



OBSAH

Výzkumné studie

- Monika Mířka, Ľubomír Held
Miskoncepce pojmov organickej chémie u absolventov základných škôl po školskej reforme na Slovensku 3
- Hana Nováková
Analýza a priori jako součást přípravy učitele na výuku 20
- Michala Opatová, Simona Hybelbauerová
Experimenty s přírodními látkami v chemickém vzdělávání na SŠ – názory středoškolských učitelů 52
- Klára Velmovská
What Knowledge do Slovak Students and Primary Education Teachers Have about the Movements of Celestial Bodies? 65

Přehledové studie

- Ed van den Berg
The PCK of Laboratory Teaching: Turning Manipulation of Equipment into Manipulation of Ideas 74

Miskoncepce pojmov organickej chémie u absolventov základných škôl po školskej reforme na Slovensku

Monika Mĺkva, Ľubomír Held

Abstrakt

Početné výskumy dokazujú, že žiaci majú mylné predstavy v mnohých oblastiach chémie a problémy s pochopením viacerých chemických pojmov. Mylné koncepcie žiakov sú pevne zakotvené v ich kognitívnych štruktúrach, sú trvácne, sú často odolné voči rôznorodým zmenám a nie je ľahké ich odstrániť. Náš článok demonštruje žiacke miskoncepce v oblasti organickej chémie. Článok prezentuje kvalitatívny výskum žiackych predstáv a vedomostí v oblasti organickej chémie realizovaný na slovenských školách. Uvádza mnohé žiacke miskoncepce a zistenia v tejto časti chémie. Predkladá tiež niekoľko odporúčaní pre elimináciu žiackych mylných predstáv v oblasti prírodných vied a pre zefektívnenie procesu ich vyučovania, ktoré by mohli zvýšiť záujem žiakov o štúdium prírodných vied a byť neoceniteľným „motorom“ ich vnútornej motivácie.

Kľúčová slova: organická chémia, miskoncepce, kvalitatívny výskum, prírodné vedy.

Misconceptions of Organic Chemistry Concepts Held by Elementary Students after Slovak School Reform

Abstract

Many research reports have proved that pupils hold misconceptions in majority of chemistry fields and have also problems to understand many of chemical concepts. Misconceptions are strongly anchored in students' cognitive structures, they are durable, resistant to change and not easy to be eradicated. Our contribution demonstrates students' misconceptions in the field of organic chemistry. It presents qualitative research of students' misconceptions and knowledge in the field of organic chemistry conducted at Slovak schools. It specifies many of students' misconceptions and findings in this area of chemistry. It also puts forward several recommendations for elimination of students' misconceptions in the field of science, for making the teaching-learning process more effective and closer to students, to increase their interest toward study of science and their intrinsic motivation.

Key words: organic chemistry, misconceptions, qualitative research, natural sciences.

1 ÚVOD

V posledných desaťročiach bolo vykonaných mnoho výskumov so zámerom zistiť, aké sú predstavy žiakov v chémii. Reprezentatívny prehľad o rôznych žiackych prekonceptoch a miskonceptoch publikovali i Doulík a Škoda (2010). Žiacke prekoncepty a mylné predstavy boli zisťované vo viacerých oblastiach chémie – vo fyzikálnej chémii, anorganickej chémii, všeobecnej chémii, elektrochémii, termodynamike, menej v organickej chémii. Do tejto oblasti smeruje aj náš príspevok. O priebežných zisteniach z našich výskumov sme referovali na konferencii v Smoleniciach (Mlčka, 2012).

Organická chémi sa všeobecne považuje za náročnú oblasť chemického vzdelávania. V protiklade so stredo európskou tradíciou sa jej vyučovanie väčšinou sústreďuje na vyššom sekundárnom stupni, kde sa predpokladá vyššia intelektová a vedomostná úroveň študentov, ktorá je daná vyšším vekom, dĺžkou vzdelávania, ale aj selekciou populácie so zámerom ďalšieho štúdia. Napriek tomu napríklad Rushton et al. (2008) v oblasti organickej chémie zistili, že stredoškólači majú v tejto oblasti chémie mylné predstavy o základných pojmoch a princípoch. Zistili, že niektoré mylné koncepcie v chémii u študentov neustále pretrvávajú, a to od začiatku vyučovania chémie.

Topal, Oral a Özden (2007) sa zaoberali pojmom aromatickosť a aromatickými zlúčeninami v organickej chémii. Výsledky ich štúdie ukázali, že študenti majú mylné predstavy o aromatických zlúčeninách. Zistili, že pojem aromatickosť je v niektorých učebniciach chémie nedostatočne, neúplne alebo nesprávne vysvetlený, a poznatky založené na tomto základnom pojme spôsobujú neskôr ďalšie miskoncepce.

Schmidt (1996) zistil, že stredoškólači majú mylné predstavy o medzimolekulových silách medzi organickými molekulami a nedokážu predvídať relatívne body varu jednoduchých organických zlúčenín. Rozvinul testové otázky, ktoré umožňujú učiteľom získať informácie o naivných predstavách svojich žiakov v tejto oblasti.

Dori a Kaberman (2012) v rámci svojej štúdie vyvinuli špeciálny počítačový program, prostredníctvom ktorého sa žiaci učili tvoriť molekulové a štruktúrne vzorce organických zlúčenín, rôzne modely organických zlúčenín, kde prechádzali z makroskopickej úrovne do mikroskopickej, neprístupnej priamemu vnímaniu. Autori dokazujú, že program pomáha žiakom lepšie pochopiť molekulárne štruktúry a väzby v organických zlúčeninách.

Szu, Nandagopal et al. (2011) skúmali faktory, ktoré ovplyvňujú výkonnosť a výsledky žiakov v organickej chémii. Výsledky ich výskumu naznačujú, že je veľmi dôležité aktívne zapájať žiakov do riešenia problémov a najrôznejších praktických úloh v tomto vednom odbore.

Salah a Dumon (2011) vo svojej štúdi zistili, že študenti majú mylné predstavy o hybridizácii orbitálov, atómových orbitáloch a molekulových orbitáloch. Podľa nich medzery v osvojení týchto pojmov môžu predstavovať prekážku pre zmysluplné pochopenie reaktivity organických zlúčenín.

Simpson (1988) odhalil, že stredoškólači majú mylné predstavy o nukleofilných substitúciách v organickej chémii. Vo svojej štúdi sa zaoberá i tým, ako túto tému efektívne vyučovať.

O dôležitosti základných chemických princípov v organickej chémii hovoria Carrette a Mayo (2011). Vo svojom výskume opisujú mylné predstavy študentov o teórii kyselín a zásad v kontexte organickej chémie.

Sadek, Brown a Wan (2011) navrhli laboratórny experiment pre výučbu základných laboratórnych techník, v rámci ktorého sa žiaci oboznámia s niektorými základnými organickými látkami a ich vlastnosťami.

Smith a Jacobs (2003) poukazujú na to, že v učebniciach organickej chémie je mnoho vedeckých omylov. Vo svojej štúdií skúmali, ako študenti používajú učebnice organickej chémie, hodnotili ich študijné návyky i samotné učebnice.

Bryan (2007) vo svojom výskume, zameranom na predstavy študentov v organickej chémii zistil, že niektoré z mylných predstáv študentov boli spôsobené nesprávnym pochopením výkladu obsahu nájdeného v ich zošitoch, zatiaľ čo ostatných sa dopúšťali učiteľia zovšeobecňovaním a zjednodušovaním výkladu. Identifikácia týchto mylných predstáv môže umožniť učiteľom, aby sa s nimi oboznámili, ale aj premýšľali o vlastných vyučovacích metódach a stratégiách.

Okrem nesprávnej (nevedeckej) žiackej interpretácie sveta (prírodných javov a zákonitostí) a jeho fungovaní, ktorú môžu žiaci nadobudnúť prostredníctvom svojich zážitkov a skúseností, môžu tiež žiacke mylné predstavy vzniknúť i na základe už spomínaného učiteľovho nedostatočného, zjednodušeného vysvetlenia určitej problematiky, ale i z postupu chemického vzdelávania, ako i zo zaužívaných modelov vzdelávania, nevedeckého používania bežných slov, zamieňania modelov a obrazov s realitou, vysvetľovaní chemických javov pomocou submikroskopickej úrovne i ďalších faktorov, ako sú metódy vzdelávania, obsah vzdelávania či učebnice chémie.

Väčšina zahraničných výskumov študuje žiacke mylné predstavy skôr z oblasti všeobecnej chémie či anorganickej chémie. Predstavy a poznatky žiakov z organickej chémie sú vo výskumoch diskutované v menšej miere, čo naznačuje aj vyššie uvedený prehľad. Môže to byť dôsledkom toho, že organická chémia sa väčšinou v zahraničí (anglosaských krajinách) začína vyučovať až na stredných školách, a to v odbornejšom kontexte. Zahraničné výskumy zamerané na organickú chémiu sú preto skôr orientované na študentov stredných a vysokých škôl, a riešia časť *chémie* zaoberajúcu sa *organickými zlúčeninami*, ich získavaním, štúdiom ich štruktúry, priebehom ich *reakcií* odbornejšie, vedeckejšie a menej popisne.

Na Slovensku, podobne ako v iných stredoeurópskych krajinách, sa organická chémia vyučuje už v počiatocnom chemickom vzdelávaní, teda na úrovni ISCED 2. V súčasnosti sa organická chémia začína vyučovať v 9. ročníku na základnej škole. Náročnosť obsahu organickej chémie je zrejme jeden z dôvodov, ktorý spôsobil jej zaradenie až na konci štvorročného chemického vzdelávacieho cyklu. Je súčasťou vzdelávacej oblasti *Človek a príroda* v Štátnom vzdelávacom programe Slovenskej republiky. V 9. ročníku na základných školách a v 4. ročníku gymnázia s osemročným štúdiom sa používa nová učebnica chémie od Vicenovej a Ganajovej (2012).

V rámci organickej chémie sa žiaci na slovenských základných školách oboznamujú s jednoduchými organickými látkami a ich charakteristikou, s väzbovosťou uhlíka a jeho schopnosťou tvoriť rôzne uhlíkové reťazce, s rozličnými uhľovodíkmi a ich základnými reakciami, s derivátmi uhľovodíkov, s prírodnými zdrojmi uhľovodíkov, s rôznymi prírodnými či umelými organickými látkami, ktoré ovplyvňujú život človeka.

Aj napriek školskej reforme, ktorá začala fungovať vo vzdelávacej sústave v Slovenskej republike od 1. 9. 2008, je výučba chémie na ZŠ viac teoretická ako praktická. V slovenských školách i naďalej prevláda deduktívny spôsob výučby chémie (prírodovedných predmetov). Kroky, ktoré boli doteraz v rámci reformy uskutočnené, mali len minimálny dopad na obsah, formy či metódy vzdelávania. Samostatná práca žiakov (realizovaná na základe predpísaných laboratórnych prác) má vo vyučovacom procese prevažne len úlohu verifikačnú, čiže overuje sa všeobecné tvrdenia, zisťujú sa vedomosti žiakov, alebo má iba doplnkový charakter. Na vyučovacích hodinách chémie absentujú: zvýšená aktivita žiakov, experimentovanie, vyjadrenie vlastných názorov či intenzívne diskusie.

Efektívne vyučovanie si však vyžaduje posun roly učiteľa z roly externej autority a jediného zdroja informácií na niekoho, kto sprístupňuje zmysel vedeckých myšlienok a zdôvodňuje ich potrebu. Toto si samozrejme tiež vyžaduje posun v role učiaceho sa z pasívneho prijímateľa informácií na aktívneho konštruktéra svojich vlastných poznatkov. Pri osvojovaní nových vedomostí preto treba klásť dôraz na samostatnú prácu žiakov, vlastné bádanie a objavovanie (konštruktivistický prístup), nielen na pasívne prijímanie hotových poznatkov.

Hoci niekoľko štúdií ukázalo, že bádateľská činnosť žiakov pozitívne ovplyvňuje záujem žiakov a motiváciu žiakov pre štúdium prírodných vied (napr. Rosenthal, 1987; Bean, 1996; Kovac, 1999). Je zvyčajne veľmi ťažké vytvoriť zaujímavú vyučovaciu hodinu s objavnými (induktívnymi) vzdelávacími postupmi poznávania prostredníctvom formálneho vzdelávania. Dôvody, ktoré túto skutočnosť sťažujú, môžu byť: nedostatok času učiteľa, materiálne, technické a metodické nedostatky školy, finančné nedostatky školy, slabá podpora vedenia školy a aj niektoré predsudky učiteľov i žiakov (strach, úzkosť, nechúť, odpor atď).

Mnohé výskumy (napr. Zoller, 1990; Shibley et al., 2010) potvrdzujú, že súčasný stav vedomostí a predstáv žiakov v problematike organickej chémie, ale i v oblasti prírodných vied je nelichotivý. Stále je nedostatok informácií o žiackom vnímaní v tejto časti chémie zaoberajúcej sa organickými zlúčeninami, preto je potrebné vykonávať aj ďalšie výskumy, ktoré by boli zamerané na predstavy a vedomosti žiakov v tejto oblasti, ale i v ostatných prírodných vedách všeobecne.

Naším príspevkom chceme prispieť k odborným štúdiám venujúcim sa žiackemu vnímaniu v oblasti organickej chémie, pričom sa zameriavame na predstavy a vedomosti žiakov slovenských základných škôl o pojmoch a javoch v tejto oblasti chémie.

2 CIEĽ, METÓDY A VÝSKUMNÁ VZORKA

Náš príspevok vychádza zo širšieho výskumu, ktorého cieľom bolo skvalitnenie vzdelávania v organickej chémii, s využitím konštruktivistických prístupov. Pri výskumoch tohto typu sa spravidla mapuje aktuálny stav predstáv žiakov. V našom prípade je táto úloha o to dôležitejšia, že od roku 2008 sa v slovenských školách realizuje obsahová reforma kurikula. Pracovná hypotéza vychádza z celkovej situácie sprevádzajúcej reformu, a to je:

- koncepcná neujasnenosť a nepripravenosť kurikulárnych zmien,
- nezvyklá rozdrobenosť chemického vzdelávania do štyroch ročníkov pri nízkej hodinovej dotácii,
- zaradenie organickej chémie do posledného ročníka, ktorý je tradične sústredený na prechod žiakov na stredné školy, pričom sa hlavný dôraz venuje iným vyučovacím predmetom.

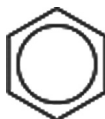
V dôsledku tejto nepriaznivej situácie a pretrvávajúcej praxe transmisívneho vzdelávania očakávame nízku úroveň zvládnutia obsahu organickej chémie žiakmi s početnými miskoncepciami. Charakter a smerovanie týchto miskoncepcií chceme popísať v našom príspevku. Hlavným cieľom nášho výskumu je odpovedať na otázku: aké miskoncepcie súvisiace s organickou chémiou budú sprevádzať absolventov základných škôl pri štúdiu na stredných školách?

Ako hlavnú výskumnú metódu zisťovania konceptov žiakov sme použili fenomenografické interview. Ako doplnkovú metódu zberu dát sme zvolili test s otvorenými

širokými otázkami. Test obsahoval 25 položiek s otvorenými otázkami (otvorené otázky s krátkou odpoveďou a otvorené otázky so širokou odpoveďou). Otázky v teste mali obdobné znenie, ako otázky v skupinovom fenomenografickom interview. Žiaci tak mali znova vysvetliť a objasniť svoje odpovede, čo prispelo k triangulácii údajov. Otázky sú koncipované veľmi široko a všeobecne, aby nenavádzali žiakov na „školské“ odpovede.

Niektoré otázky z testu z výskumu žiackych predstáv a vedomostí o pojmoch a javoch v organickej chémii na slovenských školách:

1. Ako vyzerá uhlík? Objasni.
2. Kde všade sa uhlík nachádza? Objasni.
3. Prečo uhlík môže tvoriť až 14 miliónov zlúčenín? Prečo je to možné? Objasni.
4. Uveď názov zlúčeniny na obrázku. Čo znamená kruh v jej vzorci? Objasni.



5. Koľko atómov vodíka je v molekule metánu? Vysvetli, ako si dospel k tomuto číslu.
6. Koľko atómov uhlíka je v molekule metánu? Vysvetli, ako si dospel k tomuto číslu.
7. Koľko elektrónov má uhlík na poslednej valenčnej vrstve? Vysvetli, ako si dospel k tomuto číslu.
8. Čo je aromatická zlúčenina? Vysvetli.
9. Ktoré zlúčeniny môžeme považovať za aromatické? Uveď príklady.
10. Koľko väzbových je uhlík v organických zlúčeninách? Vysvetli, ako si dospel k tomuto číslu.
11. Čo je fotosyntéza?
12. Čo je potrebné k tomu, aby nastala fotosyntéza?

Celkový čas na vyplnenie testu vrátane pokynov k vyplňovaniu bol 45 minút. Nahrávky interview boli prepísané a konfrontované s výsledkami testov. Dáta z testov slúžili ako komplementárne údaje k vyhodnoteniu interview. Pre zámery tohto príspevku považujeme za postačujúce kvalitatívne spracovanie výsledkov a ich „voľné prerozprávanie“ napriek tomu, že na našom pracovisku máme bohaté skúsenosti aj s veľmi sofistikovaným spracovaním kvalitatívnych výskumov (Orolínová, 2007). Validitu výskumu sme zabezpečili priamym kontaktom s účastníkmi výskumu a citovaním otázok a replík pri analýze transkriptu. Trianguláciu sme zabezpečili opätovným pýtaním sa na jav inak koncipovanými otázkami, a tiež použitím doplnkovej metódy zberu dát – testu s otvorenými otázkami.

Keďže sa organická chémia vyučuje v 9. ročníku základných škôl počas prvého i druhého polroka a deviataci majú tiež množstvo aktivít a povinností, v rámci ktorých sa pripravujú na stredné školy, realizácia výskumu v deviatych ročníkoch

základných škôl by bola časovo aj organizačne náročná a navyše bez časového odstupu od bezprostredných vzdelávacích aktivít z organickej chémie. Preto sme naše zisťovanie sústredili do „nasledujúceho školského roka.“ Dostupnú výskumnú vzorku tvorili žiaci „nasledujúcich“, teda prvých ročníkov stredných škôl v trnavskom kraji. Bolo vykonaných 8 fenomenografických skupinových interview, každého skupinového interview sa zúčastnilo 8 žiakov, celkom sa zúčastnilo 64 žiakov, z toho 31 dievčat a 33 chlapcov. Priemerný vek respondentov bol 15,7 rokov. Skupinové interview bolo pološtruktúrované a trvalo asi 40 minút.

Výskum bol realizovaný na začiatku školského roka na štyroch gymnáziách a štyroch stredných odborných školách v trnavskom kraji, čo približne zodpovedá zloženiu základného súboru žiakov základných škôl. Nepredpokladáme vplyv strednej školy na predstavy a vedomosti žiakov napriek tomu, v záujme dôveryhodnosti uvádzame zoznam zúčastnených škôl:

1. Gymnázium Angely Merici, Trnava
2. Gymnázium Pierra de Coubertina, Piešťany
3. Gymnázium Ivana Kupca, Hlohovec
4. Gymnázium Jána Baltazára Magina, Vrbové
5. Stredná odborná škola, odbor kozmetička – vizážistka, Vrbové
6. Stredná odborná škola, odbor floristika, Rakovice
7. Stredná odborná škola, odbor kuchár – čašník, Piešťany
8. Stredná odborná škola, odbor technika a prevádzka dopravy, Trnava

3 VÝSLEDKY VÝSKUMU

Analýza získaných dát potvrdzujú, že absolventi základných škôl nenapĺňajú dostatočne projektované vzdelávacie ciele z oblasti organickej chémie. „Chemické“ predstavy žiakov sú zaťažené mnohými miskoncepciami. Nižšie v texte uvádzame dominantné žiacke miskoncepcie a zistenia, ktoré vyplynuli z analýzy empirického materiálu.

Organické látky žiaci opisovali hlavne pomocou atribútov a charakteristík zmyslového vnímania, na základe svojich predchádzajúcich skúseností, len veľmi ojedinele žiaci opisovali látky prostredníctvom ich zloženia a existujúcich vzťahov medzi atómami v molekulách a väzieb medzi nimi. I pri vzájomnej komparácii dvoch jednoduchých látok, cukru a soli, žiaci opisovali rozdiely medzi nimi výhradne senzorycky (perceptuálne), bez uvedomenia si časticového zloženia látok a existencie mikrosveta:

„...cukor je sladký, soľ je slaná...“

„...kryštály soli sú menšie ako kryštály cukru...“

„...soľ je belšia ako cukor...“

„...soľ je jemnejšia ako cukor...“

„...cukor je zdravší ako soľ...“

- Pri otázke Ako vyzerá uhlík? zostali viacerí žiaci zaskočení. Niektorí z nich si vôbec nevedeli uhlík predstaviť a iní si tento nekovový prvok predstavovali ako „niečo“ čierne, červené či žeravé, ako plyn či uhlie.
- Niektorí žiaci mali problém s určením väzbovosti atómov v molekulách organických zlúčenín. V niektorých prípadoch väzbovosť uhlíka a ďalších prvkov v organických zlúčeninách iba intuitívne odhadovali.
 - „... uhlík je 6-väzbový...“
 - „... uhlík je 3-väzbový...“
 - „... uhlík môže mať nekonečne veľa väzieb...“
- Väčšina žiakov „vníma“, že v organických zlúčeninách majú uhlíkové atómy schopnosť tvoriť väzby s inými atómami a tiež medzi sebou, že väzby medzi atómami uhlíka môžu byť jednoduché i násobné, a tiež že existujú i cyklické uhľovodíky, ale ich zdôvodnenia a predstavy boli v tomto smere značne naivné a skreslené. Pri zdôvodňovaní a znázorňovaní väzieb uhlíka s inými prvkami mnohí žiaci zabúdali na počet väzieb, ktoré môžu atómy vytvoriť a jednotlivé chemické prvky medzi sebou nezmyselne spájali, čo len potvrdzovalo, že s aplikáciou školou prezentovaných poznatkov majú značné problémy.
 - „... v uhľovodíkoch nemôže byť štvoritá väzba, lebo uhlík by už nemohol nič prijímať...“
 - „... závisí to od elektronegativity daných prvkov, aké tam budú väzby, či jednoduchá alebo tie dvojité...“
 - „... cyklické uhľovodíky sú také, ktoré sa opakujú...“
 - „... uhlík sa môže viazať s viacerými uhlíkmi, lebo uhlík je viacúčelový...“
 - „... pri viazaní uhlíkov môžu vzniknúť viaceré tvary, napríklad tvar oxidu uhličitého...“
- Predstavy žiakov o priestorovom usporiadaní organických látok sú značne skreslené. Väčšina z nich nemala žiadne alebo len mylné predstavy o priestorovom rozložení väzieb v molekulách uhľovodíkov. Priestorový tvar molekúl organických zlúčenín a priestorové rozloženie väzieb v molekulách organických zlúčenín si niektorí žiaci predstavovali prostredníctvom ich štruktúrnych vzorcov a prezentácie ich predstáv boli prevažne dvojrozmerné.
- V chémii sú základnými informačnými jednotkami symboly, vzorce a názvy prvkov a zlúčenín. Niektorí žiaci mali problémy s „čítaním“ značiek chemických prvkov i vzorcov organických zlúčenín, nevedeli, čo niektoré chemické symboly a vzorce znamenajú a tiež ako ich majú interpretovať.
 - „... O₂ sú dve molekuly kyslíka, O je kyslík a dvojka je počet molekúl...“
 - „... O₂ je voda...“
 - „... uhlík má značku U...“
 - „... C₂H₂ je acetón...“
 - „... CH₂=CH₂ je bután...“
- Väčšina žiakov s veľkými ťažkosťami objasňovala pojem štruktúrny vzorec. Viaceré vyjadrenia žiakov ukázali, že nemajú ujasnené základné chemické

pojmy a mnohé chemické pojmy sa učia naspamäť, bez hlbšieho pochopenia súvislostí. Mnohí žiaci nevedeli, čo daný pojem znamená, a aj keď niektorí odpovedali správne, štruktúrne vzorce organických zlúčenín nevedeli znázorniť, alebo ich zaznačili chybné.

„... štruktúrny vzorec znázorňuje štruktúru väzieb v atóme...“

„... štruktúrny vzorec určuje počet väzieb v prvku...“

„... štruktúrny vzorec je rozložený vzorec prvkov a molekúl...“

„... štruktúrny vzorec vyjadruje postavenie látok v molekule...“

„... štruktúrny vzorec znázorňuje počet prvkov v prvku...“

- Žiaci v mnohých svojich vyjadreniach nerozlišovali medzi základnými chemickými pojmami ako atóm, molekula či zlúčenina. V spomínaných základných chemických pojmoch mali žiaci značný zmatok. Väčšina žiakov nevedela, aký chemický dej je chemická reakcia, za chemickú reakciu považovali spôsoby oddeľovania zložiek zmesí, či fyzikálno-chemický proces rozpúšťanie.

„... uhlík je zlúčenina...“

„... O_2 je molekula vody...“

„... síra je žltá zlúčenina...“

„... destilácia je chemická reakcia, kde sa oddelí alkohol od pôvodnej zmesi...“

„... pri chemických reakciách sa mení tvar, skupenstvo, chuť, farba a podobne...“

„... sladenie kávy je chemická reakcia, lebo pridaním cukru vzniká sladká káva...“

„... keď sladíme kávu prebieha chemická reakcia, lebo čiastočky cukru sa rozkladajú v horúcej vode...“

- Mnohí žiaci poznali základné, najjednoduchšie a niektoré známe organické zlúčeniny, ale len niektorí vedeli uviesť aj ich vlastnosti či využitie. Skoro polovica žiakov nepoznala vlastnosti základných organických zlúčenín, alebo si ich zamieňala, či mylne vysvetľovala.

„... etanol je plyn...“

„... etanol je rozpustný vo vode, pretože má menšiu schopnosť pútať si elektróny chemickej väzby...“

„... benzén je zelený plyn a dobré rozpúšťadlo...“

„... benzén sa používa v domácnosti na dezinfekciu rán...“

„... metán je štiplavý plyn...“

„... etán je kvapalina v benzíne...“

„... acetón je smrteľne jedovatý plyn...“

„... benzín sa skladá z ropy...“

„... benzín má v sebe cukor...“

„... benzín obsahuje oxid uhličitý...“

„... uhlie je živočíšny produkt...“

- Pojem nasýtená zlúčenina nechápu žiaci ako zlúčeninu obsahujúcu iba jednoduché väzby medzi atómami uhlíka a pojem nenasýtená zlúčenina ako zlúčeninu obsahujúcu násobné väzby (dvojité, trojité) medzi atómami uhlíka, ale si ich spájajú a objasňujú ich prostredníctvom definície pre nasýtený a nenasýtený roztok, ktorá je však tiež mylná, nekompletná a nesúvislá.

„... nasýtená zlúčenina už viac nemôže prijať iné látky, nenasýtená zlúčenina môže prijímať iné látky...“

„... nasýtené zlúčeniny už nepohlcujú látky, nenasýtené stále pohlcujú látky...“

„... nasýtené zlúčeniny sú také, ktoré nemôžu prijať viac tukov...“

„... nasýtené zlúčeniny už nemôžu prijímať ďalšie sypké látky, lebo už sú nasýtené, to je keď rozpúšťame cukor...“

- Žiaci chápu nesprávne pojem aromatická zlúčenina, pojem si vôbec nespájajú so štruktúrou zlúčeniny a konjugovanými dvojitými väzbami. Odlišujú aromatické zlúčeniny od ostatných zlúčenín iba podľa vône, alebo naopak podľa zápachu.

„... aromatická zlúčenina nemusí len voňať, ale aj smrdieť...“

„... aromatická zlúčenina vylučuje vonnú látku zo seba...“

„... aromatickú zlúčeninu môžeme cítiť...“

„... aromatická zlúčenina je benzín...“

Žiaci tiež neregistrovali rozdiel medzi molekulou cyklohexánu a benzénu, či benzén zaradovali do skupiny cykloalkánov. Väčšina žiakov nevedela vysvetliť, čo znamená kruh v štruktúrnom vzorci benzénu. Aj keď niektorí žiaci pomenovali kruh v štruktúrnom vzorci najjednoduchšieho arénu ako benzénové jadro, ale bližšie tento termín nevedeli špecifikovať a objasniť. Iní žiaci si mysleli, že kruh v štruktúrnom vzorci benzénu predstavuje určitý uzavretý cyklus či dôkaz 6-prvkovej zlúčeniny alebo že je v ňom ukryté benzénové jadro či si kruh predstavovali ako nejaký obal tejto aromatickej zlúčeniny.

- Žiaci mali tiež problém uviesť príklady nebezpečných, zdraviu škodlivých organických zlúčenín. V mnohých výpovediach si organické zlúčeniny zamieňali za zlúčeniny anorganické (CO, CO₂, HCN, KCN, HCl), či za bakteriálne ochorenie (anthrax) alebo mali o účinkoch niektorých organických zlúčenín mylné predstavy. Niektorí žiaci si tiež zamieňali uhľovodíky s derivátmi uhľovodíkov.
- Žiaci mali značný zmätok a mnohé miskoncepce i v enviromentálnych otázkach. Niektorí si zamieňali ozónovú dieru so skleníkovým efektom či nepoznali zlúčeniny, ktoré tieto javy podporujú. Žiaci si boli vedomí rozsahu enviromentálnych problémov, ale len nejasne si ich spájali s konkrétnymi dôvodmi a s konkrétnymi dôsledkami. Ozónovú dieru si žiaci predstavujú skutočne ako dieru v atmosfére a nie ako oblasť stratosféry s oslabenou vrstvou ozónu.
- Väčšina žiakov sa domnievala, že freóny sú nebezpečné a škodlivé vo vyšších vrstvách zemskej atmosféry, pretože v týchto vrstvách môžu reagovať s ozónom. Keďže sa ozón, podľa nich, v najnižšej vrstve zemskej atmosféry nenachádza, freóny s ním nemôžu reagovať, a preto nie sú v troposfére nebezpečné. Žiaci si vôbec neuvedomovali, že so stúpajúcou nadmorskou výškou sa v jednotlivých vrstvách atmosféry mení teplota, atmosférický tlak a tiež chemické

zloženie zemskej atmosféry, čo môže rôzne ovplyvniť vlastnosti mnohých chemických zlúčenín či ich reakcie v jednotlivých častiach atmosféry.

- O procese fotosyntézy mali žiaci množstvo alternatívnych predstáv, ktoré boli v rozpore s vedeckými predstavami. Žiaci si mysleli, že fotosyntéza poskytuje rastlinám energiu, veľa žiakov si myslelo, že svetlo je pre rastlinu dôležitá živina, a že je to reakčné činidlo fotosyntézy, bez ktorého by fotosyntéza nemohla prebiehať. Väčšina žiakov si myslela, že rastliny získajú energiu potrebnú na všetky ich životné procesy priamo zo Slnka alebo z prostredia – z pôdy, vody, či dokonca z oxidu uhličitého.

4 DISKUSIA A POROVNANIE SO ZAHRANIČNÝMI VÝSKUMAMI

Výsledky nami realizovaného výskumu potvrdili, že žiaci-absolventi základných škôl majú z organickej chémie množstvo mylných predstáv: o aromatickosti, o väzbách a molekulových štruktúrach v organickej chémii, o fotosyntéze, ale i o vlastnostiach organických zlúčenín. Zdá sa, že tu popísané miskoncepcie sú len vrcholom ľadovca, ktorého podstatná časť nám zostáva skrytá. Pokúsime sa preto o možných príčinách tohto stavu pouvažovať aj využitím informácií zo zahraničných výskumov.

Viaceré výpovede žiakov ukazujú, že žiaci nemajú jasno v základných chemických pojmoch – atóm, molekula, chemický prvok, chemická zlúčenina, chemická látka, chemická reakcia, chemické zloženie, chemická štruktúra a tiež nechápu mnohé ďalšie chemické pojmy a javy. Driverová (1989) zdôrazňuje, že tieto pojmy sú kľúčové v chémii i submikroskopickom svete a ich zmysluplné pochopenie je veľmi dôležité pre ďalšie vzdelávanie v chémii. Ich nedostatočné chápanie podporuje u žiakov mylné predstavy v rôznych oblastiach chémie. Podobné zistenie uvádzajú aj ďalšie štúdie (McDermott, 1984; Shibley et al., 2010; Cartrette, Mayo, 2011 a i.), ktoré potvrdzujú, že jedným z hlavných dôvodov miskoncepcií v chémii, je nedostatočné a nesprávne pochopenie predchádzajúcich poznatkov.

Analýza získaných dát a mnohé výpovede žiakov ukázali, že žiaci sa mechanicky učia mnohé organické pojmy, ale hlbší zmysel a súvislosti v získaných poznatkoch nemajú. Aj keď žiaci vedeli vymenovať niektoré vlastnosti organických zlúčenín či chemické pojmy a javy z organickej chémie alebo z chémie všeobecne, mnohokrát nevedeli vyslovené pojmy vysvetliť, či si spojiť dané pojmy s inými pojmi a témami, a uviesť medzi nimi súvislosti či logické prepojenia. Žiaci tiež často nevedeli mnohé chemické pojmy a teórie správne aplikovať v praktických otázkach či prepojiť teoretické poznatky s informáciami z praxe.

Možnou príčinou uvedeného stavu môže byť, podľa Holeca a kol. (2010), v školách stále prevládajúci deduktívny spôsob výučby, i napriek realizácii školskej reformy v roku 2008, ale i zotrvačnosť, nielen učiteľov chémie, pri dodržiavaní transmisívnych prístupov k vyučovaniu či používanie učebníc a učebných materiálov, kde prevládajú informácie teoretického charakteru bez dôrazu na praktické uplatnenie zákonov prírody v bežnom živote a praxi. Aj napriek školskej reforme, ktorá začala fungovať vo vzdelávacej sústave v Slovenskej republike od 1. 9. 2008 na všetkých stupňoch a typoch škôl, učebnice chémie obsahujú prevažne úlohy na mechanické opakovanie fráz používaných v učebnici alebo na vyhľadávanie ďalších informácií. Učebnice neobsahujú bádateľské aktivity či problémové úlohy, prostredníctvom ktorých by si žiaci rozvíjali vyššie kognitívne procesy a overovali správnosť pochopenia chemických pojmov a javov či využívali svoje vedomosti v rôznych praktických úlohách.

Bean (1996) a Kovac (1999) zdôrazňujú, že pre organickú chémiu, ale i iné prírodné vedy, je dôležité používanie interaktívnych metód, ktoré podporujú rozvoj logického a kritického myslenia, rozvoj osobnosti či schopnosť riešiť problémy a tiež zvyšujú záujem o chemické (prírodovedné) vzdelávanie. Lynch a Trujillo (2011) v tomto smere vyzdvihujú dôležitosť efektívnych vyučovacích stratégií pre zmysluplné osvojenie si daného učiva, ale i motiváciu učiteľov chémie vo vyučovacom procese. Podľa Rosenthala (1987) je z hľadiska motivácie žiakov i pre ďalšie štúdium prírodných vied dôležité experimentovanie – žiaci musia experiment „zažiť“, čo značne napomáha k zmysluplnejšiemu pochopeniu obsahu chémie i iných prírodných vied.

V súčasnosti sa, podľa Holeca a kol. (2010), na slovenských školách, vo všetkých prírodovedných predmetoch, len vo veľmi malej miere využívajú experimentálne činnosti rôzneho typu. Ak majú žiaci skúsenosti s uskutočňovaním experimentov, vo väčšine prípadov ide najmä o demonštračné experimenty, ktoré realizuje sám učiteľ. Žiacke experimenty sú na slovenských školách skôr výnimkou.

Organické zlúčeniny a ich vlastnosti žiaci zväčša opisovali perceptuálne, na základe svojich predchádzajúcich laických skúseností, alebo len intuitívne, bez racionálneho premýšľania a tiež bez uvedomenia si časticového zloženia látok a existujúcich vzťahov medzi atómami v organických zlúčeninách a väzieb medzi nimi. Žiaci „videli“ len minimálne súvislosti medzi zložením a priestorovým usporiadaním molekúl organických zlúčenín a ich vlastnosťami.

Z mnohých žiackych výpovedí bolo zjavné, že žiaci vnímajú svet, kde prebiehajú rôzne udalosti a procesy, v makroskopickom rozsahu, neuvedomujú si existenciu mikrosveta, dejov a skrytých mechanizmov či chemických procesov, ktoré prebiehajú medzi časticami v mikrosvete. Žiaci sa riadia a fungujú v makroskopickom svete hmoty a je pre nich ťažké robiť presuny medzi makroskopickým a mikroskopickým pohľadom na hmotu. Tieto zistenia sú v súlade i s ďalšími medzinárodnými štúdiami, ktoré dokazujú, že „abstraktno“, ktoré nie je prístupné priamemu zmyslovému poznávaniu, si nevedia žiaci predstaviť a majú problém „presunúť“ svoje uvažovanie z makrosveta do oblasti mikrosveta (Ben-Zvi et al., 1986; Mohan et al., 2009; Kruse, Roehrig, 2005; Tan, Taber, 2009).

Mnohí žiaci mali mylné predstavy o väzbovosti atómov v organických molekulách i o spôsobe viazania atómov v organických zlúčeninách. Taktiež mali skreslené predstavy o priestorovom usporiadaní atómov a väzieb v organických zlúčeninách či silovom pôsobení medzi atómami a väzbami v štruktúre organických zlúčenín. Väčšina žiakov vôbec nevnímala molekuly organických zlúčenín priestorovo a neuvedomovala si pri ich štruktúre tretí rozmer.

Mnohé štúdie na zlepšenie tejto problematiky (Dori, Kaberman, 2012; Lou et al., 2012; Box, 2011) odporúčajú používať na vyučovacích hodinách organickej chémie konkrétne modely molekúl organických zlúčenín a špeciálne počítačové programy, počítačové animácie či audiovizuálne pomôcky, zamerané na modelovanie organických molekúl. Tieto pomôcky a programy, podľa spomínaných štúdií, u žiakov zlepšujú chápanie molekulárnej podstaty hmoty, molekulárnych štruktúr organických zlúčenín a vzťahov vo vnútri ich molekúl, pochopenie niektorých pojmov z organickej chémie či reakčných mechanizmov organických zlúčenín a tiež rozvíjajú priestorovú predstavivosť. Podľa Stullu et al. (2012) konkrétne modely organických zlúčenín či špeciálne počítačové programy, zamerané na modelovanie organických molekúl a práca s nimi, podporujú schopnosť vizualizácie a nahrádzajú zložité žiacke mentálne procesy, čo vplýva na hlbšie pochopenie štruktúry organických molekúl. Pursell (2009) v tomto smere navrhuje namiesto počítačov, ktoré nie

sú v niektorých školách dostupné, využívať tiež papierové kartičky alebo mobilné telefóny.

V prírodovedných predmetoch, teda i v organickej chémii, je vysoká miera abstrakcie a zovšeobecňovania. Mnoho javov a pojmov z organickej chémie nie je prístupných priamemu zmyslovému poznávaniu. Mnohé organické pojmy boli pre žiakov veľmi abstraktné, žiaci mnohé organické pojmy nevedeli vysvetliť či použiť pri objasňovaní určitých javov z organickej chémie.

Reddish (1994), Christian a Talanquer (2012) uvádzajú, že vzhľadom k abstraktnej povahe organickej chémie je dôležité, aby žiaci využívali, podľa Piagetovho modelu kognitívneho vývinu, myslenie dané pre štádium formálnych operácií. Bunce a Hutchinson (1993) v tomto kontexte zistili, že žiaci, ktorí využívajú formálne myslenie majú väčší úspech v organickej chémii, i v chémii všeobecne, a hlbšie rozumejú chemickým pojmom a javom ako žiaci, ktorí uvažujú len v štádiu konkrétnych operácií. Zoller (1993) odporúča pri vyučovaní prírodovedných predmetov používať interaktívne vzdelávacie metódy, ktoré, podľa neho, rozvíjajú vyššie úrovne myslenia ako tradičné vzdelávacie metódy, ktoré kladú dôraz na nižšie kognitívne spôsobilosti.

Žiaci používali na objasnenie organických pojmov a javov mnohé pojmy, zákonitosti a vysvetlenia zo všeobecnej či anorganickej chémie (chemická väzba, nasýtený roztok, hustota, emulzia, rozpúšťadlo, elektronegativita a i.), pričom mnohým pojmom a zákonitostiam z daných vedných odborov nedostatočne rozumeli a nemali medzi nimi hlbšie súvislosti. Pri vysvetľovaní mnohých organických pojmov a javov bola u žiakov zjavná konceptuálna zmätenosť, nesúvislé a nevedecké vyjadrovanie a celková dezorientácia v chemických poznatkoch a ich vzájomných vzťahoch.

Francisco et al. (1998) odporúča v tomto smere využívať na hodinách chémie skupinové diskusie, ktoré, podľa neho, zlepšujú slovné vyjadrenia a celkové komunikatívne schopnosti a tiež porozumenie danému učivu a chemickým pojmom. Lopez et al. (2011) navrhuje používať vo vyučovaní organickej chémie pojmové mapy nielen na diagnostiku žiackych miskoncepcií, ale i na štrukturáciu a opakovanie učiva, čo vedie k zmysluplnejšiemu pochopeniu organických pojmov a ich vzájomných vzťahov.

Barber a Mourshed (2007) tvrdia, že v problematike žiackych mylných predstáv v chémii je nutná produkcia vysoko skúsených učiteľov s úplným pochopením obsahu základných chemických pojmov, aby sa vytvoril kvalitný vzdelávací systém, ktorý slúži potrebám žiakov. Kvalitní učitelia majú významný vplyv na úspech vzdelávacích systémov (Barber, Mourshed, 2007) a tiež na akademickú úspešnosť žiakov (Sanders, Rivers, 1996).

S cieľom riešiť problém žiackych miskoncepcií v chémii, musia byť, podľa Sheehanovej et al. (2011), učitelia pripravení využívať výsledky výskumov o chemických miskoncepciách v praxi a snažiť sa, prostredníctvom nich, miskoncepce eliminovať a odstraňovať. Učitelia musia taktiež dôkladne rozumieť základným pojmom v chémii a mať relatívne málo mylných predstáv.

Štúdia Sheehan, Childs (2011) naznačuje, že vzdelávacie systémy v mnohých krajinách nepodporujú znižovanie mylných predstáv v chémii a konceptuálnu zmenu v kognitívnych štruktúrach žiakov. Vzdelávacie systémy tak produkujú žiakov s vysokým počtom mylných predstáv v chémii a s nízkym pochopením pojmov. Sheehanová a Childs (2011) tiež zistili, že je možné u žiakov zvýšiť úroveň kognitívnych schopností a znížiť počet mylných predstáv v chémii pomocou starostlivo navrhnutých vzdelávacích stratégií a vzdelávacích programov.

V rámci diskusie sumarizujeme spomínané odporúčania a pridávame i ďalšie zlepšenia, ktoré navrhli viacerí výskumníci pre elimináciu žiackych mylných predstáv

v oblasti prírodných vied a pre zefektívnenie procesu ich vyučovania, v niektorých bodoch adresnejšie v oblasti organickej chémie:

- používať interaktívne metódy a experimentovanie, ktoré podporuje rozvoj logického a kritického myslenia, rozvoj osobnosti či schopnosť riešiť problémy a tiež zvyšujú záujem o chemické (prírodovedné) vzdelávanie (Bean, 1996; Rosenthal, 1987),
- zabezpečiť, pri aplikácii inovatívnych prístupov a metód vo vzdelávaní prírodovedných predmetov, rozvíjaní kľúčových kompetencií a vedeckých zručností u žiakov – materiálne, technické a metodické zabezpečenie škôl (Lim et al., 2011),
- oboznamovať žiakov zmysluplne so značnými súvislosťami so základnými chemickými (prírodovednými) pojmami a javmi, aby sa zamedzilo zbytočným žiackym alternatívnym predstavám v oblasti prírodných vied (Shibley et al., 2010),
- používať na vyučovacích hodinách organickej chémie konkrétne modely molekúl organických zlúčenín a špeciálne počítačové programy, počítačové animácie či audiovizuálne pomôcky, zamerané na modelovanie organických molekúl (Dori, Kaberma, 2012),
- vzhľadom k abstraktnej povahe organickej chémie využívať a u žiakov rozvíjať, podľa Piagetovho modelu kognitívneho vývinu, myslenie dané pre štádium formálnych operácií (Christian, Talanquer, 2012),
- využívať na hodinách chémie skupinové diskusie, ktoré zlepšujú slovné vyjadrenia a celkové komunikatívne schopnosti a tiež porozumenie danému učivu a chemickým pojmom (Francisco et al., 1998),
- organizovať dlhodobé kurzy pre budúcich i praktizujúcich učiteľov prírodovedných predmetov pre aplikáciu inovatívnych vzdelávacích stratégií a medzipredmetových vzťahov a väzieb vo vyučovaní prírodovedných predmetov (Loverude et al., 2011),
- produkovať vysoko skúsených učiteľov s úplným pochopením obsahu základných chemických pojmov, aby sa vytvoril kvalitný vzdelávací systém, ktorý slúži potrebám žiakov (Barber, Mourshed, 2007),
- využívať výsledky výskumov o žiackych miskoncepciách v oblasti prírodných vied v praxi a snažiť sa, prostredníctvom nich, žiacke miskoncepcie eliminovať a odstraňovať (Sheehan et al., 2011),
- oboznamovať deti už v predškolskom veku s vedeckým (t.j. primerane objektívnym) poznávaním sveta, v ktorom žijú a to ekvivalentne ich úrovni myslenia. Učiť deti premýšľať nad realitou tak, aby si postupne osvojovali indukčný postup poznávania, ktorý prispieva k rozvíjaniu prírodovednej gramotnosti, logického myslenia či zručností vedeckej práce a komunikácie (Žoldošová, 2006).

5 ZÁVER

V uskutočnenom výskume predstáv a vedomostí absolventov základných škôl o pojmoch a javoch v organickej chémii sme identifikovali určité zistenia, ktoré stručne rekapitulujeme do krátkej a prehľadnej podoby:

- absolventi základných škôl, ktorí sa podieľali na výskume, majú množstvo mylných predstáv z organickej chémie: o aromatickosti, o väzbách a molekulových štruktúrach v organickej chémii, o fotosyntéze i o vlastnostiach organických zlúčenín,
- organická chémia je považovaná žiakmi za náročný vyučovací predmet – obsahuje veľa abstraktných pojmov, má veľký rozsah a náročný obsah jednotlivých kapitol,
- žiaci sa učia mnohé organické pojmy naspamäť bez hlbšieho pochopenia a súvislostí,
- žiaci nemajú jasno v základných chemických pojmoch – atóm, molekula, chemický prvok, chemická zlúčenina, chemická látka, chemická reakcia, chemické zloženie, chemická štruktúra,
- žiaci nevedia pojmy a javy v organickej chémii, ale i v chémii všeobecne prepojiť s informáciami z praxe,
- žiakom robí problémy vyjadrovať sa súvisle a zmysluplne,
- žiaci „fungujú“ v makroskopickom svete hmoty a je pre nich ťažké robiť presuny medzi makroskopickým a mikroskopickým pohľadom na hmotu,
- žiaci nevnímajú molekuly organických zlúčenín priestorovo a neuvedomujú si pri ich štruktúre tretí rozmer,
- žiaci majú zmätok vo viacerých organických pojmoch a pomocou nich nevedia vysvetliť mnohé chemické javy.

V diskusii sme v súvislosti s u nás identifikovanými problémami vo vzdelávaní v oblasti organickej chémie ponúkli prehľad rôznych zväčša zahraničných odporúčaní a zlepšení vyučovania prírodných vied (v niektorých prípadoch adresnejšie organickej chémie), ktoré môžu žiakom pomôcť zmysluplnejšie pochopiť mnohé prírodovedné pojmy a javy a uviesť medzi nimi súvislosti, či prepojiť teoretické poznatky s informáciami z praxe.

Dúfame, že zistené údaje, charakterizujúce stav vyučovania organickej chémie v podmienkach slovenského školského systému, pomôžu nám, ďalším výskumníkom i pedagogickej verejnosti vnímať a následne riešiť problémy chemického vzdelávania.

LITERATURA

BARBER, M., MOURSHED, M. *How the world's best-performing school systems come out on top*. New York : McKinsey & Co., 2007, 56 p.

Dostupné na: http://mckinseysociety.com/downloads/reports/Education/Worlds_School_Systems_Final.pdf

BEAN, J. C. *Engaging ideas: The Professor's guide to integrating writing, critical thinking and active learning in the classroom*. Seattle : Jossey-Bass, Seattle University, 1996, 320 p.

BEN-ZVI, R., EYLON, B., SILBERSTEIN, J. Is an atom of copper malleable? *Journal of chemical education*, 1986, vol. 63, no. 1, p. 64–66.

- BOX, V. G. S. Using molecular modeling to understand some of the more subtle aspects of aromaticity and antiaromaticity. *Journal of Chemical Education*, 2011, vol. 88, no. 7, p. 898–906.
- BRYAN, L. CH. H. *Identifying Students' Misconceptions in 'A-Level' Organic Chemistry*. Innova Junior College, 2007.
Dostupné na: <http://conference.nie.edu.sg/2007/paper/papers/SCI352.pdf>
- BUNCE, D. M., HUTCHINSON, K. D. The use of the GALT (Group Assessment of Logical Thinking) as a predictor of academic success in college chemistry. *Journal of Chemical Education*, 1993, vol. 70, p. 183–187.
- CARTRETTE, D. P., MAYO, P. M. Students' understandings of acids/bases in organic chemistry contexts. *Chemistry Education Research and Practice*, 2011, vol. 12, p. 29–39.
- DORI, Y. J., KABERMAN, Z. Assessing high school chemistry students' modeling sub-skills in a computerized molecular modeling learning environment. *Instructional Science*. 2012, vol. 40, p. 69–91.
- DRIVER, R. Students' conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education*, 1989, vol. 11, p. 481–490.
- FRANCISCO, J. S., NICOLL, G., TRAUTMANN, M. Integrating multiple teaching methods into a general chemistry classroom. *Journal Chemical Education*, 1998, vol. 75, p. 210–213.
- HOLEC, S., KMEŤOVÁ, J., SPODNIAKOVÁ PFEFFEROVÁ, M., RAGANOVÁ, J., HRUŠKA, M. *Testovanie prírodovednej gramotnosti PISA 2006*. Fakulta prírodných vied, Univerzita Mateja Bela, Banská Bystrica, 2010, s. 59–69.
- CHRISTIAN, K., TALANQUER, V. Modes of reasoning in self-initiated study groups in chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 2012, vol. 13, no. 3, p. 286–295.
- KOVAC, J. Student Active learning methods in General Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 1999, vol. 76, p. 120.
- KRUSE, R. A., ROEHRIG, G. H. A Comparison Study: Assessing Teachers' Conceptions with the Chemistry Concepts Inventory. *Journal of chemical education*, 2005, vol. 82, no. 8, p. 1 246–1 250.
- LIM, Ch., TAY, L., HEDBERG, J. Employing an Activity-Theoretical Perspective to Localize an Educational Innovation in an Elementary School. *Journal of Educational Computing Research*, 2011, vol. 44, no. 3, p. 319–344.
- LOPEZ, E., NANDAGOPAL, K., CARDIN, N., SHAVELSON, R. J., PENN, J. H. Validating the use of concept-mapping as a diagnostic assessment tool in organic chemistry: implications for teaching. *Chemistry Education Research and Practice*, 2011, vol. 12, no. 2, p. 133–141.
- LOU, S., LIN, H., SHIH, R., TSENG, K. Improving the effectiveness of organic chemistry experiments through multimedia teaching materials for junior high school students. *Turkish Online Journal of Educational Technology – TOJET*, 2012, vol. 11, no. 2, p. 135–141.

- LOVERUDE, M. E., GONZALEZ, B. L., NANES, R. Inquiry-Based Course in Physics and Chemistry for Preservice K-8 Teachers. *Physical Review Special Topics: Physics Education Research*, 2011, vol. 7, no. 1.
- LYNCH, D. J., TRUJILLO, H. Motivational Beliefs and Learning Strategies in Organic Chemistry. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2011, vol. 9, no. 6, p. 1 351–1 365.
- McDERMOTT, L. Research on Conceptual Understanding in Mechanics. *Physics Today*, 1984, vol. 37, p. 4–32.
- MĹKVA, M. Miskoncepce žiakov v organickej chémii. In *Aktuálne trendy vo vyučovaní prírodných vied. Zborník z medzinárodnej konferencie Smolenice 15.–17. október 2012*. Trnava : Trnavská univerzita v Trnave, Pedagogická fakulta, 2012, s. 66–72.
- MOHAN, L., CHEN, J., ANDERSON, Ch. W. Developing a multi-year learning progression for carbon cycling in socio-ecological systems. *Journal of Research in Science Teaching*, 2009, vol. 46, no. 6, p. 675–698.
- OROLÍNOVÁ, M. Skúsenosti z uplatnenia zakotvenej teórie pri skúmaní detských a laických interpretácií javov. *Acta Fac. Paed. Univ. Tyrnaviensis, Ser. D*, 2004, č. 8, s. 75–85.
- ROSENTHAL, L. C. Writing across the curriculum: Chemistry lab reports. *Journal of Chemical Education*, 1987, vol. 64, p. 996–998.
- PURSELL, D. P. Adapting to student learning styles: engaging students with cell phone technology in organic chemistry instruction. *Journal of Chemical Education*, 2009, vol. 86, no. 10, p. 1 219–1 222.
- REDISH, E. F. The implications of cognitive studies for teaching physics. *American Journal of Physics*, 1994, vol. 62, no. 6, p. 796–803.
- RUSHTON, G. T., HARDY, R. C., GWALTNEY, K. P., LEWIS, S. E. Alternative conceptions of organic chemistry topics among fourth year chemistry students. *Chemistry Education Research and Practice*, 2008, vol. 9, no. 2, p. 122–130.
- SADEK, C. M., BROWN, B. A., WAN, H. A cost-effective two-part experiment for teaching introductory organic chemistry techniques. *Journal of Chemical Education*, 2011, vol. 88, no. 10, p. 1 431–1 433.
- SALAH, H., DUMON, A. Conceptual integration of hybridization by algerian students intending to teach physical sciences. *Chemistry Education Research and Practice*, 2011, vol. 12, no. 4, p. 443–453.
- SANDERS, W. L., RIVERS, J. C. *Research Project Report: Cumulative and Residual Effects of Teachers on Future Student Academic Achievement*. Knoxville : University of Tennessee Value-Added Research and Assessment Center.
- SHEEHAN, M., CHILDS, P. E. ITS chemistry! An intervention programme aimed at developing thinking skills in chemistry. Paper presented at European Science Education Research Association (ESERA) conference, Lyon, France, Strand 2, available online at: (http://lsg.ucy.ac.cy/esera/e_book/base/ebook/strand2/ebook-esera2011_SHEEHAN_02.pdf), accessed 21/6/12.
- SHEEHAN, M., CHILDS, P. E., HAYES, S. The chemical misconceptions of pre-service science teachers at the University of Limerick: Do they change? *IOSTE-NWE : Contemporary Issues in Science and Technology Education*, 2011.

- SHIBLEY, I. A., AMARAL, K. E., AURENTZ, D., MCCAULLY, R. J. Oxidation and Reduction Reactions in Organic Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 2010, vol. 87, no. 12, p. 1351–1354.
- SCHMIDT, H. J. *Students' Understanding of Molecular Structure and Properties of Organic Compounds*. St. Louis : MO, 1996.
- SIMPSON, P. Organic reaction mechanisms in the sixth form part 1. *School Science Review*, 1988, vol. 70, no. 251, p. 77–82.
- STULL, A. T., HEGARTY, M., DIXON, B., STIEFF, M. Representational translation with concrete models in organic chemistry. *Cognition and Instruction*, 2012, vol. 30, no. 4, p. 404–434.
- SZU, E., NANDAGOPAL, K., SHAVELSON, R. J., LOPEZ, E. J., PENN, J. H., SCHARBERG, M., HILL, G. W. Understanding academic performance in organic chemistry. *Journal of Chemical Education*, 2011, vol. 88, no. 9, p. 1238–1242.
- ŠKODA, J., DOULÍK, P. *Prekoncepce a miskoncepce v odborových didaktikách*. Ústí nad Labem : Univerzita J. E. Purkyně, 2010, 273 s.
- TAN, K. D., TABER, K. Ionization energy: implications of preservice teachers' conceptions. *Journal of chemical education*, 2009, vol. 86, no. 5, p. 623–629.
- TOPAL, G., ORAL, B., ÖZDEN, M. University and secondary school students' misconceptions about the concept of "Aromaticity" in organic chemistry. *International Journal of Environmental and Science Education*, 2007, vol. 2, no. 4, p. 135–143.
- VICENOVÁ, H., GANAJOVÁ, M. *Chémia pre 9. ročník základnej školy a 4. ročník gymnázia s osemročným štúdiom*. Bratislava : EXPOL PEDAGOGIKA, 2012, 142 s.
- ZOLLER, U. Students' misunderstandings and misconceptions in college freshman chemistry (General and Organic). *Journal of Research in Science Teaching*, 1990, vol. 27, no. 10, p. 1053–1065.
- ZOLLER, U. Are lecture and learning compatible – maybe for LOCS – unlikely for HOCS. *Journal of Chemical Education*, 1993, vol. 70, no. 3, p. 195–197.
- ŽOLDOŠOVÁ, K. *Východiská primárneho prírodovedného vzdelávania*. Bratislava : VEDA – TYPI Universitas Tyrnaviensis, 2006, 167 s.

POĎAKOVANIE

Príspevok vznikol aj vďaka prostriedkom projektu 7 FP PriSciNet.

Mgr. Monika Míkva – E-mail: monika.mlkva@gmail.com
Katedra chémie Pedagogickej fakulty Trnavskej univerzity
Priemyselná 4, 918 43 Trnava, Slovenská republika

prof. PhDr. Ľubomír Held, CSc. – E-mail: lheld@truni.sk
Katedra chémie Pedagogickej fakulty Trnavskej univerzity
Priemyselná 4, 918 43 Trnava, Slovenská republika

Analýza a priori jako součást přípravy učitele na výuku

Hana Nováková

Abstrakt

Článek se zabývá výzkumem v rámci didaktického inženýrství tak, jak je zavedeno a rozpracováno v teorii didaktických situací. Zaměřuje se na analýzu *a priori* didaktických situací a na její vztah k přípravám na výuku matematiky v praxi učitelů matematiky 1. a 2. stupně a budoucích učitelů matematiky. V textu je podrobně popsán a analyzován experiment umožňující odhalit a vysvětlit možné příčiny rozdílů jednak mezi analýzou *a priori* podle teorie didaktických situací a přípravami učitelů, a také mezi jednotlivými skupinami učitelů.

Klíčová slova: analýza *a priori*, příprava učitele na výuku, teorie didaktických situací.

A priori analysis as a part of teachers' lesson planning

Abstract

The paper focuses on a research in the domain of didactical engineering as defined and described in the Theory of Didactical Situations. The research enquires into *a priori* analysis of didactical situations and its relationship to the process of lesson planning by primary and secondary in-service and pre-service mathematics teachers. The paper describes an experiment designed and carried out with the aim of pinpointing and giving account of the possible causes of differences between *a priori* analysis and teachers' lesson plans. It also shows and explains differences between primary, secondary and pre-service mathematics teachers.

Key words: *a priori* analysis, lesson plan, theory of didactical situations.

1 ÚVOD

Učitel matematiky by měl ovládat nejen řešení matematických úloh, jejich výběr a didaktickou analýzu, ale měl by je také ve výuce uvést tak, aby dobře stimulovaly myšlenkové procesy žáků. Každou vybranou aktivitu by tedy měl dobře promyslet a naplánovat. V teorii didaktických situací v matematice je analýza a priori popsána jako profesní nástroj, který může učitelům při plánování výuky pomoci. Článek si klade za cíl analyzovat rozdíly mezi tím, co je zařazeno do analýzy a priori v teorii didaktických situací v matematice a skutečností v praxi učitele, vzájemně porovnat přípravy zkušených učitelů a studentů učitelství a ukázat význam a využití analýzy a priori v učitelství praxi.

2 ANALÝZA A PRIORI A PŘÍPRAVA UČITELE NA VÝUKU

2.1 ANALÝZA A PRIORI A TEORIE DIDAKTICKÝCH SITUACÍ V MATEMATICE

Podle Brousseaua (1997, 1998) a *teorie didaktických situací v matematice* (TDSM)¹ je *analýza a priori* jedním z nástrojů, které má učitel při tvorbě přípravy k dispozici. Jejím cílem je co nejpodrobněji odhadnout průběh příslušné výukové jednotky zejména se zaměřením na:

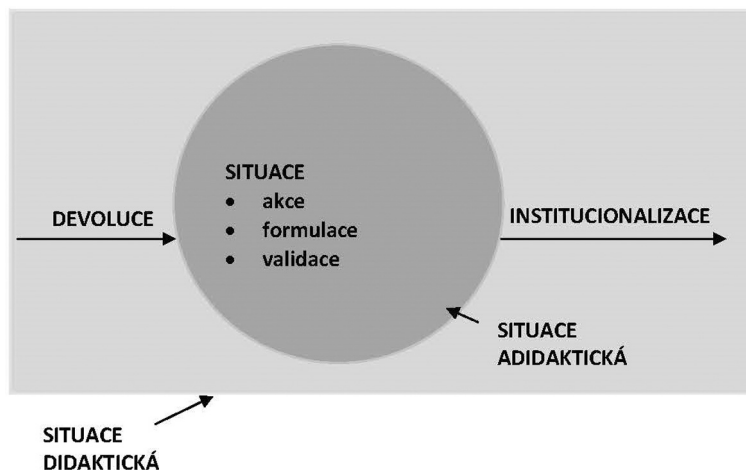
- rozdělení výukové jednotky do jednotlivých fází,
- možné reakce a postoje žáků a reakce učitele na ně (překážky, chyby, jejich případné nápravy a opravy),
- možné strategie řešení úloh (správné i chybné),
- vědomosti a poznatky nezbytné pro jednotlivé strategie řešení.

Analýza a priori má tedy pro učitele velkou informační hodnotu: kromě toho, že mu umožňuje rozmyslet si obsah výuky a způsob, jakým bude onen obsah zprostředkovávat, poukazuje také na případná úskalí hodiny a možné obtíže žáků při řešení úloh.

Pro vysvětlení role analýzy a priori si nejprve připomeneme a objasníme některé základní principy TDSM. Následující odstavce jsou zpracovány na základě těchto zdrojů: Brousseau (2012), Brousseau (1998), Brousseau (1997), Brousseau (1984), Brousseau; Sarrazy (2002), Hrabáková (2005), Nováková (2013), Novotná (2003a, 2003b), Spagnolo, Čižmár (2003).

TDSM vychází z předpokladu, že ke každému matematickému poznatku je možné vymodelovat vždy alespoň jednu odpovídající matematickou situaci. Studuje tedy prvky (logické, matematické, ergonomické), které jsou potřebné pro vytváření takových situací.

¹Autorem teorie didaktických situací v matematice (TDSM) je Guy Brousseau, emeritní profesor na IUFM d'Aquitaine a na francouzské Université Bordeaux II, nositel medaile Felixe Kleina. Na své teorii pracoval již od sedmdesátých let 20. století. V ucelené podobě ji poprvé představil v roce 1986. Postupně se setkala s příznivým ohlasem i za hranicemi Francie. Zpočátku jejímu rozšiřování bránil fakt, že většina prací byla psána pouze ve francouzštině. Tato situace se ale v současné době mění a teorie se šíří do dalších evropských zemí (např. Velká Británie, Slovensko, Česká republika), s velkým zájmem se setkala také ve francouzské části Kanady a dalších frankofonních zemích.



Obr. 1: Schéma didaktické situace podle Teorie didaktických situací

2.1.1 POZNATEK (CONNAISSANCE) NEBO VĚDOMOST (SAVOIR)?

V jazyce TDSM mají pojmy poznatek a vědomost odlišný význam. *Poznatek* je prostředkem pro rozhodování, výběr činností, formulace důkazu apod. Slouží jako nástroj k dosažení vědomosti. Umožňuje volit a měnit strategie řešení problému. *Vědomosti* jsou kulturní a sociální nástroje (prostředky) sloužící k identifikaci, ověření a použití poznatku. Jsou to vlastně *institucionalizované poznatky*.

V situacích, kde pracujeme s vědomostmi, používá žák poznatky jako prostředek, nikoli jako cíl. Jedna formulace může být poznatkem i vědomostí podle funkce, kterou v dané situaci plní.²

2.1.2 TYPY MATEMATICKÝCH SITUACÍ

Matematická situace je soubor okolností a vztahů, ve kterých se žák nachází. Vztahy situaci spojují s jejím prostředím. *Situace* je tedy systém, do něhož vstupuje učitel, žák, prostředí, pravidla a omezení potřebná pro vytvoření daného matematického poznatku.

Rozlišujeme dva typy matematických situací, situaci *nedidaktickou* a *didaktickou*.

Nedidaktickou situací rozumíme takovou situaci, ve které není žádný záměr vyučovat. Jde například o situace z běžného života, kdy se žádné učení neočekává (ale může k němu neplánovaně dojít).

Posláním *didaktické situace* je „někoho něco naučit“. Učitel organizuje plán činností, jejichž cílem je modifikovat nebo vytvořit žakovu znalost³.

Každá didaktická situace by měla podle TDSM obsahovat alespoň jednu *adidaktickou situaci*. Jejím cílem je umožnit žákovi získávat poznatky samostatně (*devoluce*). Tyto poznatky jsou následně shrnuty a rozvíjeny učitelem a stávají se z nich vědomosti (*institucionalizace*).

Adidaktická situace se skládá ze tří etap⁴ (viz obr. 1):

- *Akce* – výsledkem je předpokládaný (implicitní) model, strategie, počáteční taktika.

²**Příklad:** Vědomosti, které žáci získali při řešení kvadratických rovnic, slouží jako poznatek při zjišťování průběhu polynomických funkcí (průsečíky s osami) a zároveň slouží jako poznatek při řešení rovnic s parametrem.

³Pojem znalost budeme používat v případě, že není důvod rozlišovat poznatek a vědomost.

⁴Výpočet se může objevit v kterékoliv etapě.

- *Formulace* – zformulování počáteční strategie a podmínek, ve kterých bude tato strategie fungovat.
- *Ověření (validate)* – ověření platnosti strategie – funguje, nefunguje, získaných výsledků.

Tyto situace mohou být různě řazeny za sebou tak, aby vytvořily proces učení se matematickému poznatku. Např. model formulace – ověření – akce je typický pro klasické hodiny matematiky, kdy situace ověření spočívá např. v provedení důkazu provedeného tvrzení nebo v jeho ověření v nějakém vzorovém příkladu; situace akce pak znamená, že se aplikují vědomosti získané během situace formulace. Tato posloupnost vlastně odpovídá pojetí definice – věta – důkaz – procvičení. Každý matematický poznatek vyžaduje svůj vlastní proces učení se.

2.1.3 PROMĚNNÉ V DIDAKTICKÉ SITUACI

Didaktická situace je řízena proměnnými. Jde o soubor podmínek a omezení, které ovlivňuje sám učitel. Změnou proměnných měníme celou situaci. *Kognitivní proměnná*⁵ je proměnná, pro kterou existují alespoň dvě různé hodnoty, pro něž jsou optimální řešitelské strategie různé. Kognitivní proměnnou nazveme *didaktickou*, jestliže její hodnotu může stanovit vyučující. *Formulační proměnná* se týká formulace zadání úlohy.

2.1.4 ÚKOLY UČITELE

Učitel má v průběhu vyučovacího procesu dva hlavní úkoly. Prvním z nich je uskutečnit proces devoluce (viz obr. 1). Učitel předá část svých pravomocí, jež se týkají vyučování, žákovi. Pro žáka to naopak znamená přijetí části zodpovědnosti za vyučovací proces. V průběhu didaktické situace učitel explicitně nezasahuje do práce žáků, žáci si řídí řešitelský proces sami. Devoluce je předpokladem didaktické situace.

Druhým úkolem učitele je *institucionalizace* vědomostí (viz obr. 1). Tím rozumíme proces, kdy učitel shromáždí poznatky zjištěné žáky a převede je ve vědomosti. Institucionalizace následuje po ukončení didaktické situace.

Podmínkou pro úspěšnou devoluci a následně pro vznik didaktické situace je právě provedení analýzy *a priori*.

Charney (2003) se zabývá analýzou *a posteriori*⁶, tj. analýzou, která se provádí po odučení konkrétní hodiny. Srovnávají se předpoklady vyslovené *analýzou a priori* se skutečným průběhem hodiny. Jejich srovnání umožní např. interpretovat neočekávané strategie a argumenty žáků, odhalit chyby, kterých se dopustili apod.

⁵**Příklad:** Narýsujte čtverec o délce strany 4 cm.

a) Smíte použít jen pravítko a kružítko.

b) Máte k dispozici jen trojúhelník s ryskou a pravítko.

V zadání úlohy se vyskytují následující proměnné:

[Narýsujte] – formulační proměnná.

[délka strany] – kognitivní didaktická proměnná: učitel může zadat délku úhlopříčky čtverce, jeho obvod nebo obsah. Řešení úlohy pak budou odlišná.

[čtverec] – kognitivní didaktická proměnná: učitel může zadat jiný geometrický útvar a změnit se tak konstrukce.

[4 cm] – didaktická proměnná, kterou nepovažujeme za kognitivní. Domníváme se totiž, že změna její hodnoty neovlivní významně strategii řešení.

[jen pravítko a kružítko]; [jen trojúhelník s ryskou a pravítko] – kognitivní didaktické proměnné, změna rýsovacích pomůcek podstatně ovlivní řešitelskou strategii.

⁶Jiní autoři používají termín reflexe.

2.2 PŘÍPRAVA UČITELE NA VYUČOVACÍ HODINU

Podle Harmera (1992) je klíčovou otázkou, kterou by si měl učitel při tvorbě přípravy položit, tato:

Co budou moji žáci pociťovat, vědět, nebo co dokáží udělat na konci hodiny (hodin) oproti tomu, co nepocítili nebo nevěděli nebo nedokázali udělat na začátku hodiny (hodin)? (Harmer, 1992)⁷

Zodpovězením těchto otázek učitel stanoví cíl hodiny. Harmer, podobně jako Obst (2002), zdůrazňuje, že cíl hodiny by neměl znát pouze učitel, ale měli by s ním být seznámeni i žáci, byť implicitně.

Řada autorů se také zabývá otázkou, jak by měla vypadat dobrá příprava. Většinou se shodují v tom, že při přípravě nestačí naplánovat, co budeme učit, ale je nutné rozmyslet, jakým způsobem hodinu zorganizujeme.

Podle Harmera (1992) existují dva hlavní principy dobré přípravy: rozmanitost a flexibilita. Rozmanitost spočívá v široké paletě nejrůznějších aktivit a materiálů tak, aby hodiny byly zajímavé a aby vznikla rovnováha mezi naplánovanými aktivitami, která je pro danou třídu nejvhodnější. Flexibilita se týká především učitele. Jde o schopnost přizpůsobit svůj plán měnící se situaci.

2.2.1 PŘÍSTUPY K PŘÍPRAVĚ

Příprava na výuku je plně záležitostí učitele. Ten si postupně utváří vlastní pojetí pedagogické práce a tím i pojetí přípravy na ni.

Divíšek (1989) uvádí dva často se objevující přístupy k přípravě, které se vyskytují hlavně u začínajících učitelů. Učitel s dobrou odbornou přípravou podcení obtížnost učiva, jeho výklad je povrchní, neodhaluje logické souvislosti a vede k formalismu. Došlo k podcenění metodické složky přípravy. Druhým extrémem je učitel, který detailně propracuje přípravu po stránce metodické, ale bez hlubšího pochopení látky. Podcení tedy složku odbornou.

Podle Obsta (2002) je práce na přípravě náročnou myšlenkovou činností, při které si učitel opakovaně promítá v mysl celou vyučovací jednotku, zároveň okamžitě provádí její úpravy tak, aby odpovídala jeho záměru. Proto se podle Obsta naprostá většina učitelů připravuje písemně. Pracovní řád zaměstnance školy předpokládá jako samozřejmost důkladnou přípravu učitele na výuku, ale nepředepisuje její formu.

2.2.2 UKÁZKY TYPŮ PŘÍPRAVY UČITELE NA VYUČOVACÍ JEDNOTKU

Rys (1975) rozlišuje tři typy přípravy učitele na vyučovací jednotku. První typ nazývá „bleskovou přípravou“. Je vlastně odpovědí na otázky: *Co?* a *Jak?* Druhý typ přípravy odpovídá na otázky: *Co již bylo?*; *Čeho chci dosáhnout?*; *Jak a čím toho dosáhnout?*; *Jaké bude mít tato hodina pokračování?* Třetí typ přípravy je nejnáročnější, jedná se o tzv. *didaktickou analýzu učiva*. V rámci didaktické analýzy učiva učitel nepromýšlí jen cíl, obsah učiva a vyučovací metody, ale zabývá se také zvláštními didaktickými hledisky (např. předchozími znalostmi žáků, způsobem práce, domácím úkolem apod.), výchovnými možnostmi, organizací vyučovací jednotky a jejím časovým rozvržením.

⁷ „What is it that my students will feel, know or be able to do at the end of the class (or classes) that they did not feel or know or were not able to do at the beginning of the class (classes)?“ s. 259. Překlad autorka.

Příprava podle Harmera (1992) je velmi podobná třetímu typu Rysovy přípravy. Harmer se navíc zabývá *popisem třídy* (popis žáků, jejich počet, věk; čas, doba trvání a frekvence hodin, podmínky a zázemí instituce) a *možnými problémy* (v organizaci hodiny, v pochopení úkolu, v porozumění nové látce). Harmer uvádí, že většina zkušených učitelů nepíše takto detailní a komplikované přípravy. Poukazuje ale na užitečnost takové přípravy pro nezkušené učitele. Dále pak v ní vidí zdroj velmi cenných informací pro analyzování hodin.

Hausenblas a kol. (2008) uvádí několik ukázkových lekcí, které mají sloužit jako inspirace pro učitele při práci podle ŠVP⁸. Struktura lekce vypadá takto: *vzdělávací oblast, vzdělávací obor, délka, cíle na úrovni kompetencí*, ke kterým daná vyučovací jednotka směřuje, *cíle na úrovni očekávaných výstupů, průběh lekce, hodnocení*.

Panasuk a Todd (2005) sestavují přípravu na základě *čtyřstupňové strategie*⁹ (FSLP). Učitel nejprve zformuluje cíle výuky, poté rozmyslí, jaký zadá na konci hodiny domácí úkol. Třetím stupněm je příprava rozvíjejících aktivit, které korespondují s cíli a dále napomáhají učení se žáků. V poslední fázi učitel rozmyslí úlohy, jejichž pomocí u žáků zaktivizuje předchozí znalosti, které použijí při učení se nové látce. Hlavním cílem tohoto stupně je propojit u žáků předchozí znalosti s novými informacemi.

2.2.3 VÝZKUMY VĚNOVANÉ PŘÍPRAVÁM

Studie zabývající se přípravami učitelů a budoucích učitelů matematiky nejsou příliš časté. Proto jsou v tomto oddíle zařazeny i některé výzkumy věnované přípravám učitelů a budoucích učitelů jiných předmětů.

Taylor (1970) analyzoval přípravy 261 učitelů literatury, přírodních věd a zeměpisu. Ukázal, že učitelé se soustředí nejprve na obsah výuky, potom k němu vybírají a vymýšlejí situace, které by zaujaly žáky, a nakonec cíle, kterých by rádi ve výuce dosáhli. Znamená to tedy, že cíle, i když jsou velmi důležité, nemusí být vždy stanoveny na začátku.

Zahorik (1975) požádal 194 učitelů různých předmětů od 1. po 3. stupeň školy (z toho 51 učitelů přírodovědných a technických předmětů, matematiky a cizích jazyků), aby popsali postup, jakým tvoří přípravu. Na základě analýzy těchto postupů vytvořil následující kategorie: cíl, obsah, aktivity žáků, diagnostika, hodnocení, instrukce a organizace. Zjistil, že 81 % učitelů staví svoji přípravu na aktivitách žáků, 51 % na obsahu výuky a 28 % na cílech výuky.

Tochon (1989) zkoumá výpovědi učitelů francouzštiny 2. stupně základní školy, jež se týkají jejich způsobu přípravy na výuku. Analyzuje je pomocí *šesti „témat“*, která vycházejí z literatury věnované přípravám. Jde o témata, nad kterými učitelé často přemýšlejí při plánování výuky: obtížnost plánování a nedostatečnost teorií o přípravě výuky, volba výukových metod, adaptace na stále se měnící podmínky, typy a způsoby plánování výuky, tendence k rutině, improvizace. Výzkum byl prováděn formou částečně řízeného rozhovoru s pěti ženevskými učiteli 12–15letých žáků. Jednalo se o zkušené učitele s různými pedagogickými přístupy. Cílem studie bylo zmapovat principy a zvyky učitelů při plánování výuky i významy termínu „plánování/přípravování“ výuky tak, jak je vnímají učitelé. Ukázalo se, že tvorba přípravy je složitý proces. Učitel neustále balancuje mezi teorií a praxí, organizovaností a kreativitou, přísností a uvolněností, intelektuální rovinou a rovinou afektivní, technickým faktorem a faktorem lidským.

⁸Školní vzdělávací program.

⁹FSLP strategy = Four Stages of Lesson Planning strategy.

Ward, Anhalt a Vinson (2003) prováděli výzkum mezi 31 budoucími učiteli matematiky na 1. stupni, kteří právě procházeli kurzem elementární matematiky¹⁰. Cílem bylo zkoumat a zdokumentovat jejich úvahy při přípravě výuky matematiky. V průběhu semestru budoucí učitelé třikrát odevzdávali přípravy na hodiny. Výzkumníci vybrali několik tematických celků, budoucí učitelé měli týden na sepsání přípravy na hodinu tak, aby výuka byla co nejvíce efektivní, tj. aby žáci výuce co nejlépe porozuměli. Po týdně diskutovali své přípravy ve skupinách a měli za úkol společně vytvořit ideální přípravu. Na konci semestru ještě každý vytvořil závěrečnou přípravu. Výzkumníci následně plány analyzovali pomocí modelu *pěti matematických reprezentací*¹¹ a zjišťovali, jaké jsou trendy v jejich používání. Ukázalo se, že v přípravách převládala jazyková reprezentace. Podle autorů studie přispívá využívání všech pěti matematických reprezentací k efektivnímu plánování výuky a žákům usnadňuje porozumění. Navrhují tedy zařadit práci s modelem pěti matematických reprezentací do vzdělávacího programu budoucích učitelů matematiky na 1. stupni.

Zajímavý výzkum provedli Panasuk a Todd (2005), kteří porovnávali přípravy na hodiny s průběhem těchto hodin. Provedli faktorovou analýzu efektivity příprav na výuku, které byly sestaveny na základě strategie FSLP. Výzkumu se zúčastnilo 39 učitelů matematiky na 1. stupni základní školy, kteří absolvovali školení FSLP. Během jednoho školního roku odevzdali 261 příprav. Tyto přípravy byly analyzovány pomocí hodnotící tabulky vytvořené na základě strategie FSLP a na základě pozorování byly porovnávány s reálným průběhem hodiny. Výzkum ukázal, že přípravy vytvořené strategií FSLP napomohly k vyššímu stupni koherence mezi přípravou a skutečným průběhem hodiny.

Mutton, Hagger a Burn (2011) zkoumali, co se britští studenti učitelství učí o plánování výuky a jak se jejich pohled na plánování mění v průběhu prvních tří let praxe. Data získali pozorováním 17 studentů – učitelů angličtiny, matematiky a přírodních věd – a následně též částečně strukturovanými rozhovory s nimi. Po každé odučené hodině zjišťovali, co si učitelé myslí o své přípravě na hodinu, jak průběh hodiny hodnotí. Autoři zdůrazňují, že schopnost plánovat výuku nelze naučit na univerzitě. Ve srovnání se zkušenými učiteli studentům chybí detailní znalosti prostředí, ve kterém se pohybují – specifika žáků a jejich chování, specifika třídy. Z výzkumu vyplývá, že začínající učitelé se učí „jak plánovat“ v průběhu prvních let praxe. Autoři navrhnou opětovné zavedení spolupráce čerstvých absolventů učitelství s uvádějícími učiteli. Přínos vidí především ve společném vytváření plánů a vzájemných hospitacích v hodinách.

Při plánování se učitelé dozvídají řadu nových informací o učení a při výuce se učí lépe plánovat. (Mutton, Hagger, Burn, 2011)¹²

V našem článku se zaměřujeme na přípravy, které si učitel vytváří, protože sám cítí potřebu je mít. Nezabýváme se případem, kdy učitelé mají předepsáno vnějšími institucemi, co musí do přípravy zařadit. Teoretickým rámcem výzkumu je TDSM, konkrétně analýza *a priori*. V první fázi zjišťujeme, které části příprav považují za nutné všichni, nebo aspoň většina zkoumaných učitelů, a ve kterých částech se liší. Sledujeme rozdíly v těchto charakteristikách u učitelů 1. a 2. stupně základní školy a u budoucích učitelů matematiky. Ve druhé fázi pracujeme s konkrétními

¹⁰Elementary mathematics course.

¹¹Model pěti matematických reprezentací podle (Lesh, Post, Behr, 1987), jejichž prostřednictvím probíhá matematická komunikace mezi učitelem a žáky. Jde o reprezentaci konkrétní (manipulativní), jazykovou, symbolickou, obrázkovou a obsahovou (týkající se reálných životních situací).

¹²„It is through planning that teachers are able to learn about teaching and through teaching that they are able to learn about planning.“ s. 413. Překlad autorka.

přípravami učitelů a budoucích učitelů matematiky. Provádíme srovnání s první fází výzkumu a porovnáváme přípravy zkušených učitelů s přípravami studentů učitelství matematiky.

3 PRVNÍ FÁZE VÝZKUMU

Cílem první fáze výzkumu bylo analyzovat rozdíly mezi tím, co je zařazeno do analýzy *a priori* v teorii didaktických situací v matematice a skutečností v praxi učitelů. Dále jsou zde shrnuty pohledy učitelů na jednotlivé složky analýzy *a priori* tak, jak jsou v TDSM zařazeny.

3.1 METODOLOGIE

Pro první fázi výzkumu jsme si kladli tyto výzkumné otázky:

- Jaké informace považují učitelé matematiky za důležité a zařazují je do své přípravy na hodinu?
- Které složky analýzy *a priori* učitelé matematiky zařazují do svých příprav a které považují za zbytečné?
- Které složky učitelé v analýze *a priori* postrádají?
- Objeví se rozdíly v přípravách učitelů a budoucích učitelů?

K získání dat potřebných pro studii jsme sestavili dotazník. Dotazník obsahoval základní údaje o učiteli, tedy pohlaví, stupeň školy a délku praxe. V dotazníku jsou použity otázky s otevřenou odpovědí (otázky 1, 4 a 5) i uzavřenou odpovědí (otázky 2 a 3); použili jsme čtyřbodovou škálu. U všech otázek byl nechán respondentům prostor pro vlastní komentář či doplnění. Dotazníky byly rozesílány v elektronické i papírově podobě.

Nyní se podrobněji podíváme na jednotlivé otázky dotazníku.

- *Otázka 1: Připravujete se na hodinu písemně?*

Vzhledem k tomu, že u každého dotazníku byla známa délka praxe respondenta, umožňuje tato otázka také zjistit, zda a jak vytváření přípravy závisí na délce praxe. Předpokládali jsme, že zkušení učitelé písemnou přípravu využívají méně než začínající učitelé.

- *Otázka 2: Co vaše příprava obsahuje (ať písemná či jiná)?*

Tato otázka se skládá z pěti podotázek, první čtyři jsou vlastně složky analýzy *a priori*: téma hodiny, cíl hodiny, fáze hodiny a časové rozvržení, rozbor jednotlivých aktivit – tato složka je dále rozčleněna do osmi podotázek: způsob práce, pomůcky, které budete potřebovat, pomůcky, které budou potřebovat žáci, předchozí znalosti, postoje a reakce žáků, překážky, chyby a možné problémy, které se mohou u žáků objevit, správné strategie řešení, které mohou žáci použít, nesprávné strategie řešení, které mohou žáci použít. Zajímalo nás, jakou důležitost učitelé jednotlivým složkám přisuzují. Tuto informaci jsme získali na základě čtyřbodové škály odpovědí, ze které učitelé vybírali. V páté podotázce jsme nechali učitelům prostor, aby uvedli další složky přípravy, které náš dotazník neobsahuje. Zde jsme zjišťovali, zda považují analýzu *a priori* za úplnou.

- *Otázka 3: Kolik času trávíte průměrně přípravou na jednu hodinu?*

Zde jsme předpokládali výrazný rozdíl mezi začínajícími a zkušenými učiteli.

- *Otázka 4: Srovnáváte po hodině její skutečný průběh s vaší přípravou? Pokud ano, co podle vás takové srovnání přináší vám učitelům, a co žákům?*

Pomocí čtvrté otázky jsme zjišťovali, zda učitelé provádějí po skončení výuky analýzu a posteriori.

- *Otázka 5: Využíváte přípravy, které jste použili dříve? Pokud ano, jakou část můžete použít více méně bez změn, a jakou většinou upravujete a proč?*

Vycházeli jsme z předpokladu, že pokud učitelé používají přípravu v další práci, považují ji za vhodnou a kvalitní, ať ve stávající podobě, nebo po úpravách a doplněních vycházejících z jejich stále se rozšiřující zkušenosti.

3.2 VÝZKUMNÝ VZOREK

Abychom získali pestrý vzorek učitelů, a tím i různé pohledy na přípravu, oslovili jsme učitele různých stupňů škol, kteří mají praxi od 4 do 30 let, i budoucí učitele matematiky pro 2. a 3. stupeň škol. Část respondentů jsme oslovili emailem, část osobně. Osobně jsme oslovili své kolegy, své bývalé učitele, učitele, které známe z dalšího vzdělávání učitelů, a studenty. Dále jsme elektronicky rozesílali dotazník na školy. Sledovali jsme, aby byli zastoupeni učitelé různých stupňů škol a budoucí učitelé matematiky. Takto jsme oslovili 100 respondentů. Získali jsme 31 vyplněných dotazníků. Zjistili jsme, že důvodem poměrně malé návratnosti je fakt, že učitelé jsou v dnešní době přehlceni žádostmi o vyplnění různých dotazníků a při velkém časovém vytížení v mnoha případech žádosti ignorují, případně odpovědí, že bohužel nemají čas dotazník vyplnit. Z reakcí některých učitelů usuzujeme, že mnohdy považují přípravu na výuku za osobní záležitost a nepřejí si ji s námi sdílet. Respondenti nebyli s TDSM ani s analýzou *a priori* seznámeni. Experimentu se zúčastnilo 31 učitelů a budoucích učitelů: 14 učitelů 1. stupně základní školy (první experimentální skupina), 10 učitelů 2. stupně základní školy (druhá experimentální skupina), 7 studentů učitelství matematiky na PedF UK v Praze (třetí experimentální skupina). Cílem srovnání bylo zmapovat rozdíly u učitelů podle stupně škol, na kterém učí, a rozdíly mezi studenty – budoucími učiteli matematiky a učiteli z praxe.

3.3 VÝSLEDKY

Nejprve se budeme zabývat celkovými výsledky, ve druhé části porovnáním výsledků jednotlivých experimentálních skupin.

3.3.1 CELKOVÉ VYHODNOCENÍ

Výsledky pro první dvě otázky jsou v tabulce 1.

Tab. 1: Výsledky první fáze výzkumu

Otázka	Ano, vždy	Téměř vždy	Zřídka	Nikdy	Bez odpovědi
1. Připravujete se na hodinu písemně?	16	9	6	0	0
2. Co vaše příprava obsahuje (ať písemná či jiná)?					
2.1. Téma hodiny	21	8	2	0	0
2.2. Cíl hodiny	17	7	5	2	0
2.3. Fáze hodiny, časové rozvržení	8	13	8	2	0
2.4. Jednotlivé aktivity					
2.4.1. Způsob práce (individuální, skupinová apod.)	15	14	2	0	0
2.4.2. Pomůcky, které budete potřebovat	12	9	10	0	0
2.4.3. Pomůcky, které budou potřebovat žáci	13	10	5	1	0
2.4.4. Předchozí znalosti	11	10	6	4	0
2.4.5. Postoje a reakce žáků	1	11	7	11	1
2.4.6. Překážky, chyby a možné problémy, které se u žáků mohou objevit	3	10	13	5	0
2.4.7. Správné strategie řešení, které mohou žáci použít	5	14	9	3	0
2.4.8. Nesprávné strategie řešení, které mohou žáci použít	4	7	12	7	0

Otázka 3: *Kolik času trávíte průměrně přípravou na jednu hodinu?*¹³

Nejvíce respondentů (12) se připravuje 15 až 30 minut, nejméně (3) jich přípravu zvládne do 15 minut. Deseti respondentům příprava trvá 30 až 45 minut; více než 45 minut stráví přípravou na jednu vyučovací hodinu 6 respondentů.

Otázka 4: *Srovnáváte po hodině její skutečný průběh s vaší přípravou? Pokud ano, co podle vás takové srovnání přináší vám, učitelům, a co žákům?*

Většina učitelů odpověděla kladně, pouze jeden učitel napsal, že „necítí potřebu“. Odpovědi jsme rozdělili do dvou skupin. V první skupině odpovědi (A1, 6 respon-

¹³Respondenti vybírali z těchto čtyř možností: 0–15 minut, 15–30 minut, 30–45 minut, 45 minut a více.

dentů) mluví učitelé a budoucí učitelé pouze o přínosu pro ně samotné, v druhé (A2, 13 respondentů) o přínosu jak pro ně, tak pro žáky. Zbývající odpovědi byly příliš stručné, proto v žádné ze skupin nefigurují.

A1: „Ano, rozšiřuje mi to soubor žákovských řešení, zpřesňuje moje očekávání (častěji jsou tím pádem naplněna).“

A2: „Snažím se vždy po hodině, pokud to čas dovolí, zjistit, kde jsem se v hodině zbytečně zdržel a kde jsem případně příliš spěchal. Žákům tato sebereflexe může usnadnit pochopení učiva a mne vede k tomu, abych se přizpůsobil jejich potřebám a tempu.“

Otázka 5: *Využíváte přípravy, které jste použili dříve? Pokud ano, jakou část můžete použít více méně bez změn a jakou většinou upravujete a proč?*

Odpovědi na tuto otázku jsme rozdělili do čtyř skupin (B1–B4). První skupinu (B1, 7 respondentů) tvoří odpovědi všech studentů učitelství, kteří jednomyslně odpověděli, že ještě moc příprav nemají a nemohou na tuto otázku odpovědět. Druhou skupinou (B2, 13 respondentů) jsou učitelé, kteří odpověděli, že přípravy opakovaně používají, třetí skupinou (B3, 4 respondenti) jsou učitelé, kteří je znovu nepoužívají, a čtvrtou (B4, 7 respondentů) ti, kteří je použijí pouze výjimečně.

B2: „Přípravy předešlé používám, mám tam poznámky, co vylepšit, víc se asi využije výklad, ale i ten si člověk upraví podle dětí ve třídě.“

B3: „Nevyužívám, protože jsem ještě nikdy první třídu neučila. Ale pokud bych ji někdy v budoucnu učila, tak po zkušenostech z jiných ročníků vím, že se to nikdy nedalo, naopak využití staré přípravy bylo vždy kontraproduktivní, žádné dvě třídy nereagovaly na stejnou přípravu stejně.“

3.3.2 POROVNÁNÍ ODPOVĚDÍ V EXPERIMENTÁLNÍCH SKUPINÁCH

Nyní se podíváme, jak vypadalo rozvržení odpovědí v jednotlivých skupinách. Výsledky třetí experimentální skupiny – studentů učitelství pro 2. a 3. stupeň ZŠ – zde neuvádíme. Jejich odpovědi jsou ovlivněny velmi malou nebo žádnou zkušeností z učitelské praxe. Vyplývá to i z jejich komentářů, např. (k otázce 2.4.8.): „Nejsem zatím schopna většinou odhadnout.“

V dalším textu budeme tedy porovnávat odpovědi první a druhé experimentální skupiny. Připomeňme si, že první experimentální skupinu tvořilo 14 učitelů 1. stupně ZŠ, druhou experimentální skupinu 10 učitelů 2. stupně ZŠ. Vzhledem k různému počtu respondentů ve skupinách jejich odpovědi uvádíme v procentech. Porovnávali jsme vždy součet odpovědí *ano*, *vždy* a *téměř vždy*. Otázky jsme rozdělili do dvou částí, C1 a C2. Do C1 jsme zařadili ty otázky, kde se v odpovědích vyskytovaly mezi první a druhou experimentální skupinou rozdíly 20 % nebo větší, do části C2 ostatní otázky.

A) Část C1

Největší rozdíly (20 % a více) mezi první a druhou experimentální skupinou jsme zaznamenali u těchto otázek: 2.4.2. Pomůcky pro učitele, 2.4.3. Pomůcky pro žáky, 2.4.4. Předchozí znalosti, 2.4.5. Postoje a reakce žáků, 2.4.6. Překážky, chyby a možné problémy, 2.4.7. Správné strategie řešení, 2.4.8. Nesprávné strategie. Učitelé druhého stupně se těmito položkami zabývají častěji než učitelé na prvním stupni ZŠ. Vysvětlujeme si to různou povahou a obtížností učiva.

Odpovědi na následující otázky byly v obou skupinách srovnatelné, tj. rozdíl v součtu odpovědí *ano*, *vždy* a *téměř vždy* byl menší než 20 %: 1. Připravujete se na hodinu písemně? 2.1. Téma hodiny, 2.2. Cíl hodiny, 2.3. Fáze hodiny a časové rozvržení, 2.4.1. Způsob práce, 3. Kolik času strávíte průměrně přípravou na jednu hodinu?¹⁴ Srovnatelné odpovědi jsme získali i na otázky 4. a 5. Vysvětlujeme si to tím, že se jedná o obecnější / formálnější složky přípravy, které jsou na prvním i druhém stupni podobné.

3.4 POROVNÁNÍ S ANALÝZOU A PRIORI PODLE TDSM

Nyní porovnáme přípravy učitelů a budoucích učitelů a analýzu *a priori* podle TDSM.

Nejprve se podíváme, co je pro ně společné. Budeme při tom vycházet z otázky 2, protože položky v této otázce jsou vlastně složky analýzy *a priori* podle TDSM. V případě, že většina učitelů a budoucích učitelů odpověděla na podotázky v této otázce *ano*, *vždy* a *téměř vždy*, považujeme položku za společnou. Z dotazníků vyplývá, že většina respondentů do svých příprav uvádí téma hodiny, cíl hodiny, fáze hodiny, časové rozvržení. Zamýšlejí se nad způsobem práce v hodině, pomůckami, předchozími znalostmi a správnými strategiemi (i když ne ve stejném rozsahu).

Nyní se zaměříme na ty složky analýzy *a priori*, které učitelé a budoucí učitelé ve svých přípravách považují za zbytečné, resp. je nepoužívají. V případě, že většina odpověděla *řídka* a *nikdy*, usuzujeme, že položku považují za nepodstatnou. Jedná se o položky postoje a reakce žáků, překážky, chyby a možné problémy, nesprávné strategie řešení.

V otázce 2.5. mohli respondenti napsat, jaká složka přípravy v dotazníku chybí (a přitom ji považují za důležitou). Na otázku odpovědělo celkem 11 učitelů a budoucích učitelů. Odpovědi jsme rozdělili do dvou skupin, D1 a D2 (u každé uvádíme typická vyjádření respondentů):

D1 – *Konkretizace námi navržené přípravy, její uvedení do praxe, jako např.:*

- „rozpracování jednotlivých aktivit: motivační rozcvičky, úvodní problémová úloha, matematické rébusy/hry, shrnutí učiva,“
- „testy, písemky, aktuální problémy ze života, kde se dá použít matematika, . . . “

D2 – *„Nové“ složky přípravy, které se v naší přípravě neobjevily:*

- „klíčové kompetence (které rozvíjím),“
- „datum a číslo hodiny od začátku roku, očekávání, která si zapisuji na stránku, kam pak budu psát průběh hodiny; očekávání někdy k celé třídě, někdy k jednotlivcům.“

4 DRUHÁ FÁZE VÝZKUMU

První fáze výzkumu neumožnila získat hlubší vhled do problematiky. Potřebovali jsme analyzovat přímo vytvořené přípravy, a to nejlépe na společné téma. Proto jsme připravili druhou fázi výzkumu a kladli jsme si tyto otázky:

¹⁴Vyhodnocení této otázky: sloučili jsme časy do dvou časových úseků (0–30 minut a 30 a více minut). U učitelů druhého stupně připadlo 50 % odpovědí do časového úseku 0–30 minut a 50 % do úseku 30 a více minut. U učitelů prvního stupně 57 % do časového úseku 0–30 minut a 43 % do úseku 30 a více minut. Tyto výsledky považujeme za srovnatelné.

- Zařadí učitelé a studenti učitelství do svých konkrétních příprav složky, které byly uvedeny v dotazníku v první fázi výzkumu?
- Jaké jsou rozdíly v přípravách studentů učitelství a učitelů?
- Lze vytvořit nějakou kategorizaci příprav (typologie příprav podle převažujících složek analýzy a priori)?

Pro druhou fázi experimentu jsme použili úlohu, kterou by učitelé a budoucí učitelé mohli zařadit do výuky a vytvořili pro ni přípravu. Přípravy jsme pak porovnávali s odpověďmi na otázky v dotazníku z první fáze výzkumu.

4.1 VÝBĚR ÚLOHY

Abychom z příprav získali co nejvíce informací, stanovili jsme tři kritéria výběru úlohy. Chtěli jsme, aby úloha byla neobvyklá, tj. taková, se kterou se žáci ani učitelé neseťkají běžně v učebnicích. Dále jsme požadovali, aby práce s ní nebyla limitována věkem žáků, aby ji bylo možné použít v různých ročnících. Nakonec jsme chtěli, aby úloha poskytovala velký prostor kreativitě učitelů, tj. nabízela více správných strategií řešení, dala se zařadit do různých tematických celků, umožňovala různé formy práce.

Úlohu, která podle našeho názoru splňuje všechna výše uvedená kritéria, jsme vybrali z Diofantova spisu *Aritmetika*. Jedná se o úlohu číslo tři z *Knihy první*.

V následujícím textu provedeme analýzu *a priori* této úlohy a seznámíme se s ní podrobněji.

4.2 ANALÝZA *a priori* ÚLOHY DIOFANT, KNIHA PRVNÍ, ÚLOHA Č. 3

*Rozdělte dané číslo na dvě části tak, aby se větší z nich rovnala trojnásobku menší, zvětšenému o čtyři.*¹⁵

- **Charakter zadání:** Úloha může být zadána vizuálně (napsaná na tabuli, v pracovním listu) nebo slovně (učitel úlohu žákům nadiktuje). Úlohu můžeme zadat jako text nebo ve formě rovnice. Touto formou zadání ale ztratí částečně svůj potenciál, kterým je přepis mluveného/psaného slova do jazyka matematiky.
 - *Znalosti potřebné ke správnému pochopení zadání*
 - * *Matematické:* trojnásobek, zvětšit o čtyři.
 - * *Všeobecné:* menší a větší část, rozdělit dané číslo.
 - *Obtíže v chápání zadání:* Domníváme se, že formulace zadání je na porozumění poměrně složitá. V jednom souvětí je hned několik informací: je dáno číslo, úkolem je rozdělit je na dvě nestejně části, větší část má být rovna trojnásobku menší části zvětšenému o čtyři. Pro žáky může být obtížné všechny tyto informace zaznamenat a pochopit. Zvlášť formulace „... trojnásobku zvětšenému o čtyři“ by mohla být problematická.

¹⁵ „Diviser un nombre donné en deux parties, telles que la plus grande soit égale au triple de la plus petite, plus quatre unités.“ Překlad autorka. (Fermat, 1853, s. 47, *Knihy první*, úloha třetí.)

- **Tematický celek, do kterého by se úloha dala zařadit:** Úloha by se dala zařadit už do 6. ročníku, a to jako součást tematického celku Číslo a proměnná. V 7. ročníku by mohla být uvedena v rámci tematického celku Lineární rovnice, na střední škole pak v 1. ročníku, když se probírají různé typy rovnic.

- **Cíl úlohy:** *Matematický:* žáci mají za úkol rozdělit dané číslo na dvě nestejně části. Podmínkou je daný vztah mezi těmito částmi: větší z nich má být rovna trojnásobku menší, zvětšenému o čtyři.

Didaktický: žáci se učí matematizovat slovně zadanou úlohu, najít vhodnou řešitelskou strategii.

- **Čas, který bude úloze věnován:** Záleží na učiteli, jakým způsobem úlohu zadá (může zadat konkrétní číslo, které mají žáci rozdělit, konkrétní číselný obor, ve kterém budou řešit), a na věku žáků. Odhadujeme polovinu vyučovací hodiny.
- **Způsob práce:** Domníváme se, že pro řešení úlohy je vhodná práce ve dvojicích nebo ve skupinách. Úloha je podle našeho názoru neobvyklá a někteří žáci by mohli mít při individuální práci problém s pochopením zadání. Ve skupině by se tyto obtíže mohly odstranit už na začátku. Při sestavování skupin je ale třeba vzít v úvahu nebezpečí, která s sebou skupinová práce přináší, např. zapojení rychlejších a pomalejších žáků.
- **Pomůcky:** Sešit, tužka, pro větší čísla kalkulačka. Zajímavý by mohl být i počítač, konkrétně program Excel, kam by mohli žáci rovnici zadat a hledat různá řešení, ale to bychom navrhli až po vyřešení „na papír“.
- **Proměnné:** V úloze najdeme dva typy proměnných: kognitivní didaktické a formulační proměnné.

– *Kognitivní didaktické proměnné*

[dané číslo] – můžeme zadat přímo konkrétní číslo (např. číslo 12, pak úlohu mohou řešit i děti na 1. stupni).

[dvě] – můžeme dělit i na tři, čtyři a více částí, pak už je ale úloha mnohem obtížnější a obtížněji řešitelná systematickým experimentováním nebo metodou pokus–omyl.

[trojnásobek] – když zvolíme vyšší násobek, opět bude úloha obtížněji řešitelná systematickým experimentováním nebo metodou pokus–omyl.

[zvětšenému] – můžeme nahradit za „zmenšenému“. Podle studie (Nesher, Hershkovitz, Novotná, 2003) dávají řešitelé přednost zvětšování před zmenšováním, úloha by se tedy žákům mohla zdát obtížnější.

[čtyři] – pokud nahradíme jiným číslem, např. desetinným, bude úloha obtížnější.

– *Formulační proměnné: [rozdělte], [větší], [menší], [části]*

- **Předchozí znalosti:** Číselné obory \mathbb{N} a \mathbb{Z} , dělitelnost, pojmy násobek, menší a větší část.
- **Postoje a reakce žáků:** Předpokládáme, že se objeví na začátku žáci, kteří ihned nějaké řešení uhodnou, a žáci, kteří si nebudou vědět rady. Domníváme se, že je může překvapit obtížná srozumitelnost zadání a fakt, že správné řešení nezískají snadno.

- **Postoje a reakce učitelů:** Domníváme se, že se úloha bude líbit kreativním učitelům díky možnostem použití, které nabízí. Mohou ji uvést v různé podobě, s ohledem na věk a schopnosti žáků.
- **Správné strategie řešení:** Označme dané číslo jako a . Budeme pracovat v oboru celých čísel, tedy¹⁶ $a \in \mathbb{Z}$. Máme rozdělit číslo a na dvě části, označme je b a c .

Potom

$$a = b + c, \text{ kde např. } b > c,$$

podle zadání

$$b = 3c + 4. \tag{1}$$

Dosadíme za b :

$$a = 3c + 4 + c,$$

po úpravě

$$a = 4c + 4. \tag{2}$$

Je patrné, že pokud budeme hledat celočíselná řešení, číslo a musí být dělitelné čtyřmi.

Úloha je řešitelná několika strategiemi:

- a) *Řešení diofantovské rovnice:* Naším úkolem je dané číslo rozdělit. Vyjádříme tedy části b a c pomocí daného čísla a . Vycházíme přitom z výše uvedených vztahů (1) a (2).

Dané číslo a rozdělíme na dvě části, které můžeme zapsat jako

$$c = \frac{a}{4} - 1, \quad b = \frac{3a}{4} + 1.$$

Pokud chceme navíc, aby řešení bylo celočíselné, musí být a dělitelné čtyřmi.

Znalosti: neznámá, parametr, úpravy lineárních rovnic.

Možné obtíže: chybné převedení textu zadání do matematického jazyka, chybné vyjádření jednotlivých částí, nesprávné dosazení.

- b) *Systematické experimentování:* Vyjdeme opět ze vztahů (1) a (2). Budeme hledat celočíselná řešení a postupně se pokusíme odvodit obecný předpis pro obě části, které vzniknou rozdělením čísla a . Začneme tím, že za číslo a budeme dosazovat konkrétní hodnoty. Ze vztahu (2) vyplývá, že pokud chceme hledat celočíselná řešení, číslo a musí být dělitelné čtyřmi.

Sestavíme tabulku 2.

Tab. 2: Hledání obecného předpisu řešení úlohy

a	b	c
4	4	0
8	7	1
a_n	$a_n - n$	n

$$n = \frac{a}{4} - 1.$$

¹⁶Jedná se o diofantovskou rovnici, proto řešíme v oboru celých čísel.

V posledním řádku tabulky vidíme řešení.

Znalosti: násobky čísla 4, základní početní operace, zobecnění vztahu.

Možné obtíže: nepřehledný zápis v tabulce, dílčí chyba ve výpočtu některé z částí, chybné zobecnění vztahů.

- c) *Metoda pokus–omyl:* Tuto metodu lze použít pouze v případě, že za číslo a dosazujeme konkrétní hodnoty. K obecnému vyjádření touto cestou pravděpodobně nedojdeme. Budeme hledat celočíselná řešení.

Zvolme $a = 12$.

Kdyby menší část byla rovna 1, větší by byla rovna 11, ale $3 \cdot 1 + 4 \neq 11$.

Kdyby menší část byla rovna 2, větší by byla rovna 10, $3 \cdot 2 + 4 = 10$, to je správně.

Číslo 12 rozdělíme na čísla 2 a 10.

Znalosti: základní početní operace.

Možné obtíže: aritmetická chyba ve výpočtu.

- d) *Graf:* Vycházíme opět z podmínek (1) a (2). Je-li zadáno číslo a , máme určit čísla b a c . Zapišeme funkce, které vyjadřují závislosti hledaných hodnot ($b; c$) na zadané hodnotě (a):

$$f_1: b = \frac{3a}{4} + 1 \quad f_2: c = \frac{a}{4} - 1$$

Pokud chceme navíc, aby řešení bylo celočíselné, musí být a dělitelné čtyřmi. Sestrojíme grafy obou funkcí. Oba grafy můžeme zakreslit do jednoho obrázku a obě hledané hodnoty určit pro zadané a z tohoto grafu.

Řešením jsou pro každé zadané a příslušné hodnoty b a c . Například pro $a = 12$ je $b = 10$ a $c = 2$.

Znalosti: lineární funkce, sestavení jejího grafu.

Možné obtíže: nesprávné sestavení grafu, nesprávná interpretace výsledku.

- e) *Obrázek (obdélník):* Číslo a , které chceme dělit, můžeme reprezentovat obdélníkem rozděleným na části (obr. 2).

c	c	c	c	4
-----	-----	-----	-----	---

Obr. 2

Podle obrázku 2 vidíme, že část c získáme, odečteme-li od čísla a číslo 4 a výsledek vydělíme čtyřmi.

Znalosti: základní početní operace, převedení textu do matematického vyjádření.

Možné obtíže: chyba v obecném zápisu výsledku, nesprávná vizualizace úlohy, chyby při provádění algebraických úprav.

• Nesprávné strategie řešení

„Vydělit třemi, odečíst čtyři“

Tato strategie vychází z nesprávného porozumění zadání. Úkolem žáků je rozdělit dané číslo na dvě části tak, aby se větší z nich rovnala trojnásobku té menší, **zvětšenému** o čtyři. Tedy

$$\begin{aligned}a &= b + c, \text{ kde např. } b > c, \\b &= 3c + 4.\end{aligned}$$

Někteří žáci by ale mohli díky nepozornému čtení dojít k jinému vztahu: větší část čísla by se rovnala trojnásobku menší části **zvětšené** o čtyři.

$$b = 3(c + 4)$$

- **Hodnocení:** Navrhujeme ohodnotit známkou 1 nebo příslušným bodovým ekvivalentem všechny úspěšné řešitele, ostatní ohodnotit pouze slovně.

4.3 METODOLOGIE

Respondentům byla úloha zasílána v elektronické podobě s průvodním dopisem, kde byli požádáni o sestavení velmi podrobné přípravy na hodinu, při které by využili právě námi navrhovanou úlohu. Úlohu mohli podle potřeby upravit a použít v jakémkoli ročníku.

4.4 VÝZKUMNÝ VZOREK

Chtěli jsme porovnat přípravy začátečníků a zkušených učitelů – expertů, a proto jsme oslovili nejen učitele matematiky, ale i studenty učitelství. Experimentu se zúčastnilo celkem 26 učitelů a budoucích učitelů: 16 studentů učitelství matematiky pro 2. a 3. stupeň školy z PedF UK v Praze a 10 učitelů matematiky. Studenti učitelství se výzkumu zúčastnili v rámci předmětu Didaktika matematiky a přípravu odevzdali jako seminární práci. Učitele matematiky jsme oslovili osobně. Stejně jako v první fázi výzkumu jsme se často setkali s odmítnutím a odvoláním na velkou pracovní vytíženost. Proto se nám nepodařilo získat větší vzorek respondentů. Získali jsme dvě skupiny respondentů, lišící se délkou praxe: studenti většinou s praxí v řádu několika hodin v rámci studia, jeden student s praxí 1 rok a dva studenti s praxí 2 roky, a učitelé s praxí od 3 do 25 let. Cílem rozdělení bylo vzájemně porovnat přípravy jednotlivých skupin a srovnat je s naší analýzou *a priori*.

Co se týče psaní příprav, je nutné vzít v úvahu, že studenti v rámci svých praxí odevzdávali minimálně dvě přípravy na své hodiny¹⁷. To je mohlo ovlivňovat při psaní příprav v rámci našeho výzkumu. Na druhou stranu lze předpokládat, že i učitelé byli v průběhu svého učitelského studia k děláni příprav vedeni.

¹⁷V rámci praxe studenti odevzdávali jednu přípravu s následující strukturou: „Stanovení cílů; Popis činností, které budou žáci v průběhu výuky vykonávat, aby cílů dosáhli; Pojmenování výukových metod a forem, které jsou v rámci činností žáků používány; Uvedení způsobu, jakým si ověříte, zda bylo cílů dosaženo; Definování didaktických pomůcek a techniky, které budou v rámci hodiny zapotřebí; Poznámky k vývoji hodiny: tyto poznámky slouží k zamyšlení se, jaké problémy mohou v průběhu výuky nastat a jak řešit situaci, kdy se hodina nebude vyvíjet podle plánu (např. je-li součástí hodiny práce s učebnicí, je důležité počítat s tím, že žáci učebnici mít nebudou apod.); Reflexe hodiny: po odzkoušení projektu odpovězte na následující otázky: Co se v hodině povedlo? Jaké problémy se v průběhu hodiny vyskytly? V čem je podle vašeho názoru žádoucí projekt hodiny změnit?“

4.5 VÝSLEDKY

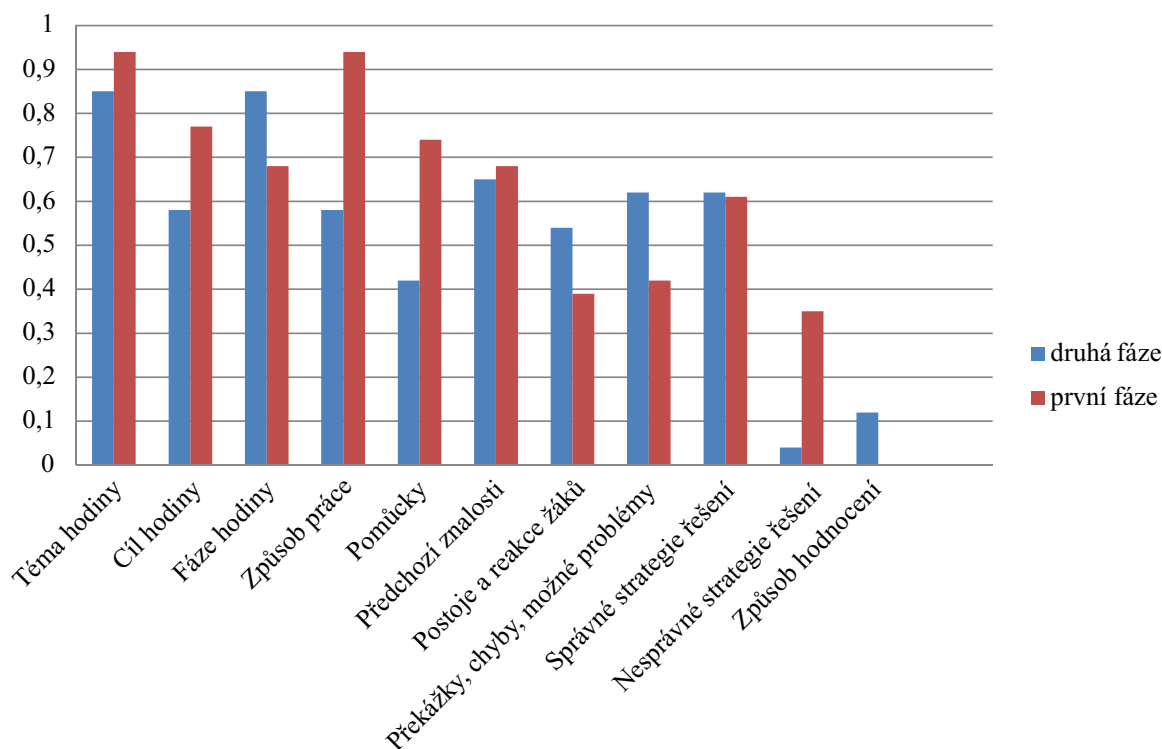
V této části nejprve porovnáme výsledky druhé fáze experimentu s výsledky první fáze experimentu. Poté se zaměříme na srovnání příprav studentů a učitelů a v závěru vytvoříme kategorizaci příprav na základě složek analýzy *a priori*.

4.5.1 SROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ OBOU FÁZÍ VÝZKUMU

V každé přípravě, kterou jsme od respondentů obdrželi, jsme sledovali přítomnost nebo nepřítomnost následujících třinácti složek (jejich rozsah a kvalitu jsme n sledovali): téma hodiny, cíl hodiny, fáze hodiny, časové rozvržení, způsob práce, pomůcky, předchozí znalosti, postoje a reakce žáků, překážky, chyby a možné problémy, správné strategie řešení, nesprávné strategie řešení, způsob hodnocení.

Jedná se o složky analýzy *a priori* tak, jak byly uvedeny během první fáze výzkumu. Poslední z nich, způsob hodnocení, jsme právě na základě jejích výsledků do analýzy *a priori* přidali. Domníváme se, že jde o nedílnou součást plánování výuky, která ovlivňuje především výběr aktivity v hodině a způsob práce.

Na obr. 3 srovnáváme pomocí sloupcového grafu výsledky obou fází výzkumu. Vzhledem k různému počtu respondentů ve srovnávaných skupinách uvádíme výsledky v procentech, v tabulkách 3 až 13 také absolutní počty. Srovnáváme kladné odpovědi, tj. v druhé fázi experimentu přítomnost dané složky, v první fázi experimentu součet odpovědí *ano*, *vždy* a *téměř vždy*.



Obr. 3: Srovnání první a druhé fáze experimentu

Nyní se podrobněji podíváme na jednotlivé složky a srovnáme je s výsledky dotazníku první fáze výzkumu. Složky jsme rozdělili do tří skupin, podle míry odlišnosti.

A) Největší rozdíl (15 % a více)

Tab. 3: Cíl hodiny

První fáze	Druhá fáze
77 %	58 %
24/31	15/26

Jak uvádí např. Obst (2002) nebo Harmer (1992), každá hodina by měla mít stanovený cíl. Domnívali jsme se tedy, že cíl hodiny nalezneme ve většině příprav. I v dotazníku 77 % respondentů odpovědělo, že jej do příprav zahrnují. Cíl hodiny byl ale zapsán jen v 58 % analyzovaných příprav. Může to být způsobeno tím, že učitelé, případně studenti, necítí potřebu cíl zapisovat, že jej mají při tvorbě přípravy „v hlavě“. Nebo se spoléhají na to, že každá úloha má nějaký cíl, který je implicitně přítomný v jejím zadání.

Tab. 4: Fáze hodiny

První fáze	Druhá fáze
68 %	85 %
21/31	22/26

V dotazníku byla tato otázka spojena s otázkou časového rozvržení, v přípravách jsme sledovali tyto složky odděleně a zjistili jsme mezi nimi značné rozdíly. 68 % respondentů v dotazníku uvedlo, že do svých příprav zaznamenávají fáze hodiny a časové rozvržení. V analyzovaných přípravách jsme rozfázování hodiny identifikovali v 85 % případů. Rozdíl oproti první fázi je způsoben spojením složek fáze hodiny a časové rozvržení.

Tab. 5: Časové rozvržení

První fáze	Druhá fáze
–	35 %
–	9/26

Časové plánování výuky je velmi důležité, ale zároveň nesnadné. Zvláště pro začínající učitele je těžké odhadnout, jak dlouho bude aktivita trvat. Pouze 35 % učitelů a studentů ve svých přípravách provedlo časové odhady pro jednotlivé fáze hodiny.

Tab. 6: Způsob práce

První fáze	Druhá fáze
94 %	58 %
29/31	15/26

Budou žáci pracovat jednotlivě? Ve dvojicích? Ve skupinách? Všichni společně? Odpovědi na tyto otázky si do přípravy zaznamenalo pouze 58 % učitelů a studentů, v dotazníku to bylo 94 % respondentů. Vysvětlujeme si to tím, že při vyplňování dotazníku si učitelé zřejmě představovali běžnou vyučovací hodinu, a ne hodinu,

kam zařadí nestandardní úlohu. Také je možné, že tuto otázku řeší podle typu úlohy a aktuální situace ve třídě až těsně před zadáním dané aktivity.

Tab. 7: Postoje a reakce žáků

První fáze	Druhá fáze
39 %	54 %
12/31	14/26

Celkem 39 % učitelů a budoucích učitelů v dotazníku odpovědělo, že se při tvorbě přípravy zamýšlejí nad tím, jak budou žáci na danou aktivitu reagovat. Poznámku o postojích a reakcích žáků jsme v přípravách objevili dokonce v 54 %. Vysvětlujeme si to tím, že jsme zadali méně obvyklou úlohu, a učitelé i studenti se nad ní víc zamýšleli. Reakce žáků na učebnicové úlohy by pravděpodobně nezapisovali, snadněji je odhadnou, nebo ti zkušenější je už dopředu znají.

Tab. 8: Překážky, chyby a možné problémy

První fáze	Druhá fáze
42 %	62 %
13/31	16/26

Touto problematikou se ve skutečných přípravách opět zabývalo více učitelů a studentů (62 %) než v dotazníku (42 %). Může to být rovněž způsobeno výběrem netypické úlohy. Při vyplňování dotazníku zřejmě učitelé a studenti odpovídali na základě každodenní praxe, předpokládáme tedy, že se překážkami, chybami a možnými problémy zabývají více, pokud cítí potřebu, že je to přínosné, např. když si sami potřebují ujasnit situaci u obtížnější úlohy.

Tab. 9: Nesprávné strategie řešení

První fáze	Druhá fáze
35 %	4 %
11/31	1/26

Nesprávné strategie jsme v přípravách odhalili pouze ve 4 % případů (odpovídá jedné přípravě). Přitom v dotazníku to bylo 35 %. Může to být dáno typem úlohy, nebo učitelé o nesprávných strategiích vědí, ale nevidí důvod je do přípravy zapisovat. Není samozřejmě možné vymyslet všechny nesprávné strategie, pouze ty nejpravděpodobnější. Jejich výskyt je ovlivněn např. úlohami, které žáci řešili dříve, tématem, kterým se aktuálně v matematice zabývají apod.

B) Srovnatelný výsledek (rozdíl do 5 %)

Tab. 10: Srovnatelný výsledek

	První fáze		Druhá fáze	
Předchozí znalosti	68 %	21/31	65 %	17/26
Správné strategie řešení	61 %	19/31	62 %	16/26

Tab. 11: Téma hodiny

První fáze	Druhá fáze
94 %	85 %
29/31	22/26

Téma hodiny učitelé zapisují do třídní knihy, najdou je v učebnicích, žáci se učitelů často ptají na „nadpis hodiny“. V dotazníku 93 % odpovědělo, že téma hodiny uvádějí vždy nebo téměř vždy. Předpokládali jsme tedy, že téma hodiny v přípravě uvede většina učitelů a studentů, což se potvrdilo. Pouze 4 učitelé a studenti téma neuváděli. Vysvětlujeme si to tím, že neměli potřebu úlohu zařazovat do nějaké konkrétní učební látky. Jednalo se o úlohu nestandardní.

Tab. 12: Pomůcky

První fáze	Druhá fáze
ž: 74 %, u: 68 %	42 %
ž: 23/31, u: 21/31	11/26

V dotazníku byla tato otázka rozdělena na dvě: pomůcky, které budou potřebovat žáci (v tabulce označeno „ž“), do přípravy zahrnuje 74 % respondentů, a pomůcky pro učitele (v tabulce „u“) zmiňuje 68 % respondentů. V našich přípravách jsme poznámku týkající se pomůcek našli ve 42 % případů. Zřejmě se jedná o složku, kterou někteří učitelé a budoucí učitelé nepovažují za nutné zapisovat, protože k dané úloze na základě své přípravy žádné pomůcky nepotřebovali. V dotazníku si respondenti představovali různé úlohy, a u mnoha z nich jsou pomůcky nutné.

Tab. 13: Způsob hodnocení

První fáze	Druhá fáze
3 %	12 %
1/31	3/26

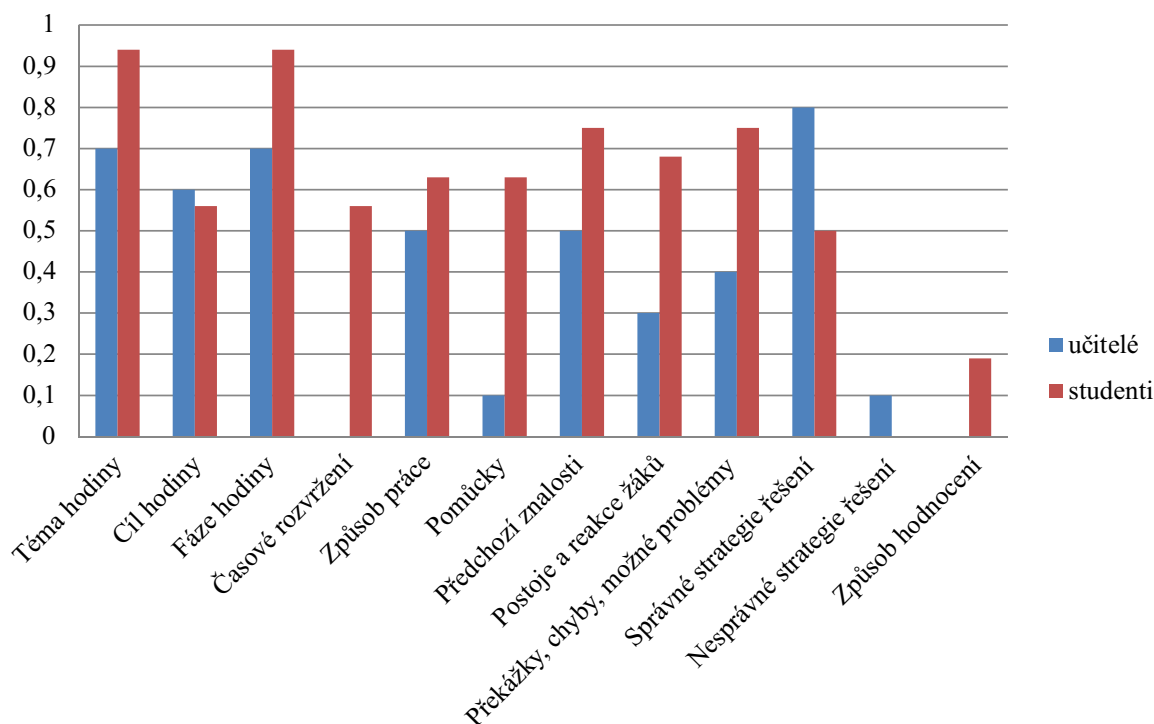
Způsob hodnocení byl v přípravách navržen ve 12 % případů. V dotazníku se objevil v jednom případě, a to jako složka přípravy, kterou analýza *a priori* neobsahovala, ale respondent ji považoval za důležitou.

4.5.2 SROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ SKUPINY EXPERTŮ A SKUPINY ZAČÁTEČNÍKŮ

Skupinu začátečníků, tedy studentů učitelství, tvořilo 16 studentů učitelství matematiky. Úkol jim byl zadán jako seminární práce v rámci předmětu didaktika matematiky. Studenti měli za sebou většinou pouze několik odučených hodin v rámci oborové praxe. Skupinu expertů, tedy učitelů, tvořilo 10 učitelů s délkou praxe od 3 do 25 let.

Nyní se podíváme, jaké rozdíly se objevily v přípravách studentů učitelství matematiky a učitelů matematiky (obr. 4). Vzhledem k různému počtu respondentů ve srovnávaných skupinách uvádíme výsledky v procentech, v tabulkách 14 až 24 také absolutní počty. Srovnáváme přítomnost jednotlivých složek analýzy *a priori* v přípravách.

Složky jsme rozdělili do tří skupin podle míry odlišnosti.



Obr. 4: Srovnání příprav učitelů a studentů

A) Složky s největšími rozdíly (20 % a více)

Tab. 14: Téma hodiny

Studenti	Učitelé
94 %	70 %
15/16	7/10

Téměř všichni studenti a většina učitelů zapsali do svých příprav téma hodiny. Překvapilo nás, že téma hodiny nezapsalo více učitelů. Je možné, že by někteří učitelé úlohu zařadili jako zpestření výuky a nepovažovali za důležité ji někde zařadit. Pro studenty bylo zařazení do tématu zjevně důležitější, předpokládáme, že jim umožňuje např. snadnější orientaci v učivu, na které bude úloha navazovat.

Tab. 15: Fáze hodiny

Studenti	Učitelé
94 %	70 %
15/16	7/10

Téměř všichni studenti a většina učitelů hodinu rozdělili na fáze. Může to být proto, že příprava je potom přehlednější, snadněji se upravuje během hodiny. Rozfázování provedlo také více studentů než učitelů. Někteří učitelé zřejmě hodinu člení až v průběhu výuky.

Tab. 16: Časové rozvržení

Studenti	Učitelé
56 %	0 %
9/16	0

Více než polovina studentů provedla časové rozvržení jednotlivých aktivit. U učitelů se časové rozvržení neobjevilo ani v jednom případě. Vysvětlujeme si to tím, že učitelé díky zkušenostem odhadnou lépe čas, který danou aktivitou stráví, a necítí potřebu jej poznamenávat. V době, kdy studenti přípravu vypracovávali, měli za sebou jednu odbornou praxi; při přípravě na praxi byli explicitně upozorňováni na nutnost podrobného časového plánu pro vyučovanou hodinu.

Tab. 17: Pomůcky

Studenti	Učitelé
63 %	10 %
10/16	1/10

Jak vidíme z tabulky, mnohem více studentů než učitelů si do přípravy poznamenalo pomůcky, které budou potřebovat. Učitelé vědí, jaké pomůcky standardně u sebe mají jak oni, tak žáci, proto je zřejmě tak často nezapisují. Studenti jsou v kurzu didaktiky matematiky vedeni k zapisování pomůcek do příprav, které odevzdávají jako seminární práce.

Tab. 18: Předchozí znalosti

Studenti	Učitelé
75 %	50 %
12/16	5/10

Tři čtvrtiny studentů oproti polovině učitelů do přípravy zařadily předchozí znalosti, které budou žáci pro danou aktivitu potřebovat. Domníváme se, že zmínka o předchozích znalostech vychází z nutnosti zařadit úlohu do konkrétního ročníku, tj. jako učitel musím vědět, co žáci umí, aby mohli úlohu řešit. Překvapilo nás, že se touto problematikou zabývalo tolik studentů. Domnívali jsme se, že je to pro ně nesnadné – právě kvůli chybějícím zkušenostem.

Tab. 19: Reakce a postoje žáků

Studenti	Učitelé
69 %	30 %
11/16	3/10

Reakce a postoje žáků zmínilo ve srovnání s učiteli dvakrát tolik studentů. Tento výsledek byl pro nás překvapivý, nepředpokládali jsme, že se studenti budou v takové míře zabývat reakcemi a postoji žáků k navrhovaným aktivitám, protože jim chybí zkušenost. Je možné, že se dokážou dobře vcítit do myšlení žáků, protože k nim mají věkově relativně blízko. Zároveň jsou k tomu vedeni v kurzu didaktiky matematiky.

Tab. 20: Překážky, chyby a možné problémy

Studenti	Učitelé
75 %	40 %
12/16	4/10

Velký rozdíl ve prospěch studentů se projevil také v popisu překážek, chyb a problémů, které by mohly nastat. Zde jsme neočekávali, že se bude touto problematikou

zabývat tolik studentů. Domnívali jsme se, že, když ještě nemají s výukou velké zkušenosti, je pro ně obtížné odhadnout, jakých chyb se mohou žáci dopustit. Výskyt překážek, chyb a možných problémů v přípravách studentů si vysvětlujeme tím, že studenti ještě mají schopnost vcítit se do myšlení žáků a vzpomenout na svá školní léta. Zároveň je v kurzu didaktiky matematiky kladen na problematiku chyb velký důraz. Při probírání jednotlivých témat školské matematiky se mluví vždy o problémech, které se mohou objevit, o tom, co je pro žáky náročné a jakých chyb se často dopouštějí.

Tab. 21: Správné strategie řešení

Studenti	Učitelé
50 %	80 %
8/16	8/10

Tentokrát se rozdíl projevili ve prospěch učitelů. Zajímavé bylo, že někteří studenti v přípravách vůbec nevedli správné řešení úlohy. Vedoucí kurzu didaktiky matematiky se domnívá, že to může být způsobeno tím, že příprava, kterou jsme od studentů vyžadovali, byla hypotetická. Studenti ji ve skutečnosti neodůčili. Kdyby věděli, že ji ve výuce použijí, řešení by spíše uvedli.

B) Vyrovnané složky (rozdíl 10 % a méně)

Složky, v nichž se rozdíl mezi učiteli a studenty neprojevil, jsou okomentovány výše ve srovnání první a druhé fáze výzkumu. V tab. 22 jsou pro zajímavost uvedeny číselné hodnoty.

Tab. 22: Vyrovnané složky

Složka přípravy	Studenti	Učitelé
Cíl hodiny	56 %	60 %
	9/16	6/10
Nesprávné strategie	0%	10 %
	0	1/10

C) Ostatní složky

Tab. 23: Způsob práce

Studenti	Učitelé
63 %	50 %
10/16	5/10

Způsob práce do přípravy poznamenalo 63 % studentů a 50 % učitelů. Z výsledku vyplývá, že se studenti zabývají způsobem práce o něco více než učitelé. To opět vychází z toho, že učitelé mají mnohem větší zkušenosti než studenti.

Tab. 24: Způsob hodnocení

Studenti	Učitelé
19 %	0 %
3/16	0

Způsob hodnocení popsal 19 % studentů a žádný učitel. Domníváme se, že učitelé hodnocení nezapisují, protože mají stanovený systém, který uplatňují celý školní rok. Studenti si ho teprve tvoří, a proto se téměř u pětiny z nich objevil návrh, jak jednotlivé aktivity v hodině hodnotit. V jednom případě student učitelství (S) navrhuje i sebehodnocení žáků:

S: „Na konci hodiny žáci řeknou, co se naučili.“

4.5.3 ROZDĚLENÍ PŘÍPRAV

V průběhu analýzy příprav od učitelů i studentů jsme na základě (ne)přítomnosti určitých složek analýzy *a priori* vytvořili dvě skupiny, do kterých by se přípravy daly rozdělit: *přípravy zaměřené na učitele* a *přípravy zaměřené na učitele a žáky zároveň*.

- a) *Přípravy zaměřené na učitele*: Tyto přípravy obsahovaly vždy téma hodiny, cíl hodiny, fáze hodiny, většinou pomůcky, předchozí znalosti a správné strategie řešení. Nejednalo se často o strategie, které by mohli použít žáci, ale spíše o postup, jakým by řešil úlohu sám učitel. Jakoby žáci neexistovali, učitel vybere aktivity, vyřeší je a jde do třídy. Tento typ příprav se objevil celkem v 16 případech, u 7 učitelů (z 10), u 9 studentů (ze 16).
- b) *Přípravy zaměřené na učitele a žáky zároveň*: Jsou to přípravy, které se zabývaly navíc také způsobem práce žáků, jejich postoji a reakcemi k dané aktivitě, překážkami, chybami a možnými problémy a správnými strategiemi řešení žáků. Tento typ příprav se objevil celkem v 10 případech, u 3 (z 10) učitelů, u 7 (ze 16) studentů.

4.6 PŘÍPRAVY STUDENTŮ A UČITELŮ A NAŠE ANALÝZA *a priori*

V této části porovnáme naši analýzu *a priori* Diofantovy úlohy s přípravami získanými od učitelů a studentů z obsahového hlediska. V závěru každého odstavce se vždy pokusíme odhadnout, jaký vliv na skutečný průběh hodiny by mohlo mít vynechání dané položky v přípravě učitelů. Budeme postupně sledovat a analyzovat následující složky analýzy *a priori*: téma, cíl úlohy, čas, který bude úloze věnován, způsob práce, pomůcky, proměnné, předchozí znalosti, postoje a reakce žáků, správné strategie řešení, nesprávné strategie řešení a způsob hodnocení.

Složky charakter zadání a postoje a reakce učitelů srovnávat nebudeme. V přípravě na hodinu je nelze identifikovat, jsou spíše její implicitní součástí. V naší analýze *a priori* byly ale přínosné právě pro přípravu výzkumu.

4.6.1 SROVNÁNÍ PŘÍPRAV S NAŠÍ ANALÝZOU *a priori*

- **Téma hodiny**: V naší analýze *a priori* jsme navrhovali zařazení úlohy do 7. ročníku základní školy v rámci tematického celku Lineární rovnice nebo na gymnáziu do 1. ročníku, když se probírají různé typy rovnic.

Studenti a učitelé tuto možnost také uvedli (ve třech případech). Ale objevila se i další témata. Nejčastěji (v sedmi případech) studenti a učitelé navrhovali téma Slovní úlohy řešitelné soustavou dvou rovnic o dvou neznámých (9. ročník). Ve dvou případech byla úloha zařazena do tématu Lineární funkce a jejich grafy (8. ročník). Dvakrát se objevilo téma Posloupnosti (4. ročník). V jednom případě byla úloha

zařazena do celohodinového tématu týkajícího se diofantovských rovnic (2. ročník střední školy). Dále se jednou vyskytla témata Dělení celku na nestejně části (6. ročník) a Číslo a proměnná (5. ročník).

Nyní se zamyslíme nad tím, jaký vliv na výuku by mohlo mít vynechání položky „téma“ v přípravě učitele. Pokud učitel nezařadí úlohu do konkrétního tématu, může ji použít kdykoliv během roku. Musí si jen ujasnit, jaké znalosti žáci k řešení úlohy potřebují. Žákům tak naznačuje, že úlohu mohou řešit různým způsobem. Tím, že žáci nevědí, „kam úloha patří“, nemuseli být limitováni volbou řešitelské strategie.

- **Cíl úlohy:** V naší analýze *a priori* jsme zformulovali cíl úlohy z hlediska matematického a didaktického (viz oddíl 4.2).

V přípravách jsme identifikovali většinou obecné cíle, týkající se celého tematického celku, ne konkrétní úlohy. Rozdělili jsme je do dvou skupin, cíle formulované z pozice učitele a cíle formulované z pozice žáka (v našem případě se jedná vlastně o výstupy, tak jak jsou popsány v rámcovém vzdělávacím programu, případně školním vzdělávacím programu).

- *Cíle formulované z pozice učitele:* Např.: „Uzavření tématu lineárních rovnic, uvedení přechodu k rekurentnímu zápisu posloupnosti, procvičování násobilky, procvičování počítání z paměti.“
- *Cíle formulované z pozice žáka:* Např.: „Žák dokáže sestavit soustavu dvou lineárních rovnic o dvou neznámých a dopočítá její kořeny; užívá sčítací i dosazovací metodu řešení, dokáže řešení dané soustavy znázornit graficky, žáci použijí algoritmus řešení diofantovské rovnice, žáci si doplňují a upevňují učivo o lineárních funkcích, že písmenko může nabývat právě jednu hodnotu, aby byli schopni vyřešit jednoduché lineární rovnice.“

Pokud se učitel nezamyslí nad cílem úlohy, může se stát, že si zcela neuvědomí potenciál úlohy. V našem případě se jedná o množství řešitelských strategií. S žáky pak bude pravděpodobně úlohu řešit pouze jedním způsobem (pokud sami žáci nepřijdou s jiným). Učitel by měl být schopen smysluplně žákům odpovědět na častou otázku „Proč se to učíme? K čemu nám to bude?“

Konkrétní cíl úlohy tak, jak jsme jej formulovali v naší analýze *a priori*, by měl být žák schopen zformulovat sám. Je vlastně podmínkou pro řešení úlohy. Pokud se tak nestane, pravděpodobně nebude schopen úlohu správně vyřešit. Pak je na učiteli, aby např. v rámci společné kontroly cíl úlohy objasnil.

- **Čas:** V naší analýze *a priori* jsme odhadovali, že práci s úlohou může učitel věnovat až polovinu vyučovací hodiny. Učitelé a studenti úlohu využili dvojím způsobem. Jako součást opakování a rozšíření probíraného tématu (např. soustavy dvou lineárních rovnic o dvou neznámých) – v tom případě úloze věnovali většinu hodiny. V druhém případě byla úloha součástí podobných úloh, které učitelé a studenti vymysleli a jejichž řešením se zabývali celou hodinu, v jednom případě i dvě vyučovací hodiny (např. posloupnosti, číslo a proměnná).

V případě, že učitel v rámci přípravy neprovede časový odhad, může dojít k překvapivé situaci pro něj i pro žáky. Úloha bude vyřešena během chvilky a učitel bude rychle vymýšlet další náplň hodiny, nebo naopak úlohu nestihne vyřešit a bude muset pokračovat příště, nebo ji zadat jako domácí úkol.

- **Způsob práce:** V naší analýze *a priori* jsme zvolili práci ve dvojicích nebo ve skupinách, úloha je podle našeho názoru neobvyklá, a někteří žáci by mohli mít problém už jen s pochopením zadání. Tento způsob práce navrhovali často i učitelé. Studenti většinou dali přednost společné práci (diskuze učitele s žáky, společné řešení na tabuli) a samostatné práci s následnou diskuzí.
- **Pomůcky:** V naší analýze jsme navrhli tyto pomůcky: sešit, tužka, pro větší čísla kalkulačka, program Excel. Kromě těchto pomůcek studenti a učitelé ještě zapsali: projektor a plátno (grafy), kuličky, pracovní listy, čtverečkový papír, krokovací pás, program Funkce, internetové zdroje, učebnice.

V případě, že učitel předem nepromyslí, jaké pomůcky bude s žáky k řešení úlohy potřebovat, se může stát, že žáci nebudou moci realizovat některé řešitelské strategie. Žáci tak mohou být ochuzeni o některé postupy řešení a úloha zůstane nevyužita.

- **Proměnné:** V naší analýze *a priori* jsme popsali proměnné, které zadání úlohy obsahuje. Zajímalo nás, jakým způsobem a zda učitelé původní zadání úlohy modifikovali.

Ukázalo se, že většina učitelů a studentů úlohu upravila v závislosti na tematickém celku, do kterého úlohu zařadili. Celkem 4 učitelé a 4 studenti nechali úlohu v nezměněné podobě. Další 2 studenti nechali úlohu v nezměněné podobě s tím, že žákům poradí, ať si dané číslo zadají sami. Nejvíce studentů a učitelů měnilo kognitivní proměnnou „dané číslo“ a zadalo toto číslo konkrétně. Tři studenti a 4 učitelé zadali konkrétní dané číslo bez dalších úprav zadání. Dva studenti zadali konkrétní dané číslo a vytvořili slovní úlohu (měnili tedy i formulační proměnné). Čtyři studenti a 2 učitelé navrhli sérii gradovaných úloh, ve kterých postupně přidávali a měnili tyto kognitivní proměnné: dané číslo, dvě části, trojnásobek, zvětšený, o čtyři. Jeden student navrhl, aby podle zadání (nezměněného) vytvořili žáci posloupnost a zapsali ji pomocí vzorce pro n -tý člen.

„Alena a Adam mají dohromady 135 let. Přitom Adam je o 3 roky starší. Alena má ... let. Adam má ... let.“

Pokud učitel není schopen nebo ochoten úlohu upravovat s ohledem na věk a schopnosti svých žáků, může se stát, že s žáky některé úlohy (jako např. Diofantovu úlohu) nebude zkoušet řešit.

- **Předchozí znalosti:** V naší analýze *a priori* jsme stanovili následující znalosti nezbytné pro řešení úlohy: číselné obory \mathbb{N} a \mathbb{Z} , dělitelnost, pojmy násobek, menší a větší část.

Učitelé a studenti ve svých přípravách opět vycházeli z tématu, do kterého úlohu zasadili: zadání posloupnosti vzorcem pro n -tý člen, lineární rovnice o jedné neznámé, soustava dvou rovnic o dvou neznámých, práce s proměnnou.

Pokud učitel nepromyslí, jaké znalosti budou žáci k řešení úlohy potřebovat, může se stát, že si s úlohou nebudou vědět rady, protože ještě nezískali potřebné znalosti.

- **Postoje a reakce žáků:** V naší analýze *a priori* jsme se pokusili odhadnout celkový postoj žáků k úloze. Předpokládali jsme, že se objeví na začátku žáci, kteří hned nějaké řešení uhodnou, a žáci, kteří si nebudou vědět rady. Domnívali jsme se, že je může překvapit obtížná srozumitelnost zadání a fakt, že cesta ke správnému řešení vyžaduje více kroků v uvažování.

Podobná reakce se objevila i v jedné přípravě studenta: „Předpokládám, že žáci budou tvrdit, že zapsanou rovnicí neumí vyřešit, neboť se jim v rovnici objevují

dvě neznámé. Spíše si myslím, že nikdo nepřijde na to, že za jednu neznámou může dosadit nějaké číslo a druhou pak vypočítat ze zapsané rovnosti.“

Učitelé a studenti jinak uváděli častěji reakce na konkrétní situaci, např. jeden student napsal: „Stále si myslím, že někdo na to půjde odhadem, protože se jedná o malé číslo, nicméně si myslím, že někoho napadne, že číslo 12 musí rozdělit na 4 díly.“¹⁸

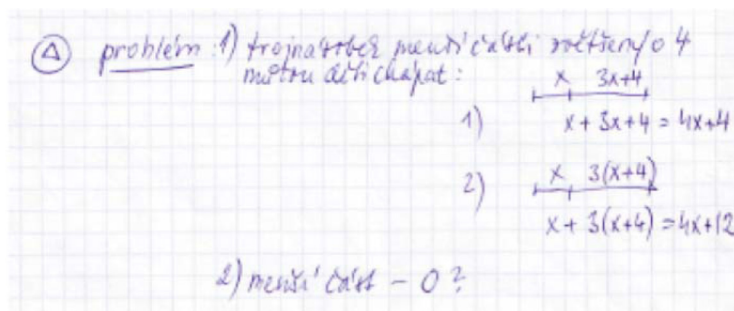
Postoje a reakce žáků lze obtížně odhadnout, výhodou je pro učitele zkušenost a schopnost vcítit se do myšlení žáků.

- **Správné strategie řešení:** V naší analýze *a priori* jsme navrhli celkem pět správných řešitelských strategií, se kterými by mohli žáci přijít: diofantovská rovnice, systematické experimentování, metoda pokus–omyl, graf a obrázek. Studenti a učitelé navrhovali kromě těchto strategií také soustavu dvou rovnic o dvou neznámých, lineární rovnici, modelování (pomocí kuliček).

Zajímavé je, že řešení pomocí soustavy rovnic, lineární rovnicí a diofantovskou rovnicí navrhovali pouze studenti. Vzhledem k věku žáků se jedná o poměrně náročné strategie. Učitelé navrhovali grafické řešení, řešení pomocí obrázku (ve třech případech úsečka, v jednom koláč) a systematické experimentování. Tedy strategie, které od žáků nevyžadují tak náročný matematický aparát, ale spíš tvořivost a úvahu.

Pokud učitel nepromyslí správné strategie řešení, může se stát, že žáci přijdou s překvapivým postupem řešení, který vede ke správnému výsledku, ale např. není správný, nebo využívá znalosti, které ještě ostatní žáci nemají. Pokud učitel v rámci přípravy způsobu řešení promyslí, bude schopen pohotově reagovat a takové situace budou pro něj snadnější.

- **Nesprávné strategie řešení:** Možnost volby nesprávné strategie řešení uvedl pouze jeden učitel (obr. 5). Příčinou je špatné porozumění zadání. Jedná se o nesprávnou strategii, kterou jsme popsali v naší analýze *a priori*.



Obr. 5: Nesprávná strategie

Výskyt a povaha nesprávných strategií závisí například na způsobu řešení úlohy, na tématu, kterým se žáci právě zabývají, na zažitých stereotypech žáků při řešení úloh. Velkou roli hraje také zkušenost učitele.

- **Způsob hodnocení:** V naší analýze *a priori* vycházel způsob hodnocení ze způsobu práce. Navrhovali jsme práci ve skupinách. Členové skupiny, kteří úlohu správně vyřeší, získají jedničku. Ostatní skupiny navrhuje ohodnotit pouze slovně.

Způsob hodnocení byl zmíněn ve dvou přípravách studentů. První z nich navrhoval samostatnou práci na tři malé jedničky, druhý (jedná se o studenta s praxí

¹⁸Tato strategie řešení je ale nesprávná.

2 roky) vysvětlil svůj celkový systém hodnocení: „Během první hodiny hodnotím pouze slovně. Povzbuzuji studenty, aby se nebáli ptát a sdělili ostatním, co jim dělá problém, co je napadlo, čeho si všimli. Výsledky kontroluji průběžně, snažím se nevynechat nikoho ve svých kontrolních otázkách prověřujících pochopení tématu. Po celkovém probrání a procvičení látky píšeme větší opakovací test, ve kterém shrneme dané téma.“

Pokud učitel nerozmyslí, jakým způsobem bude jednotlivé aktivity v hodině hodnotit, může se stát, že snadný i obtížný úkol ohodnotí stejným způsobem (např. známkou, která bude mít stejnou váhu v celkovém hodnocení).

4.6.2 NOVÉ SLOŽKY V PŘÍPRAVÁCH STUDENTŮ A UČITELŮ

V přípravách studentů i učitelů se objevily složky, které jsme do naší analýzy zařazeny neměli. Bylo jich méně než v první fázi experimentu: *motivační úloha* na úvod, *návodné otázky*, *klíčové kompetence* a *domácí úkol*. Stejně jako v první fázi experimentu jsme tyto složky rozdělili do dvou skupin:

Konkretizace námi navržené přípravy, její uvedení do praxe, jako např.: motivační rozcvičky, úvodní problémová úloha (ve čtyřech přípravách), návodné otázky (ve dvou případech).

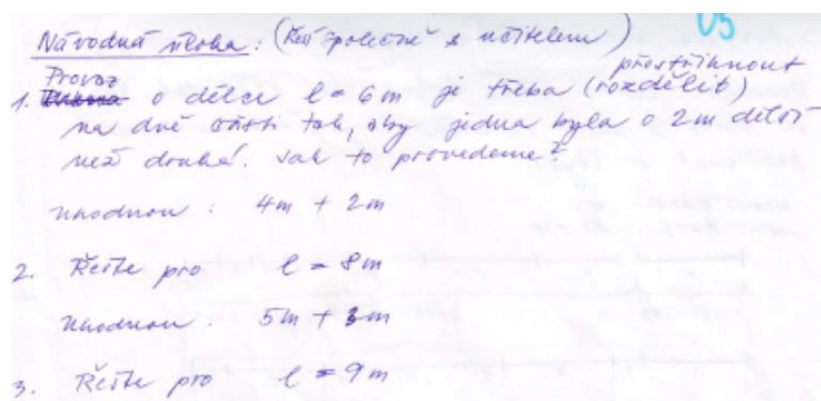
„Nové“ složky přípravy, které se v naší přípravě neobjevily: *klíčové kompetence* (v jednom případě), *domácí úkol* (v šesti přípravách).

a) *Domácí úkol*:¹⁹ Návrh domácího úkolu se objevil na závěr v pěti přípravách studentů a v jedné přípravě učitele. Identifikovali jsme dva typy úkolů, u každého typu uvádíme typický příklad:

- Vytvořte podobnou úlohu (bez bližší specifikace): „Vymyslete podobnou úlohu s rozdělením čísla na části, které mají nějaké vlastnosti.“
- Vyřešte slovní úlohu (řešitelnou lineární rovnicí, soustavou rovnic, experimentováním): „Podíl dvou čísel je 4, jejich součet je 75. Urči obě čísla.“

b) *Návodné otázky*: Ve dvou přípravách studentů a jednoho učitele se objevily návodné otázky, které by měly žákům pomoci s řešením úlohy: „Bude zde jen jedno řešení?“ „Chybí mi některý údaj? Který?“ „Co se stane, když si tento údaj vymyslím?“

c) *Motivační úloha*: V pěti přípravách učitelů byla v úvodu zapracována motivační úloha na úvod do problematiky (ukázka viz obr. 6).



Obr. 6: Návodná úloha

¹⁹Domácí úkol a návodné otázky se v první fázi výzkumu nevyskytly.

5 ZÁVĚR

První fáze experimentu potvrdila, že učitelé, a to nejen začínající, ale i zkušení, přikládají většinou podrobné přípravě výuky velký význam. V našem vzorku se ukázal rozdíl mezi učiteli na 1. a na 2. stupni školy hlavně v těchto položkách: pomůcky pro učitele a žáky, předchozí znalosti, postoje a reakce žáků, překážky, chyby a možné problémy, správné a nesprávné strategie řešení. Tento rozdíl je podle našich analýz způsoben hlavně rozdíly v obsahu a rozsahu probíraného učiva.

Předpokládali jsme, že skutečné přípravy nebudou obsahovat všechny položky, které učitelé a budoucí učitelé uváděli v dotazníku. Toto očekávání se potvrdilo pouze částečně. Ve srovnání s odpověďmi v dotazníku se ve skutečných přípravách méně vyskytovaly složky cíl hodiny, fáze hodiny a časové rozvržení, způsob práce a nesprávné strategie řešení. Naopak složky postoje a reakce žáků, překážky, chyby a možné problémy se častěji objevily v přípravách než v dotazníku.

Předpokládali jsme, že přípravy studentů budou bohatší po formální a organizační stránce, budou častěji obsahovat téma hodiny, fáze hodiny, časové rozvržení, způsob práce, pomůcky, způsob hodnocení. Očekávali jsme, že přípravy učitelů budou více zaměřeny na žáka, budou častěji zmiňovat předchozí znalosti, reakce a postoje žáků, překážky, chyby a možné problémy, správné i nesprávné strategie řešení. Tato naše očekávání se nepotvrdila. Studenti do svých příprav skutečně častěji zařazovali téma hodiny, fáze a časové rozvržení, pomůcky, ale také se ve větší míře než učitelé zabývali předchozími znalostmi, reakcemi a postoji žáků a překážkami, chybami a možnými problémy. Jak již bylo uvedeno, mohlo to být způsobeno jejich zkušenostmi z pedagogických praxí a úkolů, které v rámci nich plnili. Učitelé své přípravy zpracovali více po formální a organizační stránce.

Předpokládali jsme, že bude možné na základě přítomnosti/nepřítomnosti určitých složek analýzy *a priori* rozdělit přípravy učitelů a studentů do skupin. Vytvořili jsme dvě kategorie příprav: přípravy zaměřené na učitele a přípravy zaměřené na učitele a žáka zároveň.

Výzkum propojení analýz *a priori* a příprav učitelů není ve vědeckých publikacích zpracováván příliš často. Přitom je význam takových studií jak pro praxi, tak pro výzkum velký; analýza *a priori* umožňuje podrobněji zkoumat přípravy učitelů a poskytuje tak základ pro další práci s nimi – ať výzkumnou (např. při provádění analýzy a posteriori) či praktickou (např. při plánování výuky). Domníváme se, že se nám podařilo získat vzhled do této problematiky, i když si uvědomujeme, že vzorek učitelů a studentů je zatím příliš malý.

V předkládaném výzkumu jsme se zaměřili na porovnání analýzy *a priori* podle TDSM se skutečnými přípravami učitelů na výukovou jednotku. Sledovali jsme zařazování/nezařazování jednotlivých prvků z analýzy *a priori* do příprav a důsledky, které vynechání některé složky může mít na průběh příslušné výukové jednotky. V úvahu jsme brali pouze tři skupiny respondentů, dál už jsme je nedělili podle dalších proměnných (např. podle délky praxe, pohlaví). Při větším vzorku respondentů by takové rozdělení jistě obohatilo získané výsledky o další zjištění, která by měla velký význam jak pro učitelkou praxi, tak i pro přípravu budoucích učitelů.

Dotazníkové šetření v první fázi výzkumu by mohlo být doplněno rozhovory s vybranými respondenty, což by umožnilo doplnit další zajímavé podrobnosti hlavně v položkách, kde jsou velké rozdíly v odpovědích.

Naším hlavním cílem bylo sledovat odpovědi na výzkumné otázky v případě výuky matematiky. Další možné rozšíření výzkumu vidíme v hledání shod a rozdílů mezi učiteli matematiky a jiných předmětů a odhalování jejich příčin. Jiné možné

pokračování výzkumu by mohlo být zaměřeno na hledání shody mezi přípravou učitele a skutečně odučenou hodinou.

LITERATURA

BROUSSEAU, G. *Theory of didactical situations in mathematics*. N. Balacheff, M. Cooper, R. Sutherland, V. Warfield, (Eds. & Trans). Dordrecht : Kluwer, 1997.

BROUSSEAU, G. *Théorie des situations didactiques*. [Textes rassemblés et préparés par N. Balacheff, M. Cooper, R. Sutherland, V. Warfield]. Grenoble : La pensée sauvage, 1998.

BROUSSEAU, G. *Úvod do Teorie didaktických situací v matematice*. Praha : Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta, 2012.

BROUSSEAU, G., SARRAZY, B. *Glossaire de quelques concepts de la théorie des situations didactiques en mathématiques*. Bordeaux : DAEST, Université Bordeaux 2, 2002.

CHARNAY, R. L'analyse a priori, un outil pour l'enseignant. In Grugnetti, Jaquet, Medici, Polo, Rinaldi (Eds.) *Actes des journées d'étude sur le Rally mathématique transalpin, RMT: potentialités pour la classe et la formation*, Vol. 3, s. 199–213. ARMT : Dip. di Mat. Università di Parma, Dip. Mat. Università di Cagliari, 2003.

DIVÍŠEK, J. *Didaktika matematiky pro učitelství 1. stupně ZŠ*. Praha : SPN, 1989.

FERMAT, P. *Précis des Œuvres mathématiques et de l'Arithmétique de Diophante*, par É. Brassine. Toulouse : Imprimerie de Jean-Mathieu Douladoure, 1853. Reprint 2005.

HARMER, J. *The Practice of English Language Teaching*. London and New York : Longman Handbooks for Language Teachers, 1992.

HAUSENBLAS, O. a kol. *Klíčové kompetence na gymnáziu*. Praha : Výzkumný ústav pedagogický, 2008.

HRABÁKOVÁ, H. *Využití Teorie didaktických situací v prostředí české školy*. [Diplomová práce]. Praha : Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta, 2005.

MUTTON, T., HAGGER, H., BURN, K. Learning to plan, planning to learn: the developing expertise of beginning teachers. *Teachers and Teaching*, 2011, 17(4), p. 399–416.

NOVOTNÁ, J. Ukázky analýzy a priori pro slovní úlohy. P. Dvořák, J. Herman (Eds.). *Sborník z JŠDS Vrbčovic, jaro 2003*. Praha : Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta, OR Didaktika matematiky, 2003a, s. 31–54.

NOVOTNÁ, J. *Didaktické situace ve vyučování matematice*. [Přednáška]. Vzdělávání učitelů. Seminář učitelů matematiky okresu Mladá Boleslav. Pořadatel SPI Mladá Boleslav, 2003b.

NOVÁKOVÁ, H. *Analýza a priori jako součást přípravy učitele na výuku*. [Dizertační práce]. Praha : Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta, 2013.

OBST, O. Projektování výuky. In Z. Kalhous, O. Obst, a kol. (Eds.), *Školní didaktika*. Praha : Portál, 2002, s. 354–365.

- PANASUK, R. M., TODD, J. Effectiveness of Lesson Planning: Factor Analysis. *Journal of Instructional Psychology*, 2005, 32(3), p. 215–232.
- RYS, S. *Hospitace v pedagogické praxi*. Praha : SPN, 1975.
- SPAGNOLO, F., ČIŽMÁR, J. *Komunikácia v matematike na strednej škole*. Brno : Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, 2003.
- TAYLOR, P. H. *How teachers plan their courses*. Slough, Berkshire : National Foundation for Educational Research in England and Wales, 1970.
- TOCHON, F. V. A quoi pensent les enseignants quand ils planifient leurs cours? *Revue Française de pédagogie*, 1989, No. 86, p. 23–33.
- WARD, R. A., ANHALT, C. O., VONSON, K. D. Mathematical Representations and Pedagogical Content Knowledge: An Investigation of Prospective Teachers' Development. In *Focus on Learning Problems in Mathematics*, 2003. 15 p. [ERIC Number: ED477697]
- ZAHORIK, J. A. Teachers' planning models. *Educational Leadership*, 1975, 33(2), p. 134–139.

PODĚKOVÁNÍ

Článek byl podpořen projektem GAČR P407/12/1939. Vychází z výsledků autorčiny doktorské disertační práce vytvořené pod vedením prof. RNDr. Jarmily Novotné, CSc. Autorka děkuje školitelce a doc. RNDr. Nadě Vondrové, Ph.D., za cenná doporučení při zpracování článku.

Mgr. Hana Nováková – E-mail: hanka.hrabakova@centrum.cz
doktorandka, Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta, Česká republika

Experimenty s přírodními látkami v chemickém vzdělávání na SŠ – názory středoškolských učitelů

Michala Opatová, Simona Hybelbauerová

Abstrakt

Tento článek přináší názory středoškolských učitelů chemie na téma experimenty s přírodními látkami v chemickém vzdělávání. Prostřednictvím interaktivního dotazníku učitelé odpovídali na otázky k teoretické i experimentální výuce tohoto tématu. Cílem výzkumu bylo zjistit, jaké experimenty s přírodními látkami učitelé zařazují do výuky, jestli rozšiřují téma i do jiných oblastí, než jak je uváděno v rámcových vzdělávacích programech, a kde nacházejí ke zmíněným experimentům inspiraci. Výsledky výzkumu poslouží mj. ke zpracování sbírky s návody na inovované či méně známé experimenty s přírodními látkami.

Klíčová slova: přírodní látky, střední škola, chemie, experimenty, dotazníkové šetření.

The Experiments with Natural Compounds in Secondary School Chemistry Education – Opinions of Secondary School Teachers

Abstract

The paper focuses on the opinions of secondary school chemistry teachers of 'Experiments with natural compounds in chemistry education'. The teachers answered the questions on the theoretical and experimental teaching of this topic in an interactive questionnaire. The main objective of our research was to investigate which experiments with natural compounds the teachers use in their classes, if teachers extend this topic to areas other than given in the curriculum document, the Framework Education Programme, and where teachers find the inspirations for their experiments. The results will be used, among others, to make a compilation of innovated or not well known experiments with natural compounds and instructions for these experiments.

Key words: natural compounds, secondary school chemistry, experiments, questionnaire survey.

1 ÚVOD

V přehledu středoškolské chemie (Vacík, 1995) se popisují přírodní látky jako sloučeniny nebo jejich směsi vyskytující se v přírodě. Patří sem jednoduché (př. kyselina mravenčí) i složité (př. nukleové kyseliny) sloučeniny. Podle výzkumu (Huvarová, 2010) je nejvíce používanou učebnicí chemie na středních školách (SŠ) Chemie pro čtyřletá gymnázia (Mareček, Honza, 2000), kde se mezi přírodní látky řadí živiny (lipidy, sacharidy, bílkoviny), biokatalyzátory (enzymy, vitaminy, hormony), nukleové kyseliny, steroidy, alkaloidy a terpeny. V porovnání s ostatními podtématy zde mají největší obsahový rozsah sacharidy, proteiny a lipidy. Ve zmíněné učebnici však nejsou zařazeny návody na experimenty. V jiných učebnicích chemie pro gymnázia (Banýr, 1995; Kolář, 1997; Eisner, Amann, 2000) se vyskytují experimenty zaměřené na přírodní látky, jako je např. důkaz škrobu, redukujících sacharidů, biuretová reakce a denaturace bílkovin.

Téma přírodní látky se ve středoškolské chemii řadí tradičně až za učivo obecné, anorganické a organické chemie, promítá se ale i do učiva biochemie (RVP G, 2007). Bývá také díky výskytu látek v přírodním materiálu úzce spjata i s biologií. V současné době mají učitelé vzhledem k rámcovým vzdělávacím programům (RVP) možnost zvolit si rozsah vybraného tématu v celém ročním plánu chemie tak, aby stihli probrat vše, co je předepsané v jejich školním vzdělávacím programu (ŠVP), a zároveň aby mohli věnovat větší časový úsek vybranému tématu, např. přírodním látkám. Také si mohou vybrat, které experimenty zařadí do výuky, ke kterému tématu experimenty předvedou demonstračně, či které pokusy si žáci budou moci sami vyzkoušet při laboratorním cvičení.

Pro žáky na SŠ bývá chemie méně oblíbený předmět (Rusek, Pumpr, 2009). Co však žáky z chemie zaujme nejvíce, jsou právě experimenty (Rusek, 2011). Téma přírodní látky bývá žákům blízké, a to z důvodu přítomnosti látek ve známém materiálu, v rostlinách, potravinách, drogistickém zboží apod. Experimenty s přírodními látkami jsou pro žáky atraktivní právě tím, že si mohou výchozí materiál sami přinést z domova nebo přírody a např. izolovat přírodní látku, provést s ní jednoduché reakce, dokázat její přítomnost ve směsi a další.

Hlavním cílem tohoto výzkumu bylo zjistit, jaká podtémata přírodních látek, kromě výše zmíněných stěžejních témat uvedených v RVP, učitelé vyučují, jaké experimenty s přírodními látkami učitelé provádějí nebo nechají své žáky realizovat při laboratorním cvičení, a kde získávají inspiraci k těmto experimentům.

2 DŘÍVE PROVEDENÉ VÝZKUMY ZAMĚŘENÉ MIMO JINÉ NA PŘÍRODNÍ LÁTKY A EXPERIMENTY

Ve výzkumu z roku 2006–2009 (Teplá, Klímová, 2011), který byl zaměřený na obsah učiva biochemie a ICT na SŠ, se některé otázky v dotazníkovém šetření týkaly i přírodních látek (nukleové kyseliny, bílkoviny, sacharidy, lipidy, enzymy a vitaminy). Dotazníkového šetření, kde cílovou skupinou byli učitelé chemie převážně z gymnázií, se zúčastnilo 104 SŠ. Výsledkem bylo zjištění, že přírodní látky (uvedené výše) patří mezi často vyučovaná biochemická témata a že se řadí mezi méně obtížné učivo. K experimentům s přírodními látkami v tomto dotazníkovém šetření nedošlo.

Při dotazníkovém šetření z let 2007–2009 (Bóhmová, 2009), které bylo zaměřené na zařazování experimentů do výuky chemie, se zjistilo, že učitelé nejčastěji ukazují demonstrační pokusy, méně často mají žáci možnost sami provádět experimenty při laboratorním cvičení.

Z výzkumu PISA 2006 (Palečková, 2006), který se mimo jiné vztahoval k využití experimentů v přírodovědné výuce, je zřejmé, že se v ČR velmi málo provádí praktické pokusy v laboratoři. Závěr z výzkumu TIMSS 2007 (Tomášek, 2007) ukazuje, že žáci v ČR při realizaci experimentů dosahují pouze průměrných výsledků v porovnání se zahraničím.

3 VLASTNÍ PEDAGOGICKÝ VÝZKUM

Výše uvedené výzkumy nebyly zaměřeny na experimenty s přírodními látkami a na doprovodné informace. Proto byl vytvořen dotazník, který měl za úkol zjistit odpovědi na předem zvolené otázky, jež se týkají výše uvedené problematiky, od náhodně vybraných středoškolských učitelů chemie v ČR. V tomto případě byl zvolen elektronický dotazník, a to z důvodů rychlého zpracování, finanční nenáročnosti a menší časové náročnosti pro učitele.

Dotazník je často volenou metodou pedagogického výzkumu (Gavora, 2000). Námí vytvořený dotazník obsahoval 9 otázek, u většiny byl výběr z několika předvolených odpovědí, jedna otázka obsahovala otevřenou odpověď a jedna otázka obsahovala odpověď pouze ano/ne. Součástí dotazníku byla možnost vyjádřit svůj vlastní názor k problematice, ale i ke struktuře dotazníku.¹

Otázky byly formulovány takto:

1. *Jakou dotaci hodin má předmět chemie na Vaší škole (vyšší gymnázium)?*
cíl: zjistit, zda na vybrané SŠ mají alespoň 2 hodiny chemie/týdně a kolik ročníků
2. *Mají žáci rozvrhované laboratorní cvičení z chemie (mimo běžné hodiny chemie)?*
cíl: získat informace o možnosti vlastní činnosti žáků při laboratorním cvičení, a kolikrát za pololetí
3. *Chemické experimenty zařazují:*
cíl: ověřit si, zda učitel zařazuje experimenty jen demonstračně nebo v rámci laboratorního cvičení nebo vůbec
4. *Podle čeho vybíráte experimenty do výuky?*
cíl: zjistit, z čeho učitel čerpá inspiraci pro experimenty, zda z VŠ poznámek, učebnic, ...
5. *Využíváte při experimentech běžný materiál, např. potraviny, nápoje, drogistické zboží?*
cíl: dozvědět se, zda je tento běžný materiál součástí experimentů, či zda učitel nezná experimenty s ním
6. *Ve kterém ročníku vyučujete téma přírodní látky?*
cíl: zjistit, ve kterém ročníku je zařazeno téma přírodní látky

¹Dotazník je dostupný na internetových stránkách <https://docs.google.com/spreadsheets/viewform?formkey=dEJVNUdEQURyRWlVUVJkVl9vX0l6c2c6MQ>.

7. Při experimentech s přírodními látkami se zaměřuji na:
cíl: ověřit si, které přírodní látky učitel vybírá pro experimenty
8. Uveďte, prosím, názvy experimentů s přírodními látkami, které zařazujete do výuky chemie:
cíl: uvést přesné názvy experimentů s přírodními látkami
9. Uvítali byste sbírku experimentů s přírodními látkami a materiálem z domácnosti?
cíl: zjistit, zda je zájem o další návody na experimenty, a motivovat učitele k vyplnění dotazníku

POSTUP VLASTNÍHO PEDAGOGICKÉHO VÝZKUMU

Nejprve byly formulovány otázky a k nim byly vytvořeny možné odpovědi. U většiny otázek byla poslední odpovědí „jiná možnost“, kde učitel mohl odpovědět podle svého úsudku a rozepsat se více k dotazovanému tématu, nebo měl možnost vypsát více odpovědí do tohoto nabízeného políčka (z důvodu, že v elektronickém dotazníku nešlo označit více odpovědí současně).

Poté byl vytvořen interaktivní dotazník pomocí služby Google Docs, která je bezplatná. Následně byli osloveni náhodně vybraní učitelé chemie na SŠ, převážně z gymnázií, kde se předmět chemie učí v širším rozsahu. Pokud bylo možné dohledat e-mail přímo na učitele chemie na vybrané škole, byl mu zaslán mail s prosbou o vyplnění dotazníku. Jinak byl dotazník zaslán e-mailem na sekretariát školy, s žádostí o předání učiteli chemie. Snahou bylo rozeslat dotazník do všech krajů v ČR. Odpovědi učitelů, kteří dotazník vyplnili, byly zpracovány v programu Microsoft Excel.

Žádosti o vyplnění dotazníku byly poslány během druhého pololetí školního roku 2011/2012 celkem na 102 SŠ v ČR.

VÝSLEDKY DOTAZNÍKOVÉHO ŠETŘENÍ NA RŮZNÝCH TYPECH STŘEDNÍCH ŠKOL A V JEDNOTLIVÝCH KRAJÍCH

Z celkem 102 SŠ se vyplněný dotazník vrátil z 57, návratnost činí tedy 56 % (viz tabulka 1). Na stejné škole bylo osloveno více učitelů, a to kvůli možnosti výběru jiných experimentů, než využívá kolega, čerpání inspirace pro experimenty a další. Dotazník vyplnilo celkem 68 učitelů z oslovených 132, což je 51 %.

Tab. 1: Porovnání gymnázií a SOŠ vzhledem k poslané žádosti o vyplnění dotazníku

Typ SŠ	Počet oslovených škol	Počet škol, kde byl vyplněn dotazník	Návratnost
Gymnázia	93	52	56 %
SOŠ	9	5	56 %

Z tabulky 1 je zřejmé, že žádost o vyplnění dotazníku byla poslána především na gymnázia. Vyplněné dotazníky přišly z 52 gymnázií a z 5 středních odborných škol (SOŠ).

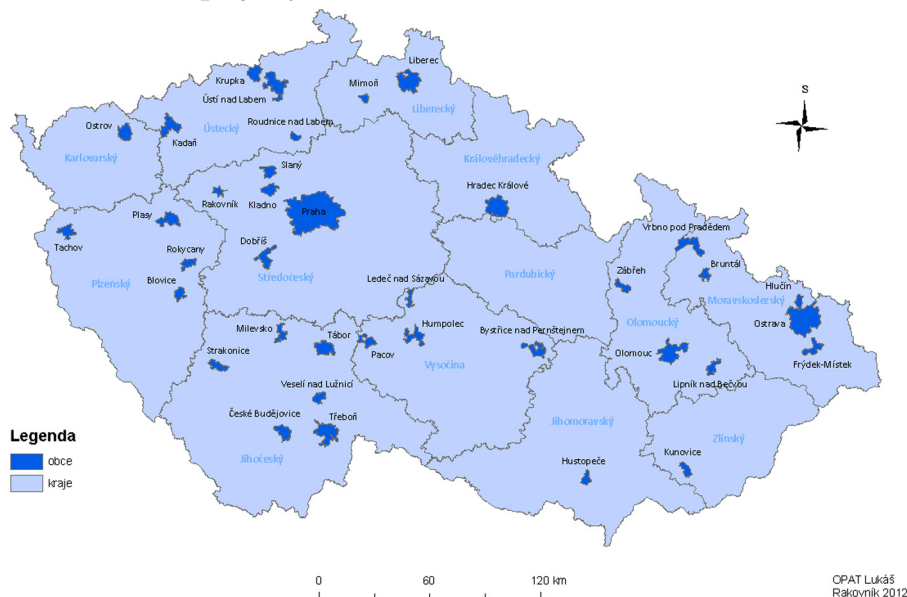
Tab. 2: Poslané žádosti o vyplnění dotazníku na střední školy a jejich návratnost

Kraj	Počet oslovených SŠ v kraji	Počet SŠ v kraji, kde byl vyplněn dotazník	Návratnost dotazníku v kraji
Hlavní město Praha	25	18	72 %
Středočeský kraj	12	4	33 %
Ústecký kraj	5	4	80 %
Plzeňský kraj	4	4	100 %
Jihočeský kraj	11	8	72 %
Kraj Vysočina	5	4	80 %
Královéhradecký kraj	7	1	14 %
Pardubický kraj	3	0	0 %
Moravskoslezský kraj	12	7	58 %
Olomoucký kraj	5	3	60 %
Liberecký kraj	2	2	100 %
Jihomoravský kraj	10	1	10 %
Zlínský kraj	1	1	100 %

Z tabulky 2 vyplývá, že z každého kraje v ČR došel vyplněný dotazník alespoň z 1 SŠ, kromě kraje Pardubického, kam byly poslány žádosti na 3 různé SŠ.

Na obrázku 1 je patrné rozmístění SŠ, ze kterých přišly vyplněné dotazníky. Pouze mimo Pardubický kraj jsou označena města se SŠ v každém kraji.

Předledová mapa ČR – krajů s vyznačenými obcemi zapojenými do dotazníkového šetření



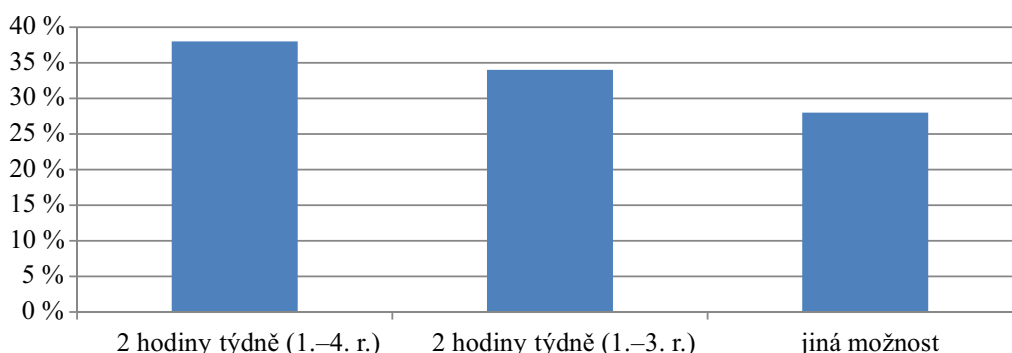
Obr. 1: Vyznačená města v krajích s vyplněnými dotazníky

ODPOVĚDI STŘEDOŠKOLSKÝCH UČITELŮ NA OTÁZKY V DOTAZNÍKU

V následujícím textu jsou uvedeny získané odpovědi od 68 středoškolských učitelů chemie, kteří vyplnili dotazník. Odpovědi jsou graficky zpracovány a okomentovány. Počet odpovědí je přepočítán na procenta z důvodu větší přehlednosti.

1. *Jakou dotaci hodin má předmět chemie na Vaší škole (vyšší gymnázium)?*

- a) *2 hodiny týdně (1.–4. ročník)*
- b) *2 hodiny týdně (1.–3. ročník)*
- c) *jiná možnost*

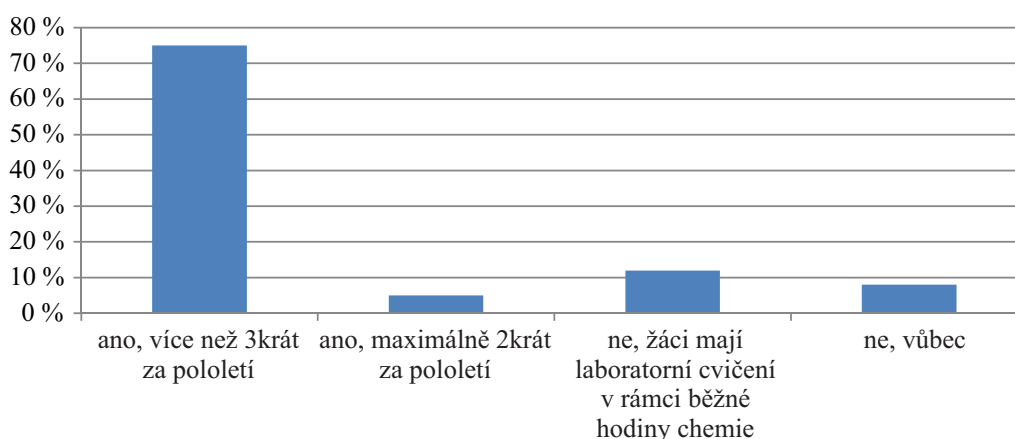


Obr. 2: Analýza odpovědí na 1. otázku

Z grafu na obr. 2 vyplývá, že nejvíce učitelů (38 %) odpovědělo na 1. otázku variantou a), na jejich škole má předmět chemie dotaci 2 hodiny týdně (1.–4. ročník). 34 % odpovědí byla varianta b), a 28 % učitelů odpovědělo za c) jinou možnost. Tato odpověď byla velmi různorodá, učitelé se většinou neshodovali, pravděpodobně z důvodu různých typů škol (gymnázium – SOŠ). Jako odpovědi byly uváděny např. 2 hodiny (1.–2. ročník), 4 hodiny (1. ročník) a 2 hodiny (2. ročník), 3 hodiny (1.–3. ročník) atd.

2. *Mají žáci rozvrhované laboratorní cvičení z chemie (mimo běžné hodiny chemie)?*

- a) *ano, více než 3krát za pololetí*
- b) *ano, maximálně 2krát za pololetí*
- c) *ne, žáci mají laboratorní cvičení v rámci běžné hodiny chemie*
- d) *ne, vůbec*
- e) *jiná možnost*



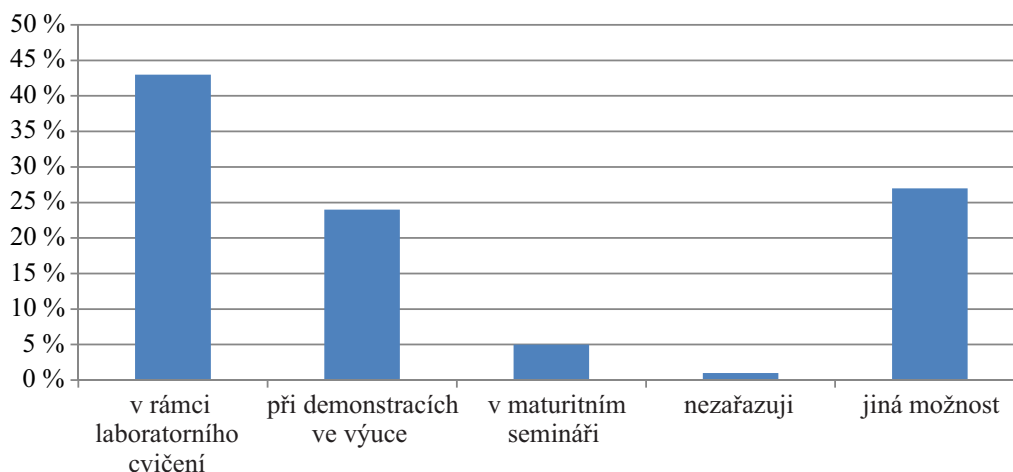
Obr. 3: Analýza odpovědí na 2. otázku

Z grafu na obr. 3 je zřejmé, že učitelé na druhou otázku odpovídali především pomocí možnosti za a) ano, více než 3krát za pololetí (75 %). Mnozí zaškrtnli variantu za e) jiná možnost, kde uvedli, že žáci mají laboratorní cvičení např. jen ve 2. ročníku nebo ve 2. a 3. ročníku nebo jako samostatný předmět. Tyto odpovědi jsou teoreticky odpovědi za a), proto jsou sem přeřazeny. 8 %

odpovědí, překvapivě ze třech gymnázií, bylo pro variantu za d) ne, vůbec. Což znamená, že žáci na těchto školách pravděpodobně nemají možnost vyzkoušet si sami experimentální činnost v rámci výuky chemie. Varianta za e) není zařazena do grafu, neboť všechny odpovědi učitelů v této variantě spadají do varianty a).

3. *Chemické experimenty zařazují:*

- a) *v rámci laboratorního cvičení*
- b) *při demonstracích ve výuce*
- c) *v maturitním semináři*
- d) *nezařazují*
- e) *jiná možnost*

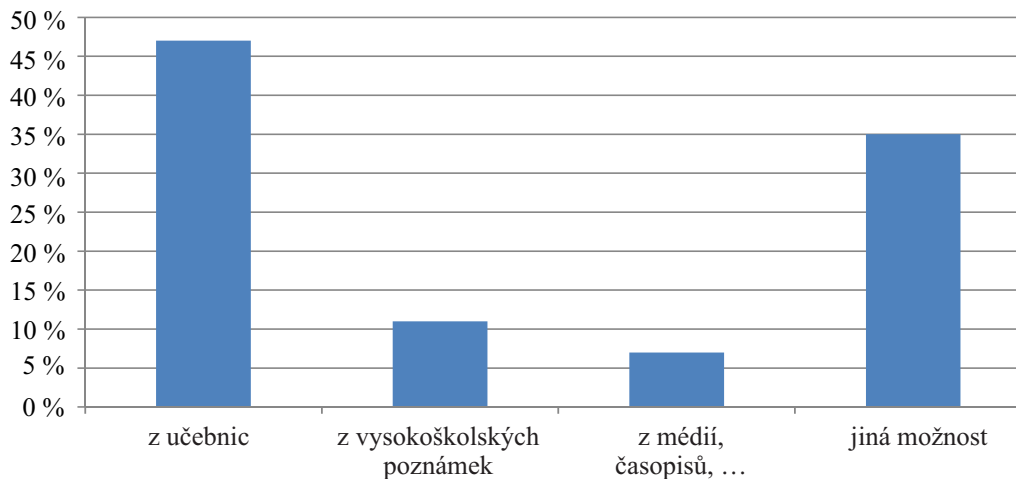


Obr. 4: Analýza odpovědí na 3. otázku

Z grafu na obr. 4 je patrné, že učitelé zapojení do dotazníkového šetření nejvíce zařazují experimenty v rámci laboratorního cvičení (43 %). Variantu za e) si vybrali učitelé, kteří uvedli více možností, např. že zařazují experimenty do laboratorního cvičení i při demonstracích (7krát uvedeno) nebo do laboratorního cvičení, demonstrací i semináře (2krát uvedeno). Pouze jeden učitel uvedl, že nezařazuje experimenty.

4. *Podle čeho vybíráte experimenty do výuky?*

- a) *z učebnic*
- b) *z vysokoškolských poznámek*
- c) *z médií, časopisů, ...*
- d) *jiná možnost*

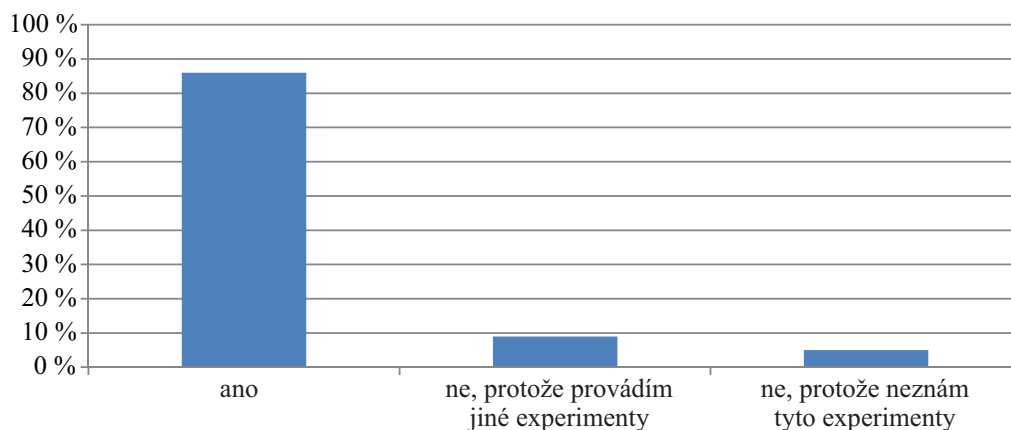


Obr. 5: Analýza odpovědí na 4. otázku

Z grafu na obr. 5 vyplývá, že většina dotazovaných učitelů (47 %) vybírá experimenty pouze z učebnic, variantu za d) — jinou možnost – si vybralo 35 % učitelů. Ti uvedli, že využívají všechny uvedené možnosti, nebo mají vlastní návody, nebo čerpají z vlastní zkušenosti z dřívější praxe v laboratoři. Jeden učitel uvedl, že čerpá inspiraci z akcí např. na PřF UK v Praze nebo VŠCHT Praha. Ti, co uvedli variantu za c), dodali, že čerpají i z internetu.

5. *Využíváte při experimentech běžný materiál, např. potraviny, nápoje, drogistické zboží?*

- a) *ano*
- b) *ne, protože provádím jiné experimenty*
- c) *ne, protože neznám tyto experimenty*

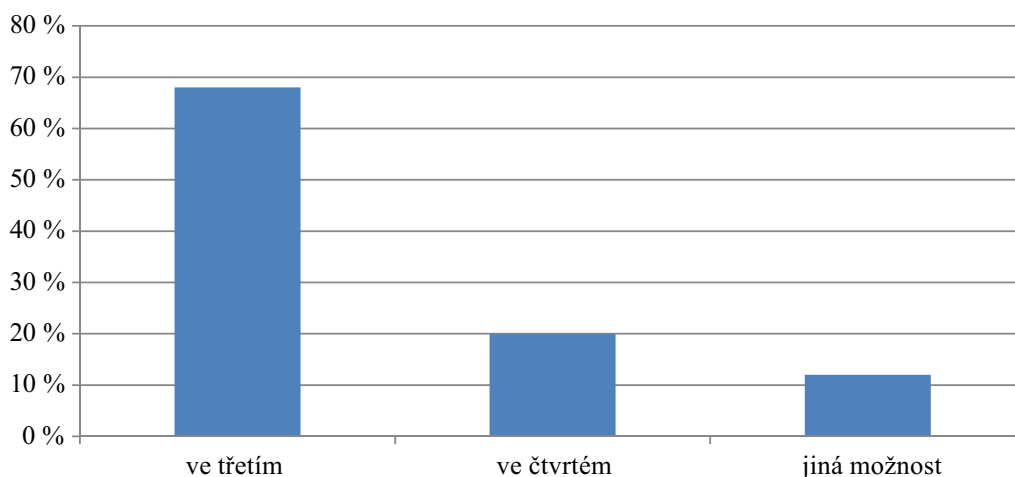


Obr. 6: Analýza odpovědí na 5. otázku

Z grafu na obr. 6 lze vyčíst, že většina učitelů (86 %) využívá uvedený běžný materiál při experimentech. Pouze 5 % dotazovaných učitelů uvedlo, že nezná experimenty s tímto materiálem.

6. *Ve kterém ročníku vyučujete téma přírodní látky?*

- a) *ve třetím*
- b) *ve čtvrtém*
- c) *jiná možnost*



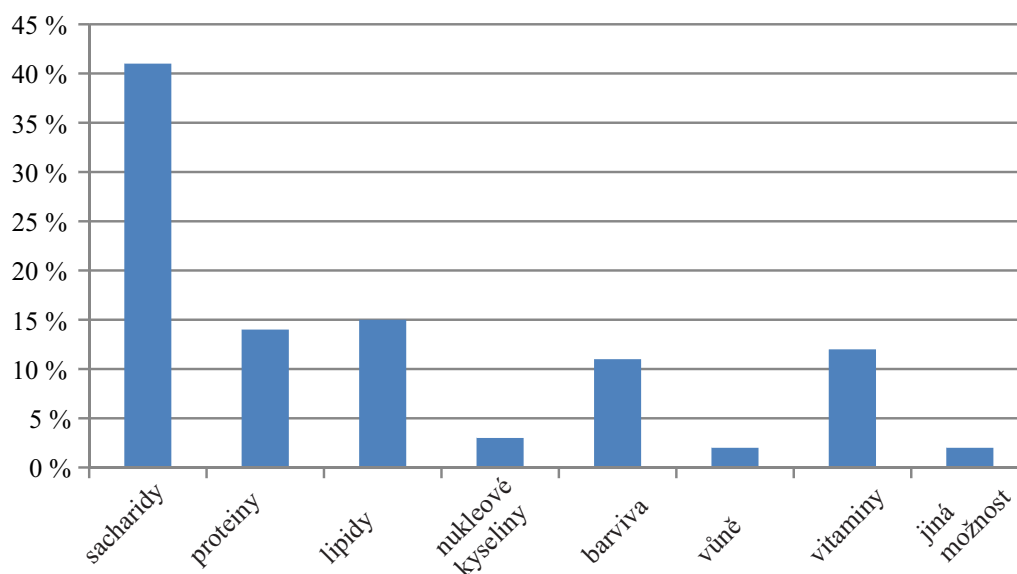
Obr. 7: Analýza odpovědí na 6. otázku

Z grafu na obr. 7 je zřejmé, že nejčastěji (68 %) byla učiteli zvolena možnost za a), téma přírodní látky vyučují ve třetím ročníku. 12 % učitelů uvedlo

odpověď za c) s odůvodněním, že vyučují toto téma např. ve druhém ročníku nebo ve třetím i čtvrtém ročníku nebo jen v semináři.

7. Při experimentech s přírodními látkami se zaměřují na:

- a) sacharidy
- b) proteiny
- c) lipidy
- d) nukleové kyseliny
- e) barviva
- f) vůně
- g) vitaminy
- h) jiná možnost



Obr. 8: Analýza odpovědí na 7. otázku

Z grafu na obr. 8 je patrné, že učitelé se nejvíce zaměřují při svých experimentech s přírodními látkami na sacharidy (41 %), nejméně se pak věnují nukleovým kyselinám (3 %), vůním (2 %) či jiným tématům (učitelé zde uvádějí např. terpeny, alkaloidy, glykosidy).

8. Uveďte, prosím, názvy experimentů s přírodními látkami, které zařazujete do výuky chemie:

Tato otevřená otázka je pro celé dotazníkové šetření nejpřínosnější, protože odpověď poskytuje informace, jaké experimenty s přírodními látkami učitelé zařazují do výuky. Z odpovědí lze vytvořit podle podtémat jednotlivé kategorie (uvedené názvy experimentů jsou autentické odpovědi od učitelů):

Experimenty se sacharidy:

- **Důkaz sacharidů – 45krát zmíněno**
- Hydrolýza škrobu – 7krát zmíněno
- Faraonovi hadi – 5krát zmíněno
- Hoření cukru se skořicí, modrá baňka, výroba papíru – jednou zmíněno

Experimenty s bílkovinami:

- **Důkaz bílkovin (biuretová reakce) – 30krát zmíněno**
- Denaturace bílkovin – 11krát zmíněno
- Xanthoproteinový test – 6krát zmíněno
- Experimenty s mlékem – 2krát zmíněno
- Výroba tvarohu – jednou zmíněno

Experimenty s lipidy:

- **Výroba a vlastnosti mýdla – 15krát zmíněno**
- Důkaz lipidů – 6krát zmíněno
- Rozpustnost lipidů – 3krát zmíněno
- Cholesterol v tucích – 2krát zmíněno
- Teplota měknutí tuků, olejová lampa, dělení oleje s vodou, rozlišení rostlinného a minerálního oleje – jednou zmíněno

Experimenty s barvivy:

- **Anthokyaniny (př. z červeného zelí, indikátor pH) – 12krát zmíněno**
- Chromatografie – 11krát zmíněno
- Extrakce barviva (př. chlorofylu a následná fluorescence) – 5krát zmíněno
- Odbarvení s aktivním uhlím, duha z rajčatové šťávy, reakce barviv, barvení látek – jednou zmíněno

Experimenty s vitaminy:

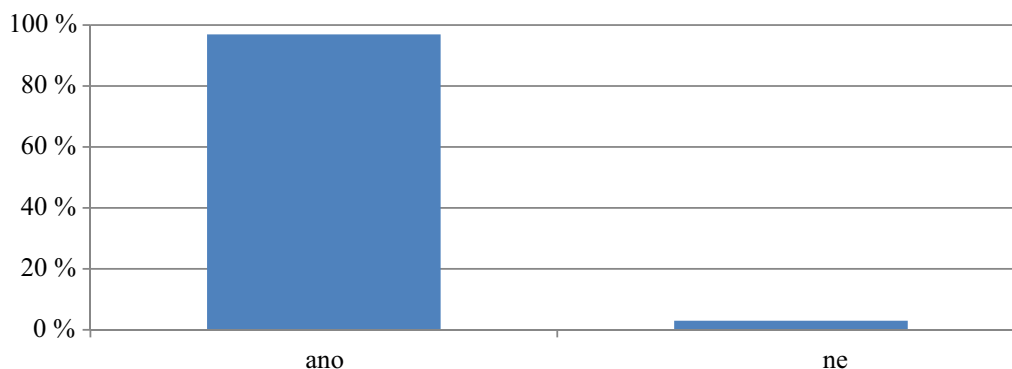
- **Důkaz vitaminů (především vitamínu C) – 14krát zmíněno**
- Vlastnosti vitaminů (např. rozpustnost) – 2krát zmíněno

Ostatní experimenty s přírodními látkami:

- **Enzymy – př. trávení potravin, funkce ptyalinu – 12krát zmíněno**
- Destilace rostlinných silic s vodní párou – 8krát zmíněno
- Experimenty s alkaloidy (př. izolace kofeinu) – 6krát zmíněno
- Příprava vůně (esteru) – 5krát zmíněno
- Experimenty s octem – 3krát zmíněno
- Po stopách kuřáka – 3krát zmíněno
- Důkaz prvků v přírodních látkách – 3krát zmíněno
- Konec gumového medvídka – 2krát zmíněno
- Ostatní jednou zmíněné: izolace hesperidinu z pomerančové kůry, dusičnany v ovoci a zelenině, stanovení aditiv v potravinách, rozbor piva, složení kostí, kyselina šťavelová ve šťovíku

9. *Uvítali byste sbírku experimentů s přírodními látkami a materiálem z domácnosti?*

- a) *ano*
- b) *ne*



Obr. 9: Analýza odpovědí na 9. otázku

Z grafu na obr. 9 vyplývá, že učitelé zapojení do tohoto výzkumu by téměř všichni měli zájem o výše zmiňovanou sbírku experimentů.

4 DISKUZE

Z oslovených 102 SŠ (93 gymnázií a 9 SOŠ) se do tohoto dotazníkového šetření zapojilo 57 SŠ (68 učitelů chemie). Šlo pouze o výzkum orientační se snahou zjistit informace k dané problematice ze všech krajů u náhodně vybraných středních škol v ČR. Byly osloveny především fakultní školy PřF UK a všem zúčastněným byla nabídnuta připravovaná sbírka experimentů, což pravděpodobně přispělo k poměrně vysoké návratnosti vyplněných dotazníků. U škol Pardubického kraje však nedošlo ke spolupráci. Výzkum byl realizován na SŠ gymnaziálního typu, protože se zde chemie vyučuje vyšší počet hodin než na jiných SŠ, a na SOŠ s chemickým zaměřením. Učitelé odpovídali v rámci interaktivního dotazníku, někteří podrobně vyjadřovali své názory, jiní napsali, že by to byla obsáhlá odpověď, tak uvedli jen část. Tím mohlo dojít ke zkreslení výsledků. Ale i přesto se z výzkumu zjistily zajímavé informace o výuce přírodních látek na SŠ o a experimentech s nimi, které by se daly shrnout takto:

Na SŠ, které se zúčastnily dotazníkového šetření, se vyučuje chemie s dotací minimálně 2 hodiny týdně v 1. a 2. ročníku. Nejčastěji se vyučuje 2 hodiny (1.–4. ročník). Na většině oslovených škol mají žáci možnost vyzkoušet si experimenty v rámci laboratorního cvičení. Experimenty jsou často zařazovány do výuky demonstračně, při laboratorním cvičení a v semináři. Učitelé si vybírají experimenty především z tištěných materiálů (učebnice, vysokoškolské poznámky, časopisy atd.). Většina učitelů zná experimenty s běžným materiálem, jako jsou potraviny, nápoje, drogistické zboží atd. Téma přírodní látky se nejčastěji vyučuje ve třetím ročníku. U dotazovaných učitelů jsou nejvíce zařazovanými experimenty s přírodními látkami ty, které jsou zaměřené na sacharidy. Konkrétně byly zmiňovány důkazové reakce, hydrolýza škrobu, hoření sacharidů a modrá baňka. Z dalších do výuky zařazovaných experimentů byly zmíněny experimenty s bílkovinami, a to důkaz bílkovin (biuretová reakce), experimenty s lipidy, u nichž převažoval experiment týkající se výroby a vlastností mýdla. Poměrně často byly uváděny experimenty s vitaminy, s anthokyaniny, a experimenty

zaměřené na enzymy (ptyalin). Zajímavé byly i méně tradiční experimenty, jako např. izolace hesperidinu z pomerančové kůry, rozbor piva atd.

Jednoznačně z dotazníkového šetření vyplynulo, že učitelé mají zájem o další návody na experimenty s přírodními látkami.

Je zřejmé, že téma přírodní látky poskytuje širokou působnost pro učitele ve výběru experimentů, ať již tradičních či méně známých. Tím, že si žáci mohou přinést přírodní materiál sami z domova nebo z přírody, propojí si chemii s běžným životem a lépe si uvědomí důležitost tohoto předmětu. Na základě zájmu o další návody na experimenty s přírodními látkami bude učitelům zapojeným do výzkumu zaslána sbírka, která přinese, doufejme, další inspiraci pro výuku chemie. Ohodnocení této sbírky učiteli může být dalším stupněm pro vytváření nových experimentů či jejich vylepšování.

5 ZÁVĚR

Dotazníkové šetření zaměřené na přírodní látky a experimenty s nimi přineslo jak předem předpokládané výsledky (např. ve kterém ročníku se vyučuje téma přírodní látky), tak i zajímavé odpovědi v podobě vypsáných experimentů s přírodními látkami. Na oslovených školách se tradičně učitelé nejčastěji zaměřují na experimenty se sacharidy, méně často na experimenty s okrajově probíranými látkami, jako jsou alkaloidy, terpeny, vůně a další.

Podle očekávání učitelé rádi uvítají další návody na experimenty s přírodními látkami. Ty jim budou posílány v průběhu roku 2013. Naštěstí se nepotvrdila hypotéza, že na většině škol není dostatek času na laboratorní cvičení, a tudíž si žáci sami vyzkouší experimenty, které jsou nedílnou součástí výuky chemie.

Experimentům s přírodními látkami bude jistě i nadále věnována pozornost, protože je to oblast, již lze stále prozkoumávat a pro niž je možné připravovat zajímavé experimenty s běžně dostupným materiálem či pomůckami.

LITERATURA

BANÝR, J., a kol. *Chemie pro střední školy*. Praha : SPN, 1995.

BŮHMOVÁ, H. *Vzdělávání žáků v chemii prostřednictvím, jednoduchých experimentů s přírodními látkami: podpora empirických poznávacích postupů a rozvoj souvisejících kompetencí*. Disertační práce. Praha : UK v Praze, 2009.

EISNER, W., AMANN, W., a kol. *Chemie pro střední školy*. Scientia, 2000.

GAVORA, P. *Úvod do pedagogického výzkumu*. Brno : Paido, 2000.

HUVAROVÁ, M. *Nejpoužívanější středoškolské učebnice chemie na gymnáziích*. Bakalářská práce. Olomouc : UP, 2010.

KOLÁŘ, K., a kol. *Chemie organická a biochemie pro gymnázia*. Praha : SPN, 1997.

MAREČEK, A., HONZA, J. *Chemie pro čtyřletá gymnázia*. 3. díl. Olomouc : 2000.

PALEČKOVÁ, J., a kol. *Hlavní zjištění výsledků PISA 2006. Poradí si žáci s přírodními vědami?* Praha : Ústav pro informace ve vzdělávání, 2007.

- Rámcový vzdělávací program pro gymnázia*. [online]. Praha : VÚP, 2007. [cit. 2012–10–01]. Dostupné z: http://vuppraha.cz/wp-content/uploads/2009/12/RVPG-2007-07_final.pdf
- RUSEK, M. Postoj žáků k předmětu chemie na středních odborných školách. *Scientia in educatione*, 2011, 2(2), s. 39–58.
- RUSEK, M., PUMPR, V. Výuka chemie na SOŠ nechemického směru. In *Výzkum, teorie a praxe v didaktice chemie XIX*. Hradec Králové : Gaudeamus, 2009.
- TEPLÁ, M., KLÍMOVÁ, H. Obsah učiva biochemie a používání počítačové technologie na středních školách v ČR – výsledky dotazníkového šetření. In *Media 4U Magazine X3/2011*. [cit. 2012–10–01]. Dostupné z: <http://www.media4u.cz/mmx32011.pdf>
- TOMÁŠEK, V., a kol. *Výzkum TIMSS 2007. Obstojí čeští žáci v mezinárodní konkurenci?* Praha : Ústav pro informace ve vzdělávání, 2008.
- VACÍK, J. *Přehled středoškolské chemie*. Praha : SPN, 1995.

PODĚKOVÁNÍ

Děkujeme všem středním školám zapojeným do výzkumu, hlavně učitelům chemie, za vyplnění dotazníku. Přejeme jim spoustu krásných experimentů, a to nejen s přírodními látkami. Mgr. Lukáši Opatovi patří poděkování za vytvoření mapy. V neposlední řadě děkujeme za finanční podporu projektu PRVOUK P42, a stejně tak děkujeme výzkumnému záměru MSM002162085.

Mgr. Michala Opatová – E-mail: opatova.michala@gmail.com
RNDr. Simona Hybelbauerová, Ph.D. – E-mail: simona.hybelbauerova@gmail.com
Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta
katedra učitelství a didaktiky chemie
Albertov 3, 128 43 Praha 2, Česká republika

Aké vedomosti majú slovenskí študenti a učitelia primárneho vzdelávania o pohybe vesmírnych telies?

Klára Velmovská

Abstrakt

So základnými vedomosťami o vesmíre sa žiaci stretnú na hodinách prírodovedy v 3. a 4. ročníku a na niekoľkých hodinách geografie v 5. ročníku. Na hodinách fyziky sa s astronómiou stretnú len okrajovo. Dotazníkom sme zisťovali úroveň vedomostí o pohyboch vesmírnych telies u vybraných skupín respondentov na Slovensku – navzájom sme ich porovnali a identifikovali niekoľko miskonceptí spojených s touto témou. Po vyhodnotení a štatistickom spracovaní výsledkov dotazníka sme zistili, že úroveň vedomostí študentov učiteľstva je porovnateľná s úrovňou vedomostí žiakov základnej školy. Úroveň vedomostí učiteľov primárneho vzdelávania z praxe bola síce vyššia ako u študentov učiteľstva, ale ani u tejto skupiny celkové priemerné skóre v dotazníku so základnými otázkami o pohyboch vesmírnych telies neprekračuje 60 %.

Kľúčová slova: astronómia, dotazník, primárne vzdelávanie, miskoncepce.

What Knowledge do Slovak Students and Primary Education Teachers Have about the Movements of Celestial Bodies?

Abstract

Students get the basic knowledge about the universe in science classes in years 3 and 4 and in some geography classes in year 5. In physics classes they get in touch with astronomy; however, only marginally. Using questionnaire we investigated what knowledge of the motion of celestial bodies have selected groups of respondents in Slovakia — we compared these groups and identified the misconceptions connected with this theme. After evaluation and statistical processing of the questionnaire's results we found out, that primary school and university students have comparable level of knowledge about this topic. Although the level of knowledge of primary education teachers surpasses the level of knowledge of university students, the success rate of this group according to questionnaire with basic questions about the motion of celestial bodies does not exceed 60 %.

Key words: astronomy, questionnaire, primary education, misconceptions.

1 INTRODUCTION

In primary and secondary schools in Slovakia, astronomy is not a separate part of physics classes (ŠPÚ, 2009a; ŠPÚ, 2009b). Students get the basic knowledge about the universe in science classes in years 3 and 4 and some geography classes in years 3 and 4 (ŠPÚ, 2011) as well as some geography classes in year 5 of the primary school (ŠPÚ, 2010). They learn about astronomy-related topics marginally as part of some physics topics (Hanisko, 2013). It's relatively known fact that some schools implemented astronomy topics into the curricula, and some schools even have separate astronomy-themed courses. Nevertheless, teachers don't have any official materials covering such topics (textbooks, knowledge requirements, workbooks, ...), therefore they need to look for and develop such documents on their own to the extent they consider appropriate. The content of the classes can draw inspiration from the physics textbook for year nine of primary schools (Janovič et al., 2009, p. 65–82) and the science textbook for the FAST program (Demanche, 1995, p. 68–140). Both books apply a historic approach to the explanation of the phenomena in the universe.

To the students, the universe is something mysterious, and they have numerous pre-conceptions and misconceptions in this respect. Let us name some typical misconceptions discovered by a research of students in Italy, where the author believes that the results are generally applicable (Benacchio, 1999):

- “Moon phases are caused by the shadow cast by the Earth.
- Eclipse of the Moon is a special case of the phases of the Moon.
- Moon is a source of light just like the Sun.
- At the same time, different observers can see Moon in different phases.
- There is no gravity ‘on’ the Moon.”

McDaid (n.d.) indicates some common misconceptions about astronomy. We choose several of them:

- “Whither seasons? Seasons are caused by Earth changing its distance from the Sun as it orbits the Sun.
- Dark side of the Moon: The Moon has a ”dark” side that is in eternal darkness.
- Far Side = Dark Side: The Moon’s dark side is the side we can never see.
- Planets close enough to touch: Movies show three planets hanging in the sky of an alien world.
- Neighboring stars: Getting from one star system to another only takes a few days.
- Ocean tides: Only the Moon causes tides. Nothing else is involved.
- No gravity on the Moon: Because gravity is only on Earth.
- The North Star: It’s the brightest star in the sky.
- Moon phases: They’re caused by the shadow of Earth.

- Planets are basically the same: Jupiter's just a giant version of Earth.
- All stars are ours: Stars shine by reflected light from the Sun.
- Lunar phase names: A first quarter moon is 25 % lit up.
- Bright Moon, still shining: The Moon is really reflective.
- Run for your lives! It's an eclipse! Looking at any eclipse is dangerous.
- The lesser light: The Moon can only be seen during the night."

Do students have similar misconceptions also in Slovakia? Based on the survey, we will evaluate the knowledge primary school students, future teachers and primary education teachers in the practice have about the movements of the celestial bodies. We can find research overviews about preconceptions from physics in (Mandíková, Trna, 2011). They present and analyze some misconceptions too as well as misconceptions linked with gravitation and astronomy.

2 RESEARCH FOCUSED ON IDENTIFICATION OF THE LEVEL OF KNOWLEDGE ABOUT THE MOVEMENTS OF CELESTIAL BODIES

RESEARCH OBJECTIVES

1. Identify the level of knowledge of primary school students, future teachers (currently university students) and primary education teachers with respect to the movement of celestial bodies.
2. Compare the level of knowledge of primary school students, future teachers (currently university students) and primary education teachers with respect to the movement of celestial bodies.

RESEARCH QUESTIONS

1. What level of knowledge about celestial bodies' movement have the primary school students, future teachers (currently university teachers) and primary education teachers?
2. Is the level of knowledge of primary school students, future teachers (currently university students) and primary education teachers about movement of celestial bodies comparable?

RESEARCH HYPOTHESES

- H1:** In comparison with primary school students, the level of knowledge of university students about the movements of celestial bodies is higher.
- H2:** In comparison with university students, the level of knowledge of primary education teachers about the movements of celestial bodies is higher.

METHODS OF RESEARCH

To identify the level of knowledge about the movements of celestial bodies we used a criterion-referenced test that included tasks aimed at the phases of the Moon, at the relative movement of the Sun in the sky, and at the constantly changing seasons of the year. The test included 6 tasks that could be, in our opinion, answered by any individual having an average level of education. The questions can be classified as open questions. According to Bloom's taxonomy, searching for answers to questions requires applying learned facts under new circumstances. We have processed and analyzed the collected data in Excel.

Questions:

1. Complete the approximate shape of the Moon in the sky one week from now if it is full Moon tonight.
2. How should be a room oriented so that the sun shines as long as possible through the window?
3. Why does a leap year have an extra day?
4. Why sun collectors in our country are installed on the roofs at a certain angle rather than in a horizontal or vertical position?
5. Why is it winter in the southern hemisphere when there is summer in our country?
6. Is there a spot on the Earth where the Sun does not go down over the horizon for 24 hours? If it is, where is it?

CHARACTERISTICS OF THE RESEARCH SAMPLE

We addressed 69 students of a randomly selected primary school (23 students from year 7, 31 students from year 8, and 15 students from year 9), 45 students in year 1 of a graduate program for primary education teachers (Faculty of Education, Constantine the Philosopher University in Nitra), and 12 teachers for ISCED 1 level in the practice (continuing education participants). The primary school (PS) students made the test in March 2012, university (UNI) students and teachers in April/May 2013.

Tab. 1: Number of respondents

Group	PS	UNI	teachers
Number	69	45	12

PROCESSING AND INTERPRETATION OF RESULTS

The maximum possible score was 12 points – 2 points for each correct answer, 1 point for each partially correct answer, and 0 for each incorrect answer. Tab. 2 shows the frequency of total score by individual groups of respondents.

Tab. 2 can be transformed into Graph 1 showing the spread of the score relative frequency within individual groups. Tab. 3 shows the results after the calculation of the success rate of individual groups in per cent (success rate in per cent = $100 \% \cdot \text{mean}/12$).

Tab. 2: Frequency and relative frequency of total score by individual groups of respondents

Score	Frequency			Score	Relative frequency / %		
	PS	UNI	teachers		PS	UNI	teachers
0	8	4	0	0	11.59	8.89	0.00
1	13	2	0	1	18.84	4.44	0.00
2	10	14	0	2	14.49	31.11	0.00
3	10	4	0	3	14.49	8.89	0.00
4	13	8	3	4	18.84	17.78	25.00
5	10	2	3	5	14.49	4.44	25.00
6	3	7	2	6	4.35	15.56	16.67
7	1	3	3	7	1.45	6.67	25.00
8	1	1	0	8	1.45	2.22	0.00
9	0	0	0	9	0.00	0.00	0.00
10	0	0	1	10	0.00	0.00	8.33
11	0	0	0	11	0.00	0.00	0.00
12	0	0	0	12	0.0	0.00	0.00
Total	69	45	12	Total	100	100	100

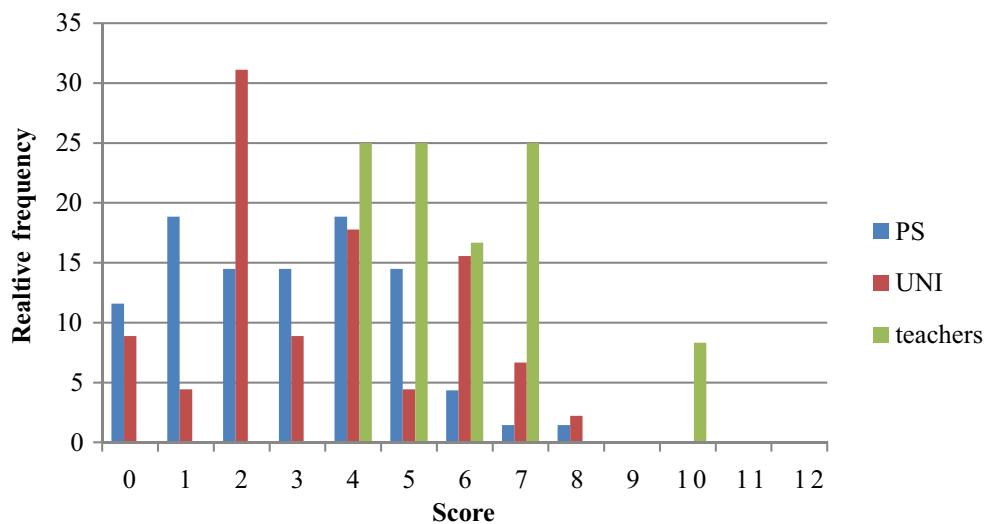


Fig. 1: Relative frequency of score in individual groups

Tab. 3: Success rates of individual groups

Group	PS	UNI	teachers
Mean	2.87	3.44	5.83
Success rate in per cent / %	23.91	28.70	48.61
95 % confidence limit for mean	$\langle 2.41; 3.33 \rangle$	$\langle 2.80; 4.09 \rangle$	$\langle 4.72; 6.94 \rangle$
95 % confidence limit for percentage success rate	$\langle 20.05; 27.78 \rangle$	$\langle 23.35; 34.06 \rangle$	$\langle 39.35; 57.87 \rangle$

The lowest success rate was recorded for primary school students, the highest for primary education teachers.

To verify the above hypotheses H1 and H2 we analyzed and compared the total score achieved by individual groups. The number of answers within individual groups is shown in Tab. 2.

To verify the H1 hypothesis, we formulated hypothesis H_{01} that the mean score of the primary school group equals with the mean score of the university group and then verified this hypothesis. By the F-test we had rejected the hypothesis about the equality of two variances ($F = 0.82 > F_{krit} = 0.64$) and therefore applied the two-tailed t-test for various variances (Tab. 4).

Tab. 4: Statistical comparison of the primary school group's score with the score of university group

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances		
	PS	UNI
Mean	2.87	3.44
Variance	3.73	4.57
Observations	69	45
Hypothesized Mean Difference	0	
df (degrees of freedom)	87	
t Statistic	-1.46	
$P (T \leq t)$ two-tail	0.15	
t Critical two-tail	1.99	

The calculated absolute value of t (-1.46) is below the critical value (1.99); therefore we do not reject the H_{01} hypothesis about the equality of the mean rating. The above facts disprove the H1 hypothesis.

When exploring the validity of the H2 hypothesis, we used the H_{02} null hypothesis about the equality of the mean score of teachers and the mean score of students. We had not rejected the equality of two variances hypothesis by the F-test ($F = 1.49 < F_{krit} = 2.52$); therefore we applied the one-tailed t-test for various variances (Tab. 5).

Tab. 5: Statistical comparison of score for the university and teachers groups

t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances		
	UNI	teachers
Mean	3.44	5.83
Variance	4.57	3.06
Observations	45	12
Pooled Variance	4.27	
Hypothesized Mean Difference	0	
df (degrees of freedom)	55	
t Statistic	-3.56	
$P (T \leq t)$ one-tail	0.0004	
t Critical one-tail	1.67	

The calculated absolute value of t (-3.56) exceeds the critical value (1.67), thus we reject the H_{02} hypothesis and adopt an alternative hypothesis about the existence of a difference between the mean score of both groups. Therefore we also accept

the H2 hypothesis that level of knowledge of primary education teachers exceeds the level of knowledge of university students.

DISCUSSION ABOUT THE OUTCOME OF THE RESEARCH

The question addressed by the research was identifying the level of knowledge of primary school students, future teachers (currently university students) and primary education teachers about the movements of celestial bodies. The success rate (expressed in per cent) of primary school students and university students is relatively low — it did not even reach 35 % (Tab. 3). We expected a higher success rate as the test included question of which we believe that the right answer should be given any average primary school graduate. The success rate of primary education teachers is in the range of 39–58 %. The number of respondents in this group was relatively low (12) and this group was formed by teachers, which passed continuing education from mathematics and they acceded possibility to set about their knowledge from primary science. For us, it means that these teachers are interested in primary science education, they are not ordinary teachers. We assume that success of the group of respondents was influenced by this fact, thus it would pay out repeating the research with a higher number of ordinary primary teachers.

The analysis of the answers given by the respondents also reveals some interesting facts. As in the first question some respondents drew the Moon as a circle with a missing circular cut-out we believe this being a misconception based on incorrect understanding of the phases of the Moon caused by the shade cast by the Earth.

Some teachers answered question No. 2 by responding: *“We don’t teach this”*. Many primary school and university students answered by saying: *“I don’t know”*, despite the fact that one method for determining the orientation is by using the position of shadow exactly at noon when the Sun is in the south. And this method is already mentioned in science classes in years 1–4 of the primary school.

Deficiencies in causalities were also revealed. Some respondents answered question No. 3 by saying: *“A leap year does have an extra day because there are 29 days in February.”* Only one respondent from the university group and one teacher brought the leap year in connection with the Earth’s circulation around the Sun. The same applies to question No. 5 in which we asked why it is winter on the southern hemisphere when we have summer; some respondents answered by saying: *“Because of the seasons of the year.”* We also saw such answers (given not only of primary school students) as this one: *“Because the Sun rotates around the Earth”*; *“Because when we have the day it is night there.”* The majority of partially correct answers were about the distance between the Earth and the Sun or whether the northern hemisphere is closer to the Sun and is therefore warmer than the southern hemisphere. We consider this a misconception. Only one primary school student and one university student mentioned the angle of the sunrays in the answer.

Question No. 4 has the highest success rate. Here we considered sufficient the answer, that the sun collectors are installed under a certain angle to the roof so that they catch more sunrays.

Movement of celestial bodies was totally misunderstood by one respondent who provided the following answer to question No. 6: *“The Sun does not go down for 24 hours in America, e.g. in California, where it is always hot.”*

Upon the completion of the statistical evaluation we can say the H1 hypothesis, i.e. if compared with primary school students, university students have higher level of knowledge about the movement of celestial bodies, was not proven. We identified

that both primary school and university students have comparable level of knowledge about this topic. This means that a primary school student knows as much about the movement of celestial bodies as a future primary education teacher approximately 1 year before the practice.

H2 hypothesis was statistically proven, which means that the level of knowledge of teachers in practice (continuing education participants) is higher than the level of knowledge of future primary education teachers. A look at the mean score of teachers (Mean value in Tab. 3) shows that it is 5.83, i.e. the success rate is approximately than 50 %. Nevertheless, we expected that teachers in practice will cope with the “movement of celestial bodies” topic not only at the level of memory, but also on a higher level.

3 CONCLUSION

Students observe changes of the moon in the sky, experience the changing seasons of the year, but cannot adequately explain what they see and experience. They have their own ideas that are not always the right ones.

Based on a research aimed at the knowledge primary school students and university students (future primary education teachers) and teachers of students in years 1–4 have about the movements of celestial bodies, we can say that the level of knowledge of all respondent groups is low. We also compared the knowledge individual respondent groups have about the celestial bodies movements and we found that the level of knowledge of primary school students is comparable with the level of knowledge of the university students. In terms of primary education, the level of knowledge of teachers in practice exceeds the level of knowledge of the future teachers, but we do not consider it sufficient as the total success rate was less than 50 % in criterion-referenced test. Similar conclusion about Brazilian teachers was outlined in study elaborated by research group centered around Colombo (Colombo et al, 2010): “Brazilian teachers of primary and low secondary schools usually have a background in biology or pedagogy but not in science in general.”

Students can be taught about the Earth as part of the universe in several ways included in the curriculum: As part of separate course or on physics classes; or include individual astronomy topics into the natural science-aimed courses (Pudivít, 2004). However, the prerequisite are sufficiently competent teachers. And our research shows that it is not the case. It should be taken into consideration whether future primary education teachers should not have, as part of the natural science lessons didactics, have at least some physics lessons (including astronomy) lectured by a physics specialist.

BIBLIOGRAPHY

BENACCHIO, L. The Importance of the Moon in Teaching Astronomy at the Primary School. *Earth, Moon, and Planets*, 1999, vol. 85–86, no. 0, p. 51–60.

COLOMBO, P. D., AROCA, S. C., SILVA, C. C. Daytime School Guided Visits to Astronomical Observatory in Brazil. *Astronomy Education Review*, 2010, vol. 9, no. 1. [online]. The American Astronomical Society, 2010. [retrieved 30–05–2013]. Available at: <http://goo.gl/hdNeY>

- DEMANCHE, E. L., KYSELKA, W., POTTENGER III, F. M., YOUNG, D. B. *Prírodoveda. FAST 3. Zmeny a čas*. Bratislava : ŠPÚ, 1995, 236 s.
- HANISKO, P. Vyučovanie astronómie na 2. stupni základných škôl v Slovenskej republike. *Obzory matematiky, fyziky a informatiky*, 2013, vol. 42, no. 2, p. 51–58.
- JANOVIČ, J., CHALUPKOVÁ, A., LAPITKOVÁ, V. *Fyzika pre 9. ročník základných škôl*. Bratislava : SPN, 2000.
- MANDÍKOVÁ, D., TRNA, J. *Žákovské prekonceptce ve výuce fyziky*. Brno : Paido, 2011, 245 s.
- McDAID, L. *44 Common Misconceptions About Astronomy*. [online], SCC Physics Department, [cit. 2013–13–09], Available at: <http://goo.gl/jR458o>
- PUDIVÍTR, P. Jak vyučovat astronomii? *Matematika, fyzika, informatika*, 2004, vol. 13, no. 6, p. 352–357.
- ŠPÚ (Štátny pedagogický ústav). *Štátny vzdelávací program: Fyzika – Príloha ISCED 2* [online]. Bratislava : ŠPÚ, 2009a [retrieved 30–05–2013]. Available at: <http://goo.gl/03Avn>
- ŠPÚ (Štátny pedagogický ústav). *Štátny vzdelávací program: Fyzika – Príloha ISCED 3A* [online]. Bratislava : ŠPÚ, 2009b [retrieved 30–05–2013]. Available at: <http://goo.gl/uRoSo>
- ŠPÚ (Štátny pedagogický ústav). *Štátny vzdelávací program: Geografia – Príloha ISCED 2* [online]. Bratislava : ŠPÚ, 2010 [retrieved 30–05–2013]. Available at: <http://goo.gl/rc0nZ>
- ŠPÚ (Štátny pedagogický ústav). *Štátny vzdelávací program: Prírodoveda – Príloha ISCED 1* [online]. Bratislava : ŠPÚ, 2011 [retrieved 30–05–2013]. Available: <http://goo.gl/uzlWb>

ACKNOWLEDGEMENT

This paper was supported by the grant of the project KEGA 130UK-4/2013 “Podpora kvality vyučovania tvorbou materiálov prepojených na učebnice fyziky” (Supporting the quality of education by creation of materials connected with physics textbooks). The author would like to thank Viera Lapitková, Ján Pišút and Miroslav Šedivý for valuable comments and discussions and to Lukáš Bartošovič for improvement of the language.

Klára Velmovská – E-mail: Klara.Velmovska@fmph.uniba.sk
Univerzita Komenského v Bratislave, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky
Katedra teoretickej fyziky a didaktiky fyziky, Slovak Republic

Didaktická znalost obsahu v laboratorní výuce: Od práce s přístroji k práci s myšlenkami

Ed van den Berg

Abstrakt

Před 35 lety se objevil první přehled výzkumů o efektivitě laboratorní výuky (Bates, 2008). Dospěl k závěru, že neexistují důkazy o tom, že by studenti *se zkušeností* s prací v laboratoři dosahovali lepších konceptuálních nebo procesních dovedností v porovnání se studenty *bez* těchto zkušeností. Následovala řada přehledů s podobnými výsledky (Hofstein, Lunetta, 1982, 2004; Lunetta et al, 2007; Hodson, 1993; Dillon, 2008), ty ale byly dosud většinou ignorovány. Výzkum ukázal, že laboratorní výuka – podobně jako je tomu u jiných výukových metod – často nedosahuje proklamovaných cílů a mnohá laboratorní cvičení a praktika nejsou efektivní, i když jsou náročná jak na čas učitelů a studentů, tak na potřebné vybavení. Článek analyzuje důvody neuspokojivých výsledků laboratorní výuky a podává náměty, jak ji zefektivnit. Mnohé návrhy jsou vlastně triviální, ale přesto nejsou většinou učitelů využívány. Již dlouho přitom někteří autoři referují i o úspěšných aktivitách v laboratorní výuce (např. Reif, St. John, 1979; Etkina et al, 2010), v praxi však zatím stále převažují tradiční a méně úspěšné přístupy.

Klíčová slova: laboratorní aktivity, laboratorní výuka, učení se v laboratoři, bádání, zkoumání, dovednosti, efektivita.

The PCK of Laboratory Teaching: Turning Manipulation of Equipment into Manipulation of Ideas

Abstract

Thirty-five years ago the first review of research on effectiveness of teaching in the laboratory appeared (Bates, 1978) and concluded that there was no evidence for better conceptual or process skill achievement for students *with* as compared to *without* laboratory experience. Other reviews with similar results followed (Hofstein, Lunetta, 1982, 2004; Lunetta et al, 2007; Hodson, 1993; Dillon, 2008) but were largely ignored until recently. Research has shown that the objectives for laboratory teaching — just as with other teaching methods — are often not achieved and that many laboratory sessions are ineffective and yet expensive in terms of student and teacher time and facilities. This paper analyzes reasons for disappointing results of laboratory teaching and provides suggestions for making laboratory teaching more effective. Many suggestions are trivial, yet not currently used by most teachers. All along there have also been reports of successful laboratory activities (e.g. Reif, St. John, 1979; Etkina et al, 2010), however, traditional and less successful approaches still predominate.

Key words: laboratory activities, laboratory teaching, laboratory learning, inquiry, investigation skills, effectiveness.

PRELIMINARY REMARKS

THE ESSENCE OF EXPERIMENTAL SCIENCE

At the frontiers of research, scientists continuously move back and forth between a world of theories, ideas, and concepts, and a world of objects (spontaneous phenomena) and laboratory experiments (contrived phenomena). *In the world of ideas* scientists generate new ideas, theories, and hypotheses. *In the world of objects* the ideas and hypotheses are tested. Then on the way back to the world of ideas, scientists try to make sense of their data using their concepts and theories and other forms of representation (Figure 1). Research can also start with observations in the world of objects rather than the world of ideas, but even then the scientist is looking at the phenomena using his/her concepts and theories, even when he/she thinks to be 100 % empirical. The phenomena and experiments serve as a source for *validating* ideas and theories and as a playground for *generating* new ideas and theories in a complex mix of inductive and deductive mind play.

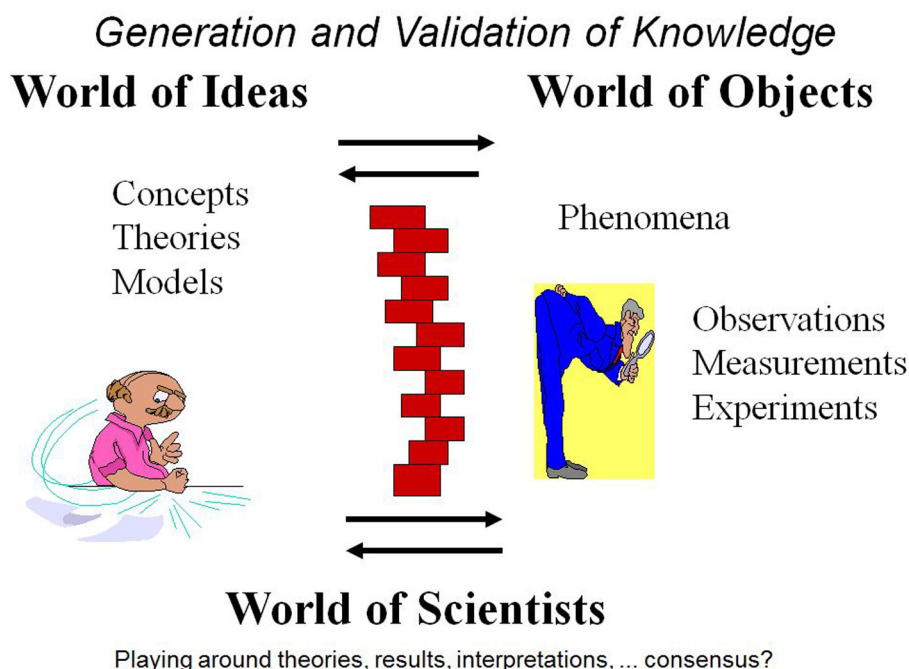


Fig. 1: The worlds of ideas, objects, and scientists

THE ESSENCE OF learning SCIENCE IN THE LABORATORY

In student science laboratories students carry out experiments which are often intended as *either* an exercise in doing experimental research, *or* support for understanding the theory discussed in lecture sessions, or an unclear combination of both. Both purposes require the student to make links between the world of ideas and the world of objects. However, frequently students only manipulate equipment and do not get to manipulating ideas (Gunstone, 1993). The conceptual or research goals of the laboratory get lost in the attention for equipment and there is no conceptual learning, nor learning of investigation skills. The PCK of laboratory teaching centres around the question of how to connect the world of objects with the world of ideas, on *how to turn manipulation of equipment into manipulation of ideas*.

GOALS AND RESULTS OF LABORATORY TEACHING

Laboratories are expensive to equip and run. They are also expensive in terms of instructor time preparation, equipment and technical support. Do results of laboratory learning justify the extra expense?

Laboratories are usually used with one or more of the following goals in minds (Shulman, Tamir, 1973):

1. Supporting the theory ('content') and concepts taught in lectures. *Assumption: seeing and experiencing will lead to better understanding.*
2. Learning to do research: formulating research questions, designing experiments, translating variables into something which can be measured, executing experiments, interpreting data, considering systematic and random error, drawing conclusions. *Assumption: doing (any kind of) lab work will automatically foster these skills and develop the student's ability to do research.*
3. Learning to conduct measurements and handle instruments (thermometer, multi-meter, microscope, sensors and computers) and techniques (soldering, preparing solutions, etc.). *Assumption: doing will lead to mastery.*
4. Motivating students. *Assumptions: 1) 'doing' science is motivating, and 2) this motivation will pay off in better achievement.*
5. Appreciating the experimental nature of science. *Assumption: doing lab work will automatically lead to some understanding of the nature of science.*

Please note that goal 3 can be taught primarily in the world of objects, but that the other goals require the thinking back and forth between the two worlds.

RESEARCH EVIDENCE

According to extensive reviews of research on the outcomes of laboratory teaching (Bates, 1978; Hofstein, Lunetta, 1982, 2004; Lunetta et al, 2007; Garrett, Roberts, 1982; Berg, Giddings, 1992; Hodson, 1993; Abrahams, Millar, 2008; Dillon, 2008):

1. Labs are not better than other methods in teaching science concepts and 'content'. In other words, when we compare students who have participated in laboratory lessons with students who have not participated, the "laboratory students" do not perform better on 'content' tests. *Apparently, seeing and experiencing just by itself does **not** lead to better understanding.*
2. Labs probably are not better than other methods in learning to do research and acquiring investigation skills. *Doing lab work, does **not** automatically foster investigation skills.*
3. The lab is better than other methods (demonstrations, lectures) in teaching measurement skills and techniques. *Doing does lead to mastery in this area.*
4. Labs can lead to a better motivation but that does not necessarily result in better achievement.
5. Labs do not lead automatically to a better understanding of the experimental nature of science, unless labs are explicitly designed and taught for that purpose (Lederman, 1992).

Bates (1978, p. 74):

*Lecture, demonstration, and laboratory teaching methods appear equally effective in transmitting science content. Laboratory experiences are superior for providing students skills in working with equipment. Some kinds of inquiry-oriented laboratory activities appear better than lecture/demonstration or verification labs for teaching the process of inquiry. **However, teachers need to be skilled in inquiry teaching methods.***

Reif and St. John (1979, p. 950) wrote the following about undergraduate physics laboratory lessons at a major university (probably Berkeley):

We found that most students cannot meaningfully summarize the important aspects of an experiment they have just completed. Usually they recall some of their manipulations in the laboratory, but are unable to articulate the central goal of the experiment, its underlying theory, or its basic methods. Thus, despite several hours spent working with the laboratory apparatus, many students seem to learn from this experience little of lasting value.

With modifications in the design of laboratory sessions Reif and St. John were able to get much better learning results in the laboratory.

Recently Abrahams and Reiss (2012, p. 1050) concluded after observing practical activities in 10 primary and 20 secondary schools:

Indeed, what emerged from the comments made by both the primary and secondary students was that there was little evidence of any enduring conceptual understanding that could be clearly attributed to a specific practical task.

Fig. 2: Statements about laboratory teaching

Although it is possible to criticize many of the studies evaluating outcomes of laboratory teaching, their collective results are consistent and force us to either lose faith in laboratory teaching, or fundamentally rethink the way laboratories should be used. We should be aware that these conclusions concern “average” results, averaged over many classes and many instructors. There are teachers whose labs are very successful (I will discuss some later on), but in “average” situations the results of many laboratory lessons are disappointing. Should we invest our valuable resources in laboratories, or should we invest them in other approaches to improve teaching, or should we take a good look at proper PCK (Pedagogic Content Knowledge) for laboratory teaching? We will do the latter.

Reviews of recent literature (Hofstein, Lunetta, 2004; Singer et al, 2005, p. 100; Lunetta et al, 2007; Abrahams, Reiss, 2012) arrived at similar conclusions. An example: Pine et al (2006) tested 1000 grade 5 children from 41 schools with a knowledge test and a performance assessment (a mini-investigation). Half of them had been exposed to hands-on (inquiry intended) science, half of them had done textbook science. There were no differences between the two groups, neither on the knowledge test nor on the performance assessment (a mini-investigation) where children with experience in inquiry should have been superior. The authors wondered whether the reported inquiry had been real inquiry. On the other hand, Furtak et al (2012) conducted a meta-analysis in which they applied very stringent conditions to select studies qualifying as inquiry. The result came out in favor of inquiry (effect size 0.50), showing that if some requirements are fulfilled, positive effects are possible.

The research findings contradict the convictions of many science teachers, lecturers and science educators and they have ignored these results for 35 years now. Even

many specialists in science education continue to have a holy belief in “activities” and laboratory and ignore the major research reviews quoted above. The *Getting Practical* project organized by the Association for Science Education (ASE) in UK with copies in some other countries like the Netherlands might succeed in triggering a turnaround in thinking about laboratory teaching.

WHAT IS WRONG?

The number one conclusion from the research is that the laboratory is not a place where students will *automatically* learn science. Just like in lectures and other teaching methods, labs have to be thought out carefully using teacher questions like the following: *What do I want students to learn? Is the laboratory the most effective and efficient means for learning that? (it might not be!) How to integrate the lab experience with other learning activities? Which experiment(s) should students perform? How should the lab be presented to the students to achieve the objectives? What should the students do in the lab, what is the role of the teacher? How should student performance be monitored and evaluated?* These are typical PCK questions and they may seem trivial, but research shows that many lab activities fail and continue to fail on these questions.

What are the weaknesses in the ways laboratories are commonly used? Before answering that question, we first take another look at lab goals.

TEACHING CONCEPTS, INQUIRY SKILLS, AND LAB TECHNIQUES

Most science laboratory experiments have a variety of goals including concept learning (the lab as support for theory/lectures), learning investigation skills, and learning to handle certain instruments. These goals are usually not clearly distinguished and not explicitly formulated and taught:

- a) *learning concepts*, developing students’ understanding of concepts/theory;
- b) *learning to do research (inquiry)* which is learning and exercising intellectual skills needed in generating and validating knowledge through experiments;
- c) *learning laboratory techniques* such as using microscopes, preparing solutions, arranging electric circuits, measuring with various instruments, etc.

Each of these kinds of educational goals requires a different approach to teaching, learning, and assessment.

To learn *concepts* a lab should consist of a carefully designed and scaffolded sequence of activities (Goldberg et al, 2010), which systematically builds up the concept and/or *exposes/reconstructs* misconceptions. Students should see what we intend them to see (Millar, 2010). The control required in such activities justifies a rather structured approach — such as guided discovery —, which should still leave ample opportunity for free student-student and student-teacher communication so that conceptual problems of students will not remain hidden. Concept activities should also be memorable (White, 1979) which can often be achieved using predict-explain-observe-explain experiments in teacher demo or student activity form (White, Gunstone, 1992). Using rather complicated equipment or placing high

<p>1.0 CONCEPTION, PLANNING AND DESIGN OF EXPERIMENT</p> <p>The student:</p> <p>1.1 Formulates question or problem to be investigated.</p> <p>1.2 Formulates hypothesis.</p> <p>1.3 Designs experiment (independent, dependent variables).</p> <p>1.4 Designs observation and measurement procedures (including design of experiment and operational definitions).</p> <p>1.5 Predicts results.</p> <p>2.0 EXECUTION OF EXPERIMENT</p> <p>The student:</p> <p>2.1 Observes, measures.</p> <p>2.2 Manipulates.</p> <p>2.3 Records results.</p> <p>2.4 Calculates.</p> <p>2.5 Explains or makes decisions about experimental techniques.</p> <p>2.6 Works according to own design.</p> <p>3.0 ANALYSIS AND INTERPRETATION</p> <p>The student:</p> <p>3.1 Transforms results into standard form (tables).</p> <p>3.2 Determines relationships (could include graphs).</p> <p>3.3 Discusses accuracy of data.</p> <p>3.4 Discusses limitations/assumptions of experiment.</p> <p>3.5 Formulates generalizations.</p> <p>3.6 Explains relationships.</p> <p>3.7 Formulates new questions/problems.</p> <p>4.0 APPLICATIONS</p> <p>The student:</p> <p>4.1 Predicts based on results of investigation.</p> <p>4.2 Formulates hypotheses for follow-up.</p> <p>4.3 Applies experimental technique to new problem or variable.</p>
--

Fig. 3: List of Investigation Skills (Fuhrman, 1978)

demands on experimental design and data analysis skills, could generate ‘noise’ that distracts from the main goal of concept attainment. The final goal of a scientist’s training, of course, is that the scientist is capable of developing and refining concepts through inquiry: an integration of methods of seeking and validating knowledge (inquiry) and concept development. However, at introductory levels in secondary school and college and when it concerns notorious concepts, it may be too ambitious to demand such integration except for some special occasions such as end-of-term projects. Having said that, I must admit that over the last few years I have worked in elementary schools with concept cartoons (Naylor, Keogh, 2013) where students design experiments (inquiry) to find out more about the phenomena in the cartoon (concepts). Mixing inquiry and conceptual aspects can work well if the teacher focusses clearly on two questions: 1) what do we learn from the activity about science concepts? and 2) what is the evidence? The latter question concerns methodology thus investigation skills. Perhaps my advice about the carefully designed sequence of activities is for the beginning teacher or when time is very restricted.

To learn *investigation skills* (Figure 3) students need freedom to make choices in the design of experiments and debate about pro’s and con’s of a design and try it out. That is different from the guided discovery advocated for concept learning.

Furthermore, there are so many aspects to research and so many inquiry skills that one could not expect each aspect/skill to be exercised in every lab activity. Sometimes one might want to emphasize the conception and planning of experiments (formulating research questions and hypotheses, controlling variables, defining variables operationally). Other times one might want to emphasize data analysis (clear presentation of data, computations, computing experimental uncertainty, graphing), and again at other times one might focus on interpretation and validity of conclusions. Lower level skills such as basic manipulating of equipment, measuring, and recording data are exercised in almost any lab activity. Please note that investigation skills are not independent of content. It is impossible to generate reasonable hypotheses or to formulate operational definitions without conceptual knowledge, just as it is impossible to formulate anything without language. However, for exercising higher-level investigation skills the teacher sometimes may have to avoid concepts which are complicated and could result in less effective process learning. The leading concepts (Gott, Duggan, 1995) in investigation activities are **validity** (of experimental designs, of operational definitions of variables, of interpretations and conclusions) and **reliability** (measurement uncertainty and replicability of results). Please note that non-lab activities such as critical discussions of designs, or results can also contribute to understanding of validity and reliability and investigation skills involved in design and interpretation of experiments. One particularly interesting approach is to have students replicate or test designs and experiments and results of other students.

Many teachers and researchers now prefer a more holistic approach to teaching “how to do research” through investigations. In this approach students start a research project and the skills and concepts are learnt when needed, a “just-in-time” approach. Projects can be very motivating, much more than “exercises” in particular skills. However, even in this approach, one will have to recognize the underlying skills and somehow plan their “just-in-time” or “when needed” delivery. This can work well when the teacher per session determines which skills to pay extra attention to and uses an observation checklist and plans for learning progressions in all skills across the year. Klentschy’s (2008) student notebook approach could be a helpful tool to have students document their own progress in reasoning and inquiry. There are other self-assessment tools around as well (Etkina et al, 2010).

Learning laboratory skills/techniques: Various studies reported in Bryce and Robertson (1985, p. 4) have shown that simple prerequisite skills like reading meters and graphs are not mastered by students (at both high school and college level) and interfere with their lab performance, while teachers and lab instructors were unaware of this. Often lab techniques can be efficiently exercised in short 10 minute pre-lab sessions. Teaching lab techniques should be straightforward and highly structured as there usually are clear-cut instructions how things should be done accurately and safely to obtain optimal results (Beasley, 1979, 1983). Most likely the teacher will know best how to perform the skills. The main function of teacher-student discussion in the skill lab is to clarify procedures and to stimulate student thinking about how best to perform the skill. However, such discussion is followed by the teacher explaining and demonstrating the best and safest way to perform the skill. Therefore skill teaching is most efficient when it is highly structured. On the other hand, exercise of investigation skills requires greater emphasis on student decision-making and a much more open and less prescriptive type of teaching. Learning concepts requires an open atmosphere for students to express their conceptions, yet these concept activities also require sufficient structure and teacher control to generate

cognitive conflict. So each of the three types of educational goals, requires a different teaching approach. The easy and effective option for teaching lab techniques is a 10–15 minute pre-lab exercise. Another option — more difficult for the teacher and more interesting for the students — is to integrate the pre-requisite skills in an investigation and make sure to check mastery.

A beginning teacher might want to separate lab activities clearly into concept focused, inquiry focused, or lab technique focused and separate the clearly different teaching approaches. More experienced teachers will have a spectrum of teaching approaches available but will have to differentiate very well which ones to use. Then it helps to prioritize a small number of concepts and skills per lab activity to pay attention to. With a clear choice of objectives and priorities lab instructions should become clearer and both the teacher and students would know better what performance is expected (and how it can be assessed).

Suggestions:

1. Carefully decide about one or two main objectives of a particular lab session (concept, investigation skills, or instrument skills) and choose an appropriate teaching method.
2. After choosing a particular experiment or set of experiments, identify the main a) concepts, b) investigation skills, c) instrument skills involved.
3. If new lab techniques or instruments are used, then organize the guided practice needed (for example: a short pre-lab exercise) and assess mastery before proceeding.
4. When teaching through open-ended projects, then in pre-lab and post-lab discussions and guidance clearly separate conceptual, methodological (research), and equipment aspects and identify a small number of objectives/priorities for each.

CRITICISMS OF COMMON LABORATORY LESSONS AND PCK TO FIX THE PROBLEMS

The problems in many laboratory activities can be summarized as follows:

1. the lack of distinction between learning concepts, investigation skills, and laboratory techniques,
2. the choice of standard experiments which do not connect with typical learning problems,
3. the mismatch between lab goals and written lab instructions,
4. the mismatch between lab goals and teaching strategies,
5. the mismatch between lab goals and assessment practices.

1. LACK OF DISTINCTION BETWEEN LEARNING OF CONCEPTS, INVESTIGATION SKILLS, AND LABORATORY TECHNIQUES AND LACK OF INTEGRATION WITH OTHER (NON-LAB) TEACHING LEARNING ACTIVITIES

We already explained the need to distinguish between learning concepts, investigation skills, and lab techniques as each of these requires a rather distinct teaching

approach. Learning concepts requires a carefully designed interaction between students and experiments (hopefully) resulting in correction and refinement of student conceptions with the lab as *educational tool*. Learning inquiry skills requires rather open lab experiments with ample room for students to make their own decisions regarding various steps in the experimentation process (research question, design, set-up, analysis, etc.), the lab is *research setting*. Learning lab techniques requires a structured approach with the lab as *exercise setting*. Furthermore, the lab is often quite separate from other teaching-learning activities while particularly activities to support concept development require careful integration (Singer et al, 2005, p. 97).

2. CHOICE OF EXPERIMENTS

Many experiments have been canonized in laboratory manuals with little serious evaluation of their educational value and method of presentation. For example, verification of Newton's second law is part of most laboratory courses. Yet student are very willing to believe in the validity of $\Sigma \mathbf{F} = m\mathbf{a}$. Their conceptual problems are with the distinction between acceleration and velocity, and force and momentum, **not** with the "truth" of the formula. So why confuse students in a verification of a law they would very willingly accept, a verification always plagued by friction, thus making the law *less* plausible through verification rather than more plausible!

Many lab experiments on electric circuits continue to ignore the findings of misconception studies even though the basic misconceptions with regard to electric circuits were already known in the early 1980s (e.g. Osborne, Freyberg, 1985; Cohen et al., 1983; Duit et al., 1984, Millar, King, 1993). Popular misconceptions concern a) the consumption of electric current rather than conservation, b) a voltage source as a source of constant power or current regardless of the circuit connected, c) mixing of the concepts current, energy, power and voltage. Knowing this, one would do different lab experiments in order to start where students are in their thinking and then try to bring them closer to scientific conceptions of electric circuits (McDermott, Shaffer, 1992; Berg, Grosheide, 1997). Similar comments can be made for most other topics in physics. The alternative conceptions should be considered the starting capital and there are numerous examples in the literature how a mix of teaching strategies including laboratory and demonstration can bring students closer to the scientific explanations of phenomena. The Pedagogical Content Knowledge (PCK) exists but is not widely applied!

Sometimes the nature of the equipment used, limits the educational value of experiments by forcing students in a hardware straight-jacket which leaves no options for experimental design. Some of the commercially available laboratory equipment hides in a "black box" rather than reveals its science. In other instances, the equipment does not allow for alternative ways of doing an experiment thus forcing a cook-book approach, particularly in modern physics school experiments. The use of simple equipment often helps to link laboratory science to every-day-life phenomena, while sophisticated equipment may obscure that link.

Suggestions for teaching concepts through lab activities:

1. Make an inventory of conceptual problems in the topic concerned.
2. Plan a teaching strategy and consider whether demo's and lab activities could be helpful and cost effective, and if so, integrate them properly.
3. Make a deliberate choice between lab activities or demonstration. The latter could greatly reduce "noise" which might confuse the learning process.

4. Be critical of standard experiments and how they are used in a lab activity.
5. Choose experiments with simple and “transparent” equipment and clear results as opposed to black box equipment.

For learning concepts one may want to consider doing a few real experiments and then expand student experience using simulations/applets as these are more time efficient when the purpose is to learn concepts (such as PhET electric circuit applets). In the simulations one can more easily jump back-and-forth between the worlds of ideas and objects (here simulations) as “noise” due to poor measurements and experimental skills can be avoided.

3. MISMATCH OF LAB GOALS AND WRITTEN LAB INSTRUCTIONS

With regard to learning to investigate, Fuhrman et al. (1978) developed a checklist (an extension of Figure 3) to evaluate written laboratory instructions. For each lab activity they checked whether students were provided with opportunities to exercise skills related to process goals. For example, is the student required to formulate hypotheses, interpret results, or design an experiment? If not, it would be unlikely that such an experiment would result in significant learning of these investigation skills. An analysis of laboratory instructions in major American science programs such as PSSC (physics), CHEM Study (chemistry), and BSCS (biology) showed that most laboratory instructions do not force students to use higher level inquiry skills (Tamir, Lunetta, 1981), in spite of the fact that all these programs emphasized the importance of inquiry in their goals. In the words of Tamir and Lunetta (p. 482):

Seldom, if ever, are students asked to:

- a. formulate a question to be investigated;
- b. formulate an hypothesis to be tested;
- c. predict experimental results;
- d. work according to their own design;
- e. formulate new questions based on the investigation; and
- f. apply an experimental technique based on the investigation just performed

Experiments in many widely used texts have answers which are known by students before they start or which can easily be found by students on the next page. So students work through a cook-book recipe to obtain the expected results and sometimes they fiddle their data to “get it right” or copy lab reports from others.

The research of Fuhrman, Lunetta, and Tamir was done around 1978 and was published in research journals and in teacher journals in the early 1980s. More recent analyses of US Biology laboratory manuals (Germann et al., 1996), Chemistry laboratory instructions (Domin, 1999), and elementary and junior secondary science (Chinn, Malhotra, 2002) confirmed the findings of Lunetta and Tamir. Apparently textbook writers had learned nothing of the widely published research findings of Lunetta and Tamir.

Much work on investigations has been done in UK over the past 30 years starting with the APU (Assessment of Performance Unit, based at King’s College and the University of Leeds) which assessed many aspects of experimenting in thousands of students of different age groups. Various strands of educational development work resulted. Adey and others (Adey, 2003) have developed the CASE materials: Cognitive Acceleration through Science Education. Their focus was on stimulating the development of formal operations through science education such as experiments which require students to recognize relevant variables, operate simultaneously on

these different variables, for example in controlling them. There is extensive documentation both on how to accomplish this and on results in the classroom. The UK National Curriculum (1999) puts much emphasis on inquiry objectives, yet actual classroom implementation of an inquiry focus is disappointing as shown in the studies of Abrahams (next section).

In the Netherlands Rens et al (2010) used the Concepts of Evidence ideas of Gott and Duggan (1995) and embedded investigative labs (senior secondary) in a mix of literature study, classroom discussion, lab work, reporting, communicating and discussing results with peers at other schools through internet, just like among scientists but carefully scaffolded and focused on objectives. The authors transformed their PCK knowledge about *learning to investigate* into a sophisticated structured and scaffolded set-up which helped teachers and students to achieve good research reports.

Suggestions when emphasis is on inquiry:

1. Choose the investigation skills/aspects which will be the main target of the activity.
2. Is laboratory necessary, or are there more efficient ways to teach the skills involved?
3. Check the lab instructions or worksheet to see whether the intended skills will really be used to complete the task.
4. Let students design their own experiments when possible and have a plenary discussion with a focus *on reasoning with evidence* and the *validity* and *reliability* of experiments.

4. MISMATCH BETWEEN LAB GOALS AND TEACHING STRATEGIES

In an interesting series of studies, Kyle et. al. (1980) observed teacher and student behavior in university undergraduate laboratories taught by student assistants. They found that the instructors inhibited rather than stimulated the conceptual and inquiry learning. No wonder students only seem to learn manipulative skills in handling equipment and do not show any improvement in their understanding of scientific thinking, process skills, and science concepts. The instructors in the study tended to act as technical assistants providing equipment service and related advice. In many labs, part of the time was spent lecturing which would be more cost effective in bigger lecture groups rather than small lab groups.

In UK Galton and Eggleston (1979) observed the behavior of experienced teachers and found that students were rarely asked to make predictions or give explanations. My own experience in both industrial and developing countries matches the results of Kyle et al. and Galton and Eggleston. Most interaction between teacher and students concerns execution of the experiment and equipment (the hardware level) rather than design and interpretation (level of concepts and investigation skills). **The main task of the teacher in the lab is to get students to keep going back and forth between the world of objects and the world of ideas (Figure 1) and connect the two worlds.** Abrahams and Millar (2008) observed 25 secondary laboratory lessons and Abrahams and Reiss (2012) observed 10 primary and 20 secondary lessons and concluded: *Indeed, what emerged from the comments made by both the primary and secondary students was that there was little evidence of any enduring conceptual understanding that could be clearly attributed to a specific practical task.* Furthermore, teachers were focused on subject matter

and getting the expected results through recipe-like instructions. They did not pay attention to inquiry aspects in spite of the beautifully formulated inquiry objectives in the National Curriculum for England and Wales since 1999.

Studies on student assignments/tasks and how they are implemented (Doyle, 1985; Sanford, 1987) suggest that teachers tend to reduce the difficulty level of tasks by giving hints or even providing answers. Students are clever in teasing out answers either from the teacher or from good classmates. The result is that even when lab instructions require higher level thinking, teacher behavior and common classroom management practices make it possible for students to complete their tasks way below the intended level of thinking.

In labs students work in groups. Quite often groups do not function properly. Sometimes only one student performs the experiment while others are passive or become secretaries. In groups consisting of boys and girls, girls write while boys handle the equipment and take the measurements and none of them know what they are doing. To the teacher (busily going from group to group) the class makes an active impression, but many students are not learning. Students need training and guidance to work effectively in groups. Cooperative learning techniques help if seriously implemented rather than being paid lip service only.

Suggestions:

1. Make sure there is a pre- and a post-lab discussion. The pre-lab could be done in the lesson preceding the lab session, possibly in connection with homework (design an experiment to find out whether. . .). The post-lab discussion should be right after the lab. It is often better to interrupt the lab work in order to get to the post-lab discussion than to have students finish and postpone the post-lab discussion to the next lesson.
2. For each lab session the teacher should write down main points to watch for and questions to ask which are directly linked to the lab objectives and which force students to think back and forth between the world of ideas and the world of objects. The teacher goes around the room observing and questioning. Without this, teaching will be limited to assisting with equipment only and students will not rise above the world of objects.
3. Group processes need to be monitored and can be influenced positively by assigning roles to students and shifting roles regularly (cooperative learning) and separating girls and boys.

5. MISMATCH BETWEEN LAB GOALS AND ASSESSMENT PRACTICES

Much lab assessment is based on science content rather than research and skill tests. If investigation skills (Figure 3) are assessed, then it is often through lab reports only, or at most through paper-and-pencil tests, rarely by actual hands-on laboratory tests. If mastery of manipulative skills and techniques (psycho-motor skills) is assessed, then assessment usually is indirect by looking at resulting measurements. As data may have been “edited” by bright students, such indirect assessment does not excel in validity. That content oriented paper-and-pencil tests have a limited validity in assessing typical laboratory abilities is also shown in low correlations between content tests and genuine laboratory test (Ben-Zvi et al., 1977). Content achievement and laboratory achievement are clearly different dimensions with a limited common variance. It is not surprising that the lab is not making a difference in achievement, typical lab outcomes such as process and psychomotor skills are not being measured properly. Moreover, the common practice of evaluating lab

outcomes by content tests and lab reports also fails to communicate the proper lab goals to students. One can imagine the influence of typical paper-and-pencil tests on average and below average students who could potentially do quite well in experimental problem solving and manipulative skills (Ben-Zvi et al., 1977). In many instances in which results are (or can be) known in advance and students are being graded on how close they get to these results, there is no excitement in the lab and consequently, motivation and interest will not increase.

Hands-on assessment is time consuming and assessment of investigation skills and typical laboratory psychomotor skills is difficult. Concept learning can be assessed in written form. Some aspects of investigation skills may be. However, many aspects of investigation skills and laboratory techniques cannot be assessed with paper-and-pencil tests or lab reports only. Alternative methods are needed such as those once used in national high school biology exams in Israel (Tamir, 1974), those described in Bryce and Robertson (1985), and *performance assessments* developed in UK (Black, 1995). These are mini investigations which are assessed by direct observation and worksheets. Worked out examples can be found in Pine et al (2006) and the associated website. That genuine yet realistic laboratory assessment is possible on a national scale (Ireland) is described by Bennett and Kennedy (2001). The pilots on Assessment of Pupils Progress (APP) in elementary and junior secondary education in UK have shown the feasibility of assessing higher order investigation skills through continuing assessment without having to maintain extensive portfolios (Ardron, Monahan, 2010).

Klentschy (2008) experimented for 14 years with science notebooks from Kindergarten to 12th grade to improve the quality of science and language education in one of the weakest California school districts. The notebooks focused on: *what do I expect to happen (prior knowledge), what happened/what did I see, and what do I think now* (knowledge after the experiment). In notebooks students document the emergence of their own thinking and support this with evidence from experiments. The many examples in Klentschy's book show that students can learn to document their own thinking and this could be input for both formative and summative evaluation.

Suggestions:

1. Formulate clear objectives and assessment strategies.
2. Find ways to make objectives clear to students to guide their learning.
3. Think of time-saving alternatives to lab reports.
4. Whatever the method of assessment, focus should be on questions like: What is the question being investigated? What did I do? What did I see? What can I claim? What is my evidence? What did others say? How have my ideas changed? (Keys et al, 1999).
5. Students themselves could document their learning (Klentschy's notebooks).

6. LABORATORY TEACHING AND INFORMATION TECHNOLOGY

Information technology has greatly expanded the possibilities for student experimentation by automating part of the data collection and analysis and adding possibilities for data presentation, modeling and simulation and collection of data through sensors or Internet. Instead of spending lots of time on measuring data points one by one, tabulating and graphing, students have more time for analysis and interpretation *once they master the software*. Modeling *is* thinking back-and-forth between ideas and phenomena But students do have to learn many prerequisite skills in handling software. If they do not master these skills, the lab activity can easily drown.

In short, most of the earlier suggestions in this paper also apply to MBL and simulation environments. Nevertheless, MBL does offer exciting possibilities and I myself interviewed 5th and 6th grade children who could reason very well between sensor-recorded graphs and phenomena after only two MBL activities (Berg et al, 2010). For example, the Dutch Coach Platform (Coach, 2013) can handle data acquisition by many different sensors, data representation, modeling, video measurement, and control. It even allows for measurement with high speed cameras and one can take the cursor along model and data graphs and simultaneously see the corresponding video frames, one could see the worlds of theory (model) and experiments (video) side by side on the screen. Similar facilities are offered by systems of Vernier and PASCO.

In Dutch secondary schools there have been exciting student projects which used iterations of experiments and modeling such as video *measurements* on water rockets and *modeling*, measurements on a table size model of a bungee jumper and modeling, an analysis of the movement of a walker (Heck, Dongen, 2008). Iteration of modeling and experiment is another example of putting the worlds of theory and experiment side by side on the screen. A bungee jumping model and video measurements led to lively debate in the journal of the Netherlands Physics Association about whether acceleration of the jumper can be greater than 9.8 m/s^2 as measured and modeled. Eventually theoretical physicists backed up the high school students.

7. SUCCESSFUL USES OF LABORATORY ACTIVITIES

This paper was about “typical” use of laboratory activities in many schools and not about successful use in pilot projects. However, there have **always** been successful uses of laboratory activities but less widespread than “typical” laboratory teaching. After concluding that their Physics lab activities did not produce the expected educational results Reif and St. John (1979) modified their system of lab teaching to include better focused objectives, teaching methods, and assessment and the educational outcomes improved greatly.

Elementary science programs of the 1960s and 1970s such as Elementary Science Study (ESS), Science A Process Approach (SAPA) and the Science Curriculum Improvement Study (SCIS) in the USA and Science 5–13 in UK in the 1960/70s, did offer children opportunities to design their own investigations and some teachers were able to realize these opportunities. Updated versions such as INSIGHTS, Science Technology & Children (STC), and Full Option Science System (FOSS) offer lots of opportunities for investigation. INSIGHTS and STC have also been adopted and adapted in several European countries. There is video material showing impressive implementation examples in the classroom, but such implementation is still relatively rare. Klentschy (2008) illustrates many examples of real inquiry work from K-8 student notebooks. Having elementary students involved in real investigation work is certainly possible, but most elementary teachers are still insufficiently trained and supported to realize this.

We saw that the ambitious 1960s secondary science curricula in the USA offered more prescriptions and less investigations than the authors intended and advertised (Tamir, Lunetta, 1981). However, there are lots of inquiry-based materials in circulation. Israel pioneered inquiry labs for High School Biology in the 1970s and even had national laboratory exams with a significant inquiry component (Tamir, 1974). Other countries require evidence of school-based research work. The Netherlands has required school-based research projects for science since the 1990s but

this also led to the surprise of many teachers that their own laboratory programs did not properly prepare their students for research. Since then there has been a slow but steady change towards more investigation. Rens et al (2010) developed a very ambitious but also very pragmatic approach to get grade 11 students from the Netherlands and some other countries into real research in chemistry. The process starts with some focused exploration of a phenomenon, for example tooth decay. Then students read a poor quality research paper and are asked to design better experiments to study influence of various factors on the phenomenon (e.g. soft drinks and acids on tooth decay). Students from different schools exchange their research reports and comment on each other's experimental design and results just like happens in the world of scientists (Figure 1). In UK studies like those of Abrahams have triggered the Getting Practical Project of the Association for Science Education in which teachers are working on better focused objectives and teaching methods for laboratory activities and this project has spread to other countries.

At the University level the Free University in Amsterdam in the 1980s had students themselves design experiments to measure constants of nature or material properties, always with two different methods. Contrast between outcomes of two methods, for example, an optical and an electric way to measure an index of refraction led to useful comparing of two experimental designs. Lately Etkina et al (2006, 2010) have not only developed interesting lab activities but have also documented the outcomes carefully and extensively and their approach has spread to other universities. Goldberg and colleagues (2010) have long pioneered inquiry activities with a strong concept orientation and have recently (Goldberg et al, 2012) adapted activities for large enrollment courses with retention of concept gains. Both Etkina's and Goldberg's work can be adapted to secondary school level. Many other pioneers must remain unmentioned here. There is no shortage of examples of good and effective laboratory work, but there needs to be much more effective and wide spread implementation which we hope can be achieved through extensive professionalization projects such as Getting Practical (<http://www.gettingpractical.org.uk>).

CONCLUSIONS

Research on laboratory teaching shows disappointing results and these seem to be caused by mismatches between educational objectives, choice of activities and experiments, lab instructions, guidance, and assessment. Just like other teaching methods laboratory activities need to be carefully thought through and implemented properly. Some suggestions are:

1. Decide about a few main objectives for the activity.
2. *Concepts*: Which preconceptions are there? How can these be used productively to move towards the scientific concepts? What could the lab activity contribute? Choose experiments which are meaningful considering the preconceptions of students rather than "standard" experiments.
3. Practice *pre-requisite lab techniques* in a pre-lab or integrate a *check* of these skills in the activity.
4. Choose a few *investigation skills* from the Figure 3 to focus guidance on even if students do a complete investigation. Make sure that during the year all skills get attention.
5. For each activity formulate some teacher questions for:
 - a) pre-lab discussion (without giving away the results);

- b) guidance during the activity, to force back-and-forth thinking between concepts and phenomena;
 - c) post-lab discussion : what was our purpose, what have we achieved, what do we know now that we did not know before, what surprised us? What is the evidence for our conclusions? How can validity and reliability of the experiment be improved?
6. Look for appropriate ways to evaluate student performance. For concept activities this could be a paper-and-pencil test or presentations; for investigation skills it could be observations and interviews during the lab, student worksheets describing proposed experiments or conclusions, a research report, or continuous assessment and portfolio, or performance assessments; lab techniques and measurement skill should be observed/checked during the activity.

And all of this should result in: **Turning manipulation of equipment into manipulation of ideas.**

BIBLIOGRAPHY

ABRAHAMS, I., MILLAR, R. Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 2008, 30(14), p. 1 945–1 969.

ABRAHAMS, I., REISS, M. J. Practical Work: Its effectiveness in Primary and Secondary Schools in England. *Journal of Research in Science Teaching*, 2012, 49(8), p. 1 035–1 055.

ADEY, P. *Thinking Science. Professional Edition*. Nelson Thornes, 2003.

ARDRON, K., MONAHAN, S. Assessing Pupils Progress, keeping it real in the primary classroom. *Primary Science*, 2010, 115, p. 9–13.

BATES, G. R. The role of the laboratory in secondary school science programs. In M. B. Rowe (Ed.), *What research says to the science teacher* (Vol I). Washington D.C. : National Science Teachers Association, 1978.

BEASLEY, W. F. The effect of physical and mental practice on psychomotor skills on chemistry student laboratory performance. *Journal of Research in Science Teaching*, 1979, 16(5), p. 473–479.

BEASLEY, W. F. Mental practice as a technique to improve laboratory skill development. *Journal of Chemical Education*, 1983, 60(6), p. 488–489.

BEN-ZVI, R., HOFSTEIN, A., SAMUEL, D., KEMPA, R. F. Modes of instruction in high school chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 1977, 14(5), p. 433–439.

BENNETT, J., KENNEDY, J. Practical work at the upper high school level: The evaluation of a new model of assessment. *International Journal of Science Education*, 2001, 23, p. 97–110.

BERG, E. van den, GIDDINGS, G. *Teaching in the Laboratory: An alternative view*. Monograph. Perth: Science and Mathematics Education Centre, Curtin University of Technology, 1992.

BERG, E. van den, GROSHEIDE, W. Learning and teaching about energy, power, current and voltage. *School Science Review*, March 1997, 78(284), p. 89–94.

- BERG, E. van den, SCHWEICKERT, F., MANNEVELD, G. Learning Graphs and Learning Science with Sensors in Learning Corners in Grades 5 and 6. In M. F. Taşar, G. Çakmakçı (Eds.), *Contemporary Science Education Research: Teaching*. Ankara, Turkey : Pegem Akademi, 2010, p. 383–394. (Proceedings ESERA conferentie, download: <http://www.naturfagsenteret.no/esera/>) choose book 1)
- BLACK, P. Assessment and Feedback in Science Education. In Eylon et al. *Science Education: from Theory to Practice*. Rehovoth, Israel : Department of Science Teaching, The Weizmann Institute of Science. Report of an International Conference held in 1993. 1995, p. 73–88.
- BRYCE, T. G. K., ROBERTSON, I. J. What can they do? A review of practical assessment in science. *Studies in Science Education*, 1985, 12, p. 1–24.
- CHINN, C. A., MALHOTRA, B. A. Epistemologically Authentic Inquiry in Schools: A Theoretical Framework for Evaluating Inquiry Tasks. *Science Education*, 2002, 86, p. 175–218.
- COACH <http://WWW.CMA-SCIENCE.NL/>, accessed October 12, 2013.
- COHEN, R., EYLON, B., GANIEL, U. Potential difference and current in simple electric circuits: A study of students' concepts. *American Journal of Physics*, 1983, 51, p. 407–412.
- DILLON, J. *A review of the research on practical work in school science*. 2008. http://www.score-education.org/2projects/practical_work.htm (het laatst geraadpleegd 31 maart 2010).
- DOMIN, D. S. A content analysis of general chemistry laboratory manuals for evidence of high-order cognitive tasks. *Journal of Chemical Education*, 1999, 76, p. 109–111.
- DOYLE, W. Classroom organization and management. In M. C. Wittrock, *Handbook of Research on Teaching, Third Edition*. New York : Macmillan, 1985, p. 392–431.
- DUIT, R., JUNG, W., RHONECK, C. von *Aspects of Understanding Electricity. Proceedings of an International Workshop in Ludwigsburg 1984*. Kiel : Schmidt & Klaunig, 1984.
- ETKINA, E., MURTHY, S., ZOU, X. Using introductory labs to engage students in experimental design. *American Journal of Physics*, 2006, 74(11), p. 979–986.
- ETKINA, E., KARELINA, A., RUIBAL-VILLASENOR, M., ROSENGRANT, D., JORDAN, R., HMELO-SILVER, C. E. Design and relection help students develop scientific abilities: learning in introductory physics laboratories. *Journal of the Learning Sciences*, 2010, 19(1), p. 54–98.
- FUHRMAN, M. *Development of a laboratory structure and task analysis inventory and an analysis of selected chemistry curricula*. Unpublished master's thesis, University of Iowa, 1978.
- FURTAK, E. et al. Experimental and Quasi-Experimental Studies of Inquiry-Based Science Teaching: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 2012, 82(3), p. 300–329.
- GALTON, M., EGGLESTON, J. Some characteristics of effective science teaching. *European Journal of Science Education*, 1979, 1(1), p. 75–86.

- GARRETT, R. M., ROBERTS, I. Demonstration versus small group practical work in science education. A critical review of studies since 1900. *Studies in Science Education*, 1982, 9, p. 109–146.
- GERMANN, P. J., HASKINS, S., AULS, S. Analysis of nine high school Biology laboratory manuals: Promoting scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 1996, 33(5), p. 475–499.
- GOLDBERG, F., OTERO, V., ROBINSON, S. Design principles for effective physics instruction: A case from physics and everyday thinking. *American Journal of Physics*, 2010, 78(12), p. 1 265–1 278.
- GOLDBERG, F., PRICE, E., ROBINSON, S., BOYD-HARLOW, D., MCKEAN, M. Developing the learning physical science curriculum: Adapting a small enrollment, laboratory and discussion based physical science course for large enrollments. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research* 8, 010121, 2012, p. 1–24.
- GOTT, R., DUGGAN, S. *Investigative Work in the Science Curriculum*. Buckingham (UK) : Open University Press, 1995.
- GUNSTONE, R. Can we prepare teachers to teach the way students learn? *Plenary lecture at the International Conference on Science Education in Developing Countries: From Theory to Practice*. Israel, January 1993.
- HECK, A., DONGEN, C. van Gait analysis by high school students. *Physics Education*, 2008, 43(3), p. 284–290.
- HODSON, D. Re-thinking old ways: Towards a more critical approach to practical work in school science. *Studies in Science Education*, 1993, 22, p. 85–142.
- HOFSTEIN, A., LUNETTA, V. N. The role of the laboratory in science teaching: Neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 1982, 52(2), p. 201–217.
- HOFSTEIN, A., LUNETTA, V. N. The laboratory in science education: Foundations for the 21st century. *Science Education*, 2004, 88, p. 28–54.
- KEYS, C. W., HAND, B., PRAIN, V. R., SELLERS, S. Rethinking the laboratory report: Writing to learn from investigations. *Journal of Research in Science Teaching*, 1999, 36, p. 1 065–1 084.
- KLENTSCHY, M. P. *Using Science notebooks in Elementary Classrooms*. Washington : NSTA Press, 2008.
- KYLE, W. C., PENICK, J. E., SHYMANSKY, J. A. Assessing and analyzing behavior strategies of instructors in college science laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 1980, 17(2), p. 131–137.
- LEDERMAN, N. G. Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 1992, 45, p. 470–496.
- LIEM, T. *Invitations to Inquiry*. Chino Hills, California : Science Inquiry Enterprises, 1987.
- LUNETTA, V. N., HOFSTEIN, A., CLOUGH, M. P. Learning and teaching in the school science laboratory: An analysis of research and practice. In Abell and Lederman (eds): *Handbook of Research on Science Education*. Mahwah, NJ : Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 2007, p. 393–442.
- MCDERMOTT, L. C., SHAFFER, P. S. Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part I: investigation of student understanding. *American Journal of Physics*, 1992, 60(11), p. 994–1 003.

- MILLAR, R. *Analysing Practical Science Activities to assess and improve their effectiveness*. The Association for Science Education, 2010.
- MILLAR, R., DRIVER, R. Beyond Processes. *Studies in Science Education*, 1987, 14, p. 33–62.
- MILLAR, R., KING, T. Students' understanding of voltage in simple series electric circuits. *International Journal of Science Education*, 1993, 15(3), p. 339–349.
- NAYLOR, S., KEOGH, B. *Concept Cartoons in Science Education*. Revised Edition. Millgatehouse Publishing, 2013. <<http://www.millgatehouse.co.uk/shop>>
- OSBORNE, R., FREYBERG, P. *Learning in Science: The Implications of Children's Science*. London : Heinemann, 1985.
- PINE, J. et al. Fifth Graders' Science Inquiry Abilities: A Comparative Study of Students in Hands-On and Textbook Curricula. *Journal of Research in Science Teaching*, 2006, 43(5), p. 467–484.
- REIF, F., ST. JOHN, M. Teaching physicists' thinking skills in the laboratory. *American Journal of Physics*, 1979, 47(11), p. 950–957.
- RENS, L. van, PILOT, A., SCHEE, J. van der. A Framework for Teaching Scientific Inquiry in Upper Secondary School Chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 2010, 47(7), p. 788–806.
- SANFORD, J. P. Management of science classroom tasks and effects on students' learning opportunities. *Journal of Research in Science Teaching*, 1987, 24(3), p. 249–265.
- SHULMAN, L. S., TAMIR, P. Research on teaching in the natural sciences. In R. W. Travers (Ed.), *Second handbook of research on teaching*. Chicago : Rand McNally, 1973.
- SINGER, S. R., HILTON, M. R., SCHWEINGRUBER, H. A. *America's Lab Report: Investigations in High School Science*. National Research Council, 2005. <<http://www.nap.edu/catalog/11311.html>>
- TAMIR, P. An inquiry-oriented laboratory examination. *Journal of Educational Measurement*, 1974, 11, p. 23–25.
- TAMIR, P., LUNETTA, V. N. Inquiry-related tasks in high school science laboratory handbooks. *Science Education*, 1981, 65(5), p. 477–484.
- WHITE, R. T. Relevance of practical work to comprehension of physics. *Physics Education*, 1979, 14, p. 384–387.
- WHITE, R. T., GUNSTONE, R. *Probing Understanding*. London : Falmer Press, 1992.

Ed van den Berg – E-mail: e.berg@vu.nl, e.van.den.berg@hva.nl
 Vrije Universiteit, Amsterdam, Netherlands, Faculty of Psychology and Pedagogy
 Department of Teacher Education,

Hogeschool van Amsterdam, Amsterdam, Netherlands
 Knowledge Centre, Department of Education and Pedagogy

Scientia in educatione

*Vědecký recenzovaný časopis pro oborové didaktiky
přírodovědných předmětů a matematiky
Scientific Journal for Science and Mathematics Educational Research*

Vydává Univerzita Karlova v Praze – Pedagogická fakulta
<http://www.scied.cz>

Vedoucí redaktorka (UK v Praze)

doc. RNDr. Naďa Vondrová (Stehlíková), Ph.D.

Redakce (UK v Praze)

prof. RNDr. Pavel Beneš, CSc.

doc. RNDr. Leoš Dvořák, CSc.

prof. RNDr. Jarmila Novotná, CSc.

doc. RNDr. Vasilis Teodoridis, Ph.D.

Členové redakční rady

prof. RNDr. Hana Čtrnáctová, CSc. (Univerzita Karlova v Praze)

RNDr. Eva Hejnová, Ph.D. (Univerzita J. E. Purkyně, Ústí nad Labem)

doc. Ph.Dr. Alena Hošpesová, Ph.D. (Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích)

RNDr. Alena Kopáčková, Ph.D. (Technická univerzita v Liberci)

Ph.Dr. Magdalena Krátká, Ph.D. (Univerzita J. E. Purkyně, Ústí nad Labem)

PaedDr. Svatava Kubicová, CSc. (Ostravská univerzita v Ostravě)

prof. RNDr. Ladislav Kvasz, Dr. (Univerzita Karlova v Praze)

prof. RNDr. Danuše Nezvalová, CSc. (Univerzita Palackého v Olomouci)

prof. RNDr. Miroslav Papáček, CSc. (Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích)

RNDr. Lenka Pavlasová, Ph.D. (Univerzita Karlova v Praze)

RNDr. Vladimír Přívratský, CSc. (Univerzita Karlova v Praze)

RNDr. Jarmila Robová, CSc. (Univerzita Karlova v Praze)

doc. RNDr. Josef Trna, CSc. (Masarykova univerzita v Brně)

Zahraniční členové redakční rady

prof. RNDr. Ján Pišút, Dr.Sc. (Univerzita Komenského v Bratislavě, SR)

prof. Dr. Gorazd Planinšič, Ph.D. (Univerza v Ljubljani, Slovinsko)

dr hab. prof. UR Ewa Swoboda (Uniwersytet Rzeszowski, Polsko)

Adresa redakce

Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta (Naďa Vondrová)

M. D. Rettigové 4, 116 39 Praha 1

e-mail: scied@pedf.cuni.cz

Pokyny pro autory jsou uvedeny na <http://www.scied.cz>.

Sazbu v systému L^AT_EX zpracoval Miloš Brejcha, Vydavatelský servis, Plzeň.
Logo navrhl Ivan Špirk.

Autorem grafiky, jejíž detail tvoří obálku pro letošní ročník SciEDu, je vynikající český grafik, absolvent UK PedF (1994), v současnosti učitel na katedře výtvarné výchovy, PaedDr. Šimon Brejcha – <http://www.simonbrejcha.cz/>

Originál použitého grafického listu se jmenuje „Infekce“, 2007, 79 × 119 cm.