

Demonstrační experimenty se skenerem a dokumentovou kamerou

ČENĚK KODEJŠKA – ADAM ČERNOHORSKÝ – LUKÁŠ PAVEL

Gymnázium, Nový Bydžov, Komenského 77

Demonstrační experimenty se skenerem patří k těm experimentům, které okamžitě zaujmou pozornost žáků. Prvním motivačním faktorem je netradiční použití zařízení, které žáci sice znají, ale využívají ho zcela jiným způsobem – ke skenování dokumentů. Skutečnost, že se skener dá použít i jako fyzikální pomůcka je zcela překvapí. Druhým důležitým faktorem je možnost položit problémovou otázku ještě před demonstrací samotného experimentu: jak bude vypadat výsledný skenogram předváděného pohybu?

Využití skeneru při výuce fyziky nás zaujalo při krátkém vystoupení slovenského fyzika *Bora Gregorčiče* na Veletrhu nápadů učitelů fyziky v Hradci Králové, které proběhlo v roce 2013 [1]. Rozhodli jsme se navrhnout několik experimentů z oblasti teorie kmitů a optiky, které mohou být svým provedením alternativou např. k demonstraci průběhu kmitů ladičky s hrotem na zakouřeném kousku skla nebo k pokusům z paprskové i vlnové optiky.

Protože některé experimenty vyžadovaly i vertikální polohu skeneru, ve které se s klasickým skenerem pracuje jen obtížně, vyrobili jsme si jednoduchý skener s mechanickým pohonem, který dokáže skenovat jak horizontálně, tak vertikálně.

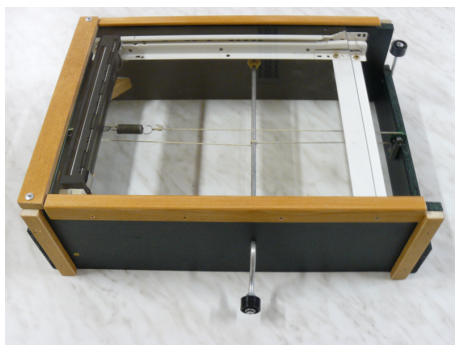
Jako skenovací zařízení jsme využili ruční barevný skener Media-Tech SCANLINE MT4090 s rozlišením 600 dpi (obr. 1). Skener jsme zabudovali do vyrobené dřevěné konstrukce opatřené pojezdy, které běžně slouží k pohybu skříňového šuplíku. Pohyb skeneru pak zajišťoval provázek, který byl přes pevnou kladku, upevněnou na jedné straně skeneru, obtočen kolem hřídele spojené s mechanickou kličkou (obr. 2). Napnutí provázku zajišťovala přídatná pružina s velkou tuhostí.

Výsledný skenogram se automaticky ukládá ve formátu JPG na microSD kartu, která je zasunuta z vnější strany skeneru a lze ji bez problému

kdykoliv vyjmout. Skener je také vybaven USB rozhraním, přes které lze nasnímaný obrázek přenést pomocí kabelu do počítače.



Obr. 1 Ruční skener SCANLINE MT4090



Obr. 2 Pohled na vyrobený skener

Pro pokusy, kterými demonstrujeme zákon odrazu a lomu, jsme použili dokumentovou web kameru IPEVO P2V s rozlišením až 1600×1200 pixelů. Tato dvou megapixelová USB kamera slouží primárně ke snímání dokumentů nebo obrázků v učebnici. Je to také ale výborný prostředek pro snímání experimentů, které jsou zejména ze zadních pozic tříd špatně viditelné. Obraz je z kamery přenášen do počítače, který lze propojit s dataprojektorem. Na velkém plátně jsou pak dobře viditelné i ty nejmenší detaily experimentu. Kamera má šestinásobný digitální zoom, možnost volby expozice snímaného obrazu, umožňuje práci ve full screen módu a obraz zachytit do fotografie ve formátu JPG nebo videa do 30 snímků za sekundu při rozlišení 640×480 pixelů.

V další části příspěvku popíšeme několik experimentů z oblasti teorie kmitů a optiky.

Demonstrace sinusového průběhu kmitů kyvadla

Při realizaci experimentu jsme vycházeli z jediné dostupné publikace na toto téma [1]. Kyvadlo je třeba sestavit z nějaké kovové tyčinky o délce cca 10–15 cm, kterou zavěsíme oběma konci pomocí kancelářských sponek na tyč upevněnou horizontálně do laboratorního stojanu (obr. 3). Výška kyvadla nad skenerem by měla být co nejmenší, aby byl výsledný skenogram dobře viditelný.



Obr. 3 Kmity kyvadla – uspořádání experimentu

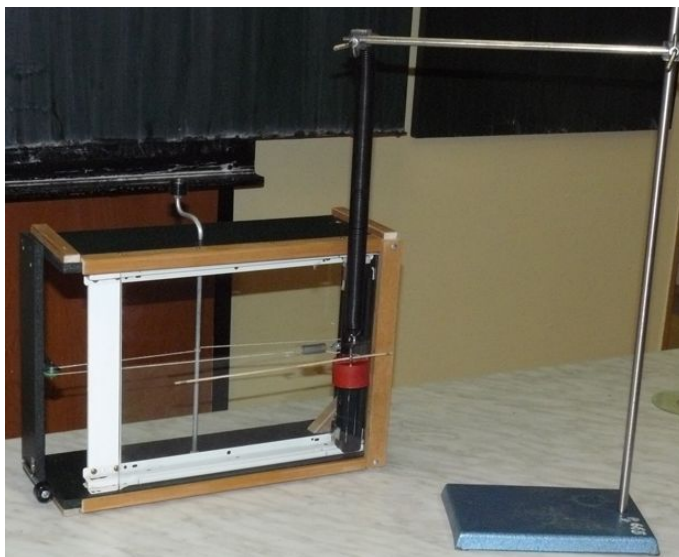
Kyvadlo rozkmitáme kolmo na směr pohybu ručního skeneru a spustíme samotné skenování. Ruční skener zaznamenává periodický pohyb kyvadla a zároveň v reálném čase vykresluje výslednou křivku, kterou můžeme vidět na obr. 4. Na skenogramu lze pozorovat i útlum amplitudy a lze tedy současně demonstrovat i tlumené kmity.



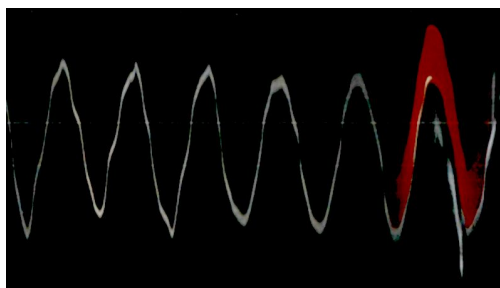
Obr. 4 Skenogram kmitů kyvadla

Demonstrace sinusového průběhu kmitů pružinového oscilátoru

Experiment sestavíme obdobným způsobem s tím rozdílem, že skener bude nyní pracovat ve vertikální poloze. Místo kovové tyčinky použijeme při realizaci kmitů špejli, kterou přichytíme pomocí izolepy k závaží zavěšenému na pružině. Uspořádání experimentu je na obr. 5 a zachycený skenogram na obr. 6.



Obr. 5 Kmity pružinového oscilátoru – vertikální poloha skeneru

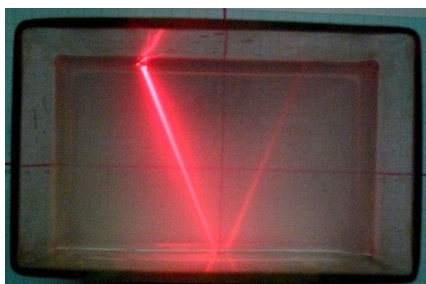


Obr. 6 Skenogram kmitů pružiny

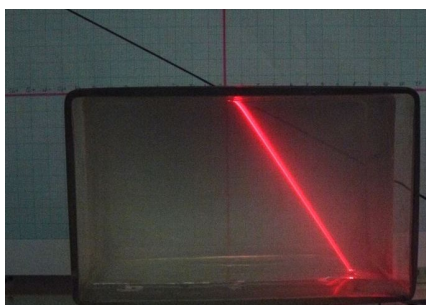
Ověření zákona odrazu a lomu

Zákon odrazu a lomu jsme realizovali s využitím skleněné vany naplněné vodou a laserového ukazovátka jako zdroje světla. Do vody jsme pro lepší viditelnost probíhajícího paprsku přidali několik kapek mléka. Pod vanu jsme umístili milimetrový papír s vyznačenými souřadnými osami, abychom dokázali experiment vyhodnotit i kvantitativně.

Původní záměr, využít k záznamu odraženého nebo lomeného paprsku skener, se ukázal jako lichý. Skener nedokázal ostře nasnímat laserový paprsek ani v rozptylujícím prostředí vody s mlékem. Na sejmutí obrazu jsme tedy použili dokumentovou kameru, která shora snímala průběh dopadajícího a odraženého, resp. lomeného paprsku. Z nasnímaných obrázků pak můžeme pomocí nějakého grafického softwaru (např. Corel Draw) nebo pomocí tištěné verze ověřit změřením příslušných úhlů platnost zákona odrazu i lomu. V případě zákona lomu je dobré na milimetrový papír tužkou vyznačit i směr dopadajícího paprsku (na obr. 8 černě). Výsledky realizace obou pokusů jsou na obr. 7 a obr. 8.



Obr. 7 Ověření zákona odrazu



Obr. 8 Ověření zákona lomu

Pro úhel dopadu $\alpha = 30^\circ$ byla zjištěna naměřená hodnota úhlu lomu $\beta = 24^\circ$, která dobře koresponduje s teoreticky vypočítanou hodnotou $23,5^\circ$ (pro prostředí vzduch–voda). Při realizaci zákona odrazu jsme do vody umístili malé zrcátko. Laserový paprsek jsme pak zaměřili tak, aby se bod odrazu při pohledu shora nacházel na jedné ze souřadných os nakreslených na milimetrovém papíru. Naměřený úhel odrazu 23° se shodoval s úhlem dopadu.

Na závěr poznamenejme, že příslušné úhly nemusíme nutně měřit úhloměrem nebo příslušným nástrojem na měření úhlů v daném grafickém programu. Ke zjištění velikosti úhlu odrazu nebo lomu můžeme použít i trigonometrické funkce.

Ověření vztahu pro ohyb světla na optické mřížce

V tomto experimentu jsme jako zdroj světla využili postupně červené laserové ukazovátka o vlnové délce 650 nm, zelený laser o vlnové délce 532 nm a fialový laser o vlnové délce 405 nm. Optickou mřížku jsme vytvořili z CD disku, ze kterého jsme pomocí izolepy odstranili bílý potisk, takže jsme získali průhlednou optickou mřížku s mřížkovým parametrem $b = 1,6 \cdot 10^{-6}$ m, který odpovídá počtu 625 drážek na 1 mm záznamu [2].

Laserový paprsek směřoval kolmo přes CD na plochu skeneru, na které byl umístěn lícovou stranou dolů milimetrový papír (obr. 9).



Obr. 9 Určení vlnové délky světla laserového ukazovátka – uspořádání experimentu

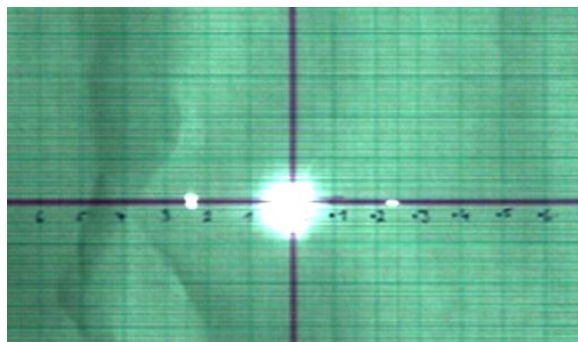
Měření jsme provedli pro různé vzdálenosti l CD disku od plochy skeneru tak, aby vzdálenost nultého a prvního maxima y nepřesáhla plochu skeneru. Na nasnímaném skenogramu (obr. 10) lze pak přímo změřit polohu maxim prvního řádu a z níže uvedeného vztahu vypočítat hodnotu vlnové délky λ laserového světla:

$$\lambda = \frac{b}{\sqrt{\frac{l^2}{y^2} + 1}}$$

Naměřená data jsou uvedena v tabulce 1.

Typ laseru	l (cm)	y (cm)	λ (nm)
red (650 nm)	4,9	2,4	704
	14,5	6,5	655
	20,5	9,3	661
green (532 nm)	3,0	1,1	551
	14,2	5,1	541
	34,1	12,3	543
purple (405 nm)	9,0	2,4	412
	14,5	3,9	416
	18,9	5,0	409

Tab. 1



Obr. 10 Skenogram difrakčního obrazce s jasně viditelnými maximy

Při měření je velice důležité změřit co nejpřesněji (s přesností na desetin milimetru) jak vzdálenost CD disku od plochy skeneru, tak vzdálenost maxim. I drobná nepřesnost se projeví velkou odchylkou (řádově desítky nm) ve výpočtu výsledné vlnové délky laserového světla.

Přesnějších výsledků jsme dosáhli při větší vzdálenosti CD disku od plochy skeneru. Průměrná hodnota vlnové délky pro červený laser činila 673 nm (hodnota udávaná výrobcem je 650 nm), pro zelený laser jsme získali průměrnou hodnotu 545 nm (hodnota udávaná výrobcem je 532 nm) a nakonec pro fialový laser byla určena průměrná hodnota vlnové délky 412 nm (hodnota udávaná výrobcem je 405 nm).

Závěr

Při našich experimentech se skenerem a dokumentovou kamerou jsme ověřili na několika experimentech z oblasti optiky a teorie kmitů, že lze tato zařízení poměrně snadným způsobem použít jako atraktivní demonstrační pomůcky. Výhodou je také relativně příznivá cenová dostupnost použitých zařízení, která může pro řadu základních i středních škol představovat zajímavou alternativu k tradičně prováděným demonstračním experimentům. V případě, že je školní fyzikální laboratoř vybavena počítačovou technikou, lze všechny výše uvedené experimenty realizovat i v rámci frontálních laboratorních cvičení.

Literatura

- [1] *Gregorčič, B.*: Use of computer scanner in physics instruction. [online]. Dostupné z: http://www.mediafire.com/view/db5phg5xvf1dp66/Plenary_talk_-_Bor_Gregorcic.pdf [cit. 2014-02-11].
- [2] *Lepil, O.*: Fyzika pro gymnázia. Optika. Praha, Prometheus, 2002.