

BÁDATELSKÝ PRÍSTUP V JEDNODUCHÝCH EXPERIMENTÁLNYCH ÚLOHÁCH INQUIRY APPROACH IN SIMPLE EXPERIMENTAL TASKS

ŽANETA GERHÁTOVÁ¹

¹Katedra fyziky, Pedagogická fakulta, Trnavská univerzita

Priemyselná 4, P. O. Box 9, 918 43 Trnava, SR

e-mail: zaneta.gerhatova@truni.sk

Abstract: The paper presents the topic of the worksheet “*What kind of water freeze early, warm or cold?*” We have created the worksheet for guided inquiry. This is the one of the activities in hierarchies of pedagogical practices of inquiry processes written by S. Wenning. It was adapted by project’s participant ESTABLISH (European Science and Technology in Action: Building Links with Industry, Schools and Home), focused on Inquiry-based science education (IBSE). The guided inquiry lab is characterized by identifying the problem and multiple leading questions that point the way to procedures. The process is managed by teacher. From the student perspective the guided inquiry lab is characterized by acquiring new knowledge. Students bide instructions in worksheet step-by-step, and they test their predictions.

Keywords: experiment, Inquiry-based science education, guided inquiry lab, water

1 Úvod

Fyzika je rozhodujúcim faktorom rozvoja a stability súčasnej spoločnosti a v podstate determinuje aj osud spoločnosti s ohľadom do budúcnosti. Priamy výsledok preniknutia do prírodných zákonitostí sa prejavuje v kvalite života každého človeka.

Je teda zrejmé, že fyzikálne vzdelávanie je veľmi dôležité. Vo vyučovaní fyziky má nenahraditeľné miesto fyzikálny experiment/pokus, pretože je základom praktických metód a súčasne najdôležitejším prostriedkom názorného vyučovania. Prostredníctvom neho žiak získava intelektuálne a manuálne zručnosti potrebné pre prax. Zároveň je zdrojom informácií o fyzikálnych javoch, vlastnostiach látok a fyzikálnych objektov. Umožňuje osvojenie si zručností a intelektuálnych návykov:

- postupovať podľa návodu (pri uvádzaní zariadenia do činnosti, zisťovaní kvalitatívnych charakteristík objektu alebo deja);
- overovať si správnosť svojich úvah, predpokladov a záverov;
- osvojiť si cieľavedomé pozorovanie a systematizovanie faktov.

Na hodinách fyziky používame rôzne druhy školských pokusov/experimentov. Experimentálne úlohy s jednoduchými pomôckami majú medzi nimi svoje významné postavenie. Z pedagogicko-psychologického konštruktivistického hľadiska je významné použitie jednoduchých pomôcok, ktoré sú žiakom známe z každodenného života. Môžeme využiť žiacke prekoncepty a postaviť na nich vyučovanie [1]. Navyše takto podporujeme transparentnosť pozorovania podstaty javu vďaka tomu, že žiak jednoduché pomôcky denného života pozná, a tak neodvážajú jeho pozornosť od demonštrovaného javu. Jednou z významných charakteristík jednoduchého fyzikálneho experimentu je problémovosť. To znamená, že u žiakov a študentov sa vzbudzujú poznávacie potreby riešenia problému a ich následná aktivita, ktorá vedie k snahe problém vyriešiť [2].

Ako výsledok úlohy výskumu na univerzitách, sa bádateľská činnosť stala určujúcou v spôsobe práce, kde si študenti i učitelia nevytvárajú hlboké porozumenie tak dôležitých oblastí, ako je vedecká disciplína, len pasívnym pozorovaním [3]. Hlboké porozumenie študentov prichádza aktívnym budovaním ich porozumenia cestou mentálnej konštrukcie, na základe ich predchádzajúcich úvah a znalostí prostredníctvom „náročného štúdia“ [4]. Táto výstavba procesov učenia sa je závislá na epistemológii a presvedčení, ktoré si študenti prinášajú k danej téme a tie sú veľmi ľahko ovplyvniteľné (kladne alebo záporne) metódami výkladu.

Proces bádania vo vyučovaní prírodných vied by mal čo najvernejšie odrážať to, čo sa robí v skutočnej vede. Fyzikálny experiment je základným prvkom fyzikálneho vedeckého bádania. Žiacke, resp. študentské bádanie umožňuje nielen osvojiť si nové poznatky, ale aj pochopiť samotnú podstatu vedy a výskumnej metódy. Dochádza k tomu v situáciách zámerne vytváraných pedagógom, ktoré umožňujú, aby žiaci a študenti pozorovali javy, manipulovali s konkrétnymi predmetmi, experimentovali, zúčastňovali sa exkurzií, diskutovali navzájom, riešili tvorivé úlohy, praktické a teoretické problémy... [5].

Bádateľské aktivity sa môžu odlišovať v závislosti od miery zapojenia edukanta, resp. edukátora, ako aj podpory učebnými materiálmi [6]. Hierarchia bádateľských aktivít adaptovaná riešiteľmi projektu ESTABLISH [7], zameraného na tzv. *“inquiry-based science education”* (bádateľsky orientované prírodovedné vzdelávanie), ktorá vychádza z členenia S. Wenninga [8], je nasledovná:

- interaktívna diskusia/interaktívna demonštrácia,
- riadené objavovanie,
- riadené bádanie,
- viazané bádanie,
- otvorené bádanie[6], [9].

Interaktívnu demonštráciu možno realizovať aj na vzdelávacích inštitúciách, ktorých materiálne vybavenie prírodovedných laboratórií a kabinetov je minimálne. Edukanti sledujú priebeh experimentu, počas jeho priebehu tvoria predikcie a diskutujú. Po opakovanom predvedení experimentu, spojenom s meraním, upravujú svoje prvotné predstavy a formulujú spoločne s vyučujúcim závery [6].

Pod pojmom *riadené objavovanie* možno chápať overovanie už známych poznatkov pomocou pracovných listov s jasne vymedzenými krokmi. Cieľom je, aby žiak získal zručnosti vedeckej práce pri pozorovaní, hodnotení, meraní, zbere a vyhodnotení údajov, ktoré bude vedieť využívať pri nasledujúcich poznávacích činnostiach [6].

Na rozdiel od riadeného objavovania, *riadené bádanie* sa vyznačuje novosťou získaných poznatkov z pohľadu edukanta. Ten pri práci postupuje podľa návodu v pracovnom liste tak, ako aj pri riadenom objavovaní [6].

Pri realizovaní *viazaného bádania*, vyučujúci zadá žiakom/ študentom problém, ktorého návrh riešenia je na nich. Práve v procese riešenia problému sa prejaví ich schopnosť využívať získané zručnosti pri riešení nových problémov. Zadané problémy sú spravidla uvádzané činnosťami: vyšetríte, odmerajte, zistíte, pozorujte, určte a pod., nemusia z pohľadu riešiteľa predstavovať náročnú úlohu, avšak vlastný postup realizácie navrhuje on, len s minimálnou podporou vyučujúceho [6].




Termín *otvorené bádanie* v sebe zahŕňa aktivitu, s ktorej zadaním prichádzajú edukanti, pretože cítia túžbu a potrebu niečo zistiť, odmerať, presvedčiť sa o správnosti svojich predpokladov, či niečo rozhodnúť na základe vedecky overených postupov. Otvorené bádanie môže mať charakter projektov riešených počas dlhšieho obdobia [6].




V nasledujúcej časti na konkrétnom príklade pracovného listu *Teplá či studená voda – ktorá zamrzne skôr?* prezentujeme možnosť uplatnenie riadeného bádania pri realizácii a objasnení fyzikálnej podstaty experimentálnej úlohy s využitím jednoduchých pomôcok.

2 Teplá či studená voda – ktorá zamrzne skôr? (experimentálna úloha)

Cieľ: edukant bude vedieť pripraviť a realizovať pokus podľa návodu; zaznamenať výsledok pokusu; prezentovať výsledky pozorovania priebehu pokusu; overiť svoje tvrdenia, na príklade vysvetliť tuhnutie vody rôznej teploty, opísať zmenu skupenstva z kvapalného na tuhé – tuhnutie, vysvetliť zmenu objemu vody po jej zamrznutí, aplikovať získané poznatky v praxi, správne formulovať odpovede na položené otázky.

2.1 Teplá či studená voda – ktorá zamrzne skôr? (ukážka pracovného listu)

Symbol činnosti	Aktivita
	<p>Motivácia: Čo myslíte:</p> <ul style="list-style-type: none"> - začne mrznúť skôr teplá alebo studená voda? <p><i>Vaša predpoveď:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - zamrzne skôr teplá alebo studená voda? <p><i>Vaša predpoveď:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - zmení sa objem vody v pohári po jej zamrznutí? <p><i>Vaša predpoveď:</i></p> <p>Svoje tvrdenie si overte jednoduchým pokusom.</p>
	<p>Pomôcky: dva poháre na zaváranie, teplá a studená voda, mraznička, fixka, hodiny.</p> <p>Postup:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Zaváraninový pohár naplňte po okraj studenou vodou a fixkou si označte, kde siaha jej hladina. 2. Druhý zaváraninový pohár naplňte po okraj teplou vodou a fixkou si označte, kde siaha jej hladina. 3. Opatrne postavte oba poháre do mraziaceho boxu. 4. V pravidelných 5 minútových časových intervaloch sledujte rýchlosť mrznutia teplej a studenej vody v pohároch. Pozor! Voda v pohároch sa nesmie miešať! Viete prečo? <p><i>Vaša odpoveď:</i></p> <p>Správnosť svojho tvrdenia si overte pomocou odbornej literatúry. <i>Správna odpoveď na otázku:</i></p> <p>Zhoduje sa Vaša odpoveď so správnou odpoveďou? Áno Nie</p> <ol style="list-style-type: none"> 5. Vodu v pohároch nechajte v mrazničke do druhého dňa. 6. Pozorujte, čo sa bude diať a diskutujte o výsledku pozorovania. <p><i>Vaša predpoveď:</i></p>
	<p>Vaše pozorovanie:</p>

Symbol činnosti	Aktivita
	<p>Vysvetlenie priebehu pokusu:</p>
	<p>Zamyslite sa:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ako sa dá sa využiť tento poznatok v praxi? 2. Správa sa kov (napr. železo) pri nízkych teplotách rovnako ako voda v tomto pokuse? 3. Ako je možné, že ryby v jazere v zime, keď mrzne, nezamrznú, napriek tomu, že teplota tuhnutia vody pri normálnom tlaku je 0 °C? 4. Mení sa teplota topenia ľadu v závislosti od zmeny tlaku?
	<p>Súvislosť so životom, prírodou a praxou:</p> <p>Ak potrebujeme získať rýchlo ľad na chladenie nápojov, treba dať do mrazničky studenú vodu, alebo teplú vodu? Ktorá zamrzne skôr? <i>Vaša odpoveď:</i></p> <p>Ak v mrazničke zabudneme zatvorenú fľašu s vodou, čo riskujeme? <i>Vaša odpoveď:</i></p> <p>Potrubia na vodu musia byť v zime izolované. Prečo? <i>Vaša odpoveď:</i></p> <p>Nekryté bazény musíme v zime vypúšťať. Prečo? <i>Vaša odpoveď:</i></p>

2.2 Riešenie experimentálnej úlohy

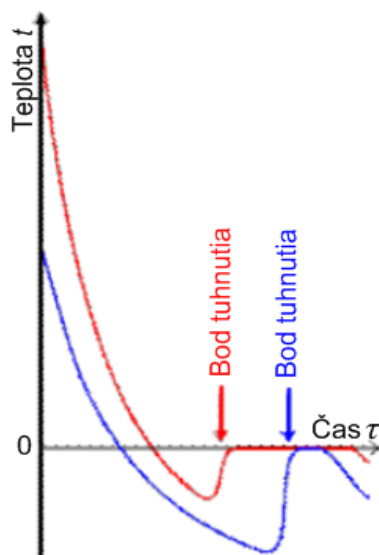
Výsledkom pozorovania experimentátora bude, že teplá voda začne zamrzáť skôr ako studená, ale studená napokon zamrzne skôr ako teplá. Na druhý deň bude pozorovať, že voda v oboch pohároch sa zmenila na ľad, ktorý presiahol okraj pohárov (Obr. 1).

Vysvetlenie priebehu pokusu je nasledovné: studená voda obsahuje veľký počet spriahnutých molekúl, ktoré sa musia pri mrznutí dostať do správnej polohy čo vyžaduje istý čas a neuskutoční sa okamžite.

Teplá voda obsahuje len malý počet spriahnutých molekúl a zostávajúce voľné molekuly sa dostanú do vhodnej polohy na „zmrznutie“ rýchlejšie. Teplá voda teda začne mrznúť skôr ako studená. Na obr. 2 je znázornená časová závislosť zmeny teploty teplej (červená krivka) a studenej (modrá krivka) vody po vložení pohárov do mrazničky [10].



Obr. 1 Zmena objemu vody v pohári po jej stuhnutí na ľad



Obr. 2 Časová závislosť zmeny teploty teplej (červená krivka) a studenej (modrá krivka) vody po vložení pohárov do mrazničky (upravený obrázok zo zdroja [10])

Studená aj teplá voda sa musí podchladiť, aby sa neskôr teplota vrátila k bodu mrazu. Čas, keď voda dosiahne z podchladenej konfigurácie teplotu tuhnutia označujeme ako okamžik (bod) tuhnutia. Vďaka rýchlejšej reorientácii molekúl v teplej vode (červená čiara) nastane tento okamžik skôr. Na druhej strane, studená voda zamrzne (stuhne) skôr ako teplá. Toto tvrdenie nebude platiť ak budeme vodu miešať. Mechanické miešanie totiž pomáha reorientácii molekúl a vtedy studená voda začne aj mrznúť skôr ako teplá [10].

Voda v oboch pohároch, ktoré necháme v mraziacom boxe, zmení kvapalné skupenstvo na pevné a presiahne okraja pohára, pretože ľad v nádobe potrebuje viac priestoru ako voda. Súvisí to so vzájomným usporiadaním molekúl vody (H_2O). Z tohto dôvodu, keď voda zmrzá, vznikajúci ľad sa začína rozpínať. To znamená, že keď v nádobe nie je dostatok priestoru, vytláča sa prebytočná voda von a tam zamrzne (Obr. 1). Keď sa ľad znova roztopí. Voda sa vráti do pôvodného objemu. V prípade, že by sme poháre s vodou uzatvorili, dôjde v mraziacom boxe dokonca k ich roztrhnutiu.

Ak potrebujeme získať rýchlo ľad na chladenie nápojov, treba dať do mrazničky studenú vodu, pretože táto stuhne skôr ako teplá. Ak v mrazničke zabudneme zatvorenú fľašu s vodou, riskujeme,

že ju nájdeme roztrhnutú na kusy. Potrubia na vodu musia byť v zime izolované, aby v prípade mrazov nepraskli. Nekryté bazény musíme v zime vypúšťať, aby sa nepoškodili atď.

Voda dosahuje najväčšiu hustotu pri 3,98 °C (hodnota platí pre destilovanú vodu), a nie pri teplote 0 °C, ako by sa dalo predpokladať, čo nazývame fyzikálna anomália. Prejavuje sa tým, že voda teploty približne 4 °C klesá v rybníku na dno, kým teplejšia alebo chladnejšia voda stúpa smerom k hladine. Preto aj v zime, počas mrazov, môžu ryby a ďalšie vodné živočíchy prežiť v blízkosti dna a nezamrznú. Teplota topenia (aj tuhnutia) závisí od tlaku, pri ktorom topenie (tuhnutie) prebieha. U väčšiny látok teplota topenia (tuhnutia) so zvyšovaním tlaku rastie. V dôsledku teplotnej anomálie je voda výnimkou, pretože zvýšenie tlaku uľahčuje topenie ľadu. Teplota topenia ľadu sa s rastúcim tlakom znižuje. V praxi sa s týmto javom môžeme stretnúť pri korčuľovaní sa na ľade.

Plocha kontaktu noža korčule s ľadom je veľmi malá, preto pri korčuľovaní sa na ľade, vzniká pod korčuľou vysoký tlak, čím sa znižuje teplota topenia ľadu. Ľad sa topí a na rozhraní čepele korčule a ľadu vzniká tenká vrstvička vody, ktorá znižuje trenie a uľahčuje korčuľovanie. Vodu, ktorá vzniká tlakom nevidieť preto, že okamžite znova zamrzá. Tento proces sa nazýva regelácia ľadu. V skutočnosti je pomerne komplikované celý jav vysvetliť. Regelácia je možná len pri látkach, ktorých objem sa pri prechode z kvapalného do tuhého skupenstva zväčšuje (napr. ľad, bizmut, antimón).

Na tomto princípe funguje i topenie sa ľadovca v jeho spodnej časti. Tlak horných vrstiev spôsobuje, že sa v spodných vrstvách zníži teplota topenia ľadu. Ľad sa následkom toho topí a roztopená voda vyteká vo forme potôčika [11].

3 Záver

Predložený príspevok môže pomôcť učiteľom v ich príprave na vyučovaciu hodinu zameranú na topenie a tuhnutie látok. Prostredníctvom riešenia úloh v pracovnom liste a realizácie danej experimentálnej úlohy, získajú žiaci, resp. aj študenti, pre nich nový poznatok, týkajúci sa toho, že teplá voda začne zamrzáť skôr ako studená, ale studená napokon zamrzne skôr ako teplá. Čo však bude platiť za predpokladu, že pri tuhnutí nebudeme vodu miešať.

Postup činnosti experimentátora je vopred popísaný jednotlivými krokmi realizácie, preto túto aktivitu môžeme nazvať riadené bádanie.

Sme presvedčení, že aj experimentálne úlohy s jednoduchými pomôckami vedú žiakov k objavovaniu nových poznatkov na základe vlastnej aktivity v duchu „inquiry-based science education“, umožňujú vzbudiť u nich záujem o javy reálneho sveta, a tým aj o fyziku, rozvíjajú ich predstavivosť, logické myslenie, podporujú ich aktivitu, samostatnosť, tvorivosť atď.

Samozrejme, že v procese fyzikálneho vzdelávania nestačí zostať len pri pokusoch/experimentoch s jednoduchými pomôckami, ale ak to podmienky školy umožňujú, treba aktívne žiacke bádanie podporiť aj prostredníctvom najmodernejších informačno-komunikačných technológií (IKT) tak, ako to deklaruje aj stratégia vzdelávania - integrovaný e-learning (INTe-L) [12].

V duchu „inquiry-based science education“ INTe-L upúšťa od tradičného (encyklopedicko-memorovacieho) chápania výučby prírodných vied, ktorá je založená na poznaní faktov, definícií a vzťahov. Preferuje metódy vedeckej práce, ktorej znakmi sú: formulovanie problémov a hypotéz, pozorovanie javov reálneho sveta, vyhľadávanie informácií a ich záznam, organizácia a plánovanie práce, štruktúra a usporiadanie informácií, prezentácia dát v tabuľkách, grafoch, spracovanie dát, ich analýza, verifikácia hypotéz, vyvodzovanie záverov a ich diskusia prostredníctvom spracovania problematiky v laboratórnych protokoloch, resp. vedeckých článkoch [13].

Literatúra

- [1] Trna, J. (2005) Fyzika v jednoduchých pokusoch In: *DIDFYZ 2004*. Information and Communication Technologies in Physics Education. Nitra: FPV UKF a pob. JSMF v Nitre, s. 167-171. ISBN 80-8050-810-0.

- [2] Wieman C (2006) *A new model for post-secondary education, the Optimized University* - [online] (dostupné na: http://www.cwsei.ubc.ca/about/BCCampus2020_Wieman_think_piece.pdf, citované dňa 23.1.2014).
- [3] Bransford, J., Brown, A., Cocking, R., (2002) *How people learn*, NAS Press, Washington DC.
- [4] Ross, P. (2006) The expert mind, *Scientific American*, pg. 64, Aug. 2006, - [online] (dostupné na: <http://wimse.fsu.edu/media/expert-mind.pdf>, citované dňa 23.1.2014)
- [5] Bagalová, L., Siváková, M. *Aktivizujúce metódy a prístupy v prírodovednom vzdelávaní* (Uplatnenie bádateľských postupov vo vyučovaní prírodovedy na 1. stupni ZŠ) [online] (dostupné na: http://www.statpedu.sk/files/documents/vzdelavacie_aktivity/inovativne/aktivizujuce%20metody%20v%20prirodovede_fin.pdf, citované dňa 23.1.2014).
- [6] Kireš, M., Miklošová, L. *Bádateľsky orientované vyučovanie fyziky* In: *Tvorivý učiteľ fyziky VI*, Smolenice 7. - 10. apríl 2013 [online] (dostupné na: http://ufv.science.upjs.sk/projekty/smolenice/pdf_13/25_kires_miklosova.pdf, citované dňa 24.1.2014).
- [7] Projekt ESTABLISH, - [online] (dostupné na: www.establish-fp7.eu, citované dňa 23.1.2014)
- [8] Wenning, C. (2005) Levels of Inquiry: Hierarchies of pedagogical practices and inquiry processes. In: *Journal of Physics Teacher Education Online*, 2(3), 3-11- [online] (dostupné na: http://www.phy.ilstu.edu/pte/311content/inquiry/levels_of_inquiry.pdf, citované dňa 23.1.2014)
- [9] Ješkova, Z. *Bádateľské aktivity v predmete fyzika* - [online] (dostupné na: http://www.statpedu.sk/files/documents/vzdelavacie_aktivity/inovativne/03_ibse_fyzika.pdf, citované dňa 24.1.2014).
- [10] Ballo, P., *Časová závislosť zmeny teploty teplej a studenej vody po vložení do mrazničky - obrázky*, [online] (dostupné na: <http://kf.elf.stuba.sk/~ballo/fyzika/voda.htm>, citované dňa 24.1.2014)
- [11] Kerrod, R., Holgateová, Sh., (2004) *A., Ako veci fungujú*, IKAR, a.s., Bratislava. ISBN 80-551-0867-6
- [12] Schauer, F., Ožvoldová, M., Lustig, F. (2009) Integrated e-Learning - New Strategy of Cognition of Real World in Teaching Physics. In: *Innovations 2009 (USA)*, World Innovations in Engineering Education and Research, iNEER Special Volume 2009. chapter 11, pp. 119-135, ISBN 978-0-9741252-9-9
- [13] Tkáč, L., Schauer, F. (2011) Remote experiments for Integrated e-Learning in Electricity and Magnetism course. In: *Proceedings of the Conference REV 2011*. Romania, Brasov. Wien – Austria, International association of Online Engineering, pp. 262 – 269. ISBN 978-3-89958-555-1.