

Od akademického spôsobu výučby k bádateľsky orientovanej výučbe – Inovácia výučby praktických cvičení z chémie na Prírodovedeckej fakulte UPJŠ v Košiciach

Ganajová, Mária –Sotáková, Ivana –Vargová, Zuzana

From the Academic Method of Teaching to Inquiry-Based Learning – Innovative Teaching of Practical Classes in Chemistry at the Faculty of Science Pavol Jozef Šafárik University in Košice

Abstract

The aim of the paper is to inform about the educational research that focuses on innovation in university teaching of Chemistry at the Faculty of Science UPJŠ in Košice. The innovation of practical teaching takes place in the fields of study Inorganic Chemistry, Organic Chemistry, Analytical Chemistry and Biochemistry of Chemistry going on through the implementation of Inquiry-Based Learning (IBL). The aim is to increase the scientific abilities of students needed for their success in the labor market. For this purpose, there have been modified tasks of experimental classes in the form of inquiry activities which develop the following scientific abilities: creating of hypotheses, designing procedures for solutions, collecting data, drawing conclusions, argumentation, group work. In order to verify the effectiveness of this teaching we have implemented tools of summative and formative assessment. The innovative educational materials were published in the form of textbooks in electronic (Moodle) and written versions. The conclusions of the survey of student attitudes towards inquiry-based learning based on a questionnaire of our own design pointed out that inquiry activity is compared to traditional laboratory work "according to the cook book" interesting but challenging because it requires separate planning procedures for solutions, the correct choice of methods for the analysis of data and reasoning, which cannot be done without a deeper understanding of knowledge..

Key words: inquiry-based learning, teaching practical classes in Chemistry at the Faculty of Science UPJŠ in Košice, scientific abilities

Kľúčové slová: bádateľsky orientovaná výučba, výučba praktických cvičení chémie na Prírodovedeckej fakulte UPJŠ v Košiciach, vedecké spôsobilosti

Súčasný stav problematiky

Väčšina z nás nedokáže prehliadať skutočnosť, že ľudská spoločnosť sa za posledných päťdesiat rokov zmenila viac ako kedykoľvek predtým. Zmenil sa náš životný štýl, zmenil sa trh práce a zmenili sa aj požiadavky zamestnávateľov na mladých absolventov zamestnania. Ako uvádzajú Turek (2010) a Kalaš (2013) v priebehu 10 rokov zastaráva približne 80 % technológií, ktoré sa dnes používajú, ale v priebehu týchto 10 rokov pracuje ešte stále 80 % pracovníkov, ktorí získali svoju odbornú prípravu pred 10 až 40 rokmi. Ak sa človek chce produktívne vyrov-

nať s prudkými zmenami vo vede, technike, ekonomike a charaktere práce, musí sa učiť celý život. To všetko sa premieťa do potreby zmeniť formálne vzdelávanie aj na vysokých školách.

Preto sme si stanovili za cieľ výskumu inovovať obsah, formy a metódy praktickej výučby chémie na Prírodovedeckej fakulte UPJŠ v Košiciach v študijných odboroch anorganická chémia, organická chémia, analytická chémia a biochémia s cieľom zvýšiť ich vedecké kompetencie potrebné pre uplatnenie absolventov na trhu práce. Jedná sa o nasledovné vedecké zručnosti: tvorba hypotéz, návrh postupov riešenia, zber dát, formulácia záverov, argumentácia, práca v tíme a rozvíjanie kompetencie „učíť sa učiť“.

Realizácia výskumu

Vo výučbe predmetov praktických cvičení z anorganickej, organickej, analytickej chémie a biochémie sa uplatňovali aktivizujúce metódy so zameraním na bádateľskú metódu. Ide o prístup k učeniu, kedy si študenti vytvárajú poznatky postupom ako postupuje vedec vo svojej práci, čo prispieva k pokroku v porozumení učiva a rozvíjaní vedeckých zručností. Zmenené návrhy zadani na cvičeniach do podoby bádateľských aktivít rozvíjali nasledovné elementy bádania: tvorba hypotéz, navrhovanie postupov riešenia, zber dát, vyvodzovanie záverov, argumentácia, práca v skupinách. Overenie efektívnosti výučby sme realizovali prostredníctvom nástrojov sumatívneho a formatívneho hodnotenia. Analýza výsledkov vyústila do návrhu inovovaných študijných materiálov a ich publikovania v elektronickej (MOODLE) a písomnej forme formou učebných textov.

Ako príklad tvorby a overovania výučby s bádateľskou aktivitou uvádzame nasledovnú aktivitu pre predmet Špeciálne praktikum školských pokusov z chémie:

Téma bádateľskej aktivity: Stanovenie množstva uhličitanu vápenatého vo vaječných škrupinách

Cieľová skupina: 17 študentov 1. ročníka magisterského štúdia učiteľstva akademických predmetov v kombinácii s chémiou na Prírodovedeckej fakulte UPJŠ v Košiciach, bez predchádzajúcej skúsenosti s bádateľsky orientovanou výučbou

Zaradenie bádateľskej aktivity: predmet Špeciálne praktikum školských pokusov I – praktické cvičenie

Hlavný cieľ bádateľskej aktivity: Poskytnúť študentom príležitosť navrhnúť a uskutočniť tri rôzne experimenty, ktorými by stanovili množstvo uhličitanu vápenatého vo vaječných škrupinách a porovnať ich z hľadiska presnosti.

Čiastkové ciele bádateľskej aktivity:

1. V pracovných skupinách diskutovať o zložení vaječných škrupín so zameraním sa na zastúpenie uhličitanu vápenatého (CaCO_3).
2. Navrhnuť 3 rôzne experimenty, ktorými stanovíme množstvo CaCO_3 vo vaječných škrupinách.
3. Naplánovať pracovné postupy navrhnutých experimentov.

4. Realizovať navrhnuté postupy experimentov s ohľadom na bezpečnosť práce.
5. Porovnať výsledky stanovenia množstva CaCO_3 vo vaječných škrupinách pri jednotlivých experimentoch z hľadiska presnosti.
6. Určiť hlavné zdroje strát pri každom experimente a vysvetliť ich vplyv na výsledky experimentov.
7. Navrhnuť možnosti rozšírenia bádateľskej aktivity.
8. Vytvoriť PowerPointovú prezentáciu bádateľského cyklu k zrealizovanej bádateľskej aktivite.
9. Prezentovať výsledky stanovenia CaCO_3 navrhnutými experimentmi.

Tab. 1 Prínos bádateľskej aktivity z hľadiska rozvoja vedeckých zručností

Formulovanie (identifikácia) problému	Plánovanie	Implementácia	Vывodzovanie záverov		Zdieľanie výsledkov, prezentácia a argumentácia
			Usporiadanie a analýza dát	Tvorba záverov	
Tvorba návrhov experimentov	Tvorba pracovných postupov pre realizáciu navrhnutých experimentov	Realizovanie plánu /experimentu Zber dát			

Vstupné vedomosti:

Chémia: Sústavy látok, pozorovanie a experiment
 Prvky a ich anorganické zlúčeniny
 Chemické reakcie, chemické rovnice

Fyzika: Vlastnosti kvapalín a plynov

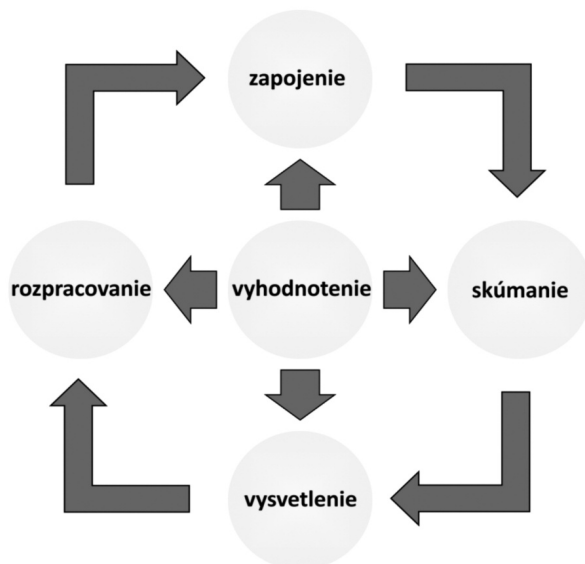
Typ bádania: nasmerované

Forma bádania: skupinová (6 členné skupiny). Aktivita bola navrhnutá tak, aby študenti pracovali v skupinách, navzájom diskutovali, argumentovali a navrhovali riešenia problémov.

Postup pri realizácii bádateľskej aktivity

Ak učíme bádateľským spôsobom, so študentmi realizujeme aktivity, prostredníctvom ktorých si osvojujú poznatky a porozumenie vedeckých ideí, pričom postupujú podobným spôsobom ako vedec vo svojej práci. Ako postupovať pri realizácii bádateľsky orientovaných vyučovacích hodín? Ako postupuje učiteľ, ak chce učiť bádateľským spôsobom? Treba povedať, že neexistuje jediný model, ako má prebiehať vyučovanie bádáním. Jeden z populárnych modelov s dôrazom na konštruktivistické princípy a na hodnotenie prvotných poznatkov zahŕňa **5 fáz** (obr. 1). V anglicky hovoriacich krajinách je známy ako **5E model** (Engage, Explore, Explain, Elaborate, Evaluate), resp. Zapojenie, Skúmanie, Vysvetlenie, Rozpracovanie, Hodnotenie (Bybee 2006), resp. ako rozšírený **7E model** (Engage/Elicit,

Explore, Explain, Elaborate/Extent, Evaluate) (Eisenkraft 2003), v ktorom je zdôraznená aj fáza zisťovania prvotných poznatkov žiakov (Elicit/Získavanie), resp. fáza transferu získaných poznatkov na nové situácie (Extend/ Rozšírenie).



Obr. 1
Päťfázový model učenia

Model učenia 5E pri bádateľskej aktivite Stanovenie množstva CaCO_3 vo vaječných škrupinách

Vo fáze zapojenia si študenti prečítali v pracovných listoch základné informácie o zložení a pevnosti vaječných škrupín. Potom diskutovali a vytvárali predpoklady o množstve CaCO_3 vo vaječných škrupinách (z jedného zdroja), ktoré mali na pracovných stoloch. Ich úlohou bolo navrhnúť a uskutočniť tri rôzne experimenty, ktorými by dokázali presne stanoviť množstvo CaCO_3 vo vaječných škrupinách.

Pri navrhovaní experimentov vychádzali z chemickej reakcie:



Študenti navrhli stanoviť množstvo CaCO_3 vo vaječných škrupinách nasledujúcimi spôsobmi: a) z hmotnosti uvoľneného CO_2 , b) z objemu uvoľneného CO_2 , c) spätnou titráciou roztokom NaOH , d) z hmotnosti nezreagovanej vaječnej škrupiny.

Vo fáze skúmania dvojice študentov naplánovali postupy pre tri experimenty, ktoré obsahovali časti ako potrebné pomôcky a chemikálie, postup práce, pozorovanie a vysvetlenie, výpočty, bezpečnostné opatrenia. Študenti pri každom experimente použili rovnaké množstvo prášku z vaječných škrupín (cca. 0,3 g) a roztok HCl $c=1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$. Každý experiment niekoľkokrát opakovali.



Obr. 2
Stanovenie množstva
 CaCO_3 z objemu CO_2

Vo fáze vysvetľovania študenti dospeli k záveru, že žiaden zo štyroch navrhnutých experimentov nepriniesol presné výsledky. Od študentov sme žiadali, aby popisali všetky zdroje, ktoré mohli ovplyvniť výsledky jednotlivých experimentov. Napríklad pri stanovení množstva CaCO_3 spätnou titráciou roztokom NaOH sa časť CO_2 rozpustí v $\text{HCl}_{(\text{aq})}$ (zlučuje sa s H_2O na H_2CO_3), preto sa pri titrácii spotrebuje viac roztoku NaOH . Pre zníženie rozpustnosti CO_2 je potrebné reakčnú zmes povariť. Ďalej rozpustenie vaječnej škrupiny a reakcia CaCO_3 s HCl sú príliš pomalé na to, aby poskytli výrazný bod ekvivalencie. Na zvýšenie rozpustnosti vaječnej škrupiny možno pridať etanol. Aj rozloženie CaCO_3 vo vaječných škrupinách nie je rovnomerné a je v nich prítomný aj MgCO_3 . Pred uskutočnením experimentu mohol prášok z vaječných škrupín absorbovať atmosférickú vlhkosť.

Pri fáze rozšírenia študenti už poznali, čo môže ovplyvniť stanovenie CaCO_3 vo vaječných škrupinách a tak navrhli „výskumné problémy“ pre ďalšie bádateľské aktivity: „Aký je rozdiel v množstve CaCO_3 v bielych a hnedých vaječných škrupinách?“, „Aké množstvo CaCO_3 obsahujú iné škrupiny/zdroje?“

Výstupom bádania pracovných skupín študentov (fáza vyhodnotenia) bola Powerpointová prezentácia. Študenti pri prezentovaní výsledkov preukazovali porozumenie poznatkom a súvislostí, odpovedali na otázky za pomoci pozorovania a získaných dôkazov a zdôvodňovali závery.

Výsledky výskumu

Na overenie porozumenia prírodovedných poznatkov sme využili nástroje formatívneho hodnotenia (Szarka – Brestenská 2014) ako je metakognícia a na zistenie postojov študentov k takémuto typu výučby dotazník vlastnej konštrukcie.

Termínom **metakognícia** alebo **metakognitívne činnosti** označujeme schopnosť žiakov analyzovať vlastné učenie sa a toto učenie efektívne riadiť. Metakognícia umožňuje učiacim sa uvedomiť si, čo robili a prečo to robili. Na konci výučby sme študentom dali vyplniť tabuľku s otázkami o tom, čo robili, prečo to robili a čo by chceli ešte vedieť.

Tab. 2 Výsledky metakognície po výučbe s bádateľskou aktivitou Stanovenie množstva CaCO_3 vo vaječných škrupinách

Otázky	Odpovede študentov
Čo sme robili?	Riešili sme problém „Ako stanoviť množstvo CaCO_3 vo vaječných škrupinách“. Určovali sme množstvo CaCO_3 vo vaječných škrupinách reakciou s HCl z hmotnosti uvoľneného CO_2 . Určovali sme množstvo CaCO_3 vo vaječných škrupinách reakciou s HCl spätnou titráciou roztokom NaOH.
Prečo sme to robili?	Chceli sme zistiť, ktorý z troch navrhnutých experimentov nám najpresnejšie určí množstvo CaCO_3 vo vaječných škrupinách. Aby sme zistili, aká dôležitá je presnosť merania pri realizácii experimentov. Aby sme porovnaním výsledkov z experimentov zistili, že najspolahlivejšie výsledky nám poskytla spätná titrácia s roztokom NaOH.
Čo sme sa dnes naučili?	Akými rôznymi spôsobmi možno zisťovať množstvo CaCO_3 vo vaječných škrupinách. Experimentálne postupy nemusia byť presné. Čo môže ovplyvniť výsledky experimentov. Aká dôležitá je presnosť pri experimentovaní.
Kde to môžeme využiť?	Ako budúca učiteľka chémie môžem túto bádateľskú aktivitu využiť v školskej praxi. Ako príklad toho, že kvantitatívne experimenty môžu mať určité obmedzenia.
Aké otázky stále mám k tejto téme?	Ako sa presne stanovuje množstvo CaCO_3 vo vaječných škrupinách? Aký je rozdiel medzi množstvom CaCO_3 v bielych a hnedých škrupinách? Aké je množstvo CaCO_3 v iných škrupinách (kačacích, pštrosích)? Aké je množstvo CaCO_3 v iných zdrojoch (mušle, ulity)?

Záver

Výsledky ukazujú, že študenti na uvedenom spôsobe výučby najviac oceňovali skutočnosť, že si uvedomili aká je dôležitá presnosť pri experimentovaní. Z ich odpovedí vyplynulo, že na učiteľa sa pri bádateľsky orientovanej výučbe kladie z hľadiska porozumenia odborných poznatkov vyššia náročnosť – bolo potrebné vysvetliť študentom ďalšie skutočnosti, ktoré vyplynuli z otázok zameraných na presné stanovenie Ca vo vzorkách, potrebné vysvetliť miskoncepce súvisiace s rozpustením vznikajúceho CO_2 vo vode, mnohí študenti zabudli na nutnosť prepočítania vzniknutého CO_2 na normálne podmienky apod.

Záverom zo zisťovania postojov študentov k bádateľsky orientovanej výučbe na základe dotazníka vlastnej konštrukcie poukazujú na to, že bádateľská aktivita je v po-

rovnaní s tradičnou laboratórnou prácou „podľa kuchárskej knihy“ zaujímavejšia, ale náročnejšia, pretože si vyžaduje samostatné plánovanie postupov riešenia, správnu voľbu metód pre analyzovanie získaných údajov a zdôvodňovanie, ktoré nie je možné urobiť bez ovládania obsahu poznatkov.

Uvádzame niekoľko názorov študentov na BOV:

„BOV umožňuje učiteľovi motivovať žiakov k učeniu prostredníctvom realizácie bádateľských aktivít a navyše ich cez obsah prepojiť s bežným životom.“ „Až teraz rozumiem tomu, čo znamená učiť sa inak chémiu.“ „BOV je pre učiteľa riešením toho, ako prebudiť žiakov k činnosti, aby sa začali zaoberať podstatou problémov a ich riešením.“

Z uvedeného vidieť, že takýto spôsob výučby je pre žiakov zaujímavejší a hodnotnejší z hľadiska porozumenia poznatkov a získavania zručností pre život a prácu v tomto storočí.

PodĎakovanie

Príspevok vznikol s podporou grantovej agentúry KEGA v rámci projektu č. 002UPJŠ-4/2015. *Inovácia obsahu, foriem a metód praktických cvičení z anorganickej, organickej a analytickej chémie a biochémie pre zvýšenie uplatniteľnosti absolventov v praxi.*

Literatúra

Bybee, R. W. – Taylor, J. A. – Gardner, A. – Van Scotter, P. – Powell, J. C. – Westbrook, A. – Landes, N. (2006): *The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness*, dostupné na <http://www.bsos.org/bsos-5e-instructional-model>

Eisenkraft, A. (2003): Enhancing the 5E model. In: *The Science Teacher*, 70 (6), pp. 56-59.

Europe need more scientists. 2004. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, dostupné na:

https://ec.europa.eu/research/conferences/2004/sciprof/pdf/conference_review_en.pdf

Kalaš, I. a kol. (2013): *Premeny školy v digitálnom veku*. Bratislava : SPN – Mladé letá, 2013. s. 103. ISBN 978-80-10-02409-4

Lechtanski, V. L. (2000): *Inquiry-based experiments in chemistry*. Oxford : New York, pp 159-165.

Szarka, K. – Brestenská, B. (2014): Prostriedky rozvíjajúceho hodnotenia vo vyučovaní prírodovedných predmetov. In: *Inovácie a trendy v prírodovednom vzdelávaní*. Bratislava: Univerzita Komenského, 2014, s. 131-158. ISBN 978-80-223-3718-2.

Turek, I. (2010): *Didaktika*. Bratislava: Iura editions, 2010. ISBN 978-80-807-8322-8

