

Úloha VI.E ... Domácí kutilství

7 bodů; průměr 6,07; řešilo 15 studentů

Zapomenout si cestou na nákup brýle je nepříjemné. Jako správní fyzikové si ovšem umíme poradit, a to rychlou výrobou spolehlivé lupy z materiálů, které máme jistě běžně po kapsách.

Vyrobte si doma spojnou čočku. Spoustu návodů můžete najít i na internetu¹, kreativité se však meze nekladou. Můžete použít vše od hydrogelových kuliček, přes dna sklenic až po kapky vody. Postup výroby pečlivě zdokumentujte a změřte ohniskovou vzdálenost vaší čočky pomocí světla z velmi vzdáleného zdroje, jehož paprsky lze považovat za rovnoběžné. Takový zdroj je např. Slunce. Pro něj lze formulovat zobrazovací rovnici pro tenkou čočku, podle které je ohnisková vzdálenost rovna vzdálenosti čočky a místa, kde se paprsky zdroje soustředí do jednoho bodu.

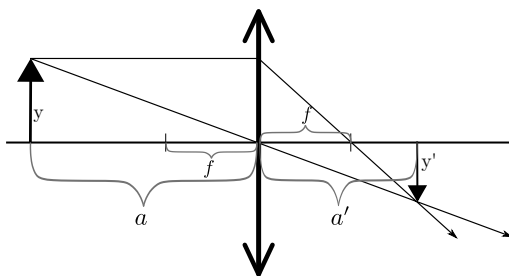
Nezapomeňte uvést metodu měření a její přesnost.

Teorie

Čočkou ve fyzice rozumíme zobrazovací soustavu, která zobrazuje pomocí lomu paprsku na dvou zakřivených plochách. Čočky rozdělujeme na *spojky* a *rozptylky*, přičemž my se budeme v této úloze zabývat pouze spojkami. Čočky jsou charakterizovány veličinou zvanou *ohnisková vzdálenost* f , která je pro spojky vždy kladná. Zobrazování čočkou pak můžeme popsat zobrazovací rovnicí

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f}, \quad (1)$$

kde a je *předmětová vzdálenost* neboli vzdálenost zobrazovaného předmětu od čočky a a' je *obrazová vzdálenost* neboli vzdálenost vzniklého obrazu od čočky. Zobrazení čočkou je vykresleno na obrázku 1.



Obrázek 1: Zobrazení čočky

Pokud jako zdroj použijeme sluneční světlo, můžeme předmětovou vzdálenost považovat za nekonečnou a ze zobrazovací rovnice (1) tak dostáváme

$$a' = f,$$

tedy že ostrý obraz slunečního světla bude od čočky ve stejné vzdálenosti, jako je její ohnisková vzdálenost.

¹https://www.youtube.com/watch?v=Za_hiresks0

Výroba čočky

Vyrobíme si dvě čočky podle videonávodu přiloženého k zadání. Při jejich výrobě nejprve vystříháme kulové úseče z plastové lahve, pak dvě úseče slepíme tavicí pistolí a mezi ně nalijeme vodu. Postup výroby čočky je zdokumentován na fotografii na obrázku 2.



Obrázek 2: Postup výroby čočky

Jako další dvě čočky použijeme sklenici vody a lahev vody, které fungují jako válcová čočka. Máme tedy čtyři čočky s různými ohniskovými vzdálenostmi, na kterých budeme provádět měření.

Výsledky měření

Během měření jsme směrem od stínítka natáhli metr a podél něj posouvali čočku, dokud se obraz slunečního světla na stínítku nezaostřil. Kvůli nenulové tloušťce čočky i nepřesnému určení ohniska jsme určili chybu měřidla jako 0,5 cm. Měření bylo pro každou čočku třikrát zopakováno. Směrodatná odchylka byla vypočtena dle vzorce

$$\sigma_A(f) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\bar{f} - f_i)^2}{n(n-1)}}.$$

Protože je vypočtená směrodatná odchylka výrazně menší než nejistota metru, považujeme za chybu měření nejistotu metru 0,5 cm. Výsledky měření jsou uvedeny v tabulce 1.

čočka	$\frac{f}{\text{cm}}$			
	lahev	sklenice	čočka 1	čočka 2
1	8,2	6,6	4,0	3,7
2	8,1	6,1	4,1	3,4
3	7,5	6,6	4,6	3,4
průměr	7,9	6,4	4,2	3,5
σ_A	0,2	0,2	0,2	0,1

Tabulka 1: Měření ohniskových vzdáleností

Diskuse a závěr

Při výrobě čoček z PET lahve jsme narazili na problém, že pokud se mezi vystřižené části nedá dostatečné množství náplně z tavicí pistole, části k sobě dostatečně nepřilnou a voda vytéká. Zároveň vystřižené části plastu nejsou dokonale parabolické, takže čočka nezobrazuje ideálně všechny paprsky do jednoho bodu, což snižuje přesnost měření. Přesnost určení polohy čočky 0,5 cm je vzhledem k velikostem ohniskových vzdáleností čoček z PET lahví malá, tedy relativní chyba měření je velká. Pro válcové čočky je nejistota měření menší, ale zase je těžší určit polohu čočky kvůli její tloušťce, protože výše uvedené vzorce platí pro aproximaci nekonečně tenké čočky (my jsme zde za polohu čočky považovali její střed).

Kateřina Rosická
kackar@vyfuk.org

Korespondenční seminář Výfuk je organizován studenty a přáteli MFF UK. Je zastřešen Oddělením propagace a mediální komunikace MFF UK a podporován Katedrou didaktiky fyziky MFF UK, jejími zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků. Realizace projektu byla podpořena Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.
Pro zobrazení kopie této licence navštivte <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.