

FYZIKA

Pár optických pokusů

JAROSLAV KUSALA,

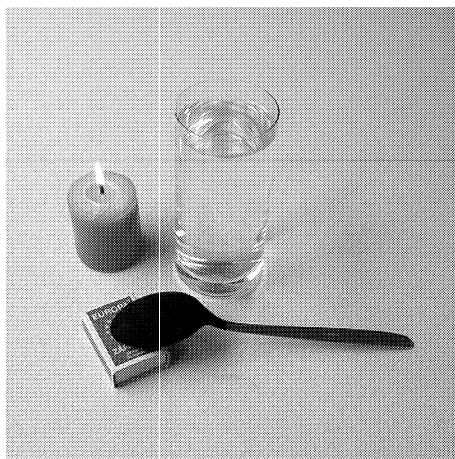
Masarykovo gymnázium, Vsetín

Ani v době nejrozumnějších virtuálních laboratoří, efektních počítačových simulací či profesionálně natočených videonahrávek neztratily reálné fyzikální experimenty svůj význam. Spíše naopak – klikání počítačovou myší nemůže nahradit vlastnoruční manipulaci žáka s reálnými předměty, s trojrozměrnými učebními pomůckami. Zejména v úvodu probírání určitého tématu, při motivaci a výkladu, je demonstrační pokus učitele a tvořivá práce žáků nezastupitelná. Zvláště cenné jsou pokusy, které si mohou žáci vyzkoušet i sami doma s těmi nejběžnějšími předměty. A protože námětů na jednoduché fyzikální pokusy není nikdy dost, nabízíme několik drobných optických hříček, vybraných z výukového CD firmy Pachner: Fyzika zajímavě – OPTIKA.

Začouzená lžíce a propíchnutá vodní hladina

K provedení prvního kouzelnického triku budeme potřebovat svíčku, sklenici vody a polévkovou lžici. Několik centimetrů nad plamenem svíčky přidržíme lžici tak dlouho, až se na spodní části ze všech stran usadí saze a její povrch bude celý černý (obr. 1). Pak ponořujeme lžici do vody a přes stěny sklenice sledujeme její „zázračnou“ proměnu. Černý povrch pod hladinou vody zmizí a změní se na stříbřitě lesklý. Otáčíme-li lžici, může se z určitého směru dokonce jevit jako průhledná. Jakmile ji však z vody vyjmete, povrch nad hladinou má opět původní černou barvu sazí.

Příčinou této proměny je úplný odraz světla. Saze nanesené na povrchu lžíce jsou mastné, a proto k nim voda „nepřilne“. Na začouzeném povrchu se vytvoří tenounká vrstva vzduchu a ta způsobuje, že světlo procházející vodou ve sklenici vniká do vrstvy vzduchu na povrchu začouzené lžíce.



Obr. 1 Úplný odraz na začouzeném povrchu lžice



Obr. 2 Hroty vidličky pronikají stříbřitou hladinou vody

Protože jde o přechod světla z prostředí opticky hustšího (vody) do opticky řidšího (vzduchu), dochází na tomto rozhraní k úplnému odrazu světla a místo černých sazí vidíme stříbřitě lesklé „zrcadlo“.

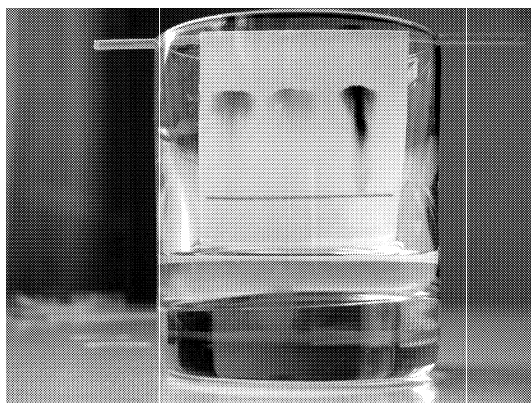
K dalšímu pokusu si připravíme širší skleněnou nádobu a vidličku. Nádobu naplníme vodou a postavíme ji na okraj stolu. Podíváme-li se do nádoby zdola pod vhodným úhlem, bude se nám jevit vodní hladina jako

zrcadlo a neuvidíme skrz ni předměty nad hladinou. Budeme-li pomalu ponořovat do vody vidličku, budou její hroty jakoby pronikat lesklou plochou (obr. 2). Uvidíme nejen pronikající hroty, ale i jejich odraz od hladiny. Je to velmi působivé a příčinou je opět úplný odraz světla.

Úplný odraz má také „na svědomí“ bílou barvu pívní pěny, drobounkých krystalků ledu, sněhových vloček či rozdrceného skla. Dopadající světlo se dokonale odráží zpět na drobounkých vzduchových komůrkách, lomech, štěrbinách a bublinkách.

Černá není černá!

Smícháním vhodných barev můžeme získat nejrůznější barevné odstíny. Platí to i pro pestrobarevné náplně fixů ze školního pouzdra. K následujícímu pokusu budeme potřebovat sadu barevných fixů, kousek filtračního nebo bílého savého papíru a sklenici s trochou vody. Pokus se však zdaří jen s fixy, jejichž náplň se aspoň trochu rozpouští ve vodě. Na filtrační papír nakreslíme barevné skvrny a papír umístíme tak, aby se spodním koncem dotýkal vodní hladiny. Při vzlínání vody se od sebe oddělují barviva, ze kterých se skládají barevné skvrny (obr. 3). Výsledek je u některých barev, například černé, opravdu překvapivý. Můžeme vyzkoušet také jinou barevnou hříčku. Na filtrační papír nakreslíme různobarevné obrazce, papír položíme na horní okraj sklenice a kapátkem kapeme vodu do různých míst, až se vytvoří zajímavé barevné motivy.

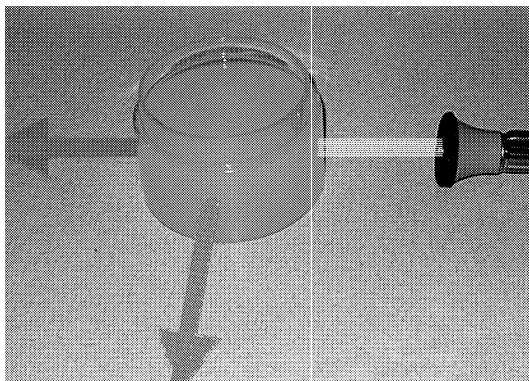


Obr. 3 Vzhlínající voda odděluje jednotlivé barevné složky fixů

Příčinou rozkladu barev na jednotlivé složky je kapilarita – úzkými štěrbinami mezi vlákny papíru voda stoupá vzhůru a odnáší sebou i částice rozpuštěného barviva. Rychlost stoupání různých barev závisí na velikosti jejich částic, jedna barva stoupá rychleji, jiná pomaleji. Oddělování barevných složek se nazývá *chromatografie* a využívá se v mnoha oborech, například v medicíně, chemii, biologii, při ověřování pravosti dokumentů, v kriminalistice aj.

Modrá obloha a červené červánky

Modré zbarvení oblohy a červená barva zapadajícího Slunce je způsobena rozptylem světla na částicích v zemské atmosféře. Celý jev můžeme snadno demonstrovat i na kuchyňském stole. Do skleněné nádoby nalijeme čistou vodu a kápneme do ní pár kapek mléka (skutečně jen pár!). V zatemněné místnosti nádobu osvětlíme kapesní svítilnou a díváme se na ni z různých stran. Při pohledu přímo proti svítilně má mléčný roztok červenooranžové zabarvení, při pohledu kolmo ke světelným paprskům má světlý namodralý odstín (obr. 4).



Obr. 4 Světlo procházející mléčným roztokem se rozptyluje

Zředěný roztok mléka se chová podobně jako částice vodní páry a nečistoty v zemské atmosféře. Nejvíce se od původního směru rozptylem odchyluje světlo s nejkratší vlnovou délkou (modré, fialové), zatímco světlo s nejdelší vlnovou délkou (červené, oranžové) se od původního směru téměř neodchyluje.

Jak využít historii Nobelových cen ve výuce

LUBOMÍR SODOMKA

Technická univerzita, Liberec

1. Úvod

20. století nezvratně prokázalo, že pokrok v rozvoji společnosti určují fyzikálně technické vědy (FTV). Do FTV jsou řazeny matematika, fyzika, chemie, biologie, technické vědy a medicína. Ve středověku se ukázalo, že teologie, která vládla všem vědám prostřednictvím katolické církve, vědecký rozvoj brzdila a civilizační pokrok ustrnul. Teprve osvícenství v 18. století svrhlo s trůnu teologii a dochází k civilizačnímu pokroku rozvojem FTV a katolicství se stalo jen jeho trvalou brzdou. Objevy FTV, které se staly hybnou silou pokroku, byly po celou dobu rozvoje společnosti v historii opomíjeny a historie se v hodnocení FTV objevů o desetiletí až staletí opožďovala.

Této skutečnosti si byl jistě vědom i významný chemik a vynálezce dynamitu *Alfred Nobel*. Na sklonku života přišel s nápadem k urychlení hodnocení objevu FTV a s jejich rychlejším uváděním do praxe, zavést hodnocení významných objevů cenami a sám se zasloužil také o jejich uskutečnění. Jako finanční část odměny za objev určil část úroků z jistiny, na kterou věnoval větší část svého majetku, získanou z výnosu dynamitu. Kromě hodnocení objevů FTV určil, že každoročně budou odměňována i nejlepší literární díla a snahy o nastolení světového míru. Matematiku a ekonomii mezi ceny, které dostaly jméno Nobelovy ceny (NC) nezařadil. Do současnosti bylo uděleno více než 700 NC. Je možné očekávat, že objevy FTV na NC se stanou pisateli historie FTV, a NC za literaturu a mír budou vytvářet hrubé obrysy historie literatury a mírových snah.

Nabízí se tedy možnost využít historie NC ve výuce na všech typech škol a získávat tak pro vědeckou činnost zájemce od nejútlejšího věku předkládáním velkých vzorů vědy, mezi které nositelé NC bezesporu patří. Cestu má naznačit tento příspěvek

V poslední době se ukazuje malá přitažlivost FTV na vysokých školách a fyziky a matematiky na školách středních, přestože tyto vědy jsou zákla-

dem pro rozvoj FTV, které rozhodují o rozvoji společnosti a civilizace, jak dokázalo celé 20. století. Odborníci těchto oborů i mimo ně, jak ukazují např. každoroční semináře o dějinách vědy a techniky pořádané Společností pro vědu a techniku při AV ČR a Národním technickým muzeem, si kladou otázky o příčinách tohoto stavu [1] a diskutují i v odborných časopisech, jako např. v [2], [3], [4]. Zajímavé je, že obory v podstatě mnohem obtížnější jako chemie a biologie u studentů takový odpor jako matematika a fyzika nevyvolávají.

Při rozboru této situace se najde příčin několik. Od objektivních fyziologických pochodů v mozku, přes vlivy pedagogů, přílišnou odtažitost látky a malou použitelnost v celé populaci. Mnohem lépe v přízni žáků a studentů jsou na tom čeština, dějepis, zeměpis, občanská nauka a další. Proč jsou čeština a dějepis všeobecně oblíbenější než matematika a fyzika? Je zajímavé, že počítače nacházejí u žáků a studentů velkou oblibu, i když vyžadují stejnou přesnost jako matematika a fyzika. Zatímco čeština a dějepis přitahují studenty svou pestrostí, neboť vedle gramatiky probírané v menší míře se učí literatura spojená se jmény významných autorů, jejich životopisy a historkami ze života, matematice a fyzice taková přitažlivá témata chybí.

Takové přitažlivé téma pro fyziku, chemii, biologii, literaturu a občanskou nauku mohou být Nobelovy ceny (NC), které mohou učinit i fyziku zajímavou.

2. Rozvoj vědy ve 20. století

I když fyzika se na přelomu 19. a 20. století dostala do krize tím, že mechanika, která byla hlavní oporou fyziky, měla všechny problémy vyřešené. I když byly dosud nevyřešené problémy jako byl Hallův jev, fotoelektrický (Halwachsův) jev a tepelné vyzařování těles, považovaly se tyto problémy za okrajové. Nečekalo se, že se stanou podnětem k vytvoření nového fyzikálního myšlení a nové konceptuální soustavy. To byly podněty k vytváření nové fyziky vedle dalších základních objevů ke konci století stejně jako byl objev rentgenového záření (1895), další formy záření a elektronu. Shodou okolností bylo objeveno rentgenové záření v tomtéž roce, kdy byla založena Nobelova nadace na Nobelovy ceny (NC). Samovolné hodnocení objevů FTV historií přešlo vypsáním NC v hodnocení řízené. 20. století se stalo zatím vědeckotechnicky nejproduktivnějším stoletím, takže bylo označeno jako století vědecko-technické revoluce.

Tímto stoletím bylo rovněž zahájeno hodnocení významných objevů

FTV Nobelovými cenami. Z nich první byla udělena za fyziku *C. W. Röntgenovi* za objev rentgenového záření, za chemii *van't Hoffovi* za objev chemické kinetiky a osmotického tlaku, za fyziologii a medicínu *E. A. Behringovi* za léčení séry, zvláště pak záškrtu [5], [6]. Významné objevy 20. století přenesly zájem fyziky i FTV z mega a makroprostoru do nano- a femtoprostoru, tj. do rozměrů atomů a molekul (nano) a do rozměrů jádra (femto).

Díky NC se dozvídá nejširší veřejnost o významných objevech FTV mnohem rychleji a dokonce i z úst nepovolanějších, tj. samotných objevitelů. Každý laureát s výjimkou Röntgena musí při udělování NC pronést nobelovskou přednášku o svém objevu. Texty těchto přednášek jsou k dispozici např. v [7].

Již na počátku 20. století objev kvantové podstaty záření *M. Planckem* zahájil novou éru vytváření nové konceptuální soustavy ve fyzice, kvantové fyziky, která ovládla celé 20. století, jak poznáme i z historie NC.

3. Vliv fyzikálně technických věd na rozvoj společnosti

Není těžké vědecky dokázat, že rozvoj civilizace od starých kultur (říční kultury, Čína, Mezopotámie, Egypt) je podmíněn rozvojem FTV, jak lze pochopit i z literatury, např. z [8], kde je možné se přesvědčit o vlivu vědění od samého počátku lidské civilizace, od vzniku kamenných nástrojů, až po vysílání kosmických těles do vesmíru. Nejnovějších výsledků rozvoje vědy a společnosti fyziky, chemie, biologie, techniky, medicíny bylo dosaženo právě ve 20. století – století NC. Výsledky FTV zasáhly všechny lidi vyspělých států a rovněž i věda prostřednictvím školských soustav a sdělovacích prostředků. Vývoj ukázal na těsnou sepnutost vědy a školství.

FTV prokázaly stavbu veškerého světa z částic spojených čtyřmi typy sil, interakcí, a to silnou (jsou jí vázány jaderné částice), slabou (vysvětluje rozpad částic), elektromagnetickou a gravitační. Pro rozvoj civilizace a potřeb člověka má největší význam elektromagnetická interakce, jejíž prostřednictvím bude možné rozřešit v budoucnu i záhady života. Proto se jevům elektromagnetické interakce věnuje taková pozornost, což se odráží i v objevech NC.

FTV, které využívají k formulaci zákonitostí matematiky, jsou vědy exaktní (přesné) a v některých státech se jediné tyto považují za vědecké a nazývají se někdy vědy tvrdé. Společenské vědy jako sociologie, psychologie, politologie, právo atd. jsou vědy měkké. Ekonomie postupně využívá k formulaci zákonitostí matematiky a postupně se řadí mezi FTV. Zají-

mavé je postavení filosofie mezi vědami. Má-li být skutečnou vědou, musí být postavena na základech FTV. Celkový rozvoj společnosti na základě vědeckých objevů prokázal, že rozhodujícím pro tento materiální rozvoj jsou jediné FVT.

Chceme-li porovnat FTV a společenské vědy s počítačovou technikou, tvoří FTV společenský hardware a společenské vědy software, filosofie pak jejich syntézu, sloučení obou v jeden celek. Rozvoj společenských věd je proto plně závislý na rozvoji FTV.

4. Jak humanizovat a popularizovat fyzikálně technické vědy

Pro větší přitažlivost matematiky a fyziky je třeba vymyslet metodu, jak je přiblížit více studentům. Jednou z cest je ukazovat, že jak matematika tak i fyzika vznikly tvorbou lidí, jsou výsledkem jejich činnosti právě tak jako jiné činnosti, např. psaní literárních děl, vytváření soch či obrazů. Je třeba přiblížit výsledky matematiky a fyziky jejich tvůrcům, ponořit se do jejich života a podmínek jejich tvorby.

Jak ukazuje pedagogická zkušenost, poměrně dobře jsou známy z historie životopisy velkých vědců starověku a středověku, mnohem méně jsou známy životopisy, až na čestné výjimky jako je např. *A. Einstein* a *E. Rutherford*, vědci 20. století. Při vstupním testu na TU v Liberci, v němž měli studenti napsat 10 známých vědců, byli nejčastěji uváděni Pythagoras, Platon, Aristoteles, Galileo, Koperník, Newton, Lomonosov, Lavoisier, Medělejev a Einstein.

Objevy NC spolu se životopisy laureátů NC jsou jednou z dalších možností, jak humanizovat a popularizovat FTV. Ale jakým způsobem toho dosáhnout?

Ukázali jsme, že historie NC je vlastně zjednodušená historie rozvoje vědy a techniky 20. století. Je proto třeba k přiblížení vědy a techniky zařazovat do výuky všech stupňů historii NC. K tomu je třeba využít literatury o NC. Je výhodou, že češtině existuje několik knižních publikací, které můžeme využívat k doplnění vzdělání o NC. Jde o knížky uvedené v literatuře [5], [6], [9], [11]. Výhodou publikací [5] a [6] je, že jsou v nich uvedeny všechny NC a Ceny švédské banky za ekonomii na počest A. Nobela (Nobelovy ceny za ekonomii) a že jsou dosud na trhu dostupné. Byly nazvány Kronika NC a verzi [5] je možné získat také na CD [12], což má výhodu získat pro pedagogické účely i zvětšené portréty laureátů a mnoho dalších obrázků vztahujících se k NC, takže může být i vhodnou pomůckou pro využití NC k propagaci vědy (fyziky, chemie, biologie a medicíny),

literatury a zápasu v historii lidstva o mír, který jediný může zajistit rozvoj vědy. Po podrobnější studium NC je pak možné nalézt podrobnější informace na adrese [7].

5. Využití Kroniky Nobelových cen ve výuce

V předmětu výtvarná výchova nás učitel přitahoval k umění četbou o významných malířích jako byl *A. Dürer*, *Leonardo da Vinci*, *Michelangelo*, *Vincent van Gogh*, z našich pak *Chitussi*, *Slavíček*, *Aleš*, *Hynais*, *Švabinský* a další. Doporučil shánět z novin a časopisů jejich fotografie i fotografie jejich děl. Tím se nám stali malíři a jejich dílo velmi blízkými. Kopírovali jsme jejich dílo a pouštěli se i do vlastní tvorby. Chceme-li se dostat do intimního kontaktu s vědou a technikou, i když půjde o mnohem delší proces, dělejme to podobně. Využijme k tomu historie vědy 20. století, tj. Nobelových cen. Vzhledem k tomu, že je k dispozici Kronika Nobelových cen, využijme právě této knihy. Na základní škole můžeme začít s portréty laureátů NC při jejich výročích, vyvěšením obrazového materiálu ve třídách a krátkým a stručným životopisným textem. Jsou-li známy některé historky o nich, připojíme, i když mohou být i smyšlené, jako je např. historka o objevu gravitačního zákona při pádu jablka na odpočívajícího Newtona.

S postupem do vyšších ročníků je možné již uvádět objevy oceněné Nobelovými cenami podrobněji a např. zadávat referáty z nobelovských přednášek, popř. získávat informace o „antinobelovských cenách“ (viz příspěvek [12]), tj. návrhů na NC v daném roce, které nebyly uděleny. Naučit se sledovat každým rokem objevy oceněné NC v časopisech, novinách, v rozhlase a televizi, nebo přímo u zdroje v [7]. Při podrobnější četbě Kroniky vyvstane řada otázek, jako jsou např. důkazy o integraci FTV. V odborných předmětech je možné klást otázky o současných známých aplikacích objevů NC a v hledání nových, dosud nevyužitých.

Je možné hledat poučení od laureátů NC v jejich vztahu k otázkám náboženským a společenským, zvláště pak k otázkám míru. Např. k náboženství a otázkám míru je možné hledat u *Einsteina* [13]. Úvahy zapadající také do filozofie provádějí četní nositelé NC, jako např. spoluobjevitel struktury molekuly dědičnosti *F. Crick* v díle [14]. Je možné podrobněji diskutovat i NC českých laureátů *J. Heyrovského* a *J. Seiferta*. Zajímavá by byla analýza Nobelovy závěti a jejího plnění udělováním NC.

Kroniku NC je možné využít také jako doplňující pomůcku v předmětech literatura a občanská nauka. Zde je možné klást otázky: Jsou NC

v těchto disciplínách udělovány vždy bez politických hledisek? Je možné najít takto udělené ceny za literaturu mezi laureáty NC? Splňuje např. cena za literaturu udělená *W. Churchillovi* kritérium Nobelovy závěti? Je možné se podívat nad udělením některých NC za mír. Můžete uvést některé příklady? Jistě se najdou i další otázky, které mohou NC vyvolat.

Udělování NC má i své kritiky. Mezi největší z nich bylo udělení NC za mír pro rok 1974 *H. Kissingerovi* a *Le Duc Thoovi* za mír ve Vietnamu, přesto, že válka nebyla ukončena. Le Duc Tho tuto cenu odmítl. Podobné námitky byly pro udělení NC za mír *Y. Arafatovi*, *Š. Peresovi* a *Y. Rabinovi* pro rok 1994. Pokuste se vyslovit námitky i k udělení dalších NC.

6. Závěr

Z uvedeného je vidět, že Kroniku NC je možné využívat při výuce nej-různějších předmětů, a to ve fyzice, chemii, biologii, v technických předmětech, v dějepise, v občanské nauce, kde je stále aktuální otázka odstranění válek a nastolení trvalého míru, jak to hlásali mezi prvními na rozhraní novověku *Mistr J. Hus* a později německý filozof *I. Kant* a řada dalších. Je třeba stavět pomníky laureátům NC znalostí jejich díla.

Literatura

- [1] Sborníky seminářů Dějiny vědy a techniky 1 až 12 (1994 až 2006), NTM Praha.
- [2] Časopis Matematika, fyzika, informatika (MFI) (1990 až 2006).
- [3] Časopis: Dějiny věd a techniky (DVT), 39. ročníků.
- [4] *Jindra, J.*: České země a Nobelovy ceny za fyziku a chemii 1901-1954. Dějiny věd a techniky 39 (1, 2006), str. 1.
- [5] *Sodomka, L., Sodomková, Mag., Sodomková, Mar.*: Kronika Nobelových cen I, II. Adhesiv, Liberec 2002.
- [6] *Sodomka, L., Sodomková, Mag., Sodomková, Mar.*: Kronika Nobelových cen, Knižní Klub, Praha 2004.
- [7] <http://www.nobel.se>
- [8] *Jílek, F. et al.*: Světové vynálezy v datech, Mladá fronta, Praha 1977.
- [9] *Bober, J.*: Laureáti Nobelovy ceny, Obzor, Bratislava 1971.
- [10] *Weinlich, R.*: Laureáti Nobelovy ceny za fyziku, ALDA, Olomouc 1998.
- [11] *Sodomka, L., Sodomková, Mag.*: Nobelovy ceny za fyziku, SetOut, Praha 1997.
- [12] lubomir.sodomka@volny.cz
- [13] *Sodomka, L.*: Nobelovy ceny nositelky historie fyzikálně technických věd 20. století. Příspěvek MESDEF 2006.
- [14] *Kuzněcov, B. G.*: Einstein život, smrt, nesmrtelnost, SPN, Praha 1984.
- [15] *Crick, F.*: Věda hledá duši, Mladá fronta, edice Kolumbus, Praha 1997.

Optické experimenty s dataprojektorom

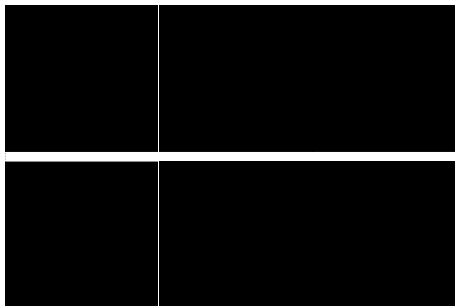
IVAN BANÍK

Stavebná fakulta STU, Bratislava

Dataprojektor je moderný projekčný prístroj, ktorý sa čím ďalej tým viac uplatňuje nielen vo výučbe v školských podmienkach, ale aj v prezentačnej činnosti rôznych firiem a inštitúcií, pri príležitosti rôznych školení, seminárov i v reklamnej činnosti. V školských podmienkach sa v rámci výučby fyziky dajú uplatniť okrem jeho bežných projekčných možností a schopností aj jeho menej známe vlastnosti – jeho „talent“ pre živé optické experimenty a demonštrácie v rámci učiva z geometrickej i vlnovej optiky. Umožňuje to predovšetkým fakt, že dataprojektor je zdrojom intenzívneho svetelného žiarenia, ale aj to, že jeho žiarivý tok možno vhodne modifikovať prostredníctvom počítača. V ďalšom uvedieme niekoľko konkrétnych možností uplatnenia dataprojektora vo výučbe optiky.

Čo treba urobiť pred pokusom

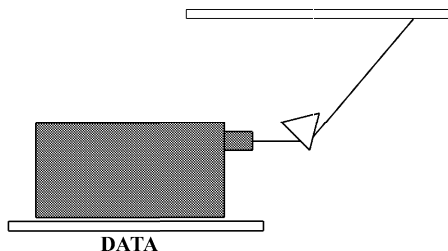
Pred vlastným optickým pokusom vytvoríme na počítači (napr. aj priamo v power-pointe) rozmernejší obrazec vodorovnej, alebo zvislej bielej štrbiny na čiernom podklade (obr. 1). Štrbina je umiestnená viac-menej v strednej časti obrazovky. Na projekčnej ploche sa po zaostrení dataprojektora objaví „svietiaca“ štrbina na tmavom neosvetlenom okolí.



Obr. 1

Spektrum vytvorené pomocou hranola

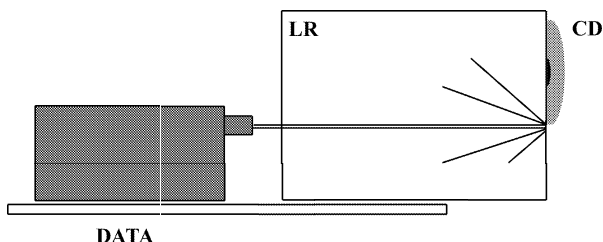
Usporiadanie pokusu je na obr. 2. Aj pri tomto pokuse zobrazíme na projekčnej ploche najprv svietiacu – v tomto prípade vodorovnú – štrbinu. Hranol, otočený lámavou hranou smerom nadol, umiestníme tesne pred projektor. Spektrum sa pozoruje buď na povale-plafóne, alebo na papieri, vhodne postavenom do cesty lúčom. Pri využití zvisle postavenej svietiacej štrbiny musí byť lámavá hrana hranola tiež zvislá.



Obr. 2

Interferenčné pokusy s dataprojektorom a CD platňou

Pri týchto pokusoch sa využíva interferencia svetla na odraznej CD-mriežke. Pokus je znázornený na obr. 3. Vykonáme ho tak, že tesne pred projektor umiestnime zvislú bielu rovinnú pracovnú plochu – lúčovú rovinu LR, ktorá je takmer rovnobežná s lúčmi vystupujúcimi z projektoru. Pri správnom nastavení jej polohy dosiahneme stav, pri ktorom sa na nej objaví relatívne úzky a intenzívny lúč vychádzajúci z projektoru. Ak tomuto lúču postavíme do cesty vhodne umiestnenú CD platňu tak, ako to ukazuje obr. 3, môžeme na doske pozorovať viaceré difragované lúče, zodpovedajúce jednotlivým interferenčným maximám. Všetky difragované lúče, okrem zväzku prislúchajúceho nultému maximu vykazujú aj určité spektrálne sfarbenie, nakoľko ide o zložené, nemonochromatické svetelné žiarenie projektoru.



Obr. 3

Príslušné „difrakčné“ uhly α_i zodpovedajúce jednotlivým maximám príslušnej farebnej zložky (pri kolmom dopade svetla) môžeme zmerať (od kolmice dopadu), alebo aspoň odhadnúť a na základe toho vypočítať vlnovú dĺžku svetla pre jednotlivé farebné zložky. Z nameraného uhla α_i pre i -te maximum určíme vlnovú dĺžku na základe vzťahu

$$\lambda = \frac{O_1 O_2}{i} \sin \alpha_1, \quad (1)$$

kde $O_1 O_2 = 1,6 \mu\text{m}$ (mikrometra) je príslušná mriežková konštanta CD mriežky, ktorú vypočítame zo známej hustoty záznamových stôp CD platne rovnej 625 stôp na milimeter.

Ak zmeriame uhol α_1 prislúchajúci prvému maximu $i = 1$, bude pre vlnovú dĺžku platiť

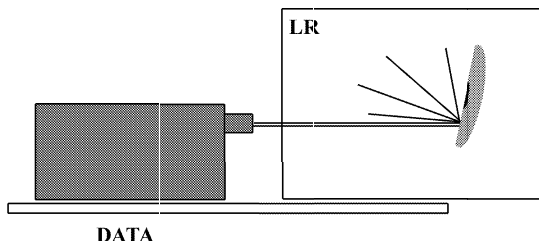
$$\lambda = O_1 O_2 \sin \alpha_1. \quad (2)$$

Pri zmene sklonu CD-platne sa mení aj interferenčný zväzok.

Pre pozorovanie tohto efektu je však vhodnejšie usporiadanie znázornené na obr. 4, pri ktorom sa využíva iba polovica CD platne tvaru polkruhu, ktorú získame rozstrihnutím CD-platne pomocou trochu masívnejších nožníc. Takýto CD-polokruh môžeme potom umiestniť na ľubovoľné miesto lúčovej roviny LR, ktorým prechádza svetelný lúč. Pri natáčaní CD-polkruhu môžeme pozorovať difragované lúče pri rôznych uhloch β dopadu lúča na odraznú CD-mriežku. Príslušné uhly α_i prislúchajúce jednotlivým interferenčným maximám môžeme zmerať a na základe toho vypočítať vlnovú dĺžku svetla pre jednotlivé farebné zložky. Pre vlnovú dĺžku platí vzťah

$$\lambda = \frac{O_1 O_2}{i} (\sin \alpha_i \mp \sin \beta),$$

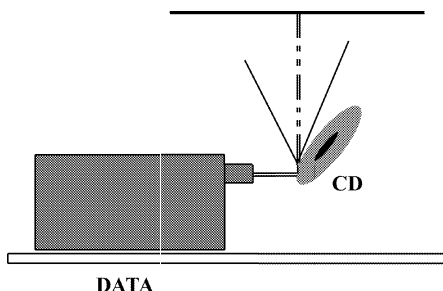
kde β je uhol dopadu. Horné znamienko platí, ak difragovaný lúč leží na opačnej strane od kolmice dopadu, ako lúč dopadajúci. Ak odrazený lúč – zodpovedajúci nultému maximu – usmerníme do smeru kolmého na dopadajúci lúč, bude uhol dopadu rovný 45° .



Obr. 4

Pokus s CD-spektrom na plafóne

Pri tomto pokuse sa zaoberáme bez lúčovej roviny. CD platňu postavíme tesne pred projektor v sklonenej polohe so sklonom asi 45° tak, aby svetlo z projektoru dopadalo na ňu v jej najnižších častiach (obr. 5). Interferenčné spektrum prvého rádu pozorujeme na povale-plafóne v miestach nad projektorom.

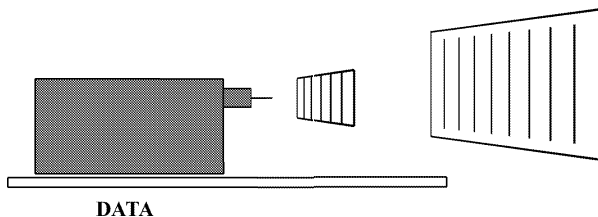


Obr. 5

Interferencia svetla na transparentnej optickej mriežke

Pri tomto pokuse vychádzame zo situácie, keď je na projekčnej ploche na začiatku ostro zobrazená relatívne úzka, v tomto prípade zvislá svietiacia

štrbina. Ak v takomto stave postavíme tesne pred objektív dataprojektora transparentnú optickú mriežku s ryskami rovnobežnými so štrbinou (obr. 6), na projekčnej ploche sa vytvorí interferenčný obrazec. Pozorujeme na ňom niekoľko interferenčných maxím a miním. Hustota maxím a miním závisí, pochopiteľne, od mriežkovej konštanty mriežky. Vhodné sú mriežky už aj s desiatkou čiar na jeden milimeter.



Obr. 6

Pri určení strednej hodnoty vlnovej dĺžky svetla vychádzame v prípade optickej mriežky nevelkej hustoty z obvyklého vzťahu

$$\lambda = \frac{O_1 O_2 y}{d},$$

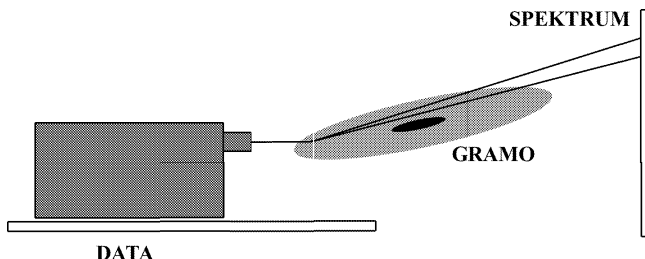
kde $O_1 O_2$ je príslušná mriežkova konštanta, y je vzdialenosť susedných interferenčných maxím na projekčnej ploche a d je vzdialenosť od mriežky k projekčnej ploche.

Ak ide o mriežky so značne vyššou hustotou, interferenčný obrazec možno lepšie pozorovať na bielom tienidle umiestnenom bližšie k projektoru. V takých situáciách – kedy ide o väčšie difrakčné uhly – treba pri výpočte vlnovej dĺžky použiť vzťah (1, resp. 2).

Interferencia svetla na gramoplatni

Pri tomto pokuse (obr. 7) dopadá svetlo na gramoplatňu pod veľkým uhlom dopadu – blízkym 90° . Difrakčné spektrum pozorujeme na stene, resp. projekčnej ploche umiestnenej – ako obvykle – vo väčšej vzdialenosti od projektora. Pri zmene sklonu gramoplatne sa pozorované spektrum premiestňuje, pričom sa mení aj jeho šírka.

V zásade môžeme gramoplatňu postaviť aj do šikmejšej polohy, pri ktorej sa príslušné spektrum zobrazí na plafone. V tejto situácii je však spektrum relatívne úzke a menej výrazné. Výraznejšie je len pri väčšej výškovej dimenzii miestnosti.



Obr. 7

Poznámka: Dataprojektor možno využiť aj pri viacerých lúčových pokusoch z geometrickej optiky. Do tejto skupiny pokusov patria pokusy, pri ktorých sa demonštruje zákon odrazu, lomu, posunutie lúčov pri prechode planoparalelnou doskou a pod. V niektorých prípadoch je vhodné na počítači vytvoriť sústavu viacerých navzájom rovnobežných štrbín, čo umožní získať na lúčovej rovine LR (ktorou môže byť aj stena) sústavu navzájom rovnobežných lúčov. Tie necháme potom dopadať na zrkadlo, lámavú plochu a pod.

Záver

V článku je poukázané na to, že dataprojektor môže mať vo výučbe fyziky aj určité špecifické možnosti uplatnenia. Je to prístroj vhodný aj na živé optické demonštračné experimenty či už v rámci výučby geometrickej, alebo vlnovej optiky.

Literatúra

- [1] Baník, I. – Baník, R.: Meranie vlnovej dĺžky svetla pomocou CD platne, MFI 5, 1996, s. 26 – 29.