

Obsahová konstrukce a didaktické uplatnění přírodovědného edukačního experimentu ve výuce na příkladu chemie^{1,2}

Martin Rusek*, Jan Slavík‡, Petr Najvar‡

*Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta

‡Masarykova univerzita, Pedagogická fakulta

Abstrakt: Text je zaměřen na jednu ze základních složek vzdělávání v přírodovědných předmětech: přírodovědný edukační experiment. První část textu se věnuje funkcím edukačního experimentu v přírodovědném vzdělávání a objasnění metodiky 3A použité k analýze výuky. V druhé části je rozebírána konkrétní situace z výuky chemie na obchodní akademii s důrazem na kognitivní aktivizaci žáků. Text se zaměřuje na analýzu obsahové konstrukce přírodovědného experimentu a na jeho didaktické uplatnění ve výuce především s ohledem na kvalitu výuky. Směřuje k transdidaktickému zobecnění do celé vzdělávací oblasti přírodních věd, tj. nad rámec jednoho vzdělávacího oboru. Analýza pozorovaného experimentu odhalila obecné didaktické formalismy snižující kvalitu výuky: tzv. odcizené poznání a utajené poznání. Formalismy jsou zaviněny nedostačnou didaktickou analýzou hloubkové struktury výuky a omezují rozvoj přírodovědné gramotnosti žáků. Navržené alterace směřují k odstranění formalismů a k rozvoji kognitivní aktivizace žáků na podkladě didaktické integrace strukturálních složek přírodovědného experimentu: hypotéza – experimentace – pozorování – závěry.

Klíčová slova: přírodovědný edukační experiment, výuka chemie, nechemicky zaměřené SOŠ, metodika 3A, model hloubkové struktury výuky

Content Construction and the Didactic Use of Scientific Educational Experiment in Chemistry Teaching

Abstract: The study focuses on one of basic elements of education in natural sciences: scientific educational experiment. In the first part of the text, the authors discuss the role of educational experiment in the teaching of natural sciences and explain the 3A procedure that was used as an analytical approach. The second part provides an analysis of a selected teaching situation from the perspective of cognitive activation of students. The text aims to analyse the content construction of scientific experiment and its didactic use in teaching with respect to the quality of instruction. It aims to provide transdidactic abstraction to the domain of natural science education. The analysis found instances of didactic formalisms that threaten the quality of instruction; obscured learning and assumed learning. Such formalism are the results of insufficient didactic analysis of the deep structure of teaching and stand in way of the development of students' scientific literacy. Alterations are suggested that aim to eliminate formalisms and help support the cognitive activation of students through didactic integration of structural components of the scientific experiment: hypothesis – experiment – observation – conclusion.

Keywords: scientific educational experiment, teaching chemistry, upper-secondary schools, 3A procedure, model of the deep-structure of instruction

¹ Red. pozn.: Pro bližší informace o názorech anonymních recenzentů na tento text odkazujeme laskavého čtenáře do diskusní rubriky tohoto čísla časopisu.

² Tento text byl zpracován v rámci projektu GA ČR 14-06480S „Utváření didaktického vědění pro zlepšení: rozvíjení kvality výuky“ a v rámci projektu „Program rozvoje vědních oblastí na Univerzitě Karlově“. Autoři děkují za poskytnutou podporu.

72 Tematika využití edukačního experimentu v přírodovědném vzdělávání, kterou se z didaktického hlediska zabývá tento text, má u nás i ve světě dlouhou tradici a je stále aktuální (Beneš, Rusek, & Kudrna, 2015). Již Demerihů *Kurz chemie* – první učebnice chemie z roku 1697 – označuje chemii za *demonstrační vědu založenou na experimentu*. Platí to i pro jiné přírodovědné nebo technické obory. V druhé polovině 19. století Justus von Liebig zavedl experiment jako didaktickou metodu a přesunul tak těžiště výuky z přednášek do laboratorních cvičení. To se nezměnilo dodnes, jak dokládají kupř. učebnice Dillingera et al. (1977), Pachmanna a Hofmanna (1981) nebo Pachmanna a Beneše (1993).

V současné době získala didaktická tradice přírodovědného edukačního experimentu nové podněty v znovuoobjeveném trendu *badatelsky orientované výuky* (IBSE – inquiry-based science education). Ta si v přírodovědných předmětech klade za cíl kognitivně aktivizovat žáky (Janík et al., 2013, s. 55) jejich zapojením do promýšlení, realizace a kritického posuzování průběhu experimentu (Linn, Davis, & Bell, 2004) a přiblížením žákovských aktivit badatelským postupům v přírodních vědách.³ Tím se řadí do kontextu tzv. *nové či produktivní kultury vyučování a učení*, jak o ní v jiné stati tohoto čísla časopisu píšou Šed'ová a Šalamounová (2016).

Tendence uplatňovat badatelsky orientovaný přístup jsou v posledním desetiletí posíleny pedagogickým hnutím STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics). Jeho cílem je navzájem integrovat nejen přírodovědné předměty, ale i matematiku a technické obory. Jednou z hlavních opor této integrace je právě přírodovědný edukační experiment. Tato stať proto, v duchu STEM, přistupuje k přírodovědnému edukačnímu experimentu v širších transdidaktických souvislostech.

Z literatury o přírodovědném edukačním experimentu je zřejmé, že komunita učitelů i didaktiků přírodovědných předmětů se shoduje na jeho důležité funkci ve výuce (viz např. Beneš et al., 2015; Trna, 2012; Žák, 2008, 2014). Navzdory tomu se v praxi ukazuje, že využití experimentů ve výuce bývá nedostatečné (Millar, 2009; Trna, 2012; van den Berg, 2013). Je tedy aktuální a žádoucí přispívat k porozumění problematice přírodovědného edukačního experimentu s cílem zvyšovat kvalitu výuky.

Z didaktického hlediska považujeme přírodovědný edukační experiment za zvláštní typ *učební úlohy*⁴ a jednu z nejdůležitějších *komponent výuky*⁵ ovlivňující celkovou kvalitu výuky. Učitel má být vybaven didaktickými znalostmi, jaké složky experimentu má zvládnout a jak v učebních úlohách konstruovat jejich obsah, aby to pro žáky bylo přínosné. Následující text se proto bude věnovat dvěma hlavním

³ Odpovídá to výzvam přicházejícím z trhu práce, který pocítuje nedostatek pracovníků v technice, matematicky a přírodovědně orientovaných profesích.

⁴ Učební úloha je ústřední komponenta výuky význačná těmito vlastnostmi: 1) vyzývá žáka k aktivní mentální anebo též psychomotorické činnosti při řešení úlohy, 2) vychází z oboru a směřuje k cíli učení, 3) zakládá edukativní situaci a podmiňuje její formu, organizaci, průběh (Slavík et al., 2010, s. 31).

⁵ Kvalita výuky je dána charakteristikami jejich komponent, např. srozumitelností, uspořádaností, názorností (srov. Janík et al., 2013, s. 44).

didaktickým aspektům obsaženým v názvu tohoto textu: *obsahové konstrukci přírodovědného edukačního experimentu a problematice jeho reálného didaktického uplatnění ve výuce*.

Výklad v této stati je založen na *metodice 3A* (Janík et al., 2011; Janík et al., 2013, s. 217–246; Slavík et al., 2014). Ta si klade za cíl sloužit jako informační a komunikační svorník mezi didaktickou teorií a praxí, aniž má dojít k oslabení teoretické náročnosti anebo, z druhé strany, k neporozumění teoretickým konstruktům ze strany učitelů-praktiků.

1 Metodické pojetí výzkumu

Metodika 3A navazuje na českou oborově didaktickou tradici založenou na konceptu didaktické transformace obsahu (Brockmayerová-Fenclová, Čapek, & Kotásek, 2000) a na obdobné zahraniční přístupy orientované na didaktickou kvalitu výuky (Shulman, 1996; Amade-Escot, 2005; van Dijk & Kattmann, 2007; Komorek & Kattmann, 2008; Kortland & Klaassen, 2010). Jejich společné rysy shrnujeme pod názvem *obsahově zaměřené přístupy* k teorii a výzkumu výuky. K nim řazená koncepce metodiky 3A byla objasňována řadou předcházejících textů⁶, zde uvádíme jen nejzávažnější teze se zvláštním zřetelem ke kultuře vyučování a učení.

Koncepce metodiky 3A vychází z faktu, že nepostradatelnou podmínkou žákova učení ve výuce je *učební prostředí* konstituované svým *obsahem*.⁷ Úkolem výzkumu metodikou 3A je didakticky vyhodnotit potenciál učebního prostředí vést žáky k obecnému cíli: porozumět obsahu na základě dorozumění se o něm. Nikoli tedy jen „naučit se“ (reprodukcí výpovědních schémat, psychomotorických dovedností či řešitelských algoritmů), ale dorozumět se s porozuměním,⁸ srozumitelně vyjádřit svá přesvědčení, vysvětlovat je a zdůvodňovat s oporou ve znalostech. Z toho vyplývají specifické nároky na výzkumný design a na teorii, které mají poskytnout nástroje k popisu, analýze a vyhodnocení procesu utváření významů (sémantizace, meaning making)⁹ v učebním prostředí. Musí se totiž vyrovnat se skutečností, že učební prostředí

⁶ Slavík a Janík, 2005; Slavík a Janík, 2006; Slavík a Janík, 2007; Janík a Slavík, 2009; Janík et al., 2013; Slavík et al., 2013; Slavík et al., 2015.

⁷ Učební prostředí je interaktivní kulturní pole součinnosti učitelů a žáků, které poskytuje žákům příležitosti k učení se určitému obsahu prostřednictvím učebních úloh vyrůstajících z kontextu příslušné kultury vyučování a učení. V teorii didaktické rekonstrukce je učební prostředí řazeno ke třem ústředním determinantám kvality výuky spolu s představami žáků a vědeckými představami (srov. Komorek & Kattmann, 2008).

⁸ Pojem *dorozumění* vysvětluje (explicitní i implicitní) koordinaci jednání orientovaného určitými cíli a vymezeného určitým obsahem, který aktéři vzájemně sdílejí. Přitom se opírají o společná pravidla, která každému z nich umožňují smysluplně navazovat na jednání druhého (srov. Slavík et al., 2013, s. 121–122). Pokud by se různí aktéři nemohli do potřebné míry dorozumět, nemohli by se společně podílet na dosahování žádoucího cíle a rozšiřovat tím své individuální potence. Týká se to jak explicitního dorozumění jazykem, tak implicitního dorozumění při věcné kooperaci (např. součinnost v chirurgickém týmu, při sportovním utkání, v hudebním orchestru).

⁹ Zkoumání vzdělávání jakožto objasňování sémantizace, tj. vytváření vztahu mezi obsahem a významem (relace Inhalt – Gehalt), je konstitutivním momentem didaktiky založené na teorii vzdělávání (viz Janík & Stuchlíková, 2010, s. 10–11). Hopmann (2007, s. 117) v této souvislosti

74 má povahu *tvůrčí kulturní praktiky*, která je charakteristická tím, že slučuje kulturní reprodukci – opakování z minulosti – s řadou inovativních a osobitých rysů daných autorským charakterem lidského jednání.

Pro výzkum metodikou 3A z toho plyne podstatný metodologický důsledek: reálné učební prostředí je originální neopakovatelné dílo, a nelze je tudíž korektně zkoumat ani hodnotit na základě porovnání s obecně platným vzorem. Na tuto skutečnost z různých hledisek poukazují mnozí autoři zabývající se zkoumáním kvality výuky (srov. Buty, Tiberghien, & Le Maréchal, 2004, s. 580–581). Zkoumání a hodnocení kvalit učebního prostředí je proto třeba založit na srovnávání s jeho vlastními kvalitativními verzemi – alteracemi. Alterace jsou návrhy směřující k zlepšení původní, ve výuce pozorované podoby učebního prostředí. Tyto návrhy ovšem musí být vztaheny k určitému invariantu, aby bylo možné pokládat je za alternativy „téhož“. Za invariant učebního prostředí považujeme *sémanticko-logickou strukturu obsahu*, který se mají žáci učit.

Sémanticko-logická struktura obsahu je nutnou výchozí podmínkou jakéhokoli dorozumění i porozumění.¹⁰ Chápeme ji jako „nulový stupeň“¹¹ kultury vyučování a učení, protože nemůže podléhat touto kulturou způsobeným změnám, aniž by se výuka dostala do obsahového rozporu se svým předmětným oborem. Proto východiskem výzkumného postupu v 3A (v návaznosti na popis průběhu výuky) je tzv. *konceptová analýza* odhalující sémanticko-logickou strukturu obsahu v učebním prostředí. Konceptová analýza se opírá o didaktické (ontodidaktické) porozumění *instrumentální praxi příslušného oboru*.¹² Úkolem konceptové analýzy je stanovit klíčové obsahové jednotky – *jádrové koncepty* – a jejich významové a logické vazby tvořící *obsahová jádra* analyzované výuky.

Návrh alterací je tedy odvozen z konceptové analýzy obsahu pozorované výuky, ale samozřejmě může být formulován pouze s oporou o *fakticky pozorovaný stav učebního prostředí* ve výuce. Přitom je pozornost soustředěna na detailní analýzu

vysvětluje: „Jelikož propojení obsahu a významu není ontologickým či ideologickým faktem, ale spíše vynořující se zkušeností, která je vždy situovaná v jedinečných momentech a interakcích, není možné předem stanovit výstup [vzdělávání].“

¹⁰ Toto tvrzení vyplývá ze Schützovy (1953, s. 7–8) teze o tzv. *reciprocitě perspektiv* v rámci intersubjektivní reality. Reciprocita perspektiv je dána jednak *onticky*, objektivní realitou, jednak *antropicky-kulturně* – sdílením společné báze lidských dispozic, společného jazyka a společných kulturních pravidel. Jen díky tomu se lidé mohou dorozumět o významech a opírat se přitom o logickou argumentaci.

¹¹ Termín inspirovaný Skovajsov v provokativní analogii k Barthesově „nulovému stupni rukopisu“. Podle Skovajsy (2013, s. 56–58) se o „nulový stupeň“ kultury jedná tehdy, jestliže vědění v principu nemusí překonávat odpor konkurenčních kulturních návodů. Kultury vyučování a učení si konkurují rozlišením metod a principů součinnosti žáků a učitelů, zatímco sémanticko-logická struktura vzdělávacího obsahu musí zůstat konstantní, protože přichází z vnějšku – z předmětných oborů – a v nich podléhá konkurenčnímu srovnávání.

¹² Jako „instrumentální praxi“ označuje Kvasz (2015, s. 42–43) proces utváření intersubjektivní reality prostřednictvím instrumentů (faktických a symbolických), které člověku umožňují tvořivě zvládat svět, dorozumět se o něm a porozumět mu v kontextu určité kultury a jazykového společenství, a tedy i určitého oboru. Instrumentální praxe je *tvořivá*, proto jsou v ní patrné: *historický vývoj, pokrok a pluralita jazyků* (Slavík et al., 2013, s. 115–116; Kvasz, 2015, s. 164–165, 186–187).

vyučovacích a učebních mikrostrategií (tzv. mikroměřítko zkoumání, *fine grain size*, srov. Leach, Ametller, & Schott, 2010). Jejím úkolem je prostřednictvím vylučovacího výběru dospět k určení tzv. *kritických událostí výuky* (srov. Amade-Escot, 2005). Kritické události výuky mají největší potenciál pro návrh zlepšení, protože jsou jednak podstatné pro dosahování cílů výuky, jednak v nich dochází k nejvýraznějšímu nesouladu mezi klíčovými faktory, které společně rozhodují o kvalitě výuky: obsahem, cíli, metodickým postupem ve výuce a žákovskou zkušeností i motivací k učení.

Jak výzkumně ověřily Šed'ová a Šalamounová (2016), typickým příznakem kultury vyučování a učení je souladnost mezi dílčími systémovými prvky výuky. Máme za to, že je to do velké míry způsobeno potřebou respektovat „nulový stupeň“ kultury s ohledem na *jasnost a přesvědčivost dorozumění*, která podporuje žákovskou cestu k porozumění. Požadavek na souladnost systémových prvků výuky je v metodice 3A reprezentován termínem *integrita výuky*. Integrita výuky je kvalitativní charakteristika výuky, která reprezentuje míru návaznosti žákovy zkušenosti a motivace na probíraný obsah během aktivit, které mají směřovat k cílům výuky (Janík et al., 2013, s. 56).

Příznakem snížené míry integrity výuky jsou tzv. *didaktické formalismy*. Dva základní typy didaktických formalismů jsou v metodice 3A nazvány *utajené poznávání* a *odcizené poznávání* (Janík et al., 2013, s. 236). „Utajené poznávání“ se vyznačuje tím, že vyučovací a učební aktivity žákům skrývají souvislost s instrumentální praxí oboru, tj. s odborným oborovým jednáním, myšlením a jazykem, resp. symbolikou oboru. „Odcizené poznávání“ se projevuje odtržením odborného jazyka od žákovského usuzování, žákovských zkušeností a činností, takže žáci ve výuce jen mechanicky reprodukuji poznatky, ale neučí se oborově myslet (srov. Škoda & Doulík, 2010).

Pro systematické zjišťování míry integrity výuky a případné odhalení didaktických formalismů je v metodice 3A využíván tzv. *model hloubkové struktury výuky* (dále též MHS, Janík et al., 2013, s. 56–57) umožňující náhled na skloubení *sémantické a logické struktury obsahu* s jeho *tematizacemi ve výuce* a s *cíli* výuky. MHS umožňuje konceptuálně zachytit a vyložit pohyb mezi oborově kontextualizovaným obsahem-učivem a žákovskou zkušeností. Tento pohyb je předpokladem pro rozvoj žákovské instrumentální zkušenosti s oborovým obsahem, a tedy pro zvládnutí učiva.

Ústřední úroveň MHS se nazývá *konceptová vrstva*. Konceptová vrstva reprezentuje sémantickou a logickou strukturu konceptů příslušného vzdělávacího oboru včetně odborných činností, které se ke konceptům vážou. Pojmy a činnosti, které ve výuce spojují koncepty oboru se žákovskou zkušeností, jsou reprezentovány *tematickou vrstvou* modelu. Tematická vrstva zohledňuje žákovské předporozumění spojované s obsahem oboru. Ve třetí vrstvě modelu jsou ukotveny cíle výuky s ohledem na vzdělávací a výchovný transfer nad rámec oborů. Proto je nazvána *kompetenční vrstva*.

Didaktický výklad a posouzení kvality výuky se odvíjejí od náhledu na transformační přechody mezi uvedenými vrstvami MHS (viz též níže obrázek 1) opřenému o kritické porovnávání pozorovaného stavu výuky s jeho zlepšujícími alternativami.

76 Takto koncipovaný výzkum má povahu *instrumentální případové studie*¹³ (srov. Mareš, 2015, s. 121), která ovšem je specifická svým zaměřením na *didaktickou kvalitu výuky*, což předpokládá syntézu dvojího kontextu: kontextu instrumentální praxe *předmětného oboru* a kontextu instrumentální praxe *výuky*.

Proto v metodice 3A nejde o případové studie výuky v tradičním pedagogickém pojetí, jejichž smyslem je zdokumentovat metodické praktiky učitele, jednání žáků či edukační kontext výuky s ohledem na určité typy proměnných, resp. na kurikulum. Kazuistiky 3A oproti tomu směřují k výkladu transformací mezi (intersubjektivním) obsahem oboru a (subjektivním) obsahem žakovské zkušenosti s cílem *objasňovat kritická místa tvorby učebního prostředí*. Tento přístup umožňuje transdidaktické zobecňování; konkrétně v tomto textu odvozujeme obecnější poznatky o didaktické problematice *přírodovědného* edukačního experimentu ze zjištění kritických míst výuky věnované *chemickému* edukačnímu experimentu.¹⁴

Texty kazuistik metodikou 3A jsou rozvrženy do tří navzájem provázaných okruhů, jejichž jména jsou podkladem pro název metodiky: Anotace, Analýza, Alterace (srov. Janík et al., 2013; Slavík et al., 2014). V anotaci je výběrově popsán oborový a výukový kontext případu, analýza je věnována rozboru mikrostrategií ve výukových situacích a v alteraci se výklad zaměřuje na návrhy zlepšujících postupů a na kritické přezkoumání jejich možností. Tímto způsobem je pojata i následující kazuistika.

2 Anotace případu

Analyzovanému případu nelze rozumět bez ohledu na kontext instrumentální praxe předmětného oboru. Ten podmiňuje sémantickou a logickou výstavbu vzdělávacího obsahu, tj. „nulový stupeň“ kultury vyučování a učení. Proto se v prvních částech anotace věnujeme stručnému výkladu tohoto kontextu, na něj pak navážeme popisem analyzované výuky.

2.1 Přírodovědný edukační experiment jako učební úloha

V oborech přírodních věd je experiment zdrojem nových vědeckých poznatků. Oproti tomu přírodovědný edukační experiment je považován za didaktický prostředek (Dillinger et al., 1977; Pachmann & Hofmann, 1981), tj. za učební úlohu poskytující žákům

¹³ Za případ je v metodice 3A považována výuková situace rozvinutá kolem svého obsahového jádra (Janík et al., 2013, s. 223–226). Situace je časoprostorově vymezený obsahový celek, který má systémový charakter, takže každou situaci lze chápat jako součást komplexnější situace anebo naopak jako nadřazený celek pro soustavu vnořených situací. Vymezení situace proto může mít libovolný časoprostorový rozsah a výběrový obsah daný cílem zkoumání.

¹⁴ Je-li v kazuistice analyzován a vyložen určitý případ výuky, stává se kazuistika prototypem pro tvorbu kazuistik téže typové třídy. V kazuistice navržená zlepšující alterace pak může sloužit jako precedens „dobré praxe“ – precedens, který je „lege artis“ zdůvodněný, a proto může být vystaven kritické profesní argumentaci. Je to profesně komentovaný záznam didaktického řešení pro situace daného typu, který má cenu příkladu pro případy téhož typu. Precedens je nahrazen jiným, je-li nové řešení zdůvodněně lepší.

příležitost osvojit si způsoby odborného myšlení v příslušné vědecké oblasti (Pachmann & Hofmann, 1981; Beneš et al., 2015).

Přírodovědný edukační experiment (dále též jen *experiment*) splňuje nároky na integritu výuky, jestliže skloubením cílů, obsahu a činností umožňuje žákům oborově myslet a nabývat tzv. přírodovědnou gramotnost (srov. Faltýn, Nemčíková, & Zelendová, 2011).¹⁵ To znamená, že žáci při experimentaci mají porozumět souvislostem mezi (a) pozorovaným přírodním procesem, (b) experimentálními zásahy do něj a (c) mentálními konstrukty, které přírodní proces vědecky vysvětlují (srov. Pachmann & Hofmann, 1981).

2.2 Konstrukce experimentu ve výuce v oborovém kontextu

Obsah experimentu má být ve výuce *sémanticky, logicky i chronologicky* uspořádán tak, aby vyhověl nárokům na *ontodidaktickou korektnost* (soulad s pravidly vědy) i na *psychodidaktickou přístupnost* (ohled na žákovské předpoklady). Metodicky tradované rozvržení experimentu má tyto konstitutivní složky (srov. Pachmann & Hofmann, 1981): motivace, teoretická příprava, praktická příprava, sledování průběhu, vyvozování závěrů. Mají sice časový rozměr, ale bez omezení na jedinou fázi experimentace, v reálné výuce tedy nemusí mít lineární časovou posloupnost.

Motivace k experimentování má být co možno vnitřní, založená na kognitivní aktivizaci žáků při úvahách nad přírodovědným fenoménem. Úvahy jsou založeny na spojování faktického pozorování jevů (nebo jejich modelů) s pojmovým uchopením (srov. Slavík & Janík, 2007; Škoda & Doulik, 2006). Tím se vytvářejí příležitosti pro to, aby žáci na základě experimentace sice vycházeli ze své přirozené empirické zkušenosti, ale postupně ji opouštěli ve prospěch rozvoje tzv. *instrumentální zkušenosti*. Tímto termínem označuje Kvasz (2015, s. 24, 72–88) zkušenost „úplně nového druhu“, která se utváří prostřednictvím instrumentů – symbolických a faktických nástrojů vědeckého poznávání (instrumentem v tomto smyslu je např. chemický vzorec, chemická rovnice, přístroj měřící pH).

Hlavní společnou funkcí přípravných složek (teoretické a praktické) je *operacionalizace*.¹⁶ V ní se překlenuje hranice mezi deduktivní teoretickou úvahou a empiricko-výzkumnou procedurou tím, že se intuitivní, deduktivně založené pojmy překládají do jazyka empirických ukazatelů. To směřuje k navržení hypotézy o vztazích mezi proměnnými a ke způsobu jejího ověřování, čímž se rozvíjí instrumentální zkušenost. Návrh hypotéz a jejich ověřování se opírají o *zdůvodněnou sémanticko-logickou strukturu vztahů mezi pozorovatelnými jevy a pojmovými konstrukty*, jak podrobněji objasníme později.¹⁷

¹⁵ Přírodovědná gramotnost je vymezena jako schopnost žáka pozorovat přírodní fenomény a experimentovat podle metodologických pravidel přírodních věd.

¹⁶ Podle Lazarsfelda (1959, s. 483–484).

¹⁷ Postup se v principu řídí popperovským pojetím vědy (srov. Slavík & Janík, 2007, s. 267–268), které vyzdvihuje úlohu dedukce ve spojení s požadavkem, že „empirický vědecký systém musí dovolovat své vyvrácení zkušeností“ (Popper, 1997, s. 20). Podle Poppera musí být vědecká tvrzení empiricky ověřitelná, a tedy i falzifikovatelná prostřednictvím pozorování nebo experimentování.

Samotné provedení experimentu má být spojené s pozorováním a záznamem zjištěných údajů takovým způsobem, aby žáci sami mohli objevovat souvislosti mezi pozorovaným přírodním procesem, experimentálními zásahy do něj a mentálními konstrukty, které přírodní proces vědecky vysvětlují. Na základě toho mohou být v kontextu instrumentální praxe daného oboru vyvozovány závěry, případně je upravována počáteční hypotéza (Pachmann & Hofmann, 1981; Beneš, 1999).

2.3 Kontext výuky

Objektem analýzy je vyučovací hodina ve střední odborné škole (SOŠ) nechemického zaměření¹⁸, kde je přírodovědné vzdělávání v RVP řazeno mezi všeobecně vzdělávací obory. Je proto zvláště příhodné pro konceptovou analýzu prostřednictvím MHS zejména díky důrazu na provázanost tematické a konceptové vrstvy. Cílem takto zaměřeného vzdělávání (interpretovaným v kompetenční vrstvě MHS) je „... naučit žáky využívat přírodovědných poznatků v profesním i občanském životě, klást si otázky o okolním světě a vyhledávat k nim relevantní, na důkazech založené odpovědi“ (RVP OA, 2007, s. 25).¹⁹ Žádá se tedy porozumění pojmům, jejich vzájemným souvislostem a jejich vztahům k pozorovaným fenoménům. Na rozdíl od výše probíraného „nulového stupně“ se formulace cíle v kurikulu nemůže vymknout určitému pojetí kultury vyučování a učení a zde je zjevně příkloněna k jejím „novým“ či „produktivním“ trendům. Totéž však platí i pro samotné pojetí naší analýzy; také ona není a nemůže být hodnotově neutrální, protože je zacílena na zvyšování kvality výuky s respektem k aktuálnímu vývoji kultury vyučování a učení. Vyplyvá to již z výše uvedeného důrazu metodiky 3A na obecný cíl učit se s porozuměním a na základě dorozumění.

Analyzovaná výuková situace byla realizována v roce 2015 ve výuce chemie v 1. ročníku obchodní akademie, ekonomického lycea, s většinou žáků ve věku 15–16 let. Vyučovací jednotky se účastnilo dvacet žáků. Výuka je obsahově zaměřena na téma *solí*, konkrétně na *jedlou sodu* jako zástupce solí používaných v běžné praxi. Zahrnuje též koncepty kyselin, zásad a jejich vzájemnou reakci – neutralizaci – spojenou se vznikem solí, protože cílem chemického myšlení je porozumět vlastnostem látek, jejich přípravě nebo výrobě a průběhu, resp. mechanismu jejich reakcí. Experimentace ve výuce využívala bezpečných chemických látek, a tak obohatila vlastní badatelské aktivity žáků šancí *poznávat rozdíly mezi přirozenou zkušeností a instrumentální zkušeností oboru*. Autorkou učebních úloh v jádru analyzovaných výukových situací je učitelka realizující pozorovanou výuku.

¹⁸ Na středních odborných školách nechemického zaměření chemie před kurikulární reformou (rok 2009 a dále) většinou nebyla vyučována. Situace je tak z hlediska vzdělávacího obsahu, odbornosti vyučujících, vybavení pomůckami i motivací žáků učit se chemii velmi specifická. Protože ale žáci SOŠ nechemického zaměření tvoří mezi středoškoláky většinu (asi 75 %: Vojtěch & Paterová, 2014), je zapotřebí upozorňovat i na tuto problematiku a nevnímat výuku středoškolské chemie pouze jako výuku chemie na gymnáziu (Rusek, 2013).

¹⁹ V *Rámcovém vzdělávacím programu pro obor vzdělání 78-42-M/02 Ekonomické lyceum* je na vzdělávací oblast *Přírodovědné vzdělávání*, do něhož je zařazeno i *Chemické vzdělávání*, přiděleno deset vyučovacích hodin za týden (RVP *Ekonomické lyceum*, 2007). Zpravidla je tak chemie vyučována ve dvou vyučovacích hodinách v 1. a 2. ročníku (Rusek, 2013).

**Obsahové východisko výuky –
klíčové pojmy konceptové vrstvy MHS**

Označení *sůl* je didakticky podnětné tím, že je jinak pojímáno v běžném laickém jazyce (tj. jako složka tematické vrstvy MHS v kontextu přirozené empirické zkušenosti) oproti odbornému názvosloví v chemii (tj. oproti pojmům konceptové vrstvy MHS spjatých s instrumentální zkušeností), v němž je jeho obsah vymezen mnohem přesněji a jeho rozsah je širší: výuka zaměřená na soli od žáků vyžaduje znalosti o chemických reakcích, prvcích, kyselinách a zásadách a porozumění chemickým konceptům *kyselý roztok, zásaditý roztok, neutralizace, pH*.

Ohniskem vzdělávacího obsahu (odvozeným z konceptové analýzy oborového kontextu) je *reakce kyselých a zásaditých látek – neutralizace*. Touto reakcí totiž vznikají soli v chemickém slova smyslu, takže koncept *neutralizace* představuje spojnici mezi všemi klíčovými koncepty obsahového jádra analyzované výuky. V jejím učebním prostředí je proto *neutralizace jádrovým konceptem* experimentu, který má neutralizaci demonstrovat a usnadnit žákům její pochopení.

Porozumění chemické podstatě procesu neutralizace se musí poznatkově opřít o teoretický chemický kontext a s ním spjatou instrumentální zkušenost, tj. o *teorii reakcí mezi dvěma druhy látek: kyselých a zásaditých*. Kyseliny jsou schopny odštěpovat vodíkový kationt (H^+) a zásady (báze) vodíkový kationt přijímat.²⁰ Při vzájemné reakci kyseliny a zásady dochází k odštěpování vodíku kyseliny (tím vzniká aniont kyseliny). Přitom je vodík přijímán zásaditou látkou, dochází k vzniku vody a sloučením aniontu kyseliny a volného kationtu zásadité látky k vzniku soli. To je podstata obsahu a rozsahu chemického pojmenování *sůl*.

**Obsahové východisko výuky – klíčové pojmy mezi konceptovou
a tematickou vrstvou MHS**

Přírodovědný edukační experiment by měl u žáků rozvíjet instrumentální zkušenost, a měl by jim tedy pomoci k porozumění pojmové struktury chemického odborného jazyka skrze její návaznost na pozorování chemických procesů. Učivo o jedlé sodě je toho dobrým příkladem. „Praktickou“ složkou obsahu (spadá do tematické vrstvy MHS) je zde měření pH. Pro měření pH v domácnosti (např. půdy, vody v bazénu, akváriu) se užívají univerzální pH indikátorové papírky, které s poklesem pH v kyselém prostředí získávají syté červenou barvu, v neutrálním prostředí ($pH = 7$) jsou oranžovookrové, v zásaditém prostředí zelené až modré.

Takto změřit pH zvládne i laik. Bude-li však chtít klást otázky a hledat na důkazech založené odpovědi, neobejde se bez odpovídající míry znalosti chemického konceptu pH.²¹ Na úrovni školních znalostí je pH číselná hodnota udávající *míru kyselosti* nebo *zásaditosti* vodného roztoku. Tím žáci získají nástroj, jak v praxi

²⁰ Teorií kyselin a zásad jako odborného kontextu pro tvorbu učebních úloh anebo jejich konceptovou analýzu je několik. Ve školní praxi se nejčastěji využívá teorie Brønsted a Lowryho (Ebbing & Gammon, 2010), kterou zde též používáme.

²¹ Z odborného chemického hlediska je hodnota pH číslo získané jako záporný dekadický logaritmus koncentrace oxoniových kationtů (hydronia) – iontů vzniklých protonizací vody, tj. H_3O^+ . Tato speciální chemická znalost samozřejmě nevstupuje přímo do učebního prostředí výuky, nejde-li

80 pozorovat vzájemné reakce kyselých a zásaditých látek a chemický fenomén *neutralizace* tak, aby mohli navrhnout experimenty a hypotézy k nim, porozumět jejich smyslu a operacionalizovat svoje poznatky.

3 Popis a analýza vybrané výukové situace

Popis vybrané výukové situace ve spojení s didaktickou analýzou má ukázat, jak se v učebním prostředí výuky utvářejí vzájemné vazby mezi *obsahem zkušenosti žáků* (reprezentovaným tematickou vrstvou MHS) a *obsahem odborných pojmů* prostřednictvím přírodovědného edukačního experimentu. Metodika 3A se přitom zaměřuje na situační momenty, jež jsou ve vybraném ohledu kritické pro integritu výuky.²² Pro analýzu zde proto vybíráme jen ty, které ilustrují vznik a důsledky *didaktických formalismů* (utajené poznávání, odcizené poznávání) a jsou podnětné pro hlubší porozumění tvorbě učebního prostředí. K nim se vztahují názvy kapitol.

3.1 Látka versus vlastnost: potíže s operacionalizací

Rozumět souvztažnosti mezi pozorováním a jeho výkladem vyžaduje operacionalizaci: porozumět vazbě mezi pojmy a pozorovanými změnami stavů. Prvním krokem k tomu je *rozlišování a identifikace* látek podle jejich *vlastností*. To je nutný předpoklad k dobrému porozumění konceptu *neutralizace*. Nakročení k tomuto cíli je ilustrováno v následující situaci, která otevírala experimentační fázi výuky (U – učitelka, Ž – žák, ŽŽ – žáci, ... – vypuštěná část transkriptu):

U: No, a teď povídejte. Co to teda před váma leží na lavici?... (Učitelka i v šumu třídy slyší odpovědi a s pokyvováním hlavy je opakuje.) Sůl, cukr.

U: (po chvíli váhání) Dobře, tak je to... dejme tomu, obecně je to... nějaký prášek. Jakej je ten prášek?...

Ž: Prášek na chemickéj pokus.

Ž: Takovej slanej.

U: Dobře, takže jste zapojili chuť. Jak byste ji popsali, tu chuť?

Ž: Hnusně.

U: Hnusná?

Ž: Slaná.

Ž: Soda.

U: Taková... soda, jasně. A ona to není taková soda, ale dokonce jedlá soda. (Píše na tabuli „jedlá soda“.)

Vyučující příhodně aranžovala vzdělávací situaci tím, že žákům předložila látky k rozlišení. Objevuje se tu však první problém, který může žákům znesnadnit cestu k porozumění. Jde o směšování poznatků o *látce (objektu, substanci)* a o jejich

o profesní přípravu chemiků, ale má být do něj didakticky transformována prostřednictvím učitelovy didaktické znalosti obsahu.

²² Metodika 3A zde čerpá z poznatků v metodice *critical didactic incidents* (Amade-Escot, 2005).

vlastnostech. Učitelka nejprve klade otázku na identifikaci látky („co leží na lavici“). Žáci odhadují druh látky rovnou z přirozené zkušenosti: sůl, cukr. Obcházejí tím elementární podnět k rozvoji přírodovědného myšlení: rozlišit látky *vědomě a systematicky* podle stanovení vlastností. Zřejmě proto učitelka vhodně, byť nepřímo, odmítá žákovskou „odvozovací zkratku“ zvýšením úrovně abstrakce („nějakej prášek“) s poukazem k vlastnosti „být sypký“. Žáci pak opravdu soustředí pozornost na vlastnosti.

Nyní ale nastává kritický moment: učitelka bez důrazu na důležitý rozdíl látka versus vlastnost náhle (v rozporu se svým předchozím odmítnutím odvozovací zkratky) přijme „rovnou správné“ žákovské řešení („soda“), aniž využila příležitost k náhledu na proces identifikace látky (A, B, C...) na základě pozorování a třídění jejích vlastností (A: a, b, c, B: b, c...). Tím žákům znesnadnila pochopení *změn vlastností* při vzájemných reakcích látek. Vinou toho učební prostředí žákům nenabízí srozumitelné spojnice mezi interpretací *pojmu* objektu (soda), stanovením *indikátorů* (bělost, slanost) a konstrukcí *proměnných* (vizuální vlastnosti, chuťové vlastnosti, chemické vlastnosti: kyselost versus zásaditost), které jsou základem přírodovědného myšlení při formulaci hypotéz.

Opomenutím didaktického využití tohoto momentu se ztratila příležitost zabývat se tím, jak se uskutečňuje přírodovědné pozorování, jak se postupným určováním vlastností dospěje k odhadu identity příslušné látky a jak lze tuto identitu vhodnými postupy ověřovat. V této fázi výuky se v učebním prostředí zachází s pojmy v přílišné izolaci od vlastní žákovské instrumentální zkušenosti, takže je pro žáky obtížné pojmům v přiměřené kvalitě porozumět. Je to projev výše zmiňovaného fenoménu „utajeného“ poznávání: žáci sice zacházejí s chemickými látkami, ale bez postačující vazby na rozvoj přírodovědného myšlení a poznávání chemie. Proto analyzovaná situace může být chápána jako kritický bod výuky a jako podnět pro návrhy zlepšujících alterací uvedených níže.

3.2 Mezi zkušeností z pozorování a odborným pojmem: potíže s interpretací experimentu

Výběr dalšího kritického momentu výuky si opět všímá přechodů mezi tematickou a konceptovou vrstvou MHS. Tedy těch mikrostrategií, v nichž se nabízejí příležitosti prohlubovat žákovské porozumění na podkladě spojitosti mezi běžnou, obvykle nereflaktovanou zkušeností a odbornými koncepty. Učitelka v této fázi výuky využívá další z vhodně připravených pomůcek: citron.

U: ... teď se vrátíme k tomu citronu. Co mi můžete říct vo citronu?

ŽŽ: Je kyselej. Kyselej.

U: Je kyselej, jasně. (píše na tabuli) Kyselý. Jak můžeme zjistit tu jeho kyselost?

Ž: Papírkem.

U: Nó, to už je ta vědecktější metoda. (podtrhuje slovo pH papírek na tabuli) Proto tady je. Anebo ho taky můžem...

Ž: Ochutnat.

U: Jasně. (píše na tabuli „ústa“) Takže to je ochutnat. No, takže, zkuste všichni, kdo máte kuráž, zkuste ochutnat ten citron.

V této situaci měli žáci možnost sami zkoušet vlastnost látky – kyselost citronu – a formulovat soud o svém pozorování. Jedná se o tzv. *polaritní soud* (Rickert, 1921, s. 119–120), který dovoluje škálování a podporuje tím rozvoj přírodovědného myšlení.²³ Spojnice od tematické ke konceptové vrstvě MHS se zde nabízí tím, že kyselost citronu lze ochutnat, ale současně i chemicky popsat (koncentrace hydroxoniových kationtů). Také spojnice mezi smyslově registrovanou mírou kyselosti a měřením kyselosti pomocí pH indikátorového papírku je intuitivně dobře srozumitelná. Zároveň je tu však ihned zřejmá odlišnost mezi nástroji určování míry kyselosti (lidský jazyk versus indikátorový papírek).

Zde se nabízí příležitost poukázat na vztah mezi přirozenou a instrumentální zkušeností, tj. vyzdvihnout shodu mezi chemickým zkoumáním a přirozenou zkušeností, ale současně zdůraznit rozdíl mezi nimi. Lze totiž poukázat na kyselé látky s mnohem silnějším („přes míru“), zdraví nebo život ohrožujícím účinkem. A v souvislosti s nimi i na druhý pól chemické škály, který se již zřetelně liší od běžné laické představy chuťových protikladů kyselosti: na hydroxidy (zásadité látky). Tím by učitelka získala oporu pro zopakování škály hodnot pH, která je pak důležitá pro realizaci experimentu, zároveň by zůstala v kontaktu s tematickou vrstvou MHS. Situace měla sice uvedeným směrem dobře nakročeno, ale tuto možnost nevyužila. Proto opět může být pojata jako podnět pro zlepšení.

Poslední, z hlediska našeho výkladu klíčovou etapou popisované výukové situace je samotná reakce kyselin a zásad zkoumaná prostřednictvím přírodovědného edukačního experimentu.

U: No, co dělá kyselej citron v kyselým? Tak a teď' zapátrejte. Co se stane, když zreaguje kyselina se zásadou?

Jirka: Nějaká sloučenina. Se neutralizují.

U: Neutralizují. Výborně. Takže týchletý reakci říkáme jak teda, Jirko?

Jirka: Prosim?

U: Když se neutralizují?

Jirka: Neutralizace.

U: Neutralizace.

Koncept *neutralizace*, který hraje ústřední roli pro porozumění chemickému smyslu experimentu a s ním i celého okruhu učiva, v této situaci sice zazněl, ale bez dostatečného didaktického důrazu. Neutralizaci by žáci měli porozumět jakožto *změně vlastností*, které původně měly látky vstupující do reakce, přičemž zdůvodnění této změny je odborné přírodovědné – chemické. Jestliže si žáci mají „klást otázky“

²³ Polaritní soud formuluje vlastnost využitelnou jako kritérium pro hodnocení (citron je kyselý), a tak dovoluje stupňování, resp. určení míry vlastnosti na škále mezi hodnotovými protipóly (nejkyselejší – nejméně kyselý). Tím se nabízejí dvě didakticky výhodné příležitosti: jednak propojit přirozenou zkušenost a pozorování žáků s koncepty oboru, jednak směřovat k matematizaci zkušenosti s oporou o zjišťování míry (matematizace je založena na stanovení proměnných, v jejichž rámci lze kvantifikovat zjištěné výskyty sledovaného jevu).

a vyhledávat „na důkazech založené odpovědi“, měli by porozumět slovu *neutralizace* jako oborovému konceptu (chemie), jímž je vystižen přesně vymezený přírodní děj: chemická reakce. Tento děj mají žáci umět vysvětlit, mají umět zdůvodňovat průběh experimentu, který ho ilustruje. Jak ale napovídá následující úryvek, ústřední koncept *neutralizace*, na němž vysvětlení závisí, se v diskurzu učebního prostředí do značné míry vytratil: žáci se nesnaží porozumět chemii a přírodovědně myslet, spíše se zabývají podružnými aktivitami. Utváření učebního prostředí tím vykazuje zřetelné příznaky utajeného poznávání a odklání se od svého cíle.

Ž: Paní profesorko, budeme ten citron ještě potřebovat?

U: Jo. Budeme. Protože...

Ž: Von ho celý snědl.

Ž: Já ho mám a nedám. Ten je můj.

U: No, tak, Sára je tady beztak taková opuštěná, tak můžete spolupracovat se Sárrou, abyste to viděli na vlastní voči. Co se stane. Protože my tu neutralizaci provedeme přímo na svých lavicích.

Jirka: Já jsem ji právě provedl.

U: Jo? A jak jste to proved', Jirko?

Jirka: Prostě přidám trošku sody, zamíchat.

U: Protřepat.

Jirka: Protřepat, nemíchat.

U: (jen pro Jirku a jeho souseda) Jak jste to proved'? (Jirka ukáže.)

Přestože se v komunikaci objevují odborné pojmy, chybí v ní jejich didaktické propojování a důrazy, které by vyzdvihly hlavní myšlenkovou linii výuky a usnadnily žákům porozumění. Žáci nemají v učebním prostředí podněty vytvořit si vlastní hypotézu, protože rozhovor se odehrává v přílišných zkratech, takže nesleduje logiku přírodovědného myšlení v rekurzivním sřetězení *látka – zjištění vlastností – stanovení proměnných – hypotézy o vztazích mezi proměnnými*. Právě vytváření hypotézy by však žáky vedlo k diskusi nad průběhem klíčového děje – neutralizace – s oporou v doposud získaných znalostech.

Návrh hypotéz v přírodních vědách se opírá o stanovení *proměnných (znaků)*, které budou uváděny do vzájemných vztahů. Těmito proměnnými jsou chemické vlastnosti látek vstupujících do neutralizační reakce; v tomto případě tedy *kyselost* (vlastnost a) – *zásaditost* (vlastnost b). Jestliže Jirka říká, „přidám trošku sody“, je to zárodek formulace *kauzální hypotézy*: jestliže látka A s vlastností a vstoupí do reakce s látkou B s vlastností b, pak vlastnost vzniklé látky bude...? Tato příležitost propojit žákovské zkušenosti s chemickým myšlením tu však nebyla využita.

U: No, takže tenhle postup rozšíříme do celé třídy, takže teď vemte špetku, do špetky, a... tak... a teď přiložte na ten zasypanej, zasolenej, zasodovanej citron taky pH papírek. Co se stalo?

ŽŽ: Zelená.

U: Zelená, jasně. A nereagoval ten citron před tím kysele?

Zde učitelka předpokládá, že žáci uvažují odborně chemicky a pod červenými odstíny vnímají kyselou látku, pod zelenými až modrými zásaditou látku. To však

84 podle jejich reakcí není jisté, protože označení indikační barvy žáci sami nepropojují s příslušným stupněm pH, o něm mluví jen učitelka. Tento moment může být příznakem odcizeného poznávání. I v dalším průběhu žákyně sice správně odpovídají na dotaz o vztahu mezi hodnotou pH a kvalitou chemického prostředí, ale opět bez příležitosti prokázat, zda této souvislosti dost dobře rozumějí při konkrétní instrumentální činnosti.

U: Tady holkám se to povedlo úplně skvěle. Tady to ani nezezelenalo. Když se podíváme na tu škálu. Když se podíváte na tu škálu, holky, tak vám se povedlo, ten papírek vlastně je vlastně, jakéj? Když je... Když je ta hodnota 7, tak je to prostředí?

Ž: Neutrální.

U: Neutrální, skvěle.

Z pokračování průběhu experimentu je zřejmé, že pozornost žáků přitáhl nejvýraznější jev: změna barvy pH indikátoru. Tím se však žákovské poznání omezilo na zavádějící zjištění, že se indikátorový papírek zbarví zeleně (protože do reakce vstoupilo příliš mnoho sody), ačkoli základem porozumění měla být sledovaná reakce a teprve od ní odvozená kauzální souvislost k zbarvení indikátoru. V učebním prostředí zde chybí účinné didaktické podněty k logickému provazování kauzálních poznatků: jestliže *kyselá* látka vstoupí do reakce s látkou *zásaditou*, pak dochází k *neutralizaci*. To je podstatné pro kvalitu přírodovědného porozumění chemickému smyslu experimentu.

Ke kauzalitě, kterou je možné v experimentu sledovat, se učitelka vrátila, ale příliš pozdě: „Nereagoval před tím citron kysele?“ Vysvětluje pak snížení pH a vzdvihuje výsledek žákyň v první lavici, které zřejmě použily optimální množství sody, takže pH papírek oranžovou barvou signalizoval neutrální pH (7). Přitom však v diskurzu učebního prostředí chybí vysvětlení pro pozorované odchylky (zeleně zbarvený pH papírek) a vlastně i pro správný výsledek žákyň z první lavice. Ukazuje se tak chyba v operacionalizaci z úvodu. Žáci se při experimentu zajímají o pozorované jevy, které nejsou pro vysvětlení klíčové (šumění uvolňovaného oxidu uhličitého), ale chemický smysl děje jim uniká – opět se jedná o příznak utajeného poznávání.²⁴

3.3 Návrh alterací

Návrhy alterací vycházejí z výše uvedené konceptové analýzy kritických událostí výuky. Dezintegrujícím činitelem v učebním prostředí byla ztráta inferenční vazby mezi jádrovými koncepty jednotlivých vrstev MHS způsobující didaktické formalismy „utajené poznávání“, „odcizené poznávání“. Procesy *abstrahování*, *generalizace* a *operacionalizace* vinou toho unikaly pozornosti žáků, motivace a porozumění byly oslabeny. Vypovídá to o nedostacích v didaktickém promyšlení učiva (srov. Štech, 2003, s. 81–84) na podkladě jádrového obsahu – klíčových konceptů, které organizují průběh výuky (Janík et al., 2013, s. 22–27).

²⁴ Z rozhovorů lze interpretovat, že žáci nerozumějí vztahům mezi pojmy *kyselina* a *zásada* na podkladě odštěpování, popř. přijímání vodíkového kationtu, průběhu reakce proto nerozumějí.

Jak bylo zdůvodněno analýzou oborového kontextu (kap. 2.3.1), jádrovým konceptem, který v tomto případě měl didakticky organizovat výuku, je *neutralizace*. Na jeho základě lze totiž konstruovat všechny učební úlohy, které vedou žáky směrem k hlavnímu cíli: rozvíjet přírodovědné myšlení, resp. přírodovědnou gramotnost. Koncept neutralizace si měl „přivolávat“ odpovídající poznatky, které žáci mohli sami objevovat a uvádět do souvislostí.

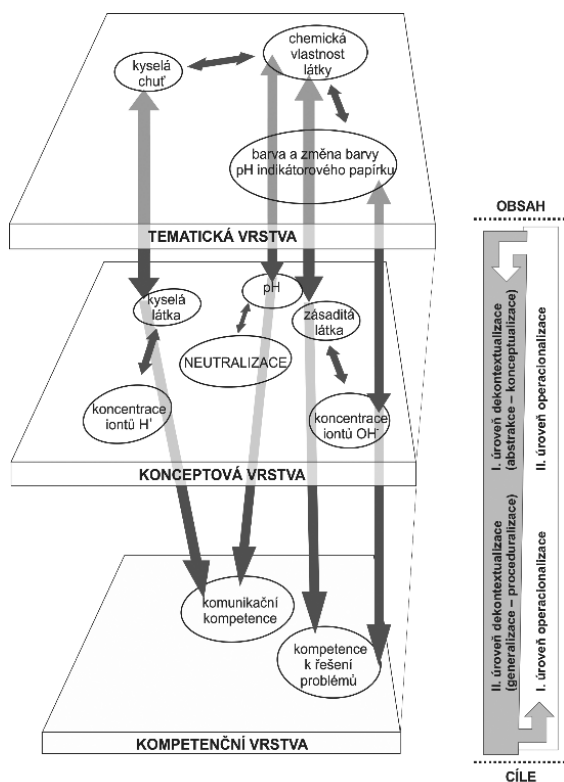
Jak bylo zdůvodněno v analýzách (kap. 2.3.1, 2.3.2 a 3.1), pochopení pojmu *neutralizace* v chemii staví na znalosti *vlastností* kyselin a zásad a na znalosti *změn* těchto vlastností při vstupu kyselin a zásad do vzájemné reakce. Poučky o produktech neutralizační reakce (sůl a voda) zůstanou pro žáky jen prázdnými pojmy a výuka ztrácí smysl pro rozvíjení přírodovědného myšlení (resp. gramotnosti), pokud žáci postrádají představu, jak se chemický základ (složení látky) promítá do pozorovatelných vlastností látek a do jejich vzájemných reakcí.²⁵

Z toho důvodu se alterace pozorované výuky s nárokem na její integritu musí soustředit na budování mentálních vazeb mezi žákovským vytvářením vlastní *představy* o průběhu reakce dvou známých látek, *pozorováním* průběhu experimentu a přírodovědnou (procedurální a deklarativní) *znalostí*. Tedy na utváření instrumentální zkušenosti. Schéma vztahů mezi klíčovými pojmy analyzované výuky, kterými je podmíněno naše zdůvodnění alterace, je ilustrováno konceptovým diagramem modelu hloubkové struktury výuky, který je odvozený ze syntézy kontextu oboru a kontextu výuky získané konceptovou analýzou (obrázek 1).

Analyzovaná výuka nabízela šance k porozumění, protože konstrukce úlohy byla učitelkou dobře promyšlena, potenciální přednosti úlohy se však ve výuce při tvorbě učebního prostředí nedařilo dostatečně uplatnit. Alterace proto může vyjít z didaktických postupů pozorované výuky, ale směřuje k zlepšení zdůvodněnému předcházející konceptovou analýzou. V prvním kroku (srov. kap. 3.1) se jedná o porozumění pojmům *látka (objekt)*, *vlastnost*. Produktivní kultura vyučování a učení požaduje konstruovat pojmy pomocí aktivních činností: *rozlišování*, *sdužování*, *třídění*. Žáci by proto vlastní manipulací – tříděním – měli rozlišit vhodně vybrané látky s ohledem na jejich vlastnosti: barva, tvar, skupenství, chuť. Měli by sami vysvětlovat, na základě čeho látku identifikují. Vysvětlení se musí opírat o *popis vlastností* látky, aby při dialogu se spolužáky docházelo k integraci pojmů z tematické a konceptové vrstvy MHS. Tím v učebním prostředí vznikají příležitosti upevňovat vazby mezi *představou a užitím pojmu v činnosti*.

Jestliže žáci k látce přiřadí určité vlastnosti, učitel je dále vede k používání chemických pojmů. Posouvá tedy pozornost od tematické do konceptové vrstvy MHS se zřetelem k cílům z kompetenční vrstvy. V tomto případě se k tomu dá dobře využít pojem společný pro běžnou zkušenost i chemii: *kyselost*. Jak se ukázalo v analýzách (kap. 3.1, 3.2), to se v pozorované výuce dělo, avšak dezintegrovane, bez logických vazeb k dalším elementům probíraného obsahu a k cílům výuky. Bylo by

²⁵ Na této úrovni přírodovědných, resp. chemických znalostí má jít o porozumění, že v chemicky neutrálním prostředí je koncentrace vodíkových kationtů a hydroxylových aniontů v rovnováze.



Obrázek 1 Konceptový diagram analyzované výukové situace

proto žádoucí ihned poukázat na rozdíl mezi užitím označení *kyselost* v běžné životní praxi (tematická vrstva MHS) oproti jeho užití v přírodovědném oboru *chemie* (konceptová vrstva MHS).

V běžném životě je pojem *kyselost* sdružen s pojmy *sladkost*, *hořkost*, *slanost*, zatímco v chemii má jediný protipól: *zásaditost*. Tím vynikne rozdíl mezi *paritou* chutí (*kyselý*, *sladký*, *slaný*, *hořký*) a *polaritou* chemických konceptů *kyselost*–*zásaditost*. Zároveň vynikne podstatná vědecká výhoda chemického pohledu založeného na stanovení proměnných: lineární škála zde díky konceptu pH umožňuje *měření* hodnot příslušné proměnné, tj. *přesné* určení míry vlastnosti (do jaké míry je látka kyselá, resp. zásaditá). Toto rozlišování mezi běžnou životní zkušeností s fenomény a odbornou instrumentální zkušeností přírodovědného oboru je podstatným východiskem pro didaktický rozvoj přírodovědného myšlení u žáků.

Rozhodující výhodou měření je, že do pozorování vlastností látek vstupuje obecný ekvivalent – *měřitelná veličina*²⁶ (délka, tíha, rychlost, pH) spolu s *nástrojem* (*instrumentem*) *měření*. Hlavní didaktickou funkcí objevu měřitelné veličiny a měři-

²⁶ Veličina je koncept, který určuje měřitelnou kvalitu (spojuje kvalitativní a kvantitativní popis vlastnosti).

cích nástrojů by bylo propojit smyslovou zkušenost žáků z pozorování změny barvy indikátorového papírku s odpovídající chemickou znalostí. Tím by se mělo předejít nebezpečí didaktických formalismů. Prostředkem k tomu je *vzájemná chemická reakce látek A, B*.

V daném případě, kdy je látka A (citronová šťáva) známá a látku B (jedlá soda) žáci snadno sami neurčí, by učitel měl využít přechodu tematická–konceptová vrstva ke *zkoumání a komparaci vlastností látek* na podkladě pozorování ve spojení s měřením pH. Tím dochází k zvědečtění popisu a operacionalizaci pojmů. Bylo by proto namístě didakticky příhodně vyzdvihnout rozdíl mezi zbarvením indikátoru pH v citronové šťávě (kyselost) oproti měření v roztoku jedlé sody (zásaditost).

Opět tu jde o propojení *pozorování, představy, znalosti*, které, jak se ukázalo z analýz, bylo nejproblematictější kritickým místem pozorovaného případu výuky. Pro didaktické zlepšení je důležité dostatečně zdůraznit *logiku změn na stupnici pH*. Žákům zpravidla dělá problém pochopit, že s rostoucí *kyselostí* klesá hodnota pH a naopak.²⁷ Proto je vhodné opakovaně operacionalizovat pojmy *pH, stupnice pH* poukazem na škálu barev indikátoru pH a na pojmy vystihující proces neutralizace: *kyselý roztok, zásaditý roztok, kyselejší roztok, zásaditější roztok, neutrální roztok*.

K upevnění znalostí by v závěrečné fázi experimentace posloužila úloha rozvíjející instrumentální zkušenost žáků: *snižte pH sody* (tzn.: *změňte vlastnost látky*) na hodnotu 8. V souvislosti s *neutralizací* pak konečný úkol doprovázený otázkami: Která hodnota odpovídá neutrálnímu pH? Jakou barvu má při ní pH indikátorový papírek? Jaké množství kyselých a zásaditých látek je v neutrálním roztoku?²⁸ Teprve poté by následoval finální úkol: připravte neutrální roztok smísením jedlé sody a citronové šťávy ve vhodném poměru.

4 Závěr

V době, kdy je chemický experiment na ústupu z praxe výuky vlivem nedostatečného vybavení škol, bezpečnostními omezeními i neochotou učitelů provádět ve výuce experimenty (Beneš et al., 2015; Škoda & Doulík, 2009), je využití přírodovědného edukačního experimentu s dostupnými a bezpečnými látkami jedním z východisek, jak zvyšovat kvalitu výuky. Jednoduché a bezpečné přírodovědné pokusy totiž poskytnou žákům příležitost k objevování přírodních zákonitostí, jsou-li realizovány v té didaktické kvalitě, kterou od nich očekává současná produktivní kultura vyučování a učení (tj. přispívají – v terminologii metodiky 3A – k integritě výuky a brání didaktickým formalismům, zejména fenoménu „utajeného“ a „odcizeného“ poznávání).

²⁷ Samotné měření pH (např. citronové šťávy) je vhodné operacionalizovat: zjišťovat změny pH *podle množství kapek* citronové šťávy přidávaných do roztoku – tím se zlepšuje porozumění pro *kvantifikaci při měření*. Koncept kyselosti roztoku je uchopitelnější a *snižující se hodnota pH při zvyšující se kyselosti* se stane jasnější.

²⁸ Zde se dopouštíme zjednodušení, avšak pro tyto účely tato chyba není podstatná.

Přírodovědný edukační experiment je typem učební úlohy, která didakticky jednoduchým a transparentním způsobem (srov. Trna, 2013, s. 285) umožňuje provázat žákovskou empirickou zkušenost (tematická vrstva MHS) s nabýváním přírodovědných znalostí (konceptová vrstva MHS) prostřednictvím rozvoje přírodovědného myšlení, tj. rozvoje instrumentální zkušenosti. Cestou k tomu je efektivní didaktické využití strukturace obsahu (učiva) pro organizaci poznávací, učební a komunikační činnosti žáků.

V této stati jsme uvedený postup zkoumali metodikou 3A ve výuce chemie. Přitom bylo možné popsat a vysvětlit mnohé *obecně didakticky* závažné momenty vzdělávacího procesu opřeného o přírodovědný edukační experiment. Ukázalo se, že kvalitativním rozbohem mikrostrategií ve výuce *konkrétního předmětu* lze kriticky promýšlet komponenty výuky ohrožené selháváním vinou různých faktorů s *obecnější transdidaktickou platností*. Dokladem toho jsou zobecňující pojmy s velkým přesahem za rámec samotné didaktiky chemie (*látka, vlastnost, operacionalizace, proměnná* atd.).

Jako nejzávažnější se ve sledované výuce projeví nedostatky v *konceptové strukturaci obsahu učebního prostředí*, které ústí do didaktických formalismů a mají negativní důsledky pro kvalitu výuky. Přestože vyučující v analyzované výuce uplatnila leckteré příhodné nápady nebo postupy odpovídající „nové“, „produktivní“ kultuře vyučování a učení, jejich reálný efekt pro tvorbu učebního prostředí byl oslaben. Ve výuce totiž byly omezeny příležitosti k rekurzivnímu postupu mezi formulací hypotéz (spojenou se stanovením proměnných k zjišťování vlastností) a pozorováním změn těchto vlastností (tj. hodnot proměnných) při pokusu. Tím byly zhoršeny podmínky pro návaznost mezi běžnou empirickou zkušeností a zkušeností instrumentální. Rozštěpení těchto dvou typů zkušenosti je příznačné pro výuku zatíženou utajeným poznáváním. V Kvaszově (2016) pojetí genetického konstruktivismu se jedná o narušení principu tzv. *instrumentální ukotvenosti*: empirická zkušenost z jednání a pozorování má být provazována s rozvojem instrumentální zkušenosti zakotvené v symbolizaci (v kontextu příslušného oboru). Současně s tím se výuka vymyká *principu zdůvodnění* (Janík & Slavík, 2009, s. 126): pokud žákova zkušenost není instrumentálně ukotvena, není žák schopen zdůvodňovat procedury a mentální operace spojené s instrumentální praxí.

Výše zmíněné „rozštěpení“ empirické a instrumentální zkušenosti jsme vysvětlili jako problém v integritě výuky, tj. jako nedostatky v sémanticko-logické provázanosti konceptů do integrované struktury. Jde o to, že integrita je nezbytným základem *srozumitelnosti* obsahu (učiva), a tedy i *dorozumění* o něm, které by mělo produktivní kulturu vyučování a učení charakterizovat. K integrované struktuře se žáci nakonec tak jako tak musí sami dopracovat, aby vůbec mohli porozumět tomu, co ve výuce dělají, aby se o tom mohli dorozumět a aby mohli své poznatky zdůvodňovat v průkazné argumentaci. To jsou klíčové nároky na kvalitu přírodovědného myšlení i přírodovědného diskurzu (a nejenom jeho) v současném vzdělávání.

Za nejvyšší cíl uplatnění přírodovědného edukačního experimentu ve výuce je v současné době pokládána tvořivě badatelsky koncipovaná výuka – *otevřené bádání*

(Banchi & Bell, 2008). Jeho prostřednictvím se u žáků rozvíjejí schopnosti formulovat proměnné a jejich hodnoty, měřit je, tvořit hypotézu, ověřovat ji, až k dosažení samostatnosti v objevování přírodovědných zákonitostí. V učebním prostředí námi analyzované výuky byla badatelská činnost posunuta do nižších pater (tzv. *řízené objevování*), přestože aktivita má pro otevřené bádání potenciál. Kritická transdidaktická analýza reálného učebního prostředí s jeho alteracemi ukázala, na jaké reálné překážky může snaha o dosažení kvalit produktivní kultury vyučování a učení narážet.

Máme za to, a je to mínění plně otevřené diskusi, že snahy o produktivní kulturu vyučování a učení, resp. o badatelský přístup apod., nemohou být plnohodnotné bez didaktických analýz reálné *tvorby obsahu učebního prostředí* jako zdroje didaktických formalismů ve výuce. Tyto analýzy zároveň poskytují náhled na *zárodečné procesy nabývání instrumentální zkušenosti* v příslušných oborech (srov. Kvasz, 2015, s. 72–73). Bez *obsahově* zaměřených analýz se ponechávají jen na učitelské intuici právě ty didaktické postupy, které v praxi rozhodují, do jaké míry je výuka kvalitní a přínosná pro žákovské učení s porozuměním, nikoli jen formální „naučení“ anebo „pohrávání si“ bez skutečné znalosti.

Literatura

- Amade-Escot, C. (2005). Using the critical didactic incidents method to analyze the content taught. *Journal of Teaching in Physical Education*, 24(2), 127–148.
- Banchi, H., & Bell, R. (2008). The many levels of inquiry. *Science and Children*, 46(2), 26–29.
- Beneš, P. (1999). *Reálné modelové experimenty ve výuce chemie*. Praha: PedF UK.
- Beneš, P., Rusek, M., & Kudrna, T. (2015). Tradice a současný stav pomůckového zabezpečení edukačního chemického experimentu v České republice. *Chemické listy*, 109(2), 159–162.
- van den Berg, E. (2013). The PCK of laboratory teaching: Turning manipulation of equipment into manipulation of ideas. *Scientia in educatione*, 4(2), 74–92.
- Brockmayerová-Fenclová, J., Čapek, J., & Kotásek, J. (2000). Oborové didaktiky jako samostatné vědecké disciplíny. *Pedagogika*, 50(1), 23–37.
- Buty, C., Tiberghien, A., & Le Maréchal, J.-F. (2004). Learning hypotheses and associated tools to design and to analyse teaching-learning sequences. *International Journal of Science Education*, 26(5), 579–604.
- van Dijk, E. M., & Kattmann, U. (2007). A research model for the study of science teachers' PCK and improving teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 23(6), 885–897.
- Dillinger, M., Klein, M., Hollý, Š., Horváth, S., Merva, L., Ružička, I., ... Tomeček, O. (1977). *Kapitoly z didaktiky chemie*. Bratislava: SPN.
- Driver, R., & Bell, B. (1986). Students' thinking and the learning of science: A constructivist view. *School Science Review*, 67(240), 443–456.
- Ebbing, D., & Gammon, S. D. (2010). *General chemistry, enhanced edition*. Belmont: Brooks/Cole Cengage Learning.
- Faltýn, J., Nemčíková, K., & Zelendová, E. (Eds.). (2011). *Gramotnost ve vzdělávání: příručka pro učitele*. Praha: VÚP.
- Hopmann, T. S. (2007). Restrained teaching: The common core of didaktik. *European Educational Research Journal*, 6(2), 109–124.
- Janík, T., & Slavík, J. (2009). Obsah, subjekt a intersubjektivita v oborových didaktikách. *Pedagogika*, 59(2), 116–135.
- Janík, T., Slavík, J., Mužík, V., Trna, J., Janko, T., Lokajíčková, V., ... Zlatníček, P. (2013). *Kvalita (ve) vzdělávání: obsahově zaměřený přístup ke zkoumání a zlepšování výuky*. Brno: MU.

- Janík, T., Slavík, J., Najvar, P., Hajdušková, L., Hesová, A., Lukavský, J., ... Švecová, Z. (2011). *Kurikulární reforma na gymnáziích: od virtuálních hospitací k videostudiím*. Výzkumná zpráva. Praha: NÚV.
- Janík, T., & Stuchlíková, I. (2010). Oborové didaktiky na vzestupu: přehled aktuálních vývojových tendencí. *Scientia in education*, 1(1), 5–32.
- Komorek, M., & Kattmann, U. (2008). The model of educational reconstruction. In S. Mielkis-Seifert, U. Ringelband, & M. Brückmann (Eds.), *Four decades of research in science education – from curriculum development to quality improvement* (s. 171–188). Münster: Waxmann.
- Kortland, K., & Klaassen, K. (Eds.). (2010). *Designing theory-based teaching-learning sequences for science education*. Utrecht: CD-B Press.
- Kvasz, L. (2015). *Inštrumentálny realizmus*. Plzeň: ZČU.
- Kvasz, L. (2016). Principy genetického konstruktivismu. *Orbis scholae*, 10(2), v tomto čísle.
- Lazarsfeld, P. F. (1959). Latent structure analysis. In S. Koch (Ed.), *Psychology: A study of a science, vol. 3, Formulations of the person and the social context* (s. 476–543). New York: McGraw-Hill.
- Leach, J., Ametller, J., & Schott, P. (2010). Establishing and communicating knowledge about teaching and learning scientific content: The role of design briefs. In K. Kortland & K. Klaassen (Eds.), *Designing theory-based teaching-learning sequences for science education* (s. 7–35). Utrecht: Flsme.
- Linn, M. C., Davis, M. A., & Bell, P. (2004). *Internet environments for science education*. New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Mareš, J. (2015). Tvorba případových studií pro výzkumné učely. *Pedagogika*, 65(2), 113–142.
- Millar, R. (2009). *Analysing practical activities to assess and improve effectiveness: The practical activity analysis inventory (PAAI)*. York: University of York.
- Pachmann, E., & Beneš, P. (1993). *Didaktika chemie (část obecná)*. Praha: UK.
- Pachmann, E., & Hofmann, V. (1981). *Obecná didaktika chemie*. Praha: SPN.
- Popper, K. R. (1997). *Logika vědeckého zkoumání*. Praha: OIKOYMENH.
- Rámcový vzdělávací program pro obor vzdělání 63-41-M/02 Obchodní akademie*. (2007). Dostupné z <http://zpd.nuov.cz/RVP/ML/RVP%206341M02%20Obchodni%20akademie.pdf>
- Rámcový vzdělávací program pro obor vzdělání 78-42-M/02 Ekonomické lyceum*. (2007). Dostupné z <http://zpd.nuov.cz/RVP/ML/RVP%207842M02%20Ekonomicke%20lyceum.pdf>
- Rickert, H. (1921). *Allgemeine Grundlegung der Philosophie*. Tübingen: Mohr.
- Rusek, M. (2013). *Výzkum postojů žáků středních škol k výuce chemie na základní škole* (Diplomová práce). Praha: PedF UK.
- Shulman, L. S. (1996). „Just in case...“: Reflections on learning from experience. In J. A. Colbert, P. Desberg, & K. Trimble (Eds.), *The case for education: Contemporary approaches for using case methods* (s. 197–217). Boston: Allyn & Bacon.
- Schütz, A. (1953). Common-sense and scientific interpretation of human action. *Philosophy and Phenomenological Research*, 14(1), 1–38.
- Skovajsa, M. (2013). *Struktury významu. Struktura a jednání v současné sociální teorii*. Praha: SLON.
- Slavík, J., Chrz, V., & Štech, S., et al. (2013). *Tvorba jako způsob poznávání*. Praha: Karolinum.
- Slavík, J., & Janík, T. (2005). Významová struktura faktu v oborových didaktikách. *Pedagogika*, 55(4), 336–353.
- Slavík, J., & Janík, T. (2006). Theorie, výzkum a tvorba školy. *Pedagogika*, 56(2), 168–177.
- Slavík, J., & Janík, T. (2007). Fakta a fenomény v průniku didaktické teorie, výzkumu a praxe vzdělávání. *Pedagogika*, 57(3), 263–274.
- Slavík, J., Dyrťová, K., & Fulková, M. (2010). Konceptová analýza tvořivých úloh jako nástroj učitelské reflexe. *Pedagogika*, 60(3–4), 27–46.
- Slavík, J., Janík, T., Jarníková, J., & Tupý, J. (2014). Zkoumání a rozvíjení kvality výuky v oborových didaktikách: metodika 3A mezi teorií a praxí. *Pedagogická orientace*, 24(5), 721–752.

- Slavík, J., Lukavský, J., Najvar, P., & Janík, T. (2015). Profesionální soud o kvalitě výuky: předem a následně strukturovaná reflexe. *Pedagogika*, 65(1), 5–33.
- Škoda, J., & Doulik, P. (2006). Výzkum dětských pojetí vybraných přírodovědných fenoménů z učiva fyziky a chemie na základní škole. *Pedagogika*, 56(3), 231–243.
- Škoda, J., & Doulik, P. (2009). Lesk a bída školního chemického experimentu. In M. Bílek (Ed.), *Výzkum, teorie a praxe v didaktice chemie XIX* (s. 238–254). Hradec Králové: Gaudeamus.
- Škoda, J., & Doulik, P. (2010). *Prekoncepce a miskoncepce v oborových didaktikách*. Ústí nad Labem: UJEP.
- Štech, S. (2003). Brána mysli otevřená. In A. Brabcová (Ed.), *Brána muzea otevřená* (s. 66–85). Praha: JUKO – Open Society Fund.
- Trna, J. (2012). Výuková situace: Setrvačnost těles v jednoduchých experimentech ve fyzice. *Komenský*, 137(4), 39–45.
- Trna, J. (2013). Fyzika: Záhadná setrvačnost těles v jednoduchých experimentech. In T. Janík & J. Slavík, et al., *Kvalita (ve) vzdělávání: obsahově zaměřený přístup ke zkoumání a zlepšování výuky* (s. 284–293). Brno: MU.
- Vojtěch, J., & Paterová, P. (2014). *Vývoj vzdělanosti a oborové struktury žáků a studentů ve středním a vyšším odborném vzdělávání v ČR a v krajích ČR a postavení mladých lidí na trhu práce ve srovnání se stavem v Evropské unii* (s. 48). Dostupné z http://www.nuv.cz/uploads/Vzdelavani_a_TP/VYVOJ2013_pro_www.pdf
- Yin, R. K. (2011). *Qualitative research from start to finish*. New York: The Guilford Press.
- Žák, V. (2008). Zjišťování parametru kvality výuky fyziky. *Pedagogika*, 58(1), 61–72.
- Žák, V. (2014). Kvalita výuky fyziky dvojí perspektivou – porovnání pohledů výzkumníka a učitele. *Pedagogika*, 64(1), 66–80.

PhDr. Martin Rusek, Ph.D., Katedra chemie a didaktiky chemie
Pedagogická fakulta, Univerzita Karlova
M. Rettigové 4, 116 39 Praha 1
martin.rusek@pdf.cuni.cz

doc. PaedDr. Jan Slavík, CSc., Institut výzkumu školního vzdělávání
Pedagogická fakulta, Masarykova univerzita
Poříčí 31, 603 00 Brno
36617@mail.muni.cz

Mgr. Petr Najvar, Ph.D., Institut výzkumu školního vzdělávání
Pedagogická fakulta, Masarykova univerzita
Poříčí 31, 603 00 Brno
najvar@ped.muni.cz