

AKO ODHALIŤ UPÍRA – EXPERIMENTY S POLARIZOVANÝM SVETLOM

Juraj Slabeycius^a, Stanislav Minárik^b

^a Fakulta priemyselných technológií TnUAD, I.Krasku 491/30, 02001 Púchov

^b Materiálovotechnologická fakulta STU, Paulínska 16, 917 24 Trnava

Abstrakt: Príspevok je venovaný niekoľkým zaujímavým experimentom s polarizovaným svetlom, ktoré je možné realizovať s jednoduchými všeobecne dostupnými pomôckami. K vyvolaniu záujmu študentov o danú problematiku poslúžila stredoveká viera, že upírov, ktorí v noci cicajú krv ľuďom, možno odhaliť tak, že sa neodrážajú v zrkadle. Príspevok ukazuje postup autorov pri popularizácii fyziky a jej výsledkov, vhodný nielen pre študentov stredných škôl, ale aj pre základné školy.

Kľúčové slová: polarizované svetlo, polarizácia odrazom, optická otáčavosť

Úvod

V súčasnosti je veľkým problémom, nielen pre vysoké školy, ale pre celú spoločnosť rapidný pokles záujmu o štúdium technických odborov. Je to spôsobené nielen zle pochopenou tézou o humanizácii školstva, ktorá sa v posledných 20 rokoch interpretovala ako rozširovanie objemu výučby humanitárnych predmetov na úkor prírodovedných, ale často aj príliš nezáživným vyučovaním matematiky a fyziky. Zvlášť fyzika, ako základ všetkých prírodných vied, je teoretickou bázou aj pre všetky technické odbory [1]. Je preto potrebné venovať zvýšenú pozornosť formám výkladu, metódam upútania pozornosti študentov a ich zaktivizovaniu pri tvorivom riešení problémov [2].

Formulácia problému

Pred začiatkom preberania polarizačných javov porozprávame študentom históriu o upíroch a o tom, že podľa tradičných legiend sa upíri neodrážajú v zrkadle – to je jeden z príznakov, podľa ktorého ich možno odhaliť [3,4]. Ako študenti poznajú z viacerých filmov, mnohé stredoveké povery sa dajú racionálne vysvetliť bez použitia nadprirodzených síl. Navedieme ich na myšlienku, či je možné, aby sa niečo v zrkadle neodrážalo.

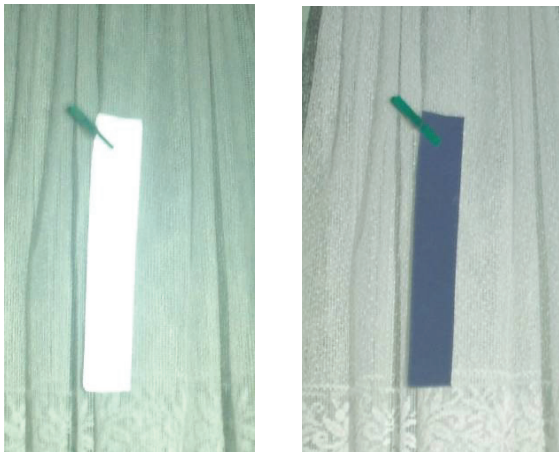
Autorom sa osvedčil postup, v ktorom najprv predvedú študentom niekoľko experimentov, resp. upozornia na niektoré prírodné úkazy, pričom zdôraznia ich neobvyklý, resp. prekvapujúci charakter, ktorý sa zdanlivo vymyká bežnej skúsenosti alebo bežným predstavám o okolitej prírode. Tým sa vzbudí ich zvedavosť a študenti sami majú aktívny záujem odhaliť mechanizmus týchto javov.

Pozorovanie

Rozdáme študentom niekoľko polarizačných filtrov – zdanlivo sú to obyčajné sklíčka mierne sfarbené, ako sklá do slnečných okuliarov s veľkou priepustnosťou. Požiadame ich, aby pozorovali odrazy slnečného svetla na lesklých plochách (vodné plochy, sklo, mokrá vozovka a pod) a pomaly otáčali sklíčkom (os otáčania – smer pozorovania). Zistia, že pri istom uhle pootočenia odrazené svetlo zoslabne, resp. úplne vymizne. V miestnosti môžeme použiť odraz svetla lampy na rôznych povrchoch. Vnímavejší študenti si možno všimnú, že úkaz nepozorujú pri odraze od kovových povrchov.

Navrhujeme im – ak o to sami nepožiadajú – osvetliť miestnosť svetlom prepusteným cez polarizačný filter a iným filtrom pozorovať, čo sa bude diať. Na tento účel

môžeme použiť starý detský diapojektor, v ktorom do dia-rámiku namiesto diapozitívu vložíme polarizačnú fóliu. Pozorujeme predmety v miestnosti cez polarizačný filter, pričom si všimame zmeny jasnosti pri otáčaní filtra. Difúzny odraz od väčšiny predmetov sa nezmení, zmeny pozorujeme pri zrkadlovo odrážajúcich plochách. Najväčšie zmeny vykazuje reflexná fólia (Obr. 1)

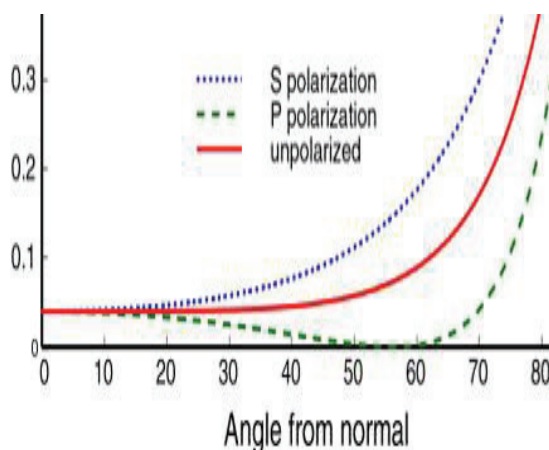


Obr. 1: Reflexná fólia osvetlená polarizovaným svetlom pozorovaná cez polarizačný filter orientovaný a) súhlasne so smerom polarizácie svetla
b) kolmo na smer polarizácie svetla

Teória

Zhrnieme pozorované javy a až teraz pristúpime k výkladu. Svetlo je priečne elektromagnetické vlnenie, vektor elektrickej intenzity môže kmitať v akomkoľvek smere kolmom na smer šírenia, polarizačný filter je zariadenie, ktoré prepúšťa len svetlo polarizované v jednom smere. Pri voľnom šírení svetla sú všetky polarizácie ekvivalentné, ale pri odraze od rovinného rozhrania je situácia iná – rozoznávame dva hraničné prípady:

Vektor elektrickej intenzity kmitá v rovine dopadu (tzv. P vlna) alebo v rovine kolmej na rovinu dopadu (S vlna). Rovina dopadu je určená normálou na rozhranie a dopadajúcim lúčom. Stručne vysvetlíme, čo sú to okrajové podmienky, a že pomocou nich je možné odvodiť vzťahy pre koeficienty odrazu a prechodu pre P aj S polarizáciu [5]. Tieto vzťahy sa podľa svojho autora (Augustin Jean Fresnel, 1788-1827) nazývajú Fresnelove. Môžeme uviesť aj konkrétne vzorce, úplne však postačí ich grafické vyjadrenie (Obr. 2)



Obr. 2: Závislosť koeficientu odrazu svetla od uhla dopadu pre dielektrikum s indexom lomu $n = 1,5$ [6]

Pri dopade svetla pod uhlom, spĺňajúcim podmienku $\operatorname{tg} \alpha_B = n$, bude koeficient odrazu P vlny nulový, to znamená, že sa odráža len S zložka – odrazená vlna je úplne polarizovaná.

Experimenty

Na základe teoretického výkladu objasníme pozorované javy, sformulujeme Brewsterov zákon a overíme ho tento krát už cieľným experimentom. Diarámik s polarizačným filtrom upravíme tak, že ho prekryjeme hliníkovou fóliou, v ktorej je perforátorom na spisy vystrihnutý kruhový otvor (Obr.3). Pripravíme si ďalší diarámik s rovnakou perforovanou Al fóliou, ale bez polarizačného filtra. Takto získame možnosť vytvoriť diaprojektorom úzky lúč obyčajného (nepolarizovaného) alebo polarizovaného svetla, pričom polarizáciu môžeme meniť zmenou orientácie zasunutého diarámika. Pripravíme si jednoduchý držiak na sklenenú platňu – my sme použili Petriho misku, ako držiak poslužil kus penového polystyrénu s vhodným výrezom (Obr. 4).



Obr.3: Príprava diarámikov s kruhovou hliníkovou clonou



Obr.4: Sklenená platňa v otáčavom stojane

Vodorovný lúč nepolarizovaného svetla z diaprojektora nasmerujeme na sklenenú platňu, pričom jej otáčaním okolo zvislej osi meníme uhol dopadu lúča. Odrazený lúč zachytíme na tienidle (stačí stena miestnosti) a ukážeme, že svetelná škvrna po celej dráhe nevymizne, najsvetlejšia je pri veľkých uhloch dopadu, keď odrazený lúč len málo mení svoj smer. Celý postup zopakujeme s vodorovne polarizovaným svetlom. Zistíme, že pri určitom uhle dopadu sa svetlo vôbec neodráža. V rámci možností odmeriame tento uhol a presvedčíme sa o platnosti Brewsterovho zákona.

Pri nezmenenej polohe sklenenej platne a diaprojektora zameníme rámik s polarizačným filtrom za rámik s kruhovou clonou (bez filtra). Keďže máme nastavený odraz pod Brewsterovým uhlom, bude odrazené svetlo úplne polarizované. Toto môžeme preukázať buď ďalším polarizačným filtrom, alebo tento odrazený lúč necháme dopadnúť na ďalšiu sklenenú doštičku, ktorú otáčame okolo vodorovnej osi kolmej na lúč (svetlo budeme odrážať na strop miestnosti). Uvidíme, že pri určitom uhle odrazené svetlo úplne vymizne, čo je dôkaz, že dopadajúce svetlo bolo úplne polarizované. Pre tento experiment je nutná úplne zatemnená miestnosť, pretože intenzita dvojnásobne odrazeného svetla je veľmi malá.

Ďalšou zaujímavou vlastnosťou, ktorú môžeme ukázať študentom je optická aktivita látok – schopnosť látky otáčať rovinu lineárne polarizovaného svetla. Do sklenenej nádoby s rovnými stenami si pripravíme koncentrovaný roztok sacharózy (obyčajného cukru). Nádobu s roztokom umiestnime pred diaprojektor a necháme ňou prechádzať lúč polarizovaného svetla (Obr.5). Roztok musí byť veľmi koncentrovaný, pretože optická otáčavosť sacharózy je pomerne nízka.



Obr. 5: Otáčanie roviny polarizovaného svetla

Za nádobu umiestnime do stojana polarizačný filter tak, že ho môžeme otáčať (os otáčania – smer lúča). Je vhodné, aby držiak s filtrom mal nejakú nožičku, aby sa dal aj z diaľky sledovať uhol natočenia filtra. Najprv necháme prechádzať lúč polarizovaného svetla priamo cez filter (bez nádoby s cukrom, alebo ešte lepšie cez rovnakú nádobu s destilovanou vodou). Polarizačný filter otáčame dovtedy, kým intenzita prechádzajúceho svetla neklesne na minimum (úplnú nulu sa nám nepodarí dosiahnuť). Zaznačíme si polohu pootočenia. Potom nádobu s vodou zameníme za nádobu s roztokom cukru a uvidíme, že svetlo znovu prechádza. Aby sme dosiahli minimum, musíme filtrom ďalej točiť. Pritom zaznamenáme, že v okolí minima sa svetlo sfarbuje do červena, potom do modra. Je to spôsobené tým, že optická aktivita (ako aj index lomu) látok závisí od vlnovej dĺžky, preto aj uhol pootočenia roviny polarizovaného svetla je iný pre modrú a pre červenú farbu. Uhol pootočenia je daný vzťahom $\varphi = \alpha \cdot d \cdot c$, kde d je dĺžka chodu lúča v látke, c – koncentrácia a α merná optická otáčavosť látky. Pokiaľ sa nám podarí zmerať uhol pootočenia a poznáme rozmery nádoby a koncentráciu, môžeme aspoň zhruba odhadnúť optickú aktivitu

látky. Ak to študentov zaujme, môžeme spomenúť Biotov zákon, že optická aktivita závisí od vlnovej dĺžky vzťahom $\alpha = A + B/\lambda^2$, kde A , B sú konštanty, a že poradie farieb v okolí minima (červená, potom modrá, resp. naopak) dovoľuje určiť, či je látka pravotočivá, alebo ľavotočivá.

Záver

Na záver sa ešte vrátíme k upírom. Ako sme videli, bolo možné aj v stredoveku získať zdroj polarizovaného svetla (okrem polarizácie odrazom je možné získať polarizované svetlo aj prechodom cez anizotropné látky, vykazujúce dvojlom), ale to ešte nestačí. Difúzne odrážajúci objekt (akým je aj človek) mení polarizované svetlo na nepolarizované. Rovinu polarizácie zachovávajú pri odraze zrkadlovo odrážajúce povrchy, vodivé povrchy a niektoré materiály, ako sú reflexné fólie. Takže upírov sa nám nepodarilo odhaliť, ale aspoň sme sa dozvedeli niečo zaujímavé o svetle. Na útechu si môžeme pripraviť na výkres siluetu skupiny osôb zo šedého papiera, pričom siluetu jednej osoby vystrihneme z reflexnej fólie, ktorá sa pri difúznom osvetlení tiež javí ako šedá, takže splýva s ostatnými siluetami. Obrázok osvetlíme polarizovaným svetlom a pozorujeme ho cez polarizačný filter. Silueta urobená z fólie sa nám podľa uhla pootočenia javí buď svetlejšia, alebo tmavšia ako ostatné osoby.

Podakovanie

Autori chcú aj touto cestou poďakovať grantovej agentúre MŠ SR za podporu v rámci riešenia úlohy KEGA 3/5178/07.

Literatúra

1. HANISKO, P. 2008. *Postavenie fyziky v sústave prírodných vied*. In: Disputationes Scientifcae. Roč. VIII, č. 3, 2008, Katolícka univerzita, Ružomberok, 2008. Str. 190 - 201. ISSN 1335-9185
2. Baník, R. 2008. *Fyzika, veda experimentálna a exaktná v kontexte prírodovednej a technologickej gramotnosti*. In: Krupa, D., Kireš, M.: Zborník príspevkov z pracovného seminára Tvorivý učiteľ fyziky 2008. SAV Košice 2008, s.11-20. ISBN 978-80-969124-6-9
3. *Upíri v dejinách Európy*. Dostupné na: <http://www.antiwolfs.estranky.sk/stranka/upiri-v-dejinach-europy->>
4. *Legends o upíroch*. Dostupné na: <http://blackcorneille.wordpress.com/category/legendy/>>
5. Štrba, A. 1979. *Všeobecná fyzika 3 – OPTIKA*. 1.vyd. Bratislava: ALFA Bratislava, SNTL Praha, 1979. 354 s. č.reg. Š 1268/1978-OV

Adresa autora

Prof. RNDr. Juraj Slabeycius, CSc.
Fakulta priemyselných technológií TnUAD,
I.Krasku 491/30, 02001 Púchov
slabeycius@fpt.tnuni.sk

Doc. Ing. Stanislav Minárik, PhD
Materiálovotechnologická fakulta STU,
Paulínska 16, 917 24 Trnava
stanislav.minarik@stuba.sk