pp. 827–828.

– **krystaly:**

GIBB Jr., T.R.P. and BASSOW, H. Construction of crystal models from styrofoam spheres. *J. Chem. Educ.*, 1957, vol. 34, no. 2, pp. 99–101.

OLSEN, R.C. Crystal models. *J. Chem. Educ.*, 1967, vol. 44, no. 12, p. 728.

SEYMOUR, K.M. A simple method of crystal model construction. *J. Chem. Educ.*, 1938, vol. 15, no. 4, pp. 192–194.

WESTBROOK, J.H. and DEVRIES, R.C. A new type of crystal model. *J. Chem. Educ.*, 1957, vol. 34, no. 5, pp. 220–223.

YAMANA, S. An easily constructed dodecahedron model. *J. Chem. Educ.*, 1984, vol. 61, no. 12, pp. 1058–1059. (V JCE publikována řada dalších návodů na konstrukci modelů od tohoto autora.)

– **mnohostěny:**

MAK, T.C.W.; LAM, C.N.; LAU, O.W. Drinking-straw polyhedral models in structural chemistry. *J. Chem. Educ.*, 1977, vol. 54, no. 7, pp. 438–439.

– **fullereny:** viz kap. 8.5.

– **organické látky a biomolekuly:**

CLARKE, F.H. New skeletal-space-filling models. A model of an enzyme active site. *J. Chem. Educ.*, 1977, vol. 54, no. 4, pp. 230–235 .

LIN, S. Aromatic Bagels: An Edible Resonance Analogy. *J. Chem. Educ.*, 2007, vol. 84, no. 5, pp. 779–780.

TANAKA, J. Inexpensive molecular models for use in the laboratory. *J. Chem. Educ.*, 1957, vol. 34, no. 12, p. 603.

– **biopolymery:**

BLACKWELL, R.Q. Schematic models of biochemical polymers. *J. Chem. Educ.*, 1957, vol. 34, no. 10, pp. 500–501.

– **aminokyseliny a proteiny:**

MARINO, F. Use of Tangle Links To Show Globular Protein Structure. *J. Chem. Educ.*, 1994, vol. 71, no. 9, pp. 741–742.

TORRES, B.B. and CORREIA, P.R.M. Using Denatured Egg White as a Macroscopic Model for Teaching Protein Structure and Introducing Protein Synthesis for High School Students. *J. Chem. Educ.*, 2007, vol. 84, no. 12, pp. 1941–1944.

WHALEN, T.A. Model of the alpha helix configuration in polypeptides. *J. Chem. Educ.*, 1957, vol. 34, no. 3, p. 136.

– **nukleové kyseliny:**

BARRETT, E.J. Biopolymer models of nucleic acids. *J. Chem. Educ.*, 1979, vol. 56, no. 3, pp. 168–169.

BRUIST, M.F. A Simple Demonstration of How Intermolecular Forces Make DNA Helical. *J. Chem. Educ.*, 1998, vol. 75, no. 1, pp. 53–55.

WILBRAHAM, A.C. A DNA model for every student. *J. Chem. Educ.*, 1987, vol. 64, no. 9, p. 806.

– **biologické membrány:**

HUEBNER, J.S. A molecular membrane model. *J. Chem. Educ.*, 1977, vol. 54, no. 3, p. 171.

– **komplexní sloučeniny:**

WENDLANDT, W.W. A magnetic model for complex ions and molecules. *J. Chem. Educ.*, 1957, vol. 34, no. 5, p. 223.

Demonstrace / analogie pravidla, zákona, principu apod.:

- **výstavbový princip, Hundovo pravidlo, atomová struktura atd.:**

GOH, N.K.; CHIA, L.S.; TAN, D. Some Analogies for Teaching Atomic Structure at the High School Level. *J. Chem. Educ.*, 1994, vol. 71, no. 9, pp. 733–734.

HANLEY III, J.R. and HANLEY Jr., J.R. A low-cost classroom demonstration of the Aufbau Principle. *J. Chem. Educ.*, 1979, vol. 56, no. 11, p. 747.

- **zákon zachování hmotnosti, zákon stálých poměrů slučovacích, zákon násobných poměrů slučovacích:**

GHAFFARI, S.A Laboratory Experiment Using Molecular Models for an Introductory Chemistry Class. *J. Chem. Educ.*, 2006, vol. 83, no. 8, pp. 1182–1184.

NASSIFF, P. and CZERWINSKI, W. Modeling Atoms Using Paperclips. *J. Chem. Educ.*, 2012, vol. 89, no. 3, pp. 370–372.

- **periodicita vlastností prvků (např. velikosti atomů):**

BOLMGREN, I. Presenting the Periodic System with Pictures. *J. Chem. Educ.*, 1995, vol. 72, no. 4, pp. 337–338.

HENNIGAN, J.N. and GRUBBS, W.T. The Periodic Pyramid. *J. Chem. Educ.*, 2013, vol. 90, no. 8, pp. 1003–1008.

PINTO, G. Using Balls from Different Sports To Model the Variation of Atomic Sizes. *J. Chem. Educ.*, 1998, vol. 75, no. 6, pp. 725–726 .

SELCO, J.; BRUNO, M.; CHAN, S. Discovering Periodicity: Hands-On, Minds-On Organization of the Periodic Table by Visualizing the Unseen. *J. Chem. Educ.*, 2013, vol. 90, no. 8, pp. 995–1002.

Demonstrace / analogie chemických jevů a dějů, mechanismů:

• stechiometrie:

FORTMAN, J.J. Pictorial Analogies XII: Stoichiometric Calculations. *J. Chem. Educ.*, 1994, vol. 71, no. 7, pp. 571–572.

KASHMAR, R.J. The Use of Cut-Out Molecular Models on the Overhead Projector To Illustrate Stoichiometry and Limiting Reactants. *J. Chem. Educ.*, 1997, vol. 74, no. 7, pp. 791–792.

ORTIZ NIEVES, E.L.; BARRETO, R.; MEDINA, Z. Redox Reactions in Three Representations. *J. Chem. Educ.*, 2012, vol. 89, no. 5, pp. 643–645.

WITZEL, J.E. Lego Stoichiometry. *J. Chem. Educ.*, 2002, vol. 79, no. 3, pp. 352A–352B.

• změna hybridizace:

FOUNTAIN, K.R. A dynamic carbon model capable of showing changes in hybridization. *J. Chem. Educ.*, 1979, vol. 56, no. 6, p. 379.

• mechanismus S_N2:

SANDS, R.D.; DRESSMAN, D.C.; WYATT, S.R. A Model To Show the S_N2 Inversion. *J. Chem. Educ.*, 1995, vol. 72, no. 5, p. 428.

• chiralita:

NAVE, P.M. Natural and unnatural models for illustrating chirality at two centers. *J. Chem. Educ.*, 1991, vol. 68, no. 12, pp. 1028–1029.

NEELAND, E.G. Stereowordimers-Minding Your P's and Q's. *J. Chem. Educ.*, 1998, vol. 75, no. 12, p. 1573.

RODRÍGUEZ-FERNÁNDEZ, E. Chirality and Pinwheels. *J. Chem. Educ.*, 2013, vol. 90, no. 5, p. 623–624.

• rozpustnost polárních a nepochárních látek:

PRAVIA, K. and MAYNARD, D.F. Why Don't Water and Oil Mix? *J. Chem. Educ.*, 1996, vol. 73, no. 6, p. 497.

• chování plynů (Charlesův, Boyleův, Avogadroův zákon, imploze):

ADCOCK, L.H. The Egg in the Bottle Revisited: Air Pressure and Amontons' Law (Charles' Law). *J. Chem. Educ.*, 1998, vol. 75, no. 12, pp. 1567–1568.

CAMPBELL, D.J.; BANNON, S.J.; GUNTER, M.M. Gas Property Demonstrations Using Plastic Water Bottles. *J. Chem. Educ.*, 2011, vol. 88, no. 6, pp. 784–785.

EICHLER, J.F. Imploding Soda Cans: From Demonstration to Guided-Inquiry Laboratory Activity. *J. Chem. Educ.*, 2009, vol. 86, no. 4, pp. 472–474.

NICHOLSON, D.G. A working model to demonstrate the effect of heat on a confined volume of gas. *J. Chem. Educ.*, 1938, vol. 15, no. 8, p. 394.

PETTY, J.T. Charles' Law of Gases: A Simple Experimental Demonstration. *J. Chem. Educ.*, 1995, vol. 72, no. 3, p. 257.

• povrchové napětí:

ROSENTHAL, A.J. Demonstration of Surface Tension. *J. Chem. Educ.*, 2001, vol. 78, no. 3, pp. 332–333.

• **koncept pevných látek, kapalin a plynů:**

LOMAX, J.F. Conducting midshipmen: A classroom activity modeling extended bonding in solids. *J. Chem. Educ.*, 1992, vol. 69, no. 10, pp. 794–795.

RAMASAMI, P. Students as Solids, Liquids, and Gases. *J. Chem. Educ.*, 2000, vol. 77, no. 4, p. 485.

• **elektrochemie (elektrolyty, elektrolýza):**

FORTMAN, J.J. Pictorial Analogies, X: Solutions of Electrolytes. *J. Chem. Educ.*, 1994, vol. 71, no. 1, pp. 27–28.

ROGERS, F.; HUDDLE, P.A.; WHITE, M.D. Using a Teaching Model to Correct Known Misconceptions in Electrochemistry. *J. Chem. Educ.*, 2000, vol. 77, no. 1, pp. 104–110.

• **samosestavení, samouspořádávání (self-assembly):** viz kap. 8.5.

• **enzymová aktivita:**

HELSEY, T.L. A dynamic model to demonstrate enzyme activity and inhibition. *J. Chem. Educ.*, 1991, vol. 68, no. 4, pp. 286–287.

• **osmóza:**

MORSE, J.G. and VITZ, E. A Simple Demonstration Model of Osmosis. *J. Chem. Educ.*, 1999, vol. 76, no. 1, pp. 64–65.

• **reakční kinetika:**

BONNEAU, M.C. Enthalpy and Hot Wheels: An analogy. *J. Chem. Educ.*, 1987, vol. 64, no. 6, pp. 486–487.

FORTMAN, J.J. Pictorial Analogies XIII: Kinetics and Mechanism. *J. Chem. Educ.*, 1994, vol. 71, no. 10, pp. 848–849.

JUNKER, M. A Hands-On Classroom Simulation To Demonstrate Concepts in Enzyme Kinetics. *J. Chem. Educ.*, 2010, vol. 87, no. 3, pp. 294–295.

SANGER, M.J. Flipping Pennies and Burning Candles: Adventures in Kinetics. *J. Chem. Educ.*, 2003, vol. 80, no. 3, pp. 304A–304B.

SCHULTZ, E. Dice Shaking as an Analogy for Radioactive Decay and First Order Kinetics. *J. Chem. Educ.*, 1997, vol. 74, no. 5, pp. 505–507.

• **chemická rovnováha:**

BARTHOLOW, M. Modeling Dynamic Equilibrium with Coins. *J. Chem. Educ.*, 2006, vol. 83, no. 1, pp. 48A–48B.

BINDEL, T.H. Exploring Chemical Equilibrium with Poker Chips: A General Chemistry Laboratory Exercise. *J. Chem. Educ.*, 2012, vol. 89, no. 6, pp. 759–762.

EDMONSON Jr., L.J. and LEWIS, D.L. Equilibrium Principles: A Game for Students. *J. Chem. Educ.*, 1999, vol. 76, no. 4, p. 502.

HIRSCH, W. Rubber Bands, Free Energy, and Le Châtelier's Principle. *J. Chem. Educ.*, 2002, vol. 79, no. 2, pp. 200A–200B.

SAWYER, D.J. and MARTENS T.E. An equilibrium machine. *J. Chem. Educ.*, 1992, vol. 69, no. 7, pp. 551–553.

SCHULTZ, E. An Updated Equilibrium Machine. *J. Chem. Educ.*, 2008, vol. 85, no. 8, pp. 1131–1132.

Zjednodušení přístroje či metody / demonstrace principu funkce:

• chromatografie:

HABICH, A. and HAUSERMANN, H.R. Macro chromatography. *J. Chem. Educ.*, 1986, vol. 63, no. 8, p. 715.

SMITH, CH.A. Checkerboard Chromatography. *J. Chem. Educ.*, 2004, vol. 81, no. 3, pp. 384A–384B.

• destilační aparatura:

CAMPANIZZI, D.R.D.; MASON, B.; HERMANN, CH. K.F. Distillation Apparatuses Using Household Items. *J. Chem. Educ.*, 1999, vol. 76, no. 8, pp. 1079–1080.

• polarimetr, polarizace světla:

KIPLINGER, C.C. An improvised polarimeter. *J. Chem. Educ.*, 1930, vol. 7, no. 9, pp. 2174–2176.

MUNCHAUSEN, L.L. Polarization of Scattered Light. *J. Chem. Educ.*, 1994, vol. 71, no. 2, p. 155.

SAXON, C.; BRINDLEY, S.; JERVIS, N. *et al.* The World's First "Pastarimeter": An Analogous Demonstration of Polarimetry Using Pasta Fusilli. *J. Chem. Educ.*, 2002, vol. 79, no. 10, pp. 1214–1215.

STARY, F.E. and WOLDOW, N. Build a Simple Polarimeter. *J. Chem. Educ.*, 2001, vol. 78, no. 5, p. 644.

• hmotnostní spektrometrie:

GETTYS, N.S. and JACOBSEN, E.K. Mass Spectra. *J. Chem. Educ.*, 2003, vol. 80, no. 2, pp. 176A–176B.

GRIM, N.C. and SARQUIS, J.L. Mass Spectrometry Analogy on the Overhead Projector. *J. Chem. Educ.*, 1995, vol. 72, no. 10, pp. 930–931.

• spektroskop, spektrometr, spektrofotometr:

ALBERT, D.R.; TODT, M.A.; DAVIS, H.F. A Low-Cost Quantitative Absorption Spectrophotometer. *J. Chem. Educ.*, 2012, vol. 89, no. 11, pp. 1432–1435.

JCE editorial staff. CD Light: An Introduction to Spectroscopy. *J. Chem. Educ.*, 1998, vol. 75, no. 12, pp. 1568A–1568B.

VANDERVEEN, J.R.; MARTIN, B., OOMS, K.J. Developing Tools for Undergraduate Spectroscopy: An Inexpensive Visible Light Spectrometer. *J. Chem. Educ.*, 2013, vol. 90, no. 7, pp. 894–899.

WAKABAYASHI, F.; HAMADA, K.; SONE, K. CD-ROM Spectroscope: A Simple and Inexpensive Tool for Classroom Demonstrations on Chemical Spectroscopy. *J. Chem. Educ.*, 1998, vol. 75, no. 12, pp. 1569–1570.

• fluorescence:

WAHAB, M.F. Fluorescent Fun: Using a Homemade Fluorometer. *J. Chem. Educ.*, 2007, vol. 84, no. 8, pp. 1312A–1312B.

• mikroskopie skenující sondou (SPM): viz kap. 8.5.

III. PRVNÍ ZKUŠENOSTI UČITELŮ A ŽÁKŮ S „NANODEMONSTRACEMI“

A. Dotazník pro učitele

TEORETICKÁ CHEMIE PRAKTICKY – Použití demonstrací ve výuce chemie

Mgr. Zdeňka Hájková – PřF UK (2011), zdenka.hajkova@gmail.com

Vážená paní učitelko, vážený pane učiteli,

prosím Vás o vyplnění následujícího dotazníku, týkajícího se Vámi testovaných demonstrací s tematikou nanotechnologie.

Při vyplňování dotazníku je třeba odpovědět na všechny otázky / položky. U každé položky si prosím pozorně přečtete text a poté označte křížkem svou odpověď nebo / a napište odpověď do příslušného pole.

Dotazník slouží pouze pro výzkumné účely, proto Vás prosím o takové odpovědi, které skutečně vystihují Váš vlastní názor / zkušenost, jsou stručné a pravdivé. Zjištěné výsledky pomohou zdokonalit vytvořené demonstrace.

Zkratka „dem.“ označuje demonstraci. Číslování dem. 1 až dem. 5 odpovídá následujícím demonstracím:

Dem. 1: Porovnání velikostí (řazení obrázků s různými objekty dle velikosti)

Dem. 2: „Nanokostky“ (sada 64 krychliček)

Dem. 3: Princip funkce SPM (s proložkou od vajíček a tužkou)

Dem. 4: Princip funkce STM (se zpětným projektorem)

Dem. 5: Papirový model fullerenu C₆₀

Datum:

Pohlaví:

- muž
 žena

Délka praxe ve školství:

- 5 let a méně
 6–10 let
 11–15 let
 16–20 let
 21–25 let
 26 let a více

Zaškrtněte typ školy a do příslušného řádku dopište ročník/y, kde byly testovány demonstrace:

- základní škola – ročník/y:
- střední odborná škola – ročník/y:
- čtyřleté gymnázium – ročník/y:
- osmileté gymnázium – ročník/y:
- jiný typ školy – uveďte jaký a ročník/y:

1. Vyberte předmět/y, v rámci nichž jste testoval/a demonstrace. Pokud jste demonstraci netestoval/a, napište prosím proč.

dem. 1:

- chemie
- fyzika
- přírodovědný seminář
- jiný předmět – jaký:
- netestováno z důvodu:

dem. 2:

- chemie
- fyzika
- přírodovědný seminář
- jiný předmět – jaký:
- netestováno z důvodu:

dem. 3:

- chemie
- fyzika
- přírodovědný seminář
- jiný předmět – jaký:
- netestováno z důvodu:

dem. 4:

- chemie
- fyzika
- přírodovědný seminář
- jiný předmět – jaký:
- netestováno z důvodu:

dem. 5:

- chemie
- fyzika
- přírodovědný seminář
- jiný předmět – jaký:
- netestováno z důvodu:

2. Za největší přínos dané demonstrace považují... / Na demonstraci se mi obzvlášť líbilo...

- dem. 1
- dem. 2
- dem. 3
- dem. 4
- dem. 5

3. Při přípravě a provádění demonstrace jsem se potýkal/a s následujícími obtížemi:

dem. 1
.....
dem. 2
.....
dem. 3
.....
dem. 4
.....
dem. 5
.....

4. Navrhněte, jak byste demonstrace vylepšil/a.

dem. 1
.....
dem. 2
.....
dem. 3
.....
dem. 4
.....
dem. 5
.....

5. Považujete demonstrace za přínosné pro pochopení příslušného jevu / děje apod. pro žáky?

	určitě ano	spíše ano	nevím, nejsem si jistý/á	spíše ne	určitě ne
dem. 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
dem. 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
dem. 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
dem. 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
dem. 5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6. Myslíte si, že díky předvedeným demonstracím budou žáci více motivováni učit se chemii?

	určitě ano	spíše ano	nevím, nejsem si jistý/á	spíše ne	určitě ne
dem. 1–5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7. Budete demonstrace týkající se „nano“ dále používat ve své výuce?

	určitě ano	spíše ano	nevím, nejsem si jistý/á	spíše ne	určitě ne
dem. 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
dem. 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
dem. 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
dem. 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
dem. 5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Zdůvodněte, prosím, své odpovědi.

dem. 1

dem. 2

dem. 3

dem. 4

dem. 5

8. Chtěl/a byste ještě něco dodat?

.....

.....

.....

Děkuji Vám za ochotu a čas, který jste věnoval/a provedení demonstrací a vyplnění dotazníku.

B. Dotazník pro žáky

TEORETICKÁ CHEMIE PRAKTICKY – Použití demonstrací ve výuce chemie

Milí žáci,

obracím se na vás v rámci výzkumu, který se týká testování demonstrací s tematikou nanotechnologie ve výuce chemie. Ráda bych vás požádala o vyplnění následujícího dotazníku.

Při vyplňování dotazníku je třeba odpovědět na všechny otázky / položky. U každé položky si prosím pozorně přečtete text a poté označte křížkem svou odpověď nebo / a napište odpověď do příslušného pole.

Dotazník slouží pro výzkumné účely a je anonymní, proto prosím odpovídejte upřímně a pravdivě. Zjištěné výsledky pomohou zdokonalit vytvořené demonstrace.

za výzkumný tým Mgr. Zdeňka Hájková
Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze

Datum:

Pohlaví:

- muž
 žena

Zaškrtněte typ školy a do příslušného pole dopište svůj ročník:

- základní škola – ročník:
- střední odborná škola – ročník:
- čtyřleté gymnázium – ročník:
- osmileté gymnázium – ročník:
- jiný typ školy – uveďte jaký a ročník:

1. Stručně popište průběh demonstrací, které jste viděli. Číslování demonstrací „dem. 1“ až „dem. 5“ dodržujte i při vyplňování následujících položek dotazníku!

- dem. 1
- dem. 2
- dem. 3
- dem. 4
- dem. 5

2. Vyberte předmět/y, v rámci něhož / nichž vám pan učitel / paní učitelka ukázal/a demonstrace týkající se nanotechnologie.

	chemie	fyzika	přírodovědný seminář	jiný předmět – jaký:
dem. 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
dem. 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
dem. 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
dem. 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
dem. 5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

3. Zhodnoťte jednotlivé demonstrace. (Číslování demonstrací „dem. 1“ až „dem. 5“ odpovídá pořadí, jaké jste uvedli u položky 1.)

Co považujete za největší přínos dané demonstrace? Co se vám na demonstraci líbilo?

Bylo při demonstraci vše dobře vidět, srozumitelně vysvětleno apod.?

Bylo by možné demonstrace ještě vylepšit? Navrhněte jak!

dem. 1

.....

dem. 2

.....

dem. 3

.....

dem. 4

.....

dem. 5

.....

4. Díky demonstracím jsem lépe pochopil/a vysvětlovanou látku. Demonstrace mi pomohly názorně si představit do té doby pouze abstraktní pojmy. (Číslování demonstrací „dem. 1“ až „dem. 5“ odpovídá pořadí, jaké jste uvedli u položky 1.)

	určitě ano	spíše ano	nevím, nejsem si jistý/á	spíše ne	určitě ne
dem. 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
dem. 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
dem. 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
dem. 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
dem. 5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. Díky demonstracím se cítím být více motivován/a učit se chemii.

	určitě ano	spíše ano	nevím, nejsem si jistý/á	spíše ne	určitě ne
dem. 1–5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6. Příklad bych si, aby nám ve výuce bylo ukazováno více podobných demonstrací.

	určitě ano	spíše ano	nevím, nejsem si jistý/á	spíše ne	určitě ne
dem. 1–5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Zdůvodněte, prosím, proč.

.....
.....
.....
.....
.....
.....

8. Zde je místo, pokud chcete ještě něco dodat.

.....
.....
.....
.....

Děkuji za vyplnění dotazníku.

IV. PŘEHLED ÚSPĚŠNOSTI VYPLNĚNÍ PRACOVNÍCH LISTŮ VZTAHUJÍCÍCH SE K „NANODEMONSTRACÍM“

U jednotlivých skupin žáků je nejprve uvedena zkratka školy, poté číslo skupiny a v závorce počet žáků pracujících v konkrétní skupině. Úspěšnost vyplňování pracovních listů je vždy vyjádřena v procentech. V posledním sloupci je uvedena celková průměrná úspěšnost skupiny, v posledním řádku je pak průměrná úspěšnost vyplnění jednotlivých pracovních listů. GČ = Gymnázium Českolipská, GVP = Gymnázium Na Vítězné pláni (GVP SEM se týká chemického semináře, GVP CHEM se týká chemie), G Omská = Gymnázium Omská, GaOA = Gymnázium a obchodní akademie Chodov.

Téma	Úvod do nanosvěta	Vlastnosti hmoty v měřítku nanometrů	Jak vyrobit „nano“?		EM	SPM	Průměr skupin
			PL 4	PL 5			
Skupiny žáků	PL 1	PL 3	PL 4	PL 5	PL 6	PL 7	
GČ 1 (3)	35,4	100,0	75,0	60,0	66,7	90,0	71,2
GČ 2 (3)	60,4	90,0	50,0	80,0	44,4	70,0	65,8
GČ 3 (3)	56,3	80,0	100,0	100,0	77,8	70,0	80,7
GČ 4 (3)	54,2	80,0	100,0	80,0	77,8	80,0	78,7
GČ 5 (3)	62,5	100,0	50,0	80,0	88,9	50,0	71,9
GVP SEM 1 (4)	56,3	Ne	25,0	80,0	100,0	100,0	72,3
GVP SEM 2 (5)	47,9	Ne	100,0	60,0	44,4	100,0	70,5
GVP SEM 3 (4)	56,3	Ne	62,5	10,0	100,0	50,0	55,8
GVP SEM 4 (4)	54,2	Ne	75,0	40,0	77,8	90,0	67,4
GVP CHEM 1 (3)	62,5	Ne	50,0	80,0	66,7	50,0	61,8
GVP CHEM 2 (2)	27,1	Ne	50,0	80,0	77,8	30,0	53,0
GVP CHEM 3 (3)	29,2	Ne	100,0	20,0	55,6	100,0	60,9
GVP CHEM 4 (3)	25,0	Ne	62,5	60,0	55,6	90,0	58,6
G Omská 1 (3)	61,8	100,0	62,5	80,0	66,7	75,0	74,3
G Omská 2 (3)	67,6	87,5	50,0	80,0	77,8	58,3	70,2
G Omská 3 (3)	44,1	100,0	0,0	60,0	77,8	33,3	52,5
G Omská 4 (2)	32,4	100,0	62,5	60,0	55,6	33,3	57,3
G Omská 5 (3)	38,2	75,0	50,0	80,0	77,8	100,0	70,2
GaOA 1 (4)	73,5	87,5	75,0	100,0	44,4	83,3	77,3
GaOA 2 (3)	85,3	75,0	50,0	100,0	66,7	16,7	65,6
GaOA 3 (3)	73,5	100,0	75,0	80,0	66,7	83,3	79,8
GaOA 4 (2)	73,5	100,0	75,0	80,0	66,7	83,3	79,8
GaOA 5 (3)	61,8	87,5	0,0	100,0	66,7	100,0	69,3
Průměr PL	54,1	90,8	59,1	72,3	70,7	69,8	

V. PRACOVNÍ LIST S MEZIPŘEDMĚTOVÝMI „NANOÚLOHAMI“ OVĚŘOVANÝ VE VÝUCE NA SŠ

VÍTEJTE V NANOSVĚTĚ

Úloha 1: Porovnání velikostí

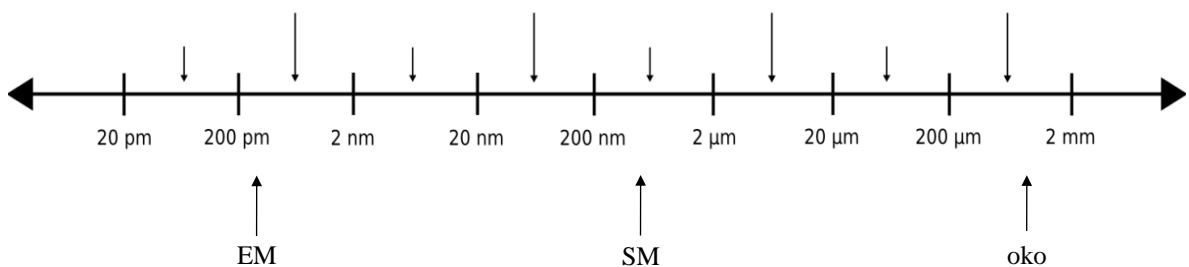
Šipky pod osou označují, kde se nachází:

- nejmenší rozměr rozlišitelný za běžných světelných podmínek pouhým okem (oko)
- nejmenší rozměr rozlišitelný světelným mikroskopem (SM)
- nejmenší rozměr rozlišitelný elektronovým mikroskopem (EM)

Úkol: Seřad'te objekty uvedené v rámečku od nejmenšího po největší a doplňte je do příslušných míst na osu. Zakroužkujte ty objekty, které rozměrově spadají do tzv. nanosvěta, tedy do území částic a struktur o rozměrech cca 1–100 nm.

protein hemoglobin, atom vodíku, blecha psí, bakterie *Escherichia coli*, aminokyselina glycin, virus chřipky, lidský vlas (průměr), lysozom

Poznámka: 1 pm [pikometr] = 10^{-12} m



Úloha 2: Příklad s „nano“ ze života

Úkol: Vyřešte následující příklad. V lidském těle je velmi pozorně sledována koncentrace vodíkových iontů. Jejich normální koncentrace je asi 40 nmol.l^{-1} . Jaké je tedy normální pH lidské krve?

Výpočet:

Úloha 3: Záhadný jev

Nanočástice mohou být součástí koloidů (jako je mléko, mlha, krev, vaječný bílek apod.). Koloidy, přesněji koloidní soustavy, jsou totiž směsi obsahující částice o velikosti přibližně 1–1000 nm rozptýlené v prostředí jiné chemické látky. Na koloidních částicích (tedy mj. na nanočásticích) dochází k některým zvláštním jevům, např. způsobují rozptyl světla. Ten můžeme pozorovat jako zákal či jako tzv. jev, což je optický efekt, kdy koloidem procházející úzký světelný paprsek je rozptylován na koloidních částicích, důsledkem čehož se vytváří viditelný světelný kužel.

Úkol: Vyluštěte osmisměrku a odhalte tak jméno britského fyzika, který záhadný jev v 19. století poprvé popsal, a po němž jev nese své pojmenování.

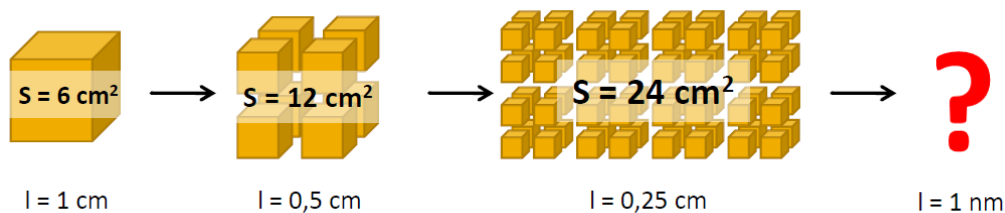
N	K	E	S	R	P	A	P
A	L	J	S	O	S	J	H
N	A	N	T	M	V	E	D
O	K	É	L	M	Ě	V	I
M	Á	U	L	Y	T	S	O
E	Z	H	Ž	N	L	D	L
T	A	M	A	E	O	L	O
R	L	N	B	Í	L	E	K

Nápověda: zákal, paprsek, koloid, nanometr, bílek, jev, směs, světlo, kužel, mléko, mlha, nm

Úloha 4: Nanokrychličky

Jak dokumentuje obrázek níže, rozdělením krychle o hraně délky 1 cm na osm krychliček o poloviční délce hrany (tj. 0,5 cm) vzroste povrchová plocha dvakrát – z 6 cm^2 na 12 cm^2 . Podobně při dalším rozpůlení hrany každé krychličky má výsledných 64 krychliček (každá s hranou délky 0,25 cm) opět dvakrát větší celkový povrch, tj. celkem 24 cm^2 .

Úkol: Nejprve zkuste tipnout a poté spočítejte, jaký by byl celkový povrch krychliček, které by vznikly rozdělením původní krychle s hranou délky 1 cm na krychličky o hranách délky 1 nm.



Tip: Povrch by vzrostl do velikosti plochy:

- třídy
- fotbalového hřiště
- České republiky
- kontinentu Evropa

Výpočet:

Úloha 5: Nanovýroba „shora dolů“

Částice, struktury a systémy o rozměrech v řádu nanometrů mohou být v principu vyrobeny dvěma způsoby. První způsob se nazývá „zdola nahoru“ (bottom-up), se stavbou nanostrukturních celků začíná u atomů a molekul a používá ho příroda. Druhý způsob označujeme jako „shora dolů“ (top-down) a v současnosti se jedná o převládající postup při výrobě umělých nanostruktur. Do nanosvěta při tom pronikáme z makrosvěta. Začínáme se strukturami vytvořenými člověkem, se kterými se dobře manipuluje, a cíleně se snažíme zmenšovat jejich velikost. V každém kroku miniaturizace se vytváří produkt o něco menší, než byl předcházející, a to tak dlouho, až vznikne struktura, která je dostatečně malá na to, aby byla nositelkou nové unikátní vlastnosti nebo funkce. Současné technologie „shora dolů“ pracují na dolní hranici v rozměrech 10–100 nm. Používají litografii, leptání a další procesy, které jsou postupným vývojem (založeným na rozsáhlém a nákladném výzkumu) zdokonalovány a posouvají se detaily do menších a menších rozměrů. Postupy „shora dolů“ umožňují např. výrobu nanočipů.

Úkol: V makrosvětě postupem „shora dolů“ pracuje např. řezbář. Popište práci řezbáře v kontextu postupu „shora dolů“ a vymyslete další profesi, při které se k tvorbě (makroskopických) produktů používá postup „shora dolů“.

Úloha 6: NaNOHRa aneb Postup „zdola nahoru“

Příroda je inspirací pro obor nanotechnologie, protože umí vytvářet nanostruktury výjimečných vlastností prostým sestavováním atomů a molekul hierarchicky způsobem „zdola nahoru“. Při tom jako základní stavební kameny používá atomy. Ty se poutají chemickými vazbami a vytváří molekuly (např. vodu, sacharidy, mastné kyseliny, aminokyseliny, nukleotidy), které tvoří podjednotky makromolekul a větších komplexů (např. polysacharidů, lipidů, proteinů, nukleových kyselin, ribosomů), jež by se daly souhrnně označit jako nanostruktury. Ty se mohou samy sestavovat, organizovat a vytvářet vyšší celky jako membrány, organely, buňky, tkáně, orgány a konečně celé organizmy. Způsob „zdola nahoru“, kterým příroda pracuje, je podobný tomu, když člověk z písmen skládá slova, ze slov věty a z vět celé knihy.

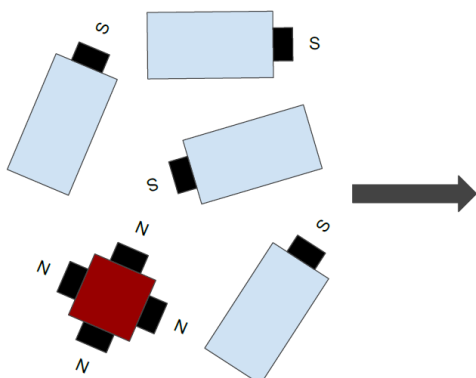
Úkoly: Z písmen označujících značky prvků v periodické tabulce složte nejprve slova (např. značky prvků pro sodík + dusík + kyslík + vodík + radium = NaNOHRa). Z vytvořených slov se pokuste sestavit celé věty. Kdo vytvoří nejdelší slovo? Komu se podaří složit nejdelší větu?

Úloha 7: Samosestavování

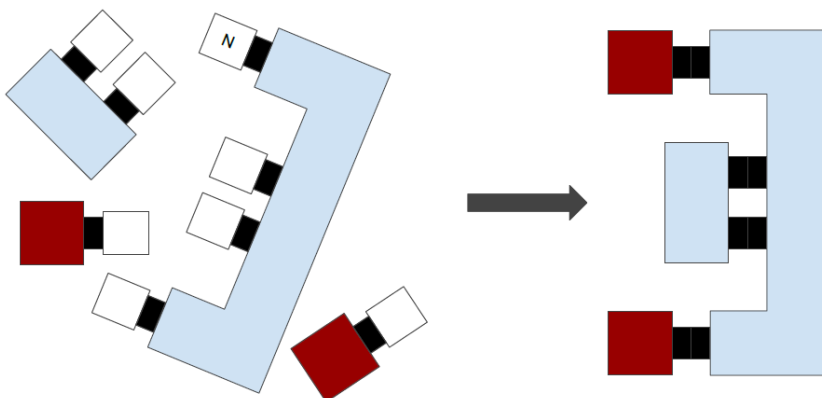
Při hierarchickém sestavování postupem „zdola nahoru“ se uplatňuje mj. proces samosestavování (self-assembly), při němž se částice samovolně uspořádávají do strukturovaných, stabilních, nekovalentně spojených agregátů. K samosestavování dochází na základě přitažlivých a odpuzivých interakcí. Obvykle se jedná o slabé nekovalentní interakce, např. o vodíkové můstky a van der Waalsovy síly, příp. o iontové vazby či hydrofobní interakce. Tyto interakce určují přesný tvar a velikost struktury vzniklé samosestavením. V buňce např. procesem samosestavení dochází ke složení ribozomu z velké a malé podjednotky, vytvářejí se kolagenová vlákna, vzniká dvojvrstva fosfolipidů tvořící základ buněčných membrán atd. Na dané trojrozměrné struktuře, vzniklé samosestavením, je závislá i biologická funkce. Podobně je snahou člověka využít procesu samosestavování např. pro výrobu počítačových zařízení či chemických senzorů. Samosestavení lze názorně demonstrovat např. na kostkách LEGO, ke kterým jsou přilepeny magnety. Pokud dáme „magnetické“ kostky LEGO do krabice, kterou zatřese, při vzájemném přiblížení kostek (představují částice) dochází působením magnetických sil (představují nekovalentní interakce) k samosestavení kostek a vytvoření organizované struktury.

Úkoly:

- a) Nakreslete, jak bude vypadat struktura vytvořená samosestavením uvedených kostek s magnety.
(N = severní magnetický pól, S = jižní magnetický pól)



- b) Do bílých čtverečků dopište takové orientace magnetických pólů (N = severní magnetický pól, S = jižní magnetický pól), aby samosestavením kostek s magnety vznikla právě a pouze struktura nakreslená vpravo.



Úloha 8: Elektronová mikroskopie

Elektronová mikroskopie (EM) je mikroskopická technika, která v principu funguje obdobně jako světelná mikroskopie (SM). Hlavní rozdíl mezi EM a SM, (který je patrný již z názvu), spočívá v tom, že elektronové mikroskopy k zobrazení vzorku využívají jiné částice než světelné mikroskopy. V současnosti existuje několik typů elektronových mikroskopů. Základními typy jsou transmisní (prozařovací) elektronový mikroskop (TEM) a skenovací (rastrovací, řádkovací) elektronový mikroskop (SEM, příp. REM). Mikroskopy TEM ve vakuu zobrazují velmi tenké vzorky a dosahují rozlišení okolo 0,2 nm. Mikroskopy SEM se používají především k zobrazení povrchu předmětů a mají rozlišení „pouze“ kolem 1 nm.

Úkoly:

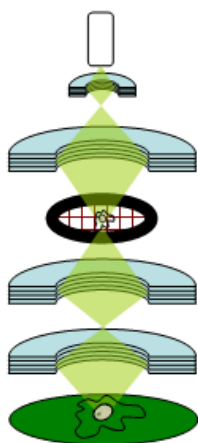
- a) Doplňte. Elektronový mikroskop (EM) k zobrazování vzorků využívá urychlený svazek záporně nabitých částic –

$$\text{Ze vzorce } \lambda = \frac{h}{\sqrt{2meU}}$$

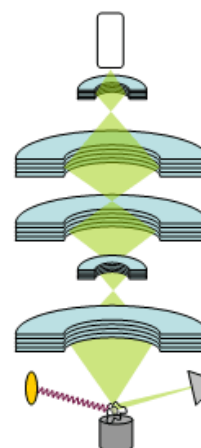
kde h je Planckova konstanta, m je (klidová) hmotnost částice, e je náboj částice a U je vložené napětí, je patrné, že vlnová délka λ těchto částic se může měnit v závislosti na

- b) Na obrázcích jsou naznačena schémata dvou typů elektronových mikroskopů – TEMu a SEMu. U každého obrázku napište, o který mikroskop se jedná, a šipkou označte, kde se nachází vzorek. Jaký je hlavní funkční rozdíl mezi TEM a SEM?

Obrázky byly převzaty z http://steve.gb.com/science/electron_microscopy.html.



.....



.....

TEM

SEM

Úloha 9: Mikroskopy v biologii

K pozorování biologických objektů lze použít různé mikroskopy.

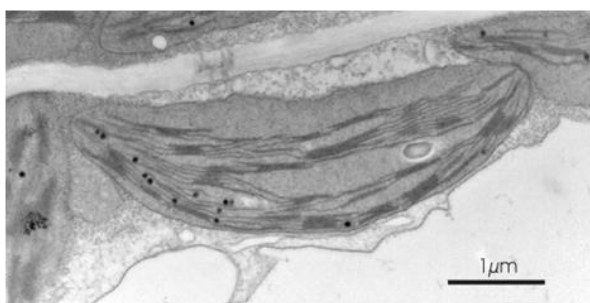
Úkoly:

- a) Biolog pozoroval jednobuněčnou zelenou řasu *Chlorococcum* (obr. vlevo) a chloroplast (obr. vpravo). Určete, které mikroskopy biolog k jednotlivým pozorováním použil.

Obrázky byly převzaty

z http://sillicasecchidisk.conncoll.edu/LucidKeys/Carolina_Key/html/Chlorococcum_Main.html

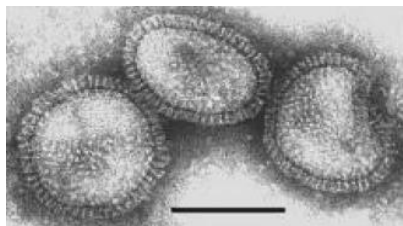
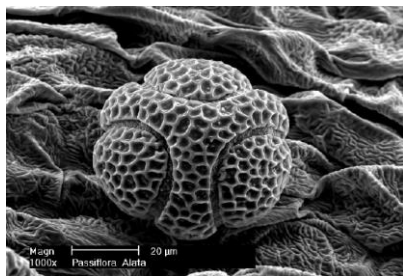
a <http://www-classic.unigraz.at/pphwww/elmi/tempaeparation.htm>.



- b) Rozhodněte, pomocí kterého mikroskopu byl daný obrázek pořízený, a zdůvodněte proč.

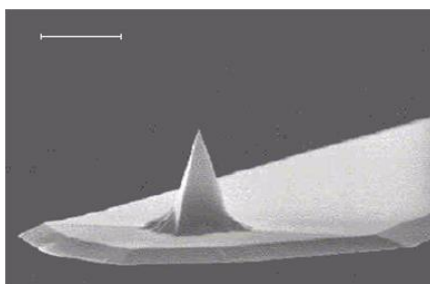
Obrázky byly převzaty z <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/ICTVdb/Images/Safrica/flu3s.htm>

a <http://www.passionflow.co.uk/passiflora-passion-flower-SEM.htm>.

Mikroskopický objekt	Výběr mikroskopu	Zdůvodnění výběru
 <p>virus chřipky (úsečka představuje 100 nm)</p>	SM x EM	
 <p>pylové zrno mučenky obří (úsečka představuje 20 μm)</p>	TEM x SEM	

Úloha 10: SPM, STM, AFM

Na obrázku je hrot z Si_3N_4 a pružné raménko. Takovýto a podobné hroty používají experimentální metody označované jako mikroskopie skenující sondou (SPM), které slouží k 3D studiu struktury povrchu vzorků.



Úsečka na obr. představuje 5 μm . Obrázek byl převzatý z prezentace Ing. Pavla Jandy „Moderní mikroskopické techniky“.

Úkol: Doplňte text a tabulku.

SPM metody fungují na základě měření interakcí (určité fyzikální veličiny) mezi a Dvě nejpoužívanější metody SPM jsou STM a AFM. Jak se v češtině nazývají tyto metody a jaké se u těchto metod měří veličiny?

Zkratka	Název metody	Měřená veličina
STM		
AFM		

Úloha 11: První „psaní“ s atomy

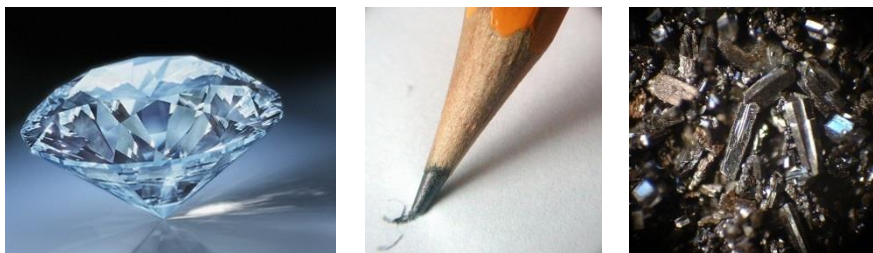
Přístroje SPM umožňují nejen atomy a molekuly zobrazovat, ale také s nimi přesně manipulovat. Donald Eigler a Erhard Schweizer publikovali roku 1990 v časopise Nature pokus, ve kterém poprvé cíleně přemístili 35 atomů xenonu a „napsali“ jimi na krystal niklu třípísmenné logo společnosti, pro niž pracovali: (*tajenka*). S atomy bylo manipulováno pomocí mikroskopu STM ve velmi vysokém vakuu za teploty blízké absolutní nule (4 K).

Úkoly: Doplňte křížovku a odhalte tím slavné logo.

1.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- Chemická značka prvku, který tvořil podložku, na kterou bylo poprvé „psáno“ jednotlivými atomy.
- Příjmení jednoho z konstruktérů přístroje, který Eigler se Schweizerem použili k prvnímu „psaní“ s atomy. (Nápověda: Tento muž se podílel také na konstrukci AFM.)
- Výška každého písmene slavného loga byla asi 50 Å, tj. 5

Úloha 12: Alotropické modifikace uhlíku



Obrázky byly převzaty z <http://images.google.com>.

Alotropické modifikace představují různou formu uspořádání atomů daného prvku. Jednotlivé modifikace se od sebe liší nejen fyzikálními vlastnostmi (tvrdostí, hustotou apod.), ale také svým chemickým chováním. Uhlík se vyskytuje v několika alotropických modifikacích – některé jsou přírodní, další byly připraveny uměle.

Úkol: S použitím následujících pojmů se pokuste správně doplnit tabulku.

polovodič; měkký (3,5); diamant; šesterečná; průhledné, silně lámající světlo; grafit (tuha); nevodič; měkký (0,5–2); fullerén (C₆₀ – fullerit); vodič; šedočerné, vrstevnaté; krychlová; hnědočerné, lesklé; nejtvrdší nerost (10); krychlová

Alotropická modifikace		Krystalová soustava	Tvrdost	Vzhled krystalů	Elektrická vodivost
Přírodní					
Přírodní					
Umělá					

Úloha 13: NEJ u alotropických modifikací uhlíku

Úkol: Doplňte.

Uhlík se vyskytuje v několika alotropických modifikacích, a to jako:

- nejtvrdší minerál –
- nejlepší mazadlo –
- modifikace, jejíž nejznámější molekula svým tvarem připomíná fotbalový míč –
- nejpevnější vlákna –
- nejlehčí pevná látka –

První dvě modifikace jsou přírodní, další tři byly připraveny uměle a jsou považovány za velmi perspektivní nanomateriály.

VI. PŘEHLED ÚSPĚŠNOSTI ŘEŠENÍ „NANOÚLOH“ V PRACOVNÍM LISTU „VÍTEJTE V NANOSVĚTĚ“

V prvním sloupci je uvedena zkratka školy (a příp. upřesnění třídy). Dále následují výsledky řešení jednotlivých úloh v pracovním listu udané vždy v procentech. V posledním sloupci je uvedena průměrná úspěšnost daného žáka v řešení úloh pracovního listu, v posledním řádku je pak průměrná úspěšnost vyplnění jednotlivých „nanoúloh“.

Téma	Úvod do nanosvěta		Vlast. hmoty v měřítku nm		Jak vyrobit „nano“?			EM		SPM		Umělé alotr. modif. uhlíku		Prům.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
GVP SEM	25,0	0,0	83,3	33,3	0,0	0,0	75,0	0,0	33,3	0,0	33,3	60,0	40,0	29,5
	25,0	0,0	100,0	33,3	50,0	0,0	25,0	25,0	33,3	33,3	0,0	100,0	40,0	35,8
	50,0	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	66,7	100,0	100,0	100,0	80,0	84,4
	12,5	0,0	100,0	33,3	0,0	100,0	100,0	75,0	50,0	100,0	66,7	80,0	100,0	62,9
	100,0	33,3	100,0	33,3	100,0	50,0	100,0	100,0	33,3	100,0	100,0	100,0	80,0	79,2
	100,0	33,3	100,0	33,3	100,0	100,0	75,0	100,0	66,7	100,0	100,0	100,0	80,0	83,7
	50,0	100,0	100,0	33,3	100,0	0,0	75,0	75,0	33,3	50,0	0,0	80,0	40,0	56,7
GVP CHEM	12,5	0,0	100,0	33,3	0,0	0,0	50,0	0,0	50,0	0,0	66,7	53,3	60,0	32,8
	12,5	0,0	100,0	33,3	0,0	0,0	100,0	87,5	50,0	33,3	0,0	80,0	60,0	42,8
	12,5	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0	87,5	50,0	33,3	0,0	80,0	60,0	40,3
G Omská	75,0	33,3	0,0	33,3	0,0	100,0	75,0	75,0	83,3	100,0	66,7	100,0	80,0	63,2
	75,0	33,3	100,0	33,3	0,0	0,0	100,0	75,0	50,0	100,0	66,7	60,0	80,0	59,5
	50,0	66,7	100,0	0,0	0,0	100,0	100,0	75,0	50,0	33,3	100,0	86,7	60,0	63,2
	100,0	33,3	100,0	33,3	100,0	100,0	100,0	100,0	83,3	100,0	100,0	100,0	80,0	86,9
	75,0	0,0	100,0	33,3	100,0	100,0	100,0	75,0	83,3	100,0	100,0	66,7	60,0	76,4
	100,0	33,3	100,0	33,3	0,0	100,0	100,0	50,0	100,0	100,0	100,0	100,0	80,0	76,7
	75,0	33,3	100,0	33,3	50,0	0,0	100,0	100,0	83,3	100,0	100,0	100,0	80,0	73,5
	100,0	33,3	100,0	33,3	50,0	100,0	50,0	75,0	66,7	100,0	100,0	73,3	100,0	75,5
	37,5	33,3	100,0	33,3	100,0	100,0	75,0	37,5	83,3	33,3	66,7	66,7	80,0	65,1
	62,5	33,3	100,0	33,3	100,0	100,0	100,0	37,5	100,0	50,0	100,0	66,7	80,0	74,1
	37,5	33,3	100,0	33,3	100,0	100,0	100,0	75,0	33,3	100,0	33,3	73,3	80,0	69,2
100,0	33,3	100,0	33,3	100,0	100,0	25,0	50,0	100,0	66,7	100,0	100,0	80,0	76,0	
GaOA Chodov	12,5	33,3	100,0	33,3	100,0	0,0	0,0	75,0	33,3	83,3	0,0	20,0	40,0	40,8
	12,5	33,3	100,0	33,3	100,0	0,0	0,0	75,0	33,3	83,3	0,0	20,0	40,0	40,8
	12,5	0,0	100,0	33,3	100,0	0,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	40,0	20,0	29,3
	0,0	0,0	100,0	33,3	0,0	0,0	0,0	37,5	16,7	0,0	0,0	73,3	20,0	21,6
	0,0	0,0	100,0	33,3	0,0	0,0	0,0	37,5	16,7	0,0	0,0	73,3	20,0	21,6
	0,0	0,0	100,0	0,0	50,0	100,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0
	0,0	0,0	100,0	0,0	50,0	0,0	0,0	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	14,0
	25,0	33,3	100,0	33,3	100,0	0,0	0,0	75,0	33,3	66,7	0,0	0,0	40,0	39,0
	25,0	33,3	100,0	33,3	100,0	0,0	0,0	75,0	33,3	66,6	0,0	0,0	40,0	39,0
	12,5	33,3	100,0	33,3	100,0	0,0	0,0	75,0	33,3	83,3	0,0	20,0	40,0	40,8
	0,0	0,0	100,0	0,0	50,0	100,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0
	12,5	0,0	100,0	33,3	0,0	0,0	100,0	0,0	16,7	0,0	33,3	0,0	60,0	27,4
	12,5	33,3	100,0	33,3	100,0	0,0	0,0	75,0	33,3	83,3	0,0	20,0	40,0	40,8
	12,5	33,3	8,3	33,3	0,0	0,0	0,0	75,0	33,3	0,0	0,0	0,0	0,0	15,1
Prům.	39,6	22,2	94,2	30,6	55,6	43,1	59,7	58,0	46,3	55,6	42,6	58,1	54,4	