

AKTIVITY MODELUJÚCE VEDECKÚ PRÁCU V RÁMCI TÉMY ODRAZ A ROZPTYL SVETLA

Ágnes Bazso, Miroslava Urbašíková

Univerzita Komenského v Bratislave, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

Abstrakt: V príspevku prezentujeme návrh aktivity pre študentov vyšších ročníkov gymnázií, ktorá modeluje experimentálnu, resp. teoretickú vedeckú prácu. Študenti sa oboznámia so zaujímavým javom z geometrickej optiky a majú za úlohu nájsť závislosť rozmeru geometrického vzoru od relevantných parametrov. Aktivitu sme pripravili v dvoch variantoch. Prvý je zameraný na kvalitatívne a kvantitatívne vysvetlenie javu, a na overenie svojej hypotézy dostanú študenti už namerané experimentálne údaje. Druhý variant je zameraný na získavanie experimentálnych dát študentmi, pričom hypotézu majú danú. Oba varianty kladú dôraz na vedecké spôsobilosti. K aktivitám sme pripravili aj metodický materiál pre učiteľov, ktorý obsahuje ciele aj plán hodiny, potrebné pomôcky a ďalšie užitočné informácie.

Kľúčové slová: spôsobilosti vedeckej práce, aktivity, odraz svetla, rozptyl svetla

Úvod

Naším príspevkom chceme prezentovať aktivity, ktoré implementujú model práce vedca do vyučovania fyziky. Nami navrhované aktivity podporujú bádateľské činnosti študentov, pričom kladú dôraz aj na iné aspekty vedeckej práce. Jedna z týchto aktivít sa zameriava na teoretický model a druhá na empirický model poznávania.

Spôsobilosti vedeckej práce (SVP)

Na to, aby sme sa zoznámili s pojmom *práca vedca*, si ho priblížime pomocou spôsobilostí vedeckej práce. Spôsobilosti vedeckej práce (SVP) sú intelektové schopnosti na vykonávanie vedeckej práce. Pri vedeckej práci je potrebné vedecky myslieť. Vedecké myslenie objasnila vo svojej práci W. Harlen (Harlen, 1999) tak, že myslenie môžeme považovať za vedecké len vtedy, ak sa odohráva vo vedeckom kontexte. Vedecky premýšľať znamená využiť kroky logického a racionálneho myslenia, tzv. učenie s porozumením. Pri učení s porozumením ide o spájanie nových skúseností s predošlými a zhrnutie novovzniknutých konceptov do už vytvorenej širšej skupiny príbuzných fenoménov.

Ľ. Held (Held, 2011) vo svojej práci uvádza, že základnými prvkami vedeckého myslenia sú SVP, prostredníctvom ktorých dokáže dieťa lepšie porozumieť fungovaniu sveta a jeho zákonitostiam. Deti pomocou SVP získavajú nové vedomosti, analyzujú dáta a formulujú výsledky.

SVP sa prioritne používajú pri vedeckej práci, preto sa môžeme stretnúť aj s tvrdeniami, ktoré často prirovnávajú uvažovanie detí k mysleniu vedcov (Seefeldt, Barbour in Held, 1994):

„Tieto spôsobilosti sa nazývajú vedeckými, lebo pri získavaní nových, objektívnych informácií o svete jedinec s dostatočne rozvinutou prírodovednou (vedeckou) gramotnosťou využíva obdobné spôsoby, aké sú známe vo vede.“

SVP sú chápané ako porozumenie metódam a procedúram vedeckého skúmania (Bilgin in Held, 2006) SVP ako súbor spôsobilostí, ktoré reflektujú správanie vedca, SVP zahŕňajú určitú skupinu spôsobilostí, ktorá je charakteristická pre vedecké riešenie. (Padilla in Held, 1990)

Profesor Held so svojim tímom riešili problematiku *Výskumne ladenej koncepcie prírodovedného vzdelávania* a dospeli k záveru, že odborníci (napr. Colvill a Pattie, 2002 alebo Beaumont-Walters a Soybo 2001) sa zhodujú v delení SVP na *základné*, ktoré slúžia na usporiadanie a opis predmetov a javov a *integrované*, prostredníctvom ktorých sme schopní riešiť problémy a robiť experimenty. Základné SVP možno rozvíjať už v predškolskom veku, sú však podmienkou pre rozvoj integrovaných SVP.

Základné (nižšie) spôsobilosti vedeckej práce sú:

- **spôsobilosť pozorovať** – pri pozorovaní ide o používanie viac ako jedného zmyslu; rozvíjať schopnosť pozorovania znamená “pretvoriť” spontánne pozorovanie na cielené;
- **spôsobilosť usudzovať** – usudzovať znamená vysloviť zovšeobecnené závery z pozorovania; poznáme *deduktívne* (vyvodzovanie záverov zo všeobecných tvrdení) a *induktívne* (vysloviť pravdepodobný záver, ktorý vysvetľuje pozorovanie) usudzovanie;

- **spôsobilosť predpokladať** – očakávať, že nastane určitý jav; predpoklad môže byť buď *konkrétny* (založený na priamej skúsenosti s konkrétnym materiálom), alebo *teoretický* (skladajúci sa z kombinácií dát z konkrétnej skúsenosti a skôr nadobudnutých informácií alebo vychádza len zo samotných predošlých skúseností); je rozdiel medzi predpokladom a dohadom, ktorý nemusí byť striktne založený na faktoch;
- **spôsobilosť klasifikovať** – klasifikácia je začleňovanie predmetov do skupín na základe spoločných vlastností; klasifikácia môže byť *základná* (triedenie do skupín s charakteristickou vlastnosťou) alebo *hierarchická* (spôsobilosť vytvárať jednotlivé kategórie a podkategórie)
- **spôsobilosť merať** – znamená porovnávať, často pomocou meracích zariadení slúžiacich na kvantifikáciu meraných vlastností; rozlišujeme *formálny* (použitie konkrétnych štandardných alebo špecifických zariadení) a *neformálny* (napr. kladenie jedného chodidla pred druhé) spôsob merania.

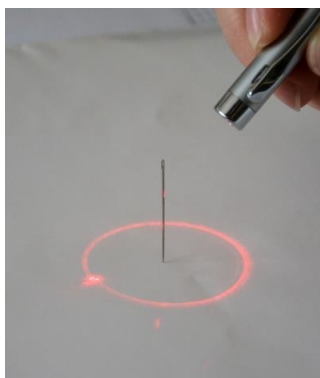
Integrované (vyššie) spôsobilosti vedeckej práce sú:

- **spôsobilosť interpretovať dáta** – zlučovanie získaných výsledkov, kde je možné pozorovať určité vzory alebo vzájomné vzťahy;
- **spôsobilosť kontrolovať premenné a opisovať vzťahy medzi premennými** – premenné sú také faktory, ktoré môžu byť zmenené počas výskumu; rozoznávame *nezávislé* (zámerne ovplyvnené výskumníkom) a *závislé* (meniace sa v závislosti od manipulácie s nezávislými premennými) premenné; nemeniace sa faktory nazývame konštanty; je dôležité vedieť rozlíšiť vlastné konanie a pôsobenie premenných, vedieť vlastné konanie vylúčiť a izolovať jednu premennú a nemeňiť ostatné faktory;
- **spôsobilosť formulovať hypotézy** – hypotéza je odôvodnený predpoklad, ktorým opisujeme vzťah medzi dvoma premennými; hypotézy musia byť overiteľné;
- **spôsobilosť experimentovať** – naučiť žiaka zostaviť experiment znamená naučiť ho vyslovovať hypotézy a nachádzať spôsob, ako ich overiť, ako kontrolovať premenné, pozorovať, klasifikovať, určovať príčiny a dôsledky;
- **spôsobilosť konštruovať tabuľky a grafy** – verbalizácia myšlienok je veľmi významný a zložitý proces; tabuľky a grafy pomáhajú lepšie pochopiť vzťahy medzi premennými;
- **spôsobilosť tvoriť závery a zovšeobecnenia** – tvorba záverov a zovšeobecnení je vyššia forma usudzovania; záver je založený na omnoho väčšom počte zistených informácií ako úsudok;

Základné SVP sa môžu rozvíjať už u detí v predškolskom veku a sú dôležité pre rozvoj integrovaných SVP. Obe tieto skupiny sú však prepojené a nie je možné ich úplne od seba oddeliť. Rozvíjanie SVP je dôležité, pretože prostredníctvom SVP dieťa dokáže lepšie porozumieť fungovaniu sveta a jeho zákonitostiam.

Východisko aktivít

Inšpiráciou našich aktivít je úloha zo súťaže Turnaj mladých fyzikov (TMF, 2015), ktorá sa zaoberá pútavým javom z geometrickej optiky: „Ak namierime laserové lúč na drôt, na tienidle umiestnenom kolmo na drôt môžeme pozorovať kruhový obraz. Vysvetlite jav a jeho závislosť od relevantných parametrov.“



Obr. 1: Kruhový obraz na tienidle po dopade laserového lúča na ihlu

Tento jav je spôsobený odrazom rovnobežných zväzkov laserového svetla z povrchu tenkého drôtu - o tom sa človek ľahko presvedčí, stačí vymeniť drôt za tenký materiál s matným povrchom (napr. niť). Kruhový tvar

obrazu je dôsledkom vzniku kužela z laserového svetla po odraze. Keďže tienidlo je umiestnené kolmo na drôt, vidíme na ňom kružnicu (kužeľosečku).

Charakteristika aktivít

Spomenutú úlohu sme považovali za vhodnú aplikovať do vyučovania fyziky kvôli nenáročnosti na pomôcky a metódy merania. Bolo ju však treba upraviť na menej otvorenú úlohu, pretože dôsledné riešenie pôvodného zadania je časovo náročné a divergentné. Navrhli sme dva varianty aktivít, každý z nich sa zameriava na podporu rôznych integrovaných spôsobilostí vedeckej práce. Aktivitu odporúčame implementovať v rámci tematického celku Geometrická optika po zvládnutí témy Odraz svetla ako laboratórnu prácu. Kvôli experimentálnemu charakteru aktivít je vhodné ich využívať na tímovú prácu v trojčlenných skupinách. Znenie inštrukcií (bez grafickej úpravy) zo spomenutých aktivít nájdete v prílohe č. 1 a č. 2.

• Prvý variant aktivity

Tento variant zahŕňa nasledujúce spôsobilosti vedeckej práce: formulovať hypotézy, opisovať vzťah medzi premennými, interpretovať dáta, tvoriť závery a zovšeobecnenia. Aktivita sa zameriava na teoretický model vedeckého poznávania. Úlohou študentov je, aby na základe pozorovania spomenutého javu zistili premenné vystupujúce v experimente a následne vyslovili hypotézu o tom, ako závisí polomer kruhového obrazu od relevantných parametrov. Samotné preskúmanie javu a návrh korektnej hypotézy zaberie veľa času, teda návrh a realizácia experimentu na overenie hypotézy by nebola možná v rámci jednej dvojhodinovky. Preto sme sa rozhodli študentom poskytnúť vopred pripravené tabuľky a grafy s nameranými hodnotami, v ktorých sa majú zorientovať a pomocou nich majú potvrdiť resp. vyvrátiť svoju hypotézu. Na základe analýzy hodnôt z tabuliek majú určiť aj analytický vzťah medzi polomerom obrazca r a ostatnými relevantnými parametrami (teda uhom u a vzdialenosťou dopadu lúča svetla na drôt od tienidla L). V rámci zovšeobecnenia a záveru sú študenti vyzvaní, aby vysvetlili aj pôvod neostrosti kruhového obrazu.

• Druhý variant aktivity

Druhý variant aktivity sa zameriava na spôsobilosti: experimentovať, kontrolovať premenné, konštruovať tabuľky a grafy, tvoriť závery a zovšeobecnenia. Líši sa od prvého tým, že študentom je po vysvetlení javu poskytnutá hypotéza ohľadom závislosti polomeru kruhového obrazu od ostatných parametrov. Ich úlohou je navrhnúť vhodný experiment, ktorým zadanú hypotézu potvrdia, resp. vyvrátia, pričom sa kladie veľký dôraz na ich schopnosti kontrolovať premenné. Pred samotnou realizáciou experimentu majú navrhnúť všetky potrebné pomôcky ako aj tabuľky, do ktorých budú zaznamenávať údaje. Po kontrole a súhlase učiteľa skupiny študentov experimentujú a na základe nameraných dát sa rozhodnú, či sa hypotéza potvrdila. Táto aktivita kladie dôraz na empirické metódy vedeckého poznávania. Ak úlohu riešia študenti, ktorí ovládajú analytickú geometriu, môžu dokázať kružnicový tvar obrazu a odvodiť vzťah medzi relevantnými parametrami (podrobný opis dôkazu nájdete v časti Príloha č. 3)

Charakteristika metodických materiálov vypracovaných k aktivitám

K aktivitám sme vypracovali aj metodický materiál pre učiteľov, ktorý pozostáva z nasledujúcich materiálov:

- **metodický list pre učiteľa** - zahŕňa základné informácie o aktivitách, napr. ročník, v ktorom sa odporúča zaradiť aktivitu do vyučovania; zaradenie do tematického celku; aké ciele aktivita sleduje; potrebné predchádzajúce vedomosti a zručnosti; časová dotácia; potrebné pomôcky pre jednu skupinu;
- **pracovný list pre študenta** - je jeden obojstranný papier formátu A4, ktorý obsahuje okrem inštrukcií pre študentov aj dostatok priestoru na ich poznámky, návrhy, výsledky a závery. Znenie inštrukcií pre študentov nájdete v prílohe č. 1 (prvý variant aktivity) a v prílohe č. 2 (druhý variant aktivity).
- **učiteľský list** - pozostáva z viacerých častí. Okrem cieľa hodiny obsahuje aj podrobne rozpísaný plán hodiny spolu s odporúčaniami a poznámkami, možné správne postupy, výsledky a dopĺňujúce informácie.

Kompletný metodický materiál je voľne dostupný, radi ho poskytneme na požiadanie mailom.

Záver

Vytvorili sme aktivity, ktoré modelujú prácu vedca, pretože sme tieto aktivity zamerali na spôsobilosti vedeckej práce. Vytvorili sme 2 varianty k úlohe, ktorú bola na súťaži Turnaj mladých fyzikov v roku 2015.

Jeden variant bol zameraný na formulovanie hypotéz, opisovanie vzťahov medzi premennými, interpretáciu dát a tvorbu záverov a zovšeobecnení. Druhý variant bol zameraný na kontrolu premenných, tvorbu grafov a tabuliek, experimentovanie a tvorbu záverov a zovšeobecnení.

PodĎakovanie

Tento príspevok vznikol s podporou Kultúrnej a edukačnej grantovej agentúry, grant č. KEGA 077UK-4/2015 a Agentúry na podporu vedy a výskumu, grant č. APVV-14-0017. Ďakujeme Františkovi Kundracikovi za jeho odborné rady pri pripravovaní aktivít. Ďakujeme aj súťažným tímom z Gymnázia Jura Hronca v Bratislave, Gymnázia Poštová v Košiciach a 1. súkromného gymnázia Bajkalská v Bratislave za fotky a namerané dáta, ktoré sme mohli využiť pri tvorbe tohto príspevku.

Literatúra

HARLEN, W., 1999. Purposes and Procedures for Assessing Science Process Skills. In: *Assessment in Education: Principles, Policy, Practice*. Vol. 6, 1999, No. 1, pp. 129 – 145.

HELD, Ľ. et al., 2011. *Výskumne ladená koncepcia prírodovedného vzdelávania: IBSE v slovenskom kontexte*. Trnava: Pedagogická fakulta Trnavskej Univerzity v Trnave, 2011. 138 s. ISBN 978-80-8082-486-0.

TMF, 2015. Úloha č.14. Kruh svetla. Dostupné na stránke: www.tmf.sk

Adresy autorov

Mgr. Ágnes Bazso, Mgr. Miroslava Urbašíková
Univerzita Komenského v Bratislave
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky
Katedra teoretickej fyziky a didaktiky fyziky
Mlynská dolina F1, 842 48 Bratislava
bartal.agnes@gmail.com, urbasikova@fmph.uniba.sk

Príloha č. 1

Ak namierime laserový lúč na drôt, na tienidle umiestnenom kolmo na drôt môžeme pozorovať kruhový obraz.

- ✓ **Vysvetlite** tento jav.
- ✓ **Určte premenné** vystupujúce v experimente.
- ✓ **Sformulujte hypotézu** od čoho závisí polomer kruhového obrazu.
*Pozn.: Hypotéza je **odôvodnený** predpoklad, ktorým opisujeme **vzťahy medzi dvoma premennými**. **Musí byť overiteľná** a byť koherentná s vedeckými pojmami a princípmi. Napr.: Medzi uhlom dopadu a uhlom odrazu je priama úmera, pričom konštanta úmernosti je 1. Tento predpoklad je založený na pozorovaní, ktoré sme zrealizovali.*
- ✓ Tento jav bol preskúmaný, vykonalo sa mnoho experimentov a získalo veľké množstvo dát. Tieto namerané dáta vám poskytneme. Pomocou nich **potvrďte alebo vyvráťte svoju hypotézu**.
- ✓ **Nájdite analytický vzťah** závislosti polomeru kruhového obrazu od relevantných parametrov.
 - + Nie vždy vzniká kruhový obraz s ostrou hranou. V rámci záveru vysvetlite tento jav a skúste sformulovať, ako by sa to dalo preskúmať.

Príloha č. 2

Ak namierime laserový lúč na drôt, na tienidle umiestnenom kolmo na drôt môžeme pozorovať kruhový obraz.

- ✓ **Vysvetlite** tento jav.
- ✓ Skupina študentov na základe geometrie zostavy a obrazca vyslovila nasledujúcu hypotézu:
Polomer kružnice r závisí od vzdialenosti dopadu lúča svetla na drôt od tienidla L a od uhla dopadu lúča svetla na drôt nasledovne ϕ :
$$r = L \cdot \tan \phi$$

Naplánujte experiment na overenie tejto hypotézy a napíšte podrobný postup experimentu.

Pri plánovaní dbajte na správnu kontrolu premenných: vopred zadefinujte, ktorú premennú zvolíte ako nezávislú, závislú, resp. konštantnú.

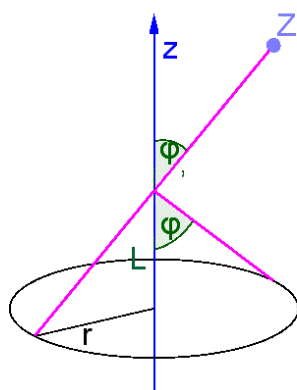
➤ Ak ste študenti, ktorí majú za sebou základy analytickej geometrie, dokážte kruhový tvar obrazu.

- ✓ Uveďte a zaobstarajte si všetky potrebné pomôcky.
- ✓ Pred vykonaním experimentu **navrhnite tabuľky**, do ktorých budete zaznamenávať namerané hodnoty.
- ✓ **Zrealizujte** navrhnutý **experiment** a **zistite**, či sa hypotéza potvrdí alebo vyvráti.

Príloha č. 3

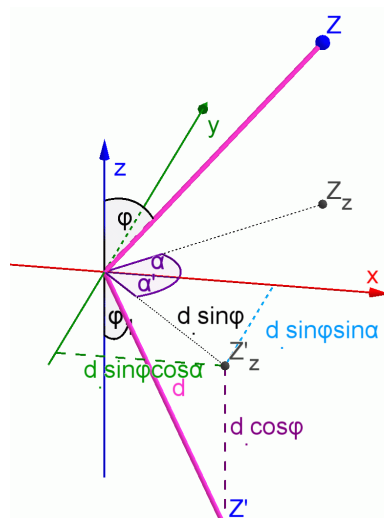
Dôkaz kružnicového tvaru obrazu

Obr. 2 znázorňuje geometriu experimentu, kde uhol dopadu a odrazu laserového lúča je 90° , polomer kruhového obrazu je r a vzdialenosť dopadu lúča lasera na drôt od tienidla je L .



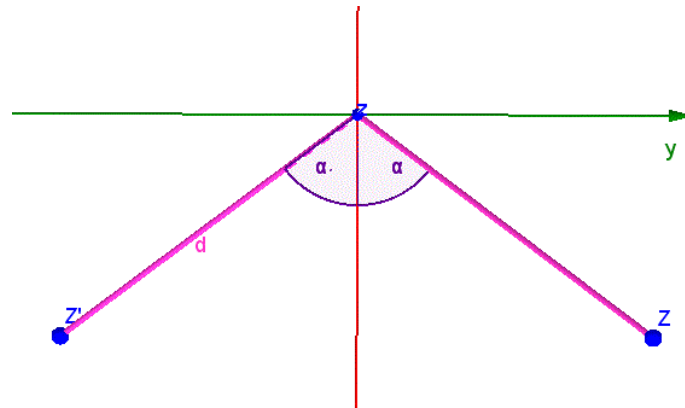
Obr. 2: Geometria experimentu

Na Obr. 3 je znázornené priestorové umiestnenie javu. Drôt je zhodný s osou z (modrá os), zdroj svetla je označený písmenom Z a dopadajúci a odrazený lúč laserového svetla sú znázornené ružovou farbou (dopadajúci lúč je len časťou rovnobežného zväzku laserového svetla). Kolmý priemet bodu Z do roviny xy sme označili písmom Z_z . Označme bod dopadu odrazeného lúča na tienidlo písmenom Z' , jeho kolmý priemet do roviny xy je Z'_z .



Obr. 3: Dopadajúci a odrazený lúč v priestorovom umiestnení

Predpokladajme, že lúč svetla dopadne na drôt v bode, kde sa nachádza priesečník obvodu drôtu s osou x , teda kolmica dopadu laserového lúča na lesklý povrch je os x (Obr. 4).



Obr. 4: Pohľad na lúč svetla zhora

Podľa zákona odrazu a na základe geometrie javu môžeme tvrdiť, ak dopadajúci lúč zvierá s osou z uhol φ , tak aj odrazený lúč zvierá s osou z uhol φ .

Súradnice bodu Z' : $Z' = [d \sin \varphi \cos \alpha; d \sin \varphi \sin \alpha; d \cos \varphi]$

Smer odrazeného lúča: $OZ' = Z' - O = (\sin \varphi \cos \alpha; \sin \varphi \sin \alpha; \cos \varphi)$

Priamka incidentná so smerom OZ' a prechádzajúca bodom O :

$$x = 0 + t \cdot \sin \varphi \cos \alpha$$

$$y = 0 + t \cdot \sin \varphi \sin \alpha$$

$$z = 0 + t \cdot \cos \varphi$$

Zo zostavy experimentu vieme: $z = L$ teda $L = t \cdot \cos \varphi$

Dosadením neznámeho t do ostatných súradníc dostaneme: $x^2 + y^2 = L^2 \cdot (\tan \varphi)^2$, teda body dopadu na tienidlo tvoria kružnicový tvar, pričom polomer tohto tvaru je: $r = L \cdot \tan \varphi$