

Novinky v optické demonstrační sadě

KAREL HAVLÍČEK, MATĚJ RYSTON

Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy, Praha

Abstrakt

Čtenáři tohoto příspěvku budou seznámeni s novinkami týkajícími se námi vyvinuté demonstrační optické sadě na magnetickou tabuli. Výroba této sady je z velké části založena na technologii 3D-tisku. Naše sada je relativně levnou a funkční variantou ke komerčním optickým sadám, kterou si po nakoupení několika komponent může učitel s přístupem k 3D tiskárně vyrobit sám. Všechny potřebné soubory a návody jsou volně přístupné a šířitelné pod otevřenou licencí.

Motivace pro vývoj

Co vedlo mě a mého kolegu k vývoji další optické sady, když jich již existuje tolik? Důvody byly především finanční. Ač oba vyučujeme fyziku, ani jeden z nás jsme rozumnou sadu pro výuku paprskové optiky nevlastnili a při jejich cenách jsme si je nemohli dovolit pořídit. Jistým řešením by byla tvorba pomůcek podle návodů Mgr. Václava Piskače [1]. Tyto jsou cenově velmi dostupné a relativně snadno vyrobitelné, avšak jde o žákovskou sadu. Naší touhou bylo vlastnit sadu demonstrační, která by byla dobře viditelná z celé třídy i v nezatemněné učebně. Navíc jsme chtěli, aby byla snadná na použití. To pro nás znamenalo pomůcky přichycené na tabuli se silným jasně viditelným paprskem roztaženým do světelného pruhu. Vzhledem k tomu, že se na naší katedře věnujeme 3D tisku, rozhodli jsme se této technologii využít pro zjednodušení a zkvalitnění výrobního procesu naší sady. 3D tisk totiž umožňuje vyrábět poměrně přesně objekty téměř libovolného tvaru a případně i sériovou výrobu komponent. Navíc tato metoda umožňuje snadnou reprodukci již vyvinutého postupu, a tak jsme se rozhodli hotové modely uveřejnit spolu s kompletním postupem výroby, aby si kdokoliv další s přístupem k 3D tiskárně mohl sadu také pořídit.

Komponenty

Sada se skládá z několika různých dílů, které je možné vyrábět postupně a nezávisle na sobě. Je tedy možné začít výrobou pár komponent a postupně si svou sadu rozšířit. Všechny komponenty jsou na tabuli přichyceny několika neodýmými magnety a většina je podlepena semišem. Díky tomu díly drží svou pozici na tabuli, ale je možné je velice lehce po tabuli posouvat bez nutnosti je odtrhnout a pak následně opět přichytit.

Následuje výčet všech momentálně otestovaných a zveřejněných komponent:

Laserový zdroj

Rovinné zrcadlo

Duté zrcadlo s poloměrem křivosti 0,5m

Vypuklé zrcadlo s poloměrem křivosti 0,5m

Řez spojkou 4D a 2D

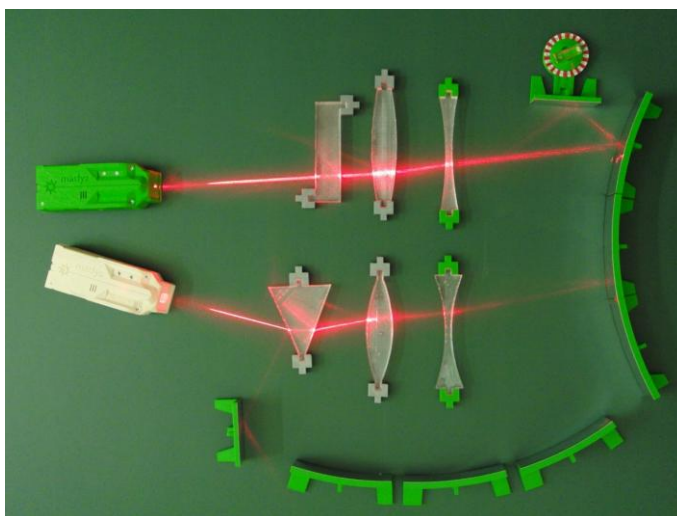
Řez rozptylkou 4D a 2D

Model planoparalelní vrstvy

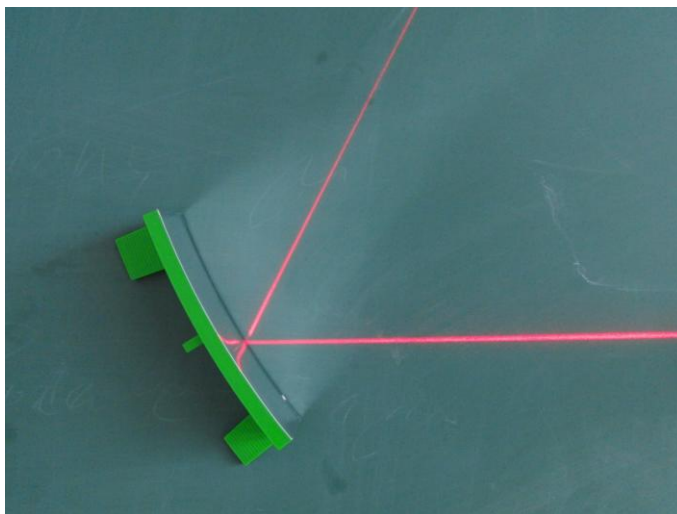
Optický hranol

Deformovatelný model optického vlákna

Libela (vodováha s úhломěrem)



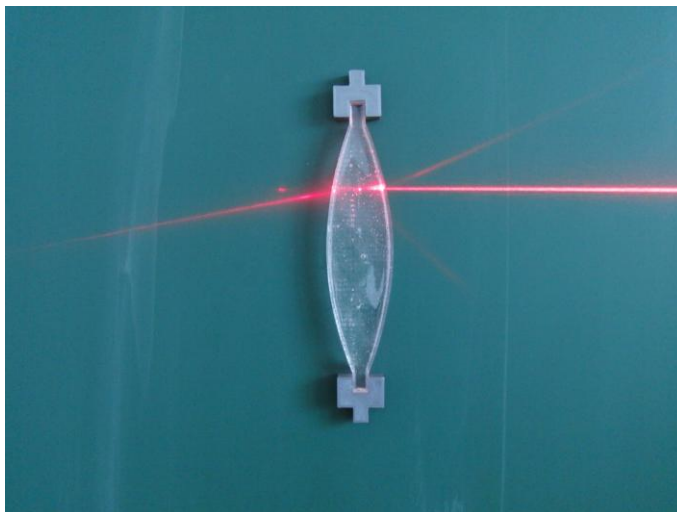
Laserový zdroj je středobodem celé soustavy, a ač je do jisté míry nahraditelný laserovým ukazovátkem, náš modul výuku výrazně usnadňuje. Laser je napájen Li-Ionovou baterií s možností nabíjení přes micro-usb konektor a je tedy bezdrátový. Vychází z něj laserový pruh o dostatečné intenzitě, díky němuž je možno pozorovat na tabuli celou dráhu paprsku najednou. Konstrukce zdroje vyžaduje po zájemci, aby si byl schopen vyrobit nebo objednat výrobu tištěného spoje, dále nákup několika komponent (baterie, nabíjecí integrovaný obvod, laserová dioda,...) 3D tisk krabice a pak již jen běžnou montáž jako u následujících komponent.



Výroba **zrcadel** je ze všech komponent nejjednodušší. Díl se vytiskne, osadí magnety a polepí samolepící zrcadlovou tapetou a semišem. Všechna zrcadla mají navíc výčnělek pro nasazení libely pro kontrolu úhlu natočení vůči vodorovné ose. Kulová zrcadla jsou segmenty z příslušného velkého zrcadla s poloměrem 0,5m. Navazují na sebe a lze je tedy skládat do větších kulových zrcadel.

Moduly čoček jsou zvětšenými bočními řezy příslušných optických prvků. Jako ostatní komponenty drží magneticky na tabuli a mají index lomu velice podobný indexu běžného skla. Jejich výroba se skládá z 3D tisku příslušného pozitivu čočky, odlití silikonové formy a následného vylití průhlednou dvousložkovou pryskyřicí. Volitelným technologickým krokem je vakuové odsávání bublin ze směsi pomocí vývěvy či sady pro vakuování potravin. Zmenšením

počtu bublin v odlitém prvku se výrazně sníží rozptyl laserového paprsku. Stejně postupujeme i při výrobě **planoparalelní vrstvy** a **optického hranolu**. Ty se hodí pro demonstraci lomu světla, totálního odrazu a principu optického vlákna.



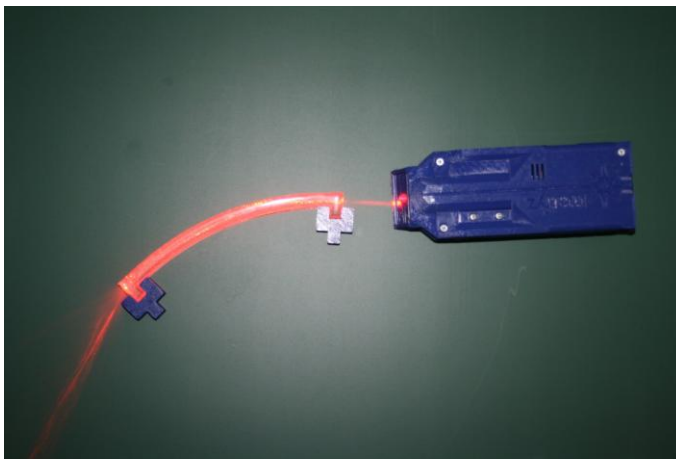
Libelou rozumíme otočný úhloměr s vsazenou vodováhou umožňující natočení všech komponent o předem zvolený úhel vůči vodorovné ose, která většinou slouží jako hlavní optická osa. Je tak možno provádět i přibližné kvantitativní demonstrace.

Zkušenosti z výuky

Sada byla zatím vyzkoušena v praktikách Katedry didaktiky fyziky na MFF UK, na jedné střední škole a dvěma učiteli na jedné škole základní. Prozatímní odezva je veskrze pozitivní. Sada je jednoduše obsluhovatelná, nevyžaduje úplné zatemnění místnosti, což umožňuje její použití i v běžných učebnách a je poměrně čitelná pro žáky. Větší rozměry komponent, větší intenzita paprsku a přichycení sady na tabuli navíc zajišťuje slušnou viditelnost experimentů bez nutnosti upravovat rozmístění studentů v místnosti a zajišťuje tak plynulý přechod mezi výkladem u tabule a experimentem. Dalším dílčím efektem způsobeným novostí a povahou vzniku těchto objektů (3D-vytištěné komponenty) byla větší motivovanost studentů.

Novinky

Novinkou v naší sadě je, pokud jde o komponenty, deformovatelný model optického vlákna. Jde o tenký kvádr z pružné průhledné pryskyřice osazený magnetickými držáky, podobně jako čočky. Pošleme-li do hranolu paprsek pod dostatečným úhlem, pak dojde k několika úplným odrazům. Hranol je pak možné ohnout a demonstrovat tak schopnost optických vláken vést paprsek i přes svou deformaci (rozumějme zahnutí).



Další novinkou od poslední prezentace na VNUF je pak to, že sada je již kompletní a návody k její výrobě jsou dostupné na internetu v češtině i angličtině.

Návody

Teď již k výše zmíněným návodům. Naše sada je volně šiřitelná pod licencí Creative Commons. Jedná se o tzv. otevřený hardware. Všechny modely jsou uveřejněny spolu s návody, jak příslušné díly vytisknout a zkonstruovat. Návody jsou do značné míry fotografické a jejich podoba se bude s největší pravděpodobností dále vyvíjet podle toho, jak bude zdokonalována jejich metodika nebo jak budou modifikovány či přidávány jednotlivé komponenty. Vše výše zmíněné je k nalezení na internetových stránkách Katedry didaktiky fyziky na adrese [2].

Slovo závěrem

Pokud by někdo naši sadu vyrobil a ozkoušel, pak bychom byli vděční za jakoukoliv zpětnou vazbu jak ohledně výroby, tak ohledně zkušeností z praxe.

Rádi bychom tímto také poděkovali Katedře didaktiky fyziky na MFF UK za materiální podporu při vývoji této sady a Bc. Martinu Stránskému za navržení a vyhotovení tištěného spoje regulujícího napájení laseru. Tento vývoj byl také materiálně podpořen grantem SVV.

Literatura

- [1] Piskač V.: Žákovská optická deska - zrcadla. [cit. 2017-04-20]. Dostupné na World Wide Web: http://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/optika/zakovska_opticka_deska_-_zrcadla.pdf
- [2] KDF MFF UK: Optická sada. [cit. 2017-04-20]. Dostupné na World Wide Web: <http://kdf.mff.cuni.cz/optickasada/>
- [3] Creative Commons – Česká Republika [cit. 2017-04-20]. Dostupné na World Wide Web: <http://www.creativecommons.cz/licence-cc/varianty-licence/>