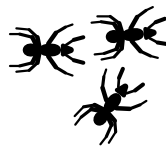


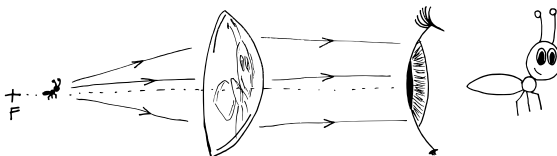
Úloha I.4 ... Mravenci na slunci

6 bodů; průměr 3,62; řešilo 61 studentů

Soňa našla starou krabici a v ní troje brýle. První měly kruhové čočky o poloměru $r = 2,5$ cm a optické mohutnosti $\varphi_1 = 10$ D (dioptrií)¹. Čočky druhých brýlí byly tvaru čtverce o straně $a = 5$ cm a jejich optická mohutnost $\varphi_2 = 6,25$ D. Třetí brýle měly čočky ve tvaru rovnostranného trojúhelníka o straně $b = 5$ cm a optickou mohutnost $\varphi_3 = 20$ D. Soňa pak šla s těmito brýlemi ven na polední slunce pozorovat mravence. Kterými brýlemi si při vzdálenosti $h = 10$ cm mravence zvětší, ale neupeče je? Kterými brýlemi dosáhne největšího výkonu ohřevu, když si pak bude chtít rozdělat oheň na opékání špekáčků (při rozdělávání ohně může Soňa brýle umístit do libovolné vzdálenosti)?



Nejprve bychom si měli připomenout, jakým způsobem fungují brýle nebo lupy. Pokud si obraz zvětšujeme takovým způsobem, že jej pozorujeme přímo na čočce (tedy ne na nějakém stínítku), říkáme mu obraz nepravý (někdy neskutečný). Takovýto obraz lze pozorovat, pokud je pozorovaný předmět ke spojné čočce blíže než její ohnisko. Jinými slovy, vzdálenost předmětu h nesmí být od čočky větší než ohnisková vzdálenost f .



Obr. 1: Jak spojná čočka brýlí funguje jako lupa.

Ohniskovou vzdálenost čočky můžeme určit z její optické mohutnosti φ , která se udává v jednotkách, které nejspíše znáte, totiž v dioptriích. Ohniskovou vzdálenost vypočítáme v metrech podle následujícího vzorce:

$$f = \frac{1}{\varphi}.$$

Když dosadíme za φ pro jednotlivé brýle, dostáváme $f_1 = 10$ cm, $f_2 = 16$ cm a $f_3 = 5$ cm. Vidíme, že druhé brýle určitě použít můžeme, protože $h < f_2$ (mravenec je tedy před ohniskem a vznikne zvětšený obraz). Zato třetími brýlemi si rozhodně mravence nezvětšíme, obdrželi bychom skutečný obraz, který nelze pozorovat očima přímo (bylo by možné ho promítnout na stínítko).

Použitím prvních brýlí, kde by mravenec byl přímo v ohnisku, bychom obraz neobdrželi, a navíc by hrozilo, že sluneční světlo mravence uskvaří. Jedna z vlastností čoček totiž je, že se rovnoběžně přicházející paprsky (ze Slunce) sbíhají do ohniska. V ohnisku se tak seběhne hodně paprsků, které by mohly mravence uskvařit.

Dále se úloha ptá na výkonnost ohřevu. Tento výkon je zcela nezávislý na ohniskové vzdálenosti, závisí pouze na ploše obsahu čočky (tedy na „množství“ slunečních paprsků, které na čočku dopadnou). Na každý metr čtvereční na Zemi, kdybychom jej umístili kolmo ke Slunečním paprskům, dopadá nejvýše 1 360 W. Proto stačí porovnat plochy čoček.

Obsah první čočky určíme ze vztahu pro výpočet obsahu kruhu:

$$S_1 = \pi r^2.$$

¹Optická mohutnost je převrácená hodnota ohniskové vzdálenosti.

Dosadíme-li v centimetrech, obdržíme obsah $S_1 \doteq 19,6 \text{ cm}^2$. Obsah druhé čočky je obsah čtverce o straně $a = 5 \text{ cm}$:

$$S_2 = a^2.$$

Obsah čočky nám vychází jako $S_2 = 25 \text{ cm}^2$. Třetí čočka má tvar rovnostranného trojúhelníku. Obsah rovnostranného trojúhelníku se stranami o délce b a výškou v_b spočítáme jako:

$$S_3 = \frac{bv_b}{2} = \frac{b \cdot b \cdot (\sqrt{3}/2)}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4} b^2,$$

protože v rovnostranném trojúhelníku je $v_b = b\sqrt{3}/2$ (z Pythagorovy věty). Dosadíme-li, obdržíme výsledek $S_3 \doteq 10,8 \text{ cm}^2$.

Nejvýhodnější je tedy k zapálení ohně použít čtvercové brýle, protože mají největší plochu. Soňa musí brýle umístit tak, aby objekt (papír, dřevo), který chce zapálit, byl v ohniskové vzdálenosti brýlí.

Poznámka: v reálném světě se jen velmi zřídka potkáte s brýlemi o 20 dioptriích. Většina zmiňovaných hodnot se často pohybuje mezi -5 a $+5 \text{ D}$, přičemž tyto hodnoty často neoznačují optickou mohutnost čočky brýlí jako takovou, ale spíše jak velká je korekce ohniskové vzdálenosti celkové soustavy s okem.

Marco Souza de Joode
joode@vyfuk.mff.cuni.cz

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.

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