

**Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta
Katedra učitelství a didaktiky chemie**

**Charles University in Prague, Faculty of Science
Department of Teaching and Didactics of Chemistry**

Doktorský studijní program: Vzdělávání v chemii
Ph.D. study program: Education in Chemistry

Autoreferát disertační práce
Summary of the Ph.D. Thesis



**DEMONSTRACE JAKO PROSTŘEDEK NÁZORNOSTI
V CHEMICKÉM VZDĚLÁVÁNÍ**

**DEMONSTRATIONS AS AN ILLUSTRATIVE TOOL
IN CHEMISTRY EDUCATION**

RNDr. Zdeňka Hájková

Školitel/Supervisor: RNDr. Petr Šmejkal, Ph.D.

Školitel-konzultant/Supervisor-consultant: RNDr. Antonín Fejfar, CSc.

Praha, 2014

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 / CONTENTS

1	Úvod.....	4
2	Cíle práce	4
3	Postup při tvorbě nových výukových materiálů	5
3.1	Názornost ve výuce chemie	5
3.2	„Neexperimentální“ demonstrace.....	5
3.3	„Nanodemonstrace“	6
3.4	Další výukové materiály s tematikou „nano“	7
4	Výzkumná část (popis, výsledky, diskuze).....	7
4.1	První zkušenosti učitelů a žáků s „nanodemonstracemi“	7
4.2	„Nanodemonstrace“ a „nanoúlohy“ ve výuce na SŠ.....	8
4.3	Přednáškové „nanodemonstrace“ ve výuce na SŠ.....	9
5	Závěr	10
6	Introduction.....	11
7	Aims of the study	11
8	Development of new educational materials.....	12
8.1	Illustrative approach in chemistry education.....	12
8.2	“Non-experimental” demonstrations	12
8.3	“Nanodemonstrations”	13
8.4	Other educational materials concerning “nano”	14
9	Research part (description, results and discussion)	14
9.1	Teachers’ and students’ first experience with “nanodemonstrations”	14
9.2	“Nanodemonstrations” and “nanotasks” in secondary education	15
9.3	Lecture “nanodemonstrations” in secondary education	16
10	Conclusion	17
11	Použité zdroje (výběr) / References.....	18
	Curriculum Vitae	21
	Seznam publikací / List of publications	23

1 ÚVOD

Demonstrace patří mezi názorné výukové prostředky. Obvykle se tímto termínem označují názorné ukázky či předvedení předmětu, jevu nebo procesu, jež pomáhají porozumění učivu a usnadňují jeho pochopení (Průcha *et al.*, 2004; Šimoník, 2005). V chemii mají demonstrace nezastupitelné místo a dlouholetou tradici. Demonstrace chemických experimentů, které bývají u žáků značně oblíbené, dokonce patří k esenciálním prvkům chemického 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 animací, videí a obecně multimediálních materiálů. I tyto cesty ale mohou mít svá omezení daná např. vysokou cenou požadovaného vybavení.

Alternativním přístupem může být využití tzv. „neexperimentálních“ demonstrací bez použití multimediální techniky. 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. Takovéto chemické demonstrace jsou sice jednotlivě publikovány, ale pro učitele může být náročné jejich vyhledávání. Proto bylo žádoucí vytvořit materiál, který by sdružoval náměty na „neexperimentální“ demonstrace, jež lze využít ve výuce chemie na střední škole (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 „neexperimentální“ demonstrace. Pozornost při tom byla zaměřena zejména na ty demonstrace, které úzce souvisejí s oblastí tzv. nanosvětla, 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 nanosvětla přímo ve výuce na SŠ.

K dílčím cílům této práce patří:

- Rešerše literatury zabývající se demonstracemi a názorností ve výuce chemie; vymezení pojmu „demonstrace“.
- 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.
- Výběr vhodných „neexperimentálních“ mezipředmětových demonstrací s tematikou vztahující se k oblasti nanosvětla, tzv. „nanodemonstrací“.
- Návrh nových „nanodemonstrací“ a vytvoření dalších výukových materiálů s tematikou „nano“ doplňujících „nanodemonstrace“, a to: PowerPointových prezentací, pracovních listů k žakovským „nanodemonstracím“ a pracovních listů s mezipředmětovými úlohami.

- Ověření „nanodemonstrací“ ve výuce přírodovědných předmětů na SŠ, zejména formou polostrukturovaných rozhovorů s učiteli, dotazníkových šetření mezi žáky a rozborů vyplněných pracovních listů.

3 POSTUP PŘI TVORBĚ NOVÝCH VÝUKOVÝCH MATERIÁLŮ

3.1 Názornost ve výuce chemie

Kvůli upadajícímu zájmu žáků o chemii, potažmo o přírodní vědy, je nutné uvažovat o způsobech, jakými je možné žáky zaujmout a motivovat. Zároveň je třeba usilovat o to, aby výuka chemie byla nejen atraktivní, ale skutečně efektivní. K tomu je třeba dodržovat didaktické principy, tj. nejobecnější normy, které podmiňují úspěch pedagogické práce. Jedním z nejdůležitějších didaktických principů je 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 totiž je, že podporuje pochopení a zapamatování učiva. Navíc může žáky motivovat k učení se.

Princip názornosti lze ve výuce realizovat mnoha způsoby. Na jedné straně je možné použít moderní prostředky (např. multimédia), na druhé straně jsou k dispozici tradiční názorné prostředky, jako modely a demonstrace experimentálního či „neexperimentálního“ charakteru. S ohledem na velké množství různých prostředků, pomocí nichž je možné zvyšovat názornost, bylo v létě 2011 provedeno orientační dotazníkové šetření, jehož cílem bylo zjistit, jaký je pohled středoškolských učitelů na problematiku týkající se názornosti ve výuce chemie na SŠ. Uvedené šetření mj. ukázalo, že ačkoli 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, a to kvůli časové náročnosti na jejich vyhledávání a zkoušení, příp. kvůli vysokým finančním nákladům na jejich pořízení. V návaznosti na výsledky provedeného šetření byly dále zkoumány možnosti implementace a využití „neexperimentálních“ demonstrací ve výuce chemie.

3.2 „Neexperimentální“ demonstrace

Jedním z cílů této práce bylo vyhledání „neexperimentálních“ demonstrací, použitelných ve výuce chemie na SŠ, a vytvoření přehledu takovýchto demonstrací, ze kterého by mohli pedagogové čerpat, příp. ho sami dále doplňovat. Provedena proto byla rešerše literatury, při níž byly „neexperimentální“ demonstrace vyhledávány v tištěných zdrojích (v časopisech *Biologie*, *chemie*, *zeměpis*; *Chemické listy*; *Journal of Chemical Education* a v závěrečných pracích vytvořených na Katedře učitelství a didaktiky chemie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze) a na internetu. Jak se ukázalo, „neexperimentální“ demonstrace mohou znázorňovat rozmanitá témata napříč všemi chemickými obory, např. lze uvést modely atomů a molekul, demonstrace chemických jevů, dějů, přístrojů či mechanismů.

Ve snaze prozkoumat problematiku „neexperimentálních“ demonstrací do větší hloubky bylo žádoucí pro další práci zúžit pole zájmu. Práce proto byla dále zaměřena na návrh a ověřování „neexperimentálních“ mezipředmětových demonstrací s tematikou z oblasti nanosvětla, které byly s ohledem na jejich tematickou náplň označeny jako „nanodemonstrace“.

3.3 „Nanodemonstrace“

Z široké palety „neexperimentálních“ demonstrací byly vybrány a dále detailně rozpracovány tzv. „nanodemonstrace“, tj. „neexperimentální“ demonstrace vztahující se k oblasti nanosvětla, a to z následujících důvodů:

- Vybrané téma poukazuje na skutečnost, že ačkoliv se slova s předponou „nano“ stala v posledních letech běžnou součástí naší mluvy, poznatky o nanosvětě nejsou obvyklou součástí výuky na SŠ, mj. kvůli absenci názorných výukových prostředků.
- Tematika týkající se nanosvětla 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 Rámcové vzdělávací programy (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.

„Nanodemonstrace“ byly nejprve vyhledávány v literatuře a na internetu a následně byla navržena české databáze „nanodemonstrací“, která sdružuje 18 názorných, finančně i časově nenáročných mezipředmětových demonstrací (z toho pět je převzatých, mírně upravených, pět zásadněji modifikovaných a osm demonstrací vytvořených zcela nově). „Nanodemonstrace“ v databázi jsou členěny 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 předvádět 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 3¹). Některé z nich je však možné (dle úvahy učitele) implementovat i do výuky na druhém stupni základní školy (ZŠ), resp. v nižších ročnících gymnázií (ISCED 2¹).

¹ 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.

3.4 Další výukové materiály s tematikou „nano“

Ve snaze o komplexnější přístup k tematice týkající se „nano“ byly vedle „nanodemonstrací“ zkoumány i další možnosti, jakými je možné implementovat „nano“ do výuky na SŠ.

Nejprve byly s šesti středoškolskými učiteli vedeny polostrukturované rozhovory týkající se jejich názoru na výuku o „nano“. Poté byla provedena rešerše v současnosti dostupných výukových materiálů zaměřených na oblast nanosvěta. Zvláštní pozornost při tom byla věnována publikovaným experimentům a „neexperimentálním“ demonstracím.

Jako nosný výukový materiál, jenž je přílohou této disertační práce, byla sestavena (výše uvedená) databáze „nanodemonstrací“. Databázi dále doplnily interdisciplinární výukové materiály, jež korespondují s tematickým členěním databáze „nanodemonstrací“. Vytvořené výukové materiály jsou (společně s databází „nanodemonstrací“) uloženy na CD jako příloha disertační práce. Jedná se o:

- Dvě multimediální PowerPointové prezentace, jež mohou být doprovázeny přednáškovými „nanodemonstracemi“.
- Sedm pracovních listů, které jsou doplňkem žakovských „nanodemonstrací“.
- Šest pracovních listů s 35 „nanoúlohami“ (tj. mezipředmětovými úlohami, jež se tematicky vztahují k oblasti nanosvěta), které mohou sloužit k motivaci žáků k tématu, příp. pro osvojení znalostí či k jejich zopakování.

4 VÝZKUMNÁ ČÁST (POPIS, VÝSLEDKY, DISKUZE)

Vytvořené výukové materiály, zejména pak „nanodemonstrace“, byly ověřovány ve výuce chemie, resp. fyziky, na několika SŠ. Nejprve se jednalo o výzkumné šetření, které bylo jakousi první „sondou“ týkající se praktické využitelnosti „nanodemonstrací“ ve výuce na SŠ. Dále byla pozornost věnována ověřování žakovských „nanodemonstrací“ doplněných pracovními listy v porovnání s žakovským vyplňováním „nanoúloh“ v pracovních listech. Poslední výzkumná část se týkala šetření zaměřeného na ověřování přednáškových „nanodemonstrací“.

4.1 První zkušenosti učitelů a žáků s „nanodemonstracemi“

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. Na začátku roku 2011 proto bylo provedeno pilotní šetření, ve kterém byli oslovení učitelé požádáni o ověření pěti „nanodemonstrací“ a následně o jejich zhodnocení.

K hlavním cílům tohoto pilotního šetření patřilo:

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

Při šetření byly v případě pěti učitelů získávány informace prostřednictvím dotazníků (ve vybraných případech navíc doplněných polostrukturovanými rozhovory), od jednoho učitele

na základě emailové komunikace. Žáci, kteří „nanodemonstrace“ viděli (33), vyplnili dotazník. Získané informace byly využity zejména k úpravě ověřovaných „nanodemonstrací“.

Výsledky šetření naznačily, že hlavním přínosem „nanodemonstrací“ pro žáky patrně nebyl motivační aspekt, ale spíše jejich názornost, která usnadní pochopení abstraktních pojmů a jejich zapamatování. Ukázalo se též, že pro žáky je tematika „nano“ značně atraktivní – na jednom gymnáziu dokonce žáci nanotechnologii věnovali první číslo nově vznikajícího školního přírodovědného časopisu. Na druhou stranu bylo poukázáno na náročnost tematiky danou jejím interdisciplinárním charakterem. 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.

4.2 „Nanodemonstrace“ a „nanoulohy“ ve výuce na SŠ

Další výzkumné šetření sloužilo k ověření komplexnějšího celku, tj. většího počtu žákovských i přednáškových „nanodemonstrací“, resp. mezipředmětových „nanouloh“, ve výuce na SŠ. K hlavním cílům tohoto šetření patřilo:

- Zjistit, zda žáci budou mít potíže (ev. jaké) 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 jejich náročnost a vytipovat problematické partie.
- Zjistit, jaký mají po zhlédnutí žákovských i přednáškových „nanodemonstrací“ učitelé názor na jejich používání ve výuce na SŠ.
- Na základě rozboru žákovského řešení mezipředmětových „nanouloh“ v pracovním listu „Vítejte v nanosvětě“ porovnat jejich náročnost a vytipovat problematické partie.

Výzkumné šetření probíhalo od ledna do března 2013 na čtyřech gymnáziích. Vzorek škol byl vybrán na základě zájmu a ochoty učitelů účastnit se šetření. V rámci každého gymnázia byli žáci rozděleni do dvou skupin. „První skupinu“ vždy tvořili žáci, kteří realizovali žákovské „nanodemonstrace“ a vyplňovali k nim odpovídající pracovní listy. Ve „druhé skupině“ byli žáci, kteří řešili pracovní list „Vítejte v nanosvětě“ s 13 mezipředmětovými „nanoulohami“ (tematicky podobnými „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.

Na začátku 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 osmi přednáškovými „nanodemonstracemi“. Poté žáci prováděli sedm žákovských „nanodemonstrací“ a vyplňovali pracovní listy k demonstracím („první skupiny“), resp. řešili pracovní list s vybranými mezipředmětovými „nanoulohami“ („druhé skupiny“). V závěru šetření byly navíc uskutečněny rozhovory se čtyřmi učiteli, kteří se ověřování demonstrací ve výuce účastnili.

Žáci k demonstracím přistupovali velmi pozitivně. Jak se ukázalo, valná většina žáků neměla potíže s realizací demonstrací, někdy se však objevily chyby v interpretacích. Na základě

výsledků testování byly mírně formulačně upraveny pracovní listy a navrženo, jak ve výuce efektivně využívat žákovské „nanodemonstrace“ v kombinaci s příslušnými pracovními listy.

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“ navíc žáci dosahovali nižší úspěšnosti než při řešení úloh v pracovních listech vztahujících se k „nanodemonstracím“. Důvodem pro to mohla být nižší motivovanost žáků pro teoretické řešení „nanoúloh“ než pro praktické provádění „nanodemonstrací“.

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.

4.3 Přednáškové „nanodemonstrace“ ve výuce na SŠ

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.

Výzkumného šetření, zaměřeného na využití přednáškových „nanodemonstrací“, se v období od května 2013 do března 2014 zúčastnilo 113 žáků a čtyři učitelky ze tří gymnázií. Zájem o přednášku týkající se „nano“ vzešel ve všech případech ze strany učitelek.

Průběh výzkumného šetření byl ve všech případech obdobný. Pro přednášku nazvanou „Nano pro život“ bylo vždy vyhrazeno 90 minut. V rámci přednášky žáci shlédli PowerPointovou prezentaci doplněnou devíti přednáškovými „nanodemonstracemi“. Poté žáci vyplňovali krátký dotazník a s pedagogickým doprovodem byl uskutečněn polostrukturovaný rozhovor.

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“. Většinu žáků zaujala obsahová část prezentace (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.

5 ZÁVĚR

Nedostatek názornosti ve výuce chemie na úrovni SŠ je problémem letitým a stále velmi diskutovaným. Oblíbeným prostředkem zvyšujícím názornost bývají u žáků demonstrace chemických experimentů. Ve výuce chemie je však možné využívat i další názorné prostředky, např. „neexperimentální“ demonstrace. Ty mohou být považovány za vhodný prostředek, který usnadní a zefektivní osvojení náročného teoretického učiva zejména u témat, která není možné (či lze jen velmi obtížně) doprovodit reálnými experimenty. Konkrétní příklady takovýchto témat lze při tom nalézt ve zpracovaném rešeršním přehledu publikovaných „neexperimentálních“ demonstrací.

Problematika „neexperimentálních“ demonstrací byla v této práci dále vztažena zejména k tematice tzv. nanosvět, jež je v současnosti často diskutovanou laickou i odbornou veřejností. 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. Z tohoto důvodu bylo jedním z cílů této disertační práce vytvořit komplexnější výukový materiál týkající se nanosvět, mající těžiště v „neexperimentálních“ demonstracích označovaných v této práci jako „nanodemonstrace“. V rámci této práce proto bylo představeno 18 názorných, finančně i časově nenáročných mezipředmětových „nanodemonstrací“. Portfolio českých výukových materiálů týkajících se nanosvět bylo dále rozšířeno o dvě PowerPointové prezentace, sedm pracovních listů doplňujících žakovské „nanodemonstrace“ a šest pracovních listů s 35 mezipředmětovými „nanoúlohami“.

Dalším cílem bylo prostřednictvím reálné výuky na vybraných SŠ podhalit skutečnou využitelnost „nanodemonstrací“ v přírodovědném vzdělávání. Zařazení „nanodemonstrací“ do výuky při tom přijali žáci i učitelé velmi příznivě. Provedená výzkumná šetření poměrně jednoznačně ukázala, že vytvořené „nanodemonstrace“ byly vítaným zpestřením výuky a zároveň napomohly porozumění obtížně představitelných pasáží. Vedle toho se potvrdilo, že se v případě témat z oblasti nanosvět jedná o náročné učivo, což je dáno zejména výrazným průřezovým a interdisciplinárním charakterem „nano“. To klade na pedagoga i žáky zvýšené nároky na znalosti z různých přírodovědných disciplín a schopnost jejich syntézy. Závěrem lze říci, že za zmínku na SŠ „nano“ rozhodně stojí a právě „nanodemonstrace“ mohou být při této implementaci významnou měrou nápomocny.

6 INTRODUCTION

Demonstrations belong to illustrative educational tools. This term usually refers to illustrations or representations of an object, a phenomenon or a process that help with the understanding the curriculum (Průcha *et al.*, 2004; Šimoník, 2005). Chemistry demonstrations have time-honoured tradition. Moreover, they seem to be irreplaceable as demonstrations of experiments, that are very popular with students, constitute an essential part of chemistry education. Quite often, however, we have to display phenomena and processes that cannot be accompanied by real experiment. Then multimedia materials, such as animations, videos etc., might be useful. Unfortunately, this approach has certain limitations as well, e.g., high cost of the required equipment.

Alternatively, “non-experimental” demonstrations, that do not require the support of multimedia technique, can be used. In this thesis, “non-experimental” demonstrations are defined as material models and demonstrations based on macroscopic analogies that can usually be carried out only with household items. Despite the fact, that some “non-experimental” demonstrations have already been published, it could be demanding for a teacher to find them. For this reason, it was necessary to create a material that summarizes the ideas for “non-experimental” demonstrations that can be used in chemistry education at secondary schools.

7 AIMS OF THE STUDY

This dissertation addresses the demonstrations issues, in the meaning of demonstrations as illustrative tools for chemistry education at secondary schools. The main goal of this thesis is to study and reflect on what would be a good way of using “non-experimental” demonstrations. Special attention has been focused on the demonstrations that are linked to the topical and attractive area called the nanoworld. The other aim of this dissertation is to create a supporting framework that helps teachers to exploit “non-experimental” demonstrations concerning the nanoworld while teaching this stuff at secondary schools.

The objectives of this thesis are:

- Review of the literature concerning demonstrations and illustrative approach in chemistry education; the definition of the term “demonstration”.
- Realization of an orientation questionnaire research that shows to what extent chemistry teachers use demonstrations compared to other educational tools.
- Creation of an overview of “non-experimental” chemical demonstrations accessible in selected printed resources and on the internet.
- Selection of the appropriate “non-experimental” interdisciplinary demonstrations relating to the nanoworld, designated as “nanodemonstrations”.
- Proposal of new “nanodemonstrations” and the creation of additional educational materials with the theme “nano”: PowerPoint Presentations, worksheets accompanying students’ demonstrations and worksheets with interdisciplinary tasks.

- Evaluation of “nanodemonstrations” in science classes at secondary schools using semi-structured interviews with teachers, questionnaires filled out by students and analysis of completed worksheets.

8 DEVELOPMENT OF NEW EDUCATIONAL MATERIALS

8.1 Illustrative approach in chemistry education

The students’ interest in chemistry, and natural sciences in general, has been declining for a long time. Now, it is necessary to consider ways of increasing students’ interest in science learning. At the same time, more should be done to make chemistry education not only attractive but also truly effective. This requires that didactic principles, in other words general standards that ensure pedagogical success, must be respected. One of the most important didactic principles is the illustration approach. In the historical context, this principle is very old yet widely accepted and still actual. As Filová *et al.* (1996) show, the fundamental benefit of the illustrative education is that it helps with the understanding and remembering the curriculum. Moreover, it can motivate students to learn.

Various methods and visual aids can be used to be more illustrative in chemistry. On the one hand, modern tools (e.g., multimedia) are available. On the other hand, conventional illustrative tools, such as models and demonstrations of experiments or “non-experimental” demonstrations might be used. Because of the huge variety of illustrative tools, an orientation questionnaire research was carried out in summer 2011 to find out teachers’ opinion on the illustrative approach in secondary chemistry education. This research revealed that despite the fact that teachers suppose a great students’ interest in models and “non-experimental” demonstrations in chemistry education (which is about the students’ interest in multimedia), these tools are utilised not enough in real classes. That is because of time or financial demands to find and try or buy them. Following the results, attention was further paid to study the possibilities of „non-experimental” demos’ application in chemistry education.

8.2 “Non-experimental” demonstrations

One of the aims of this thesis was to provide an overview of accessible “non-experimental” demonstrations that can be used in chemistry education at secondary schools. The created list of demos should serve as a convenient resource for teachers who could broaden it further individually. “Non-experimental” demonstrations were looking up in printed resources (like journals *Biologie, chemie, zeměpis; Chemické listy; Journal of Chemical Education* and thesis originated at the Department of Teaching and Didactics of Chemistry at the Faculty of Science, Charles University in Prague) and on the internet. As it turned out, “non-experimental” demos can illustrate various themes across all chemical disciplines, e.g. models of atoms and molecules, demos of chemical phenomena, processes, devices or mechanisms.

In order to deal with the issue of “non-experimental” demonstrations in greater depth, it was necessary to narrow the thematic scope. Therefore the thesis was further aimed at the design and evaluation of “non-experimental” interdisciplinary demonstrations concerning the nanoworld that were, regarding their content, designated as “nanodemonstrations”.

8.3 “Nanodemonstrations”

From the wide variety of “non-experimental” demonstrations so called “nanodemonstrations” were further elaborated in detail. “Nanodemonstrations” (which mean “non-experimental” demonstrations related to the nanoworld area) were selected for the following reasons:

- Words with the prefix “nano” became a normal part of our speech in recent years. Even then, findings about the nanoworld are usually not part of the secondary school curriculum. This is, among other things, due to the absence of illustrative educational tools.
- The nanoworld counts for an interdisciplinary theme; it connects chemistry to other science disciplines. “Non-experimental” demos concerning “nano” can therefore contribute to the promotion of an interdisciplinary approach which, additionally, Framework Education Programmes (FEP) put great importance on.
- The choice of the topic was influenced by the author’s interest as her diploma thesis was focused on the implementation of “nano” into the secondary education (Hájková, 2009). For the author, personally, it was important to study the “nano” issue also from the perspective of demonstrations.

At the beginning, “nanodemonstrations” were looking up in the literature and on the internet. A Czech database, containing 18 illustrative interdisciplinary “nanodemonstrations“, has been created afterwards. For the database, adopted and slightly modified (5) or substantially modified (5) demos as well as newly created demos (8) were used. “Nanodemonstrations” from the database are simple, cheap and rather timesaving. They are divided into six chapters:

1. Introduction to the nanoworld
2. Properties of the nanoscale matter
3. How to fabricate “nano”?
4. Electron microscopy (EM)
5. Scanning probe microscopy (SPM)
6. Synthetic carbon allotropes

The “nanodemonstrations” in the database could be performed by a teacher in a form of a lecture demonstration and/or they can carry out students themselves and in fact even alone at home. “Nanodemos” can be used at different phases in the class and even if the laboratory is missing. They were designed for (upper) secondary science education (ISCED 3¹). Some of them are possible (according to the consideration of the teacher) to implement into the curriculum at ISCED 2¹ (second stage of basic education and lower secondary education).

¹ ISCED is the International Standard Classification of Education by UNESCO. ISCED 2 means lower secondary education; ISCED 3 means upper secondary education.

8.4 Other educational materials concerning “nano”

As a more comprehensive approach regarding “nano” was required, in addition to “nanodemonstrations”, other ways were examined how to implement “nano” into secondary education.

Firstly, semi-structured interviews were held with six secondary school teachers about their opinion on teaching “nano”. Secondly, currently accessible educational materials aimed at the nanoworld were reviewed. Special attention was, of course, paid to the published experiments and “non-experimental” demonstrations.

The aforementioned database of “nanodemonstrations” serves as a basic educational material that is attached to this thesis. Furthermore, the database was supplemented by other interdisciplinary educational materials that follow thematic structure of the database. All created educational materials (together with the “nanodemos” database) were stored on CD. To the additional educational “nanomaterials” belong namely:

- Two multimedia PowerPoint presentations that can be accompanied by lecture “nanodemonstrations”.
- Seven worksheets that supplement students’ “nanodemonstrations”.
- Six worksheets with 35 “nanotasks” (i.e., interdisciplinary tasks thematically related to the nanoworld) that could motivate students, enable them to acquire knowledge or help with the revision.

9 RESEARCH PART (DESCRIPTION, RESULTS AND DISCUSSION)

The created educational materials, especially “nanodemonstrations” were tested in chemistry (or physics) education at several secondary schools. The first stage of the research served as a probe for testing the usability of “nanodemos” in secondary education. Afterwards, attention has been paid to the evaluation of students’ “nanodemonstrations” accompanied by worksheets compared to students’ dealing with worksheets containing “nanotasks”. Finally, the last stage of the research was focused on testing the lecture “nanodemonstrations”.

9.1 Teachers’ and students’ first experience with “nanodemonstrations”

In the course of designing “nanodemonstrations”, we often have to ask whether we are moving in the right direction, it means whether the demos will be attractive enough for teachers to be interested in using them in their classes. Furthermore, we have asked if not only teachers but also their students will see in “nanodemonstrations” some benefit for education. Therefore, a pilot survey was carried out at the beginning of 2011. In this survey, teachers were asked to examine and later evaluate five “nanodemonstrations”.

The main objectives of this pilot survey were:

- Suggest the real usability of “nanodemonstrations” in education.
- Reveal both strengths and weaknesses of created “nanodemonstrations”.

This survey attended six teachers and 33 secondary school students. In order to receive information, following research tools were used: questionnaires (one for teachers, the other for students) and semi-structured interviews (with some teachers). In one case teacher's questionnaire was replaced by e-mail communication. The information obtained was especially used for the modification of tested "nanodemonstrations".

The results of this survey suggested that the major advantage of the "nanodemonstrations" for students was not the motivation aspect but rather the illustrative aspect that helps to understand abstract concepts and facilitates remembering them. Moreover, it has been proven that "nano" is considerably attractive for students as students at one grammar school dedicated first issue of the emerging school science journal to nanotechnology. On the other hand, the difficulty of the "nano" issue was highlighted that is related to the interdisciplinary character of "nano". Based on the feedback, it can be concluded that beside demonstrations, additional approaches should be considered to make both teachers and their students familiar properly with the secrets of the nanoworld.

9.2 "Nanodemonstrations" and "nanotasks" in secondary education

The next stage of the research served to examine even more students' as well as lecture "nanodemonstrations" and interdisciplinary "nanotask" in secondary education. The main objectives of this survey were:

- Find out if students will have any problems (alternatively, what kind of problems will they have) with the realization of students' "nanodemonstrations".
- Verify whether students can fill in the worksheets that supplement students' "nanodemonstrations" without the help of a teacher. Analyse students' solutions of the worksheets. Based on this, compare the difficulty of individual worksheets. Identify problem areas.
- Find out teachers' opinion on the implementation of both students' and lecture "nanodemonstrations" (that teachers themselves have seen) into secondary education.
- Analyse students' solutions of interdisciplinary "nanotasks" in the worksheet "Welcome to the nanoworld". Based on this, compare the difficulty of individual "nanotasks". Identify problem areas.

The presented survey took place between January and March 2013 at four grammar schools which were chosen based on the interest and willingness of teachers to participate in the survey. Students from each school were divided into two groups. Students in "first groups" were performing students' "nanodemos" and filling in corresponding worksheets. Students in "second groups" were only filling in the worksheet "Welcome to the nanoworld" encompassing 13 interdisciplinary "nanotaks" (that have a similar topic to the "nanodemos"). Students in "second groups" have neither done, nor seen any demonstrations. In this survey participated 108 students; in the "first groups" 72 students and in the "second groups" 36 students.

At the beginning of the survey, all students at each school attended a thirty-minute lecture on nanoworld accompanied by the PowerPoint presentation. Moreover, students in "first groups" saw eight lecture "nanodemonstrations". Afterwards, they were performing seven students'

“nanodemos” and were filling in corresponding worksheets, whereas students in “second groups” were only filling in the worksheet with interdisciplinary “nanotasks”. At the end, four teachers that participated in the survey were interviewed.

Students adopted a very positive attitude to the demonstrations. As it turns out, the vast majority of students have no difficulties with performing demonstrations. Sometimes, however, a misinterpretation appeared. Based on the results of this survey, some formulations in the worksheets were slightly modified. Furthermore, it was suggested how to use students’ “nanodemonstrations” with corresponding worksheets to be in classes as effective as possible.

It has already been mentioned that students in “first groups” usually have no problems with filling in the worksheets that supplement students’ “nanodemonstrations”. Furthermore, they claimed that they have had fun when performing some demos. In contrast, students from “second groups” rated the “nanotasks” in the worksheet “Welcome to the nanoworld” as very difficult. In addition to this, these students did not succeed in the filling in the worksheet as well as students from “first groups” with their worksheets did. We can only assume that this could be because of the lower motivation to deal with theoretical tasks instead of performing “nanodemonstrations”.

As realized interviews confirmed, teachers that attended this survey were, obviously, fully aware of the benefits of performing demos in education. The most commonly stated pros were, of course, that demonstrations can help with the remembering and understanding certain phenomenon/process. Based on their own experience, teachers advise to perform students’ demos in small groups and, alternatively, add lecture demonstrations. At the same time, teachers contributed that it is a good idea (if not even necessary) to combine demonstrations with other educational tools that support positive effects of demonstrations.

9.3 Lecture “nanodemonstrations” in secondary education

The last stage of the research was focused especially on testing lecture “nanodemonstrations”. The survey pursued following objectives:

- Evaluate the quality of a lecture that combines a PowerPoint presentation with lecture “nanodemonstrations”.
- At the time, highlight the importance of using illustrative tools in secondary education.

Four teachers and 113 students from three grammar schools attended the survey, aimed at using lecture “nanodemonstrations”, in the period from May 2013 to March 2014. The interest in lecture on “nano” came from the teachers’ initiative.

The survey was carried out in following manner. At first, the ninety-minute lecture entitled “Nano for life” was introduced, accompanied by nine lecture “nanodemonstrations”. After that, students filled out a brief questionnaire and the teacher was interviewed via a semi-structured interview.

The results of the survey clearly show that not only students but also teachers were impressed by both methods used as well as the content of the lecture with “nanodemonstrations”; (the presentation content was mentioned seventy times and the performance of “nanodemos” was

written forty-four times by students). Moreover, almost all of the students who stated in the questionnaire that nanoworld should become part of secondary curriculum (68 students from 73, it means 93 %), would prefer the introduction of this area in a form of a lecture led by an expert, preferably within a science subject.

10 CONCLUSION

The lack of the illustrative approach in chemistry education at secondary schools is a long-standing problem which is still frequently discussed. Various teaching tools can be used to be more illustrative. Students particularly welcome demonstrations of experiments to make chemistry as illustrative as possible. Quite often, however, we have to display phenomena and processes that cannot be accompanied (or only with difficulties) by real experiments. Then “non-experimental” demonstrations can be considered as an useful illustrative tool that facilitates learning of difficult theoretical themes and makes learning more effective. Several concrete examples of the themes can be found in the created overview of published “non-experimental” demonstrations.

The issue of “non-experimental” demonstrations was related especially to the area of the nanoworld that is currently often discussed among the professionals as well as the public. Despite the fact that the Czech Republic is the world-class in the field of nanotechnology fabrication (Horký, 2012), the didactic research and the implementation of gained knowledge into the Czech secondary school curriculum remain behind. For this reason, one of the objectives of this dissertation was to create a comprehensive educational material concerning the nanoworld with the focus on “non-experimental” demonstrations, designated in this thesis as “nanodemonstrations”. Therefore, 18 illustrative, cheap and rather time-saving interdisciplinary “nanodemos” were presented. The portfolio of Czech educational materials related to the nanoworld was further extended by two PowerPoint presentations, seven worksheets that supplement students’ “nanodemonstrations” and six worksheets with 35 interdisciplinary “nanotasks”.

The other objective of this thesis was to reveal the usability of “nanodemonstrations” in science education through applying them to classes at selected secondary schools. The implementation of “nanodemonstrations” in classes met with a surprisingly good response by students as well as by teachers. The research made clear that created “nanodemonstrations” grabbed students’ attention and helped them to understand abstract concepts. Moreover, the results confirmed that the themes concerning the nanoworld are demanding as they require a multi- and interdisciplinary approach. Therefore teachers and students are facing the particular challenges of combining knowledge from various science disciplines. At the end, it is worth noting that the implementation of “nano” at secondary schools is worthwhile and “nanodemonstrations” can make an important contribution to it.

11 POUŽITÉ ZDROJE (VÝBĚR) / REFERENCES

1. ASTELL, L.A. Visual aids in chemical education. *J. Chem. Educ.*, 1930, vol. 7, no. 4, pp. 828–831. ISSN 0021-9584.
2. BAĎUROVÁ, R. *Využití SPM přístroje „NanoEducator“ pro vzdělávání v oblasti nanotechnologií*. Olomouc, 2009. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra experimentální fyziky.
3. 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.
4. 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.
5. 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>>.
6. *Center for Probing the Nanoscale: Hands-on nano Activities* [online]. [cit. 26. března 2014]. Dostupné na: <<http://teachers.stanford.edu/activities>>.
7. DOSTÁL, J. *Učební pomůcky a zásada názornosti*. Olomouc: Votobia, 2008. ISBN 978-80-7409-003-5.
8. 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.
9. FILOVÁ, H.; MAŇÁK, J.; STRACH, J. *et al. Vybrané kapitoly z obecné didaktiky*. Brno: Masarykova univerzita, Pedagogická fakulta, 1996. ISBN 80-210-1308-7.
10. FORTMAN, J.J. Analogical demonstrations. *J. Chem. Educ.*, 1992, vol. 69, no. 4, pp. 323–324. ISSN 0021-9584.
11. HÁJKOVÁ, Z. *Návrh implementace nových poznatků z interdisciplinárního oboru „nanotechnologie“ do výuky přírodovědných předmětů na SŠ*. Praha, 2009. Diplomová práce. PřF UK, Katedra učitelství a didaktiky chemie.
12. 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, 2011. Rigorózní práce. PřF UK, Katedra učitelství a didaktiky chemie.
13. 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.
14. HORSKÁ, J. *Možnosti inovace výuky středoškolské chemie v oblasti nanotechnologií*. Olomouc, 2011. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra analytické chemie.
15. *Howtosmile.org* [online]. [cit. 20. května 2014]. Dostupné na: <<http://howtosmile.org>>.
16. KALHOUS, Z.; OBST, O. *et al. Školní didaktika*. Praha: Portál, 2002. ISBN 80-7178-253-X.

17. KOMENSKÝ, J.A. *Didaktika velká*. Brno: Komenium, 3. vydání, 1948.
18. 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>>.
19. MAŇÁK, J. *Nárys didaktiky*. Brno: Masarykova univerzita, 2003. ISBN 80-210-3123-9.
20. MAŇÁK, J. a ŠVEC, V. *Výukové metody*. Brno: Paido, 2003. ISBN 80-7315-039-5.
21. 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.
22. MOJŽÍŠEK, L. *Vyučovací metody*. Praha: SPN, 3. vydání, 1988.
23. MOKREJŠOVÁ, O. *Moderní výuka chemie*. Praha: TRITON, 2009. ISBN 978-80-7387-234-2.
24. *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>>.
25. *Nanoscale Informal Science Education Network: Catalog* [online]. [cit. 26. března 2014]. Dostupné na: <<http://www.nisenet.org/catalog>>.
26. *Nanotechnologie.cz* [online]. [cit. 23. července 2013]. Dostupné na:
<<http://www.nanotechnologie.cz>>.
27. 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.
28. PANÁČEK, A.; KVÍTEK, L.; KLEČKOVÁ, M. Koloidní chemie v praktických úlohách. *Chem. listy*, 2004, roč. 98, č. 1, s. 39–41. ISSN 0009-2770.
29. PANÁČEK, A. a KVÍTEK, L. Praktické úlohy z koloidní chemie. *Chem. listy*, 2005, roč. 99, č. 8, s. 606–609. ISSN 0009-2770.
30. PERKINS, R.R. Put the Body to Them! *J. Chem. Educ.*, 1995, vol. 72, no. 2, pp. 151–152. ISSN 0021-9584.
31. 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.
32. PRNKA, T. a ŠPERLINK, K. *6 Nanotechnologie, Šestý rámcový program evropského výzkumu a technického rozvoje*. Ostrava: Repronis Ostrava, 2004. ISBN 80-7329-070-7.
33. 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.
34. PRŮCHA, J.; WALTEROVÁ, E.; MAREŠ, J. *Pedagogický slovník*. Praha: Portál, 2004. ISBN 80-7178-772-8.

35. 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.
36. REMZOVÁ, M. *Nanotechnologie jako součást školního vzdělávacího programu chemie na SŠ a bakalářského studijního programu na VŠ*. Olomouc, 2011. Diplomová práce. Univerzita Palackého, PřF, Katedra fyzikální chemie.
37. ROADRUCK, M.D. Chemical Demonstrations. *J. Chem. Educ.*, 1993, vol. 70, no. 12, pp. 1025–102. ISSN 0021-9584.
38. SHAKHASHIRI, B.Z. Lecture Demonstrations. *J. Chem. Educ.*, 1984, vol. 61, no. 11, pp. 1010–1011. ISSN 0021-9584.
39. SKALKOVÁ, J. *Obecná didaktika*. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1821-7.
40. 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.
41. *Sustainable Nano* [online]. [cit. 20. května 2014]. Dostupné na: <<http://sustainable-nano.com>>.
42. SVOBODOVÁ, P. *Materiály blízke i vzdálenější budoucnosti – nanotechnologie a nanomateriály*. Brno, 2012. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Pedagogická fakulta, Katedra fyziky.
43. 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.
44. 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.
45. ŠVARŤÍČEK, R.; ŠEĐOVÁ, K.; JANÍK, T. *et al.* *Kvalitativní výzkum v pedagogických vědách*. Praha: Portál, 2007. ISBN 978-80-7367-313-0.
46. TANIS, D.O. Why I Do Demonstrations. *J. Chem. Educ.*, 1984, vol. 61, no. 11, p. 1010. ISSN 0021-9584.
47. TKÁČOVÁ, Z. *Nanoveda a nanotechnologie vo vyučovaní* [online]. Bratislava: Metodicko-pedagogické centrum, 2011 [cit. 9. července 2013]. Dostupné na: <mpc-edu.sk/shared/Web/OPSOSO%20I.%20kolo%20vyzvy%20na%20poziciu%20Odborny%20poradca%20vo%20vzdelavani>.
48. UNESCO, Institute for Statistics. *ISCED 2011* [online]. [cit. 31. května 2014]. Dostupné na: <<http://www.uis.unesco.org/Education/Pages/international-standard-classification-of-education.aspx>>.
49. VALIŠOVÁ, A.; KASÍKOVÁ, H. *et al.* *Pedagogika pro učitele*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3357-9.
50. 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.
51. VANÍČKOVÁ, M.; SOUKUPOVÁ, J.; KVÍTEK, L. Nanotechnologie ve výuce přírodních věd. *Chem. listy*, 2010, roč. 104, č. 10, s. 945–949. ISSN 0009-2770.

CURRICULUM VITAE

Osobní informace

Jméno a příjmení: Zdeňka Hájková
Datum narození: 6. července 1985
E-mail: zdenka.hajkova@natur.cuni.cz

Dosažené vzdělání

2010 – dosud Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta (PřF UK), Albertov 6, Praha; doktorské studium, obor Vzdělávání v chemii

2011 PřF UK; rigorózní zkouška (RNDr.), rigorózní práce: *Návrh implementace nových poznatků z interdisciplinárního oboru „nanotechnologie“ do výuky přírodovědných předmětů na SŠ a příspěvek k edukaci studentů učitelství chemie v tomto oboru*

2007–2009 PřF UK; Učitelství chemie a biologie pro střední školy (Mgr.), diplomová práce: *Návrh implementace nových poznatků z interdisciplinárního oboru „nanotechnologie“ do výuky přírodovědných předmětů na SŠ*

2004–2007 PřF UK; obor Chemie a biologie se zaměřením na vzdělávání (Bc.), bakalářská práce: *Priony*

1996–2004 Gymnázium Pardubice, Dašická 1083, Pardubice (maturita)

Absolvované odborné kurzy

2013 Rétorika, Prezentační dovednosti, PowerPoint, Umění improvizace (v rámci rozvojového projektu RP 3c)

2011–2012 Scientific Writing and Scientific Presentations workshops (anglické kurzy Vědeckého psaní a Prezentačních dovedností)

2011 Vysokoškolská pedagogika

2010 Kurz základů vědecké práce v Akademii věd České republiky

Pracovní zkušenosti

2014 – dosud Fyzikální ústav Akademie věd ČR, v. v. i., Cukrovarnická 10/112, Praha; vědecký pracovník

Vzdělávací aktivity, účast v projektech

2014 – dosud pomoc s přípravou stanoviště Dotek atomu (výstava Mikroskopie hrou, pořádaná v rámci světového mikroskopického kongresu IMC 2014)

2014 – dosud tvorba obsahu interaktivních vzdělávacích aplikací pro tablety k výuce chemie (projekt Tabletárium)

2008 – dosud přednášky pro žáky středních škol na téma nanotechnologie

2011–2013 tvorba výukových materiálů z chemie a biologie (projekt Věda není žádná věda zaměřený na induktivní způsob výuky přírodních věd)

2010–2013 vzdělávání učitelů v oblasti nanotechnologií (projekty 5P, OPPA) a badatelsky orientované výuky (Letní škola BOV chemie)

Pedagogická činnost na PřF UK

- 2011–2014 oponování jedné bakalářské práce a dvou diplomových prací
2010–2013 vedení cvičení Obecná chemie (opakovaně zimní semestry)

Pedagogické praxe na středních školách (v rozsahu min. 3 týdny)

- 2013, 2014 Gymnázium Jana Nerudy, Hellichova 3, Praha
2009 Gymnázium Na Vítězné pláni, Na Vítězné pláni 1160, Praha
2008 Gymnázium Opatov, Konstantinova 1500, Praha

Přehled účasti na konferencích

- 2011, Praha Alternativní metody výuky 2011
domácí konference; příspěvek ve sborníku
- 2011, Riga Chemistry education – 2011
mezinárodní konference; poster a příspěvek ve sborníku
- 2012, Dublin Teaching at the heart of learning, ESTABLISH | SMEC 2012
mezinárodní konference; poster
- 2012, Praha 4th EuCheMS Chemistry Congress
evropský chemický kongres; poster
- 2012, Smolenice Aktuálne trendy vo vyučovaní prírodných vied
mezinárodní konference; přednáška a příspěvek ve sborníku
- 2012, Bratislava Aktuálne smerovanie výskumov v dizertačných prácach z didaktiky
chémie
evropská konference doktorandů; přednáška a příspěvek ve sborníku
- 2012, Praha Mezinárodní konference o inovačním vzdělávání v chemii
mezinárodní konference; přednáška a příspěvek ve sborníku
- 2013, Tábor Veletrh nápadů učitelů chemie
celonárodní seminář; přednáška s demonstracemi
- 2013, Olomouc Aktuální problémy disertačních prací oboru didaktika chemie
evropská konference doktorandů; přednáška a příspěvek ve sborníku
- 2014, Milovy International Summer School on Physics at Nanoscale
letní škola fyziky nanosvětla pro studenty a mladé vědce; poster

Absolvované zahraniční stáže

- 2012, Slovensko Trnavská univerzita v Trnavě, Pedagogická fakulta;
Univerzita Komenského v Bratislavě, Přírodovedecká fakulta;
krátká stáž v průběhu doktorského studia
- 2008, Finsko University of Oulu, Faculty of Education;
semestrální stáž v magisterském stupni studia (program Education and
Teacher Training v rámci projektu Erasmus)

SEZNAM PUBLIKACÍ / LIST OF PUBLICATIONS

Impaktované odborné časopisy / Impacted scientific journals

1. HÁJKOVÁ, Z.; FEJFAR, A.; ŠMEJKAL, P. Two Simple Classroom Demonstrations for Scanning Probe Microscopy Based on a Macroscopic Analogy. *J. Chem. Educ.*, 2013, vol. 90, no. 3, pp. 361–363. ISSN 0021-9584.
2. HÁJKOVÁ, Z. a ŠMEJKAL, P. Nanovýroba ve výuce na střední škole. *Chem. listy*. (v tisku)

Recenzované neimpaktované časopisy / Non-impacted peer-reviewed journals

3. HÁJKOVÁ, Z. a ŠMEJKAL, P. Modely fullerenu C₆₀ aneb Fotbalový míč ve výuce chemie. *Biologie, chemie, zeměpis*, 2012, roč. 21, č. 5, s. 230–234. ISSN 1210-3349.
4. HÁJKOVÁ, Z.; HÁJEK, V.; ŠMEJKAL, P. Uhlíkové nanotrubičky ve výuce na střední škole. *Biologie, chemie, zeměpis*, 2013, roč. 22, č. 5, s. 234–238. ISSN 1210-3349.
5. HÁJKOVÁ, Z. a FEJFAR, A. Grafen – zázračný materiál 21. století. *Biologie, chemie, zeměpis*. (v tisku)

Sborníky příspěvků z konferencí / Conference proceedings

6. HÁJKOVÁ, Z. a ŠMEJKAL, P. Introducing “Nano“ in Chemistry Education at High Schools in the Czech Republic. In *Current Trends in Chemical Curricula*. Prague: Charles University in Prague, Faculty of Science, 2008, s. 14–18. ISBN 978-80-86561-60-8.
7. 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.
8. HÁJKOVÁ, Z. Models of carbon “nanoallotrope“ C₆₀. In *Chemistry education – 2011: Scientific articles Conference proceedings*. University of Latvia: University of Latvia, 2011, pp. 65–72. ISBN 978-9984-45-421-4.
9. HÁJKOVÁ, Z. a ŠMEJKAL, P. Demonstrace „nano“ ve výuce přírodovědných předmětů na SŠ. In *Aktuálne trendy vo vyučovaní prírodných vied*. Trnava: Pedagogická fakulta Trnavskej univerzity, 2012, s. 275–280. ISBN 978-80-8082-541-6.
10. HÁJKOVÁ, Z. a ŠMEJKAL, P. Nanoworld comes to secondary schools in the Czech Republic. In *International Conference: Innovative Learning in Chemistry*. Praha: KANAG-TISK, s.r.o., 2012, pp. 83–87. ISBN 978-80-7080-842-9.
11. HÁJKOVÁ, Z. a ŠMEJKAL, P. Názornost ve výuce chemie očima učitelů. In *Aktuálne smerovanie výskumov v dizertačných prácach z didaktiky chémie*. Bratislava: Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského, 2013, s. 62–68. ISBN 978-80-223-2582-0.
12. HÁJKOVÁ, Z. a ŠMEJKAL, P. Mezipředmětové demonstrace z oblasti nanosvětla ve výuce na střední škole. In *Aktuální problémy disertačních prací oboru didaktika chemie*. Olomouc: Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého, 2013, s. 104–111. ISBN 978-80-244-3776-7.

Posterová sdělení / Posters

13. HÁJKOVÁ, Z. a ŠMEJKAL, P. Models of carbon “nanoallotrope” C₆₀. *Chemistry education – 2011*. Riga, Lotyšsko, 2011.
14. SOUČKOVÁ, D. a HÁJKOVÁ, Z. Inquiry Based Science Education in Chemistry Teaching. *Teaching at the heart of learning, ESTABLISH / SMEC 2012*. Dublin, Irsko, 2012.
15. HÁJKOVÁ, Z.; FEJFAR, A.; ŠMEJKAL, P. SPM at school: Seeing atoms is the best way to learn about them. *4th EuCheMS Chemistry Congress*. Praha, Česká republika, 2012.
16. PÍČ, V.; TSEVEENBAYAR, T.; OWEYSSI, M.; KAREN, V.; ŠTĚPANČÍK, V.; HÁJKOVÁ, Z.; FEJFAR, A. Build an AFM model – make learning fun! *International Summer School on Physics at Nanoscale*. Milovy, Česká republika, 2014.

Další publikace / Other publications

17. URBANOVÁ, K.; HÁJKOVÁ, Z.; ŠTEFKOVÁ, I.; KONEČNÝ, M. *Teoretická chemie prakticky*. Praha: Nakladatelství P3K s.r.o., 2012. ISBN 978-80-87186-79-4.
18. TEPLÁ, M.; KLÍMOVÁ, H.; MARTÍNEK, V.; ŠULCOVÁ, R.; TEPLÝ, P.; ROHOVEC, J.; MATOUŠKOVÁ, Š.; HOUSER, F.; URBANOVÁ, K.; HÁJKOVÁ, Z.; ŠTEFKOVÁ, I.; KONEČNÝ, M.; ŠMEJKAL, P.; ZASPALOVÁ, J.; HRUBÝ, M. *Chemie: Aktivně, aktuálně a s aplikacemi*. Praha: Nakladatelství P3K s.r.o., 2012. ISBN 978-80-87186-95-4.
19. HÁJKOVÁ, Z.; FEJFAR, A.; ŠMEJKAL, P. SPM at school: Seeing atoms is the best way to learn about them. *Chem. listy*, 2012, roč. 106, č. s4, s927. ISSN 1803-2389. Abstrakt ke konferenci 4th EuCheMS Chemistry Congress. Praha, Česká republika, 2012.
20. BLUDSKÁ, M.; BALOUNOVÁ, R.; BOJKOVSKÝ, M.; FENDRYCHOVÁ, A.; HÁJKOVÁ, Z.; KOZLOVSKÁ, L.; MOKREJŠOVÁ, O.; PRAŽIENKA, M.; VOZKA, J.; ŽABOVÁ, I. *Chemie – Výukové materiály pro střední školy*. Praha: Conatec-Didactic Učební pomůcky, s.r.o., 2013. ISBN 978-80-87936-08-5.
21. BLUDSKÁ, M.; BALOUNOVÁ, R.; BOJKOVSKÝ, M.; FENDRYCHOVÁ, A.; HÁJKOVÁ, Z.; KOZLOVSKÁ, L.; MOKREJŠOVÁ, O.; PRAŽIENKA, M.; VOZKA, J.; ŽABOVÁ, I. *Chemie – Pracovní listy pro střední školy*. Praha: Conatec-Didactic Učební pomůcky, s.r.o., 2013. ISBN 978-80-87936-15-3.
22. ZÁMEČNÍKOVÁ, V.; HÁJKOVÁ, Z.; RADVANOVÁ, S.; SIMONIANOVÁ, L.; SOUČKOVÁ, D.; VONDRÁČKOVÁ, K. *Biologie – Výukové materiály pro střední školy*. Praha: Conatec-Didactic Učební pomůcky, s.r.o., 2013. ISBN 978-80-87936-09-2.
23. ZÁMEČNÍKOVÁ, V.; HÁJKOVÁ, Z.; RADVANOVÁ, S.; SIMONIANOVÁ, L.; SOUČKOVÁ, D.; VONDRÁČKOVÁ, K. *Biologie – Pracovní listy pro střední školy*. Praha: Conatec-Didactic Učební pomůcky, s.r.o., 2013. ISBN 978-80-87936-16-0.