

ZAVÁDZANIE FYZIKÁLNYCH POJMOV LOM SVETLA A INDEX LOMU AKTÍVNOU POZNÁVACOU ČINNOSŤOU ŽIAKOV

Michaela Velanová, Peter Demkanin

Oddelenie didaktiky fyziky, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky,
Univerzita Komenského v Bratislave

Abstrakt: *V tomto príspevku sa budeme venovať zavádzaniu fyzikálnych pojmov aktívnou poznávacou činnosťou žiakov. Problematiku budeme ilustrovať na sérii aktivít určených pre študentov gymnázií, ktoré vedú k zavedeniu pojmov lom svetla a index lomu svetla. Príspevok bude doplnený o skúsenosti zo školskej praxe pri vyučovaní tejto témy.*

Teoretickým východiskom práce je výskum v oblasti podporovaného riadeného skúmania (scaffoldingu) a poznatky kognitívnej psychológie z oblasti učenia sa pojmov.

Kľúčové slová: Lom svetla, index lomu svetla, budovanie pojmov, scaffolding

Úvod

V súvislosti s reformou fyzikálneho vzdelávania a s približovaním fyzikálneho vzdelávania potrebám súčasnosti sa veľa výskumných tímov vo svete, ako aj na Slovensku venuje výskumu v oblastiach týkajúcich sa

- samotných cieľov fyzikálneho vzdelávania napr. (Demkanin, 2008)
- metód a prostriedkov fyzikálneho vzdelávania napr. (Demkanin, 2009), (Horváth, 2011)
- a meraniu výsledkov fyzikálneho vzdelávania napr. (Lapitková 2012).

V tomto príspevku by sme radi prispeli k tomuto snaženiu najmä v oblasti aplikácie skupiny metód nazývanej podporované riadené skúmanie (scaffolded guided inquiry). Túto metódu navrhol didaktik prírodných vied z Kalifornie M. Klentschym (Klentschy, 2008). Použijeme ju v príprave učiteľa fyziky na gymnáziu v Bratislave na zavedenie pojmov lom svetla a index lomu. Pri tvorbe aktivity sme sa opierali o definíciu učenia od Harlen, podľa ktorej je učenie „dávanie zmyslu novým skúsenostiam dieťaťom v spolupráci s inými“ (Harlen, 2006).

Podporované riadené skúmanie

Michael Klentschy rozdelil vyučovaciu sekvenciu v podporovanom riadenom skúmaní na tri základné fázy – plánované, realizované a dosiahnuté kurikulum. V rámci plánovaného kurikula je podstatné uvedomiť si, čo budeme učiť, aké poznatky majú študenti nadobudnúť, aké schopnosti majú rozvinúť. Táto časť je učiteľovi viac menej daná, ale učenie bude úspešné len vtedy, ak každý zo zúčastnených na vyučovacom procese (učiteľ aj žiak) dá zmysel obsahu učenia. Samozrejme, každý na svojej úrovni.

Realizované kurikulum predstavuje konkrétnu žiacku aktivitu, ich vlastné skúmanie, pri ktorom plánujú a realizujú experiment, interpretujú jeho výsledky. Tomu musí predchádzať príprava vhodných pracovných podmienok. Učiteľ musí zabezpečiť, aby študenti poznali používané pojmy a nástroje, mali potrebné poznatky. Počas samotnej aktivity má učiteľ rolu pomocníka, moderuje diskusiu, navodzuje výskumné otázky, nabáda k tvorbe vlastných otázok.

Poskytovanie spätnej väzby žiakom je úlohou učiteľa v tretej fáze podporovaného riadeného skúmania – dosiahnutom kurikule. Zároveň ide o jednu z najdôležitejších a často aj najťažších úloh učiteľa. Ak si povieme, že žiakov musíme oznámkovať, smerujeme do slepej uličky. Bolo dokázané viacerými výskumami, že známkovanie vôbec nemá vplyv na výsledky dosahované žiakmi. Pri podporovanom riadenom skúmaní sa kladie dôraz na komentár učiteľa žiakovi. Nemá byť

kategorický ale v priamom súvisi s obsahom a procesom skúmania a ktorý v sebe zahŕňa identifikáciu možných zlepšení procesu skúmania.

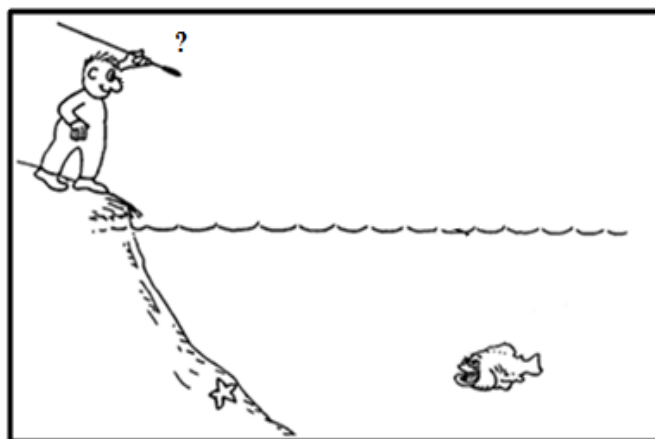
Priebeh aktivity

V obsahu vyučovania fyziky, ktorý definuje Štátny vzdelávací program, sa nachádza aj téma „lom a odraz svetla“. Bližšie je špecifikované, že študenti majú spoznať zákony odrazu a lomu svetla a informatívne sa dozvedieť o indexe lomu svetla. Je požadované, aby po absolvovaní predmetu fyzika vedeli pracovať s modelom svetelného lúča. Tým sú stanovené obsahové ciele vyučovacej jednotky.

Odporúča sa zachytiť obsah a zmysel jeho učenia sa do jednej základnej myšlienky, ktorá bude spájať niekoľko vyučovacích jednotiek. V našom prípade je takouto myšlienkou výrok R. Feynmana: „*Oko je časť mozgu, ktorá sa dotýka svetla!*“

Od študentov pred začiatkom aktivity očakávame znalosť pojmov svetelný lúč, skutočný a neskutočný obraz.

Realizované kurikulum prebieha v dvoch cykloch. Na začiatku prvého cyklu stojí príbeh o rybárovi – amatérovi. Ten chce ostrým šípom alebo harpúnou uloviť rybu, ktorú vidí v jazere. Ako má mieriť, aby jeho šanca na úlovok bola reálna?



Obr. 1: Ilustrácia k úvodnému príbehu

Nasleduje krátka diskusia so študentmi. V rámci nej študenti formulujú svoje odpovede, zvažujú pritom rôzne aspekty nastolenej situácie – pohyb ryby, prúdy, ktoré môžu pozmeniť smer letiaceho šípu a ďalšie. V tomto štádiu je vhodné dohodnúť sa na zjednodušení zadania a uvažovať o zámere „rybára“ zasiahnuť nehybný cieľ nachádzajúci sa v pokojnej stojatej vode. Takéto zadanie viedlo u našich študentov k jednoznačnej odpovedi, že optimálne bude mieriť priamo na cieľ, tam, kde ho vidíme. Takéto tvrdenie sme spochybnili provokatívnou otázkou: „*Je to skutočne tak?*“ a výzvou: „*Dokážte to!*“.

Cieľom tejto diskusie je, aby študenti dospeli k otázkam: „*Môže niečo zapríčiniť, že ryba sa v skutočnosti nenachádza tam, kde ju rybár vidí? Ovplyvňuje voda to, kde rybár vidí rybu? Je možné, že voda zmení chod svetelných lúčov?*“. Odpoveď na tieto otázky si vyžaduje plán, ako modelovať situáciu v laboratórnych podmienkach. Prechádzame do fázy **plánovania, organizácie a realizácie skúmania**.

Pre tento zámer dostanú študenti k dispozícii pomôcky, ktoré pomerne priamo vedú k experimentu. Ide o nepriehľadnú nádobu (dóza či akvárium obalené papierom, škatuľa od mlieka alebo podobne), na ktorej dne je prilepená minca a inú nádobu s vodou. Študenti pracujú v skupinách, prilievajú vodu do nádoby s prilepenou mincou a pozorujú zmenu polohy mince. Samostatne alebo po usmernení učiteľom nastavujú podmienky experimentu tak, že

na začiatku sa minca nachádza mimo ich zorné pole. Napriek zafixovanému pohľadu po priliatí istého množstva vody mincu uvidia.

Nasleduje **interpretácia výsledkov**, kedy študenti zmenia svoje pôvodné stanovisko a uvedomia si, že ryba sa v skutočnosti pod vodou nenachádza na mieste, kde ju vidíme. Ak ju chce rybár zasiahnúť šípom, treba mieriť pred miesto, kde ju vidíme, bližšie k brehu, niekam medzi „obraz“ ryby a svoju polohu. Príčinu vidia vo vode, ktorá zmení chod svetelných lúčov, „svetlo sa zakriví, ohne, zlomí...“

Tým sme čiastočne zodpovedali otázku, čo sa deje. V nasledujúcej časti sa budeme zaoberať otázkou prečo, sa to deje. Zdanlivo opustíme tému a nastolíme nový problém. Nový príbeh je o záchranárovi, ktorí stojí na pláži a vidí v mori topiaceho sa človeka. Ide o čas. Záchranár sa k topiacemu musí dostať za najkratší možný čas. Akú cestu má záchranár zvoliť? (Feynman, 2000)

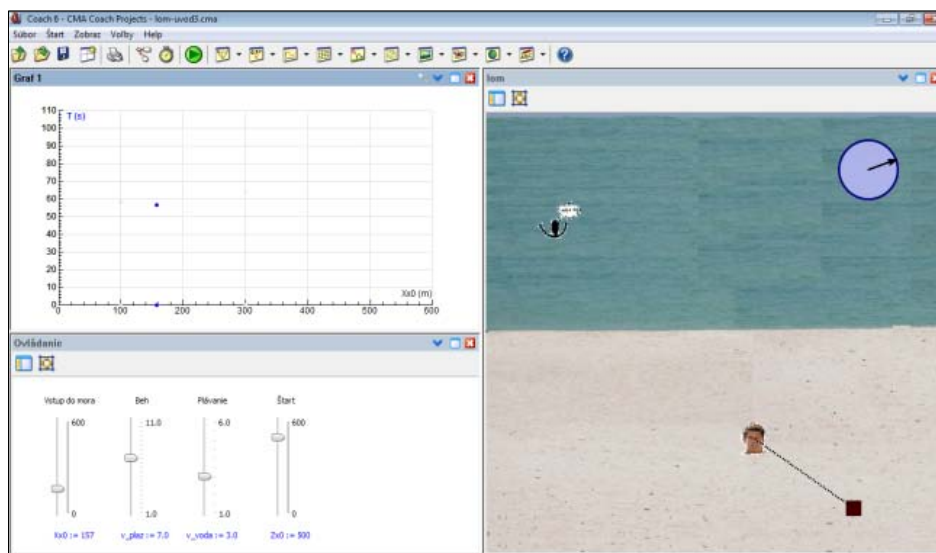
Naši študenti po vypočítaní príbehu žiadali dodatočné informácie o pohybe záchranára, či existujú nejaké morské prúdy a aký majú smer. Situáciu sme teda spresnili – žiadne morské prúdy neuvažujeme, záchranár ale iste rýchlejšie behá, ako pláva.

Študenti následne tvoria hypotézy ohľadom ideálnej trajektórie. Tak ako sme očakávali, opakovali sa hlavne 2 hypotézy:

1. „Záchranár by mal ísť po najkratšej možnej dráhe, teda po priamke, ktorá spája jeho počiatočnú polohu na pláži a polohu topiaceho sa!“
2. „Záchranár by mal plávať vo vode najkratšiu možnú vzdialenosť, preto by mal do vody vstúpiť kolmo na polohu topiaceho sa.“

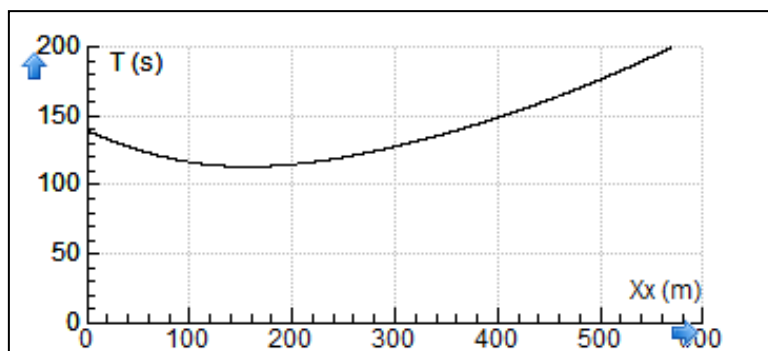
Ako nástroj na overovanie týchto hypotéz ako aj riešenie problému sme vytvorili animáciu v prostredí Coach 6.

V animácii študenti menili polohu vstupu záchranára do vody a sledovali čas, za ktorý sa dostane k topiacemu. Po sérii pokusov vyvrátili svoje prvotné hypotézy a našli ideálnu trajektóriu záchranára. Je zjavné, že nejde o priamku. Trajektória sa láme pri prechode záchranára z pláže do vody.



Obr. 2. : Animácia Lom v Coach 6

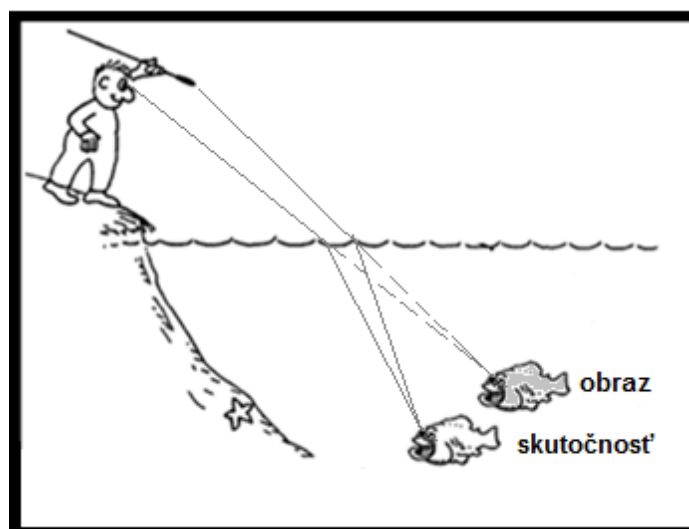
Na dokreslenie situácie sme vytvorili graf závislosti doby záchrany od miesta vstupu záchranára do vody. Tento vedie k poznatku, že riešenie je len jedno, existuje len jedna optimálna trajektória.



Obr. 3 : Závislosti času záchrany od polohy vstupu záchranára do vody

V rámci dosiahnutého kurikula je úlohou učiteľa, aby spojil oba diskutované problémy konštatáciou, že „svetlo je záchranár!“. To znamená v rôznych prostrediach sa šíri rôznou rýchlosťou a medzi dvoma bodmi sa šíri po takej trajektórii, ktorú prejde za najkratší možný čas. Upozorníme, že tento jav nie je v rozpore s priamočiarym šírením svetla, pokiaľ toto tvrdenie obmedzíme na jeden materiál. Stále môžeme pracovať s rozhraním dvoch prostredí, kde sa svetlo láme.

Opätovne sa vraciame k pôvodnému problému – zasiahnutie ryby oštepom. Vyzývame študentov, aby zakreslili približný chod svetelných lúčov do obrázka a zobrazili neskutočný obraz ryby.



Obr. 4. Očakávané študentské riešenie

Tab. 1. Časový harmonogram opísaných aktivít

Vyuč. hodina číslo:	Minúta v rámci vyučovacej hodiny	Popis aktivít podľa vyššie uvedeného textu
1.	4-6	Prezentácia príbehu: rybár- amatér
	6-8	Diskusia o príbehu, úprava zadania
	8-20	Plánovanie a realizácia experimentu s mincou
	20-22	Interpretácia výsledkov
	22-23	Prezentácia príbehu: záchranár
	23-27	Diskusia, tvorba hypotéz
	27-40	Animácia – hľadanie optimálnej trajektórie
	40-45	Zhrnutie, zavedenie terminológie

Navrhovaným podporovaným riadeným skúmaním študenti kvalitatívne objavili lom svetla. Vytvorená animácia poskytuje aj možnosť urobiť prvý krok ku kvantitatívnemu opisu. Súčasťou animácie sú stĺpcové regulátory veľkosti rýchlosti behu a rýchlosti plávania.

Zmeny veľkosti rýchlosti na vyučovacej hodiny uvádzame príbehmi, napr. záchranár trénoval a zvýšil rýchlosť behu, resp. plávania, presunul sa na kamienkovú pláž, kde behá veľmi pomaly (pomalšie ako pláva). Pri každej z týchto situácií majú študenti predpovedať, ako sa zmení poloha vstupu do vody a následne svoju predpoveď overiť.

V každej zo skupín, kde sme tento postup testovali, to študenti zvládli bez akýchkoľvek problémov. Ťažkosť spôsobila druhá časť úlohy, keď boli vyzvaní, aby vymysleli vlastnú fyzikálnu veličinu, pomenovali ju a definovali tak, aby dobre opisovala lom. Pre pochopenie tohto zadania sme uviedli príklad veličiny priemerná rýchlosť. *„Priemerná rýchlosť je fyzikálna veličina, definujeme ju ako podiel dráhy a času, za ktorý sme túto dráhu prešli. Dáva nám istú informáciu o pohybe, charakterizuje ho. Konkrétne pohybu vieme približne priradiť hodnotu rýchlosti a naopak, pri nejakej hodnote rýchlosti si vieme predstaviť, o aký pohyb môže ísť, či ide o auto v meste alebo náboj vystrelený z pištole.“*

V každej zo skupín bolo badateľné počiatočné zaskočené a odmietnutie úlohy. To sa podarilo prekonať, keď sme pripomenuli predchádzajúci krok, keď absolútne prirodzene vedeli predpovedať, ako sa bude meniť optimálna dráha v rôznych situáciách. Zrejme nešlo o tipy, svoje hypotézy na základe niečoho tvorili. Odporučili sme im, nech toto „niečo“ prijmu ako základ riešenia novej úlohy. Zo strany mnohých študentov nasledovalo uvedomenie si, že rozhodujúcim faktorom sú rýchlosti, ktorými sa záchranár pohybuje v jednom a druhom prostredí. V každej skupine sa našli niekoľkí, čo navrhli definovať novú veličinu, ako pomer rýchlostí v prvom a druhom prostredí. Spravidla vedeli aj správne interpretovať rôzne hodnoty takto definovanej veličiny, teda približne určiť ako bude vyzeráť optimálna trajektória záchranára pri hodnote veličiny 1; 1,5; 100, resp. 0,7 a ďalšie. Najčastejšie pomenovanie ich fyzikálnej veličiny bolo lom, z netradičných spomenieme názov helios.

Na záver aktivity sme študentov oboznámili s tým, že rovnaká veličina, akú práve zaviedli, sa nachádza vo vedeckom systéme poznatkov a nazýva sa relatívny index lomu. Tiež sme zaviedli absolútny index lomu.

Nezodpovedanou otázkou je, čím je optimálna poloha vstupu do vody špeciálna, čo platí pre túto polohu. Musí existovať lepší spôsob, ako ju nájsť, nielen metóda pokus - omyl. Odporúčame nechať študentov, aby informáciu vyhľadali v knihách, prípadne na internete.

Záver

Mnohé pedagogické výskumy ukazujú, že študenti nerozumejú základným fyzikálnym pojmom v takej miere, ako sa očakáva a vyžaduje. Cestu k zlepšeniu situácie vidíme v inovácii vyučovacích metód s dôrazom na aktivitu žiakov. V príspevku sme sa snažili aplikovať overenú didaktickú metódu – podporovane riadené skúmanie, pri zavádzaní fyzikálneho pojmu lom svetla.

Podakovanie

Príspevok vznikol s podporou MŠ SR, projekt APVV LPP-0251-09, Prírodné vedy v ŠkVP a s podporou Univerzity Komenského, grant UK/458/2012, Zavádzanie fyzikálnych pojmov aktívnou poznávacou činnosťou žiakov.

Literatúra

[1] DEMKANIN, P. (2008). Poznámky k cieľom fyzikálneho vzdelávania. In: *Obzory matematiky, fyziky a informatiky*, roč. 37, 2008, č. 2, s. 54. ISSN 1335-4981

- [2] DEMKANIN, P. (2009): *Počítačom podporované prírodovedné laboratórium*, učebný text, FMFI, UK Bratislava, 2009, ISBN: 80-89186-10-6
- [3] HORVÁTH, P. Experimenty s využitím CD. In: *Jak učím fyziku?* (DVD ROM). Praha : Jednota českých matematiků a fyziků, 2011. ISBN 978-80-7015-010-8. [nestr., s. 1-7]
- [4] FEYNMAN, R., LEYGHTON, R. SANDS, M. (2000). *Feynmanovy přednášky z fyziky s řešenými příklady 1*. Praha : Fragment, 2000. ISBN 978-80-7200-405-8.
- [5] HARLEN, W. (2006). *Teaching, learning and Assessing Science 5-12*. London : SAGE, 2006. ISBN 987 – 1412908726.
- [6] KLENTSCHY, M., THOMSOM, L. (2008). *Scaffolding Science Inquiry Through Lesson Design*, NH : Heineman, 2008. ISBN 978-0-325-0114-7.
- [7] LAPITKOVÁ, V. a kolektív (2012). *Hodnotenie žiackych výkonov v reformovaných prírodovedných programoch základnej školy*. Prešov : Vydavateľstvo Michala Vaška, 2011

- [8] MŠ SR. (2011). *Štátny vzdelávací program ISCED 3*. Dostupné na <www.minedu.sk>

Adresa autorov

Mgr. Michaela Velanová,

doc. RNDr. Peter Demkanin, PhD.

Univerzita Komenského v Bratislave, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

Mlynská dolina F1, 842 48 Bratislava 4

michaela.velanova@fmph.uniba.sk,

Peter.Demkanin@fmph.uniba.sk