

## Úloha VI.S ... laserujeme

10 bodů; (chybí statistiky)

1. Jak velká musí být apertura prostorového filtru, jestliže jsme pro jeho sestavení použili čočku o průměru 40 cm a ohniskové vzdálenosti 4 m? Laserový svazek s gaussovským profilem má na vstupu průměr 30 cm a vlnovou délku 1 053 nm. Poloměr ohniska (tedy parametr  $\sigma$ ) gaussovského svazku můžeme vypočítat podle vzorce

$$r = \frac{2}{\pi} \lambda \frac{f}{D},$$

kde  $D$  je průměr svazku,  $f$  je ohnisková vzdálenost čočky a  $\lambda$  je vlnová délka laseru.

2. Jakou energii musí mít laserový svazek, který je fokusován na povrch palivové peletky o poloměru 1 mm, aby byla dosažena intenzita v ohnisku  $10^{14} \text{ W} \cdot \text{cm}^{-2}$ ? Poloměr ohniska je  $25 \mu\text{m}$  a délka pulzu 10 ns. Kolik svazků celkem potřebujeme, abychom rovnoměrně pokryli povrch peletky? Jaká je jejich celková energie?
3. Jakou energii musí mít laserový, fokusovaný tak, že na povrchu peletky nemá ohnisko, ale průměr svazku odpovídá průměru peletky? Chceme s ním dosáhnout stejné intenzity, jako v předchozím případě. Předpokládejte, že takový svazek máme jeden a že je schopný homogenně ozářit celou peletku „ze všech stran“.

V prvej časti sa jedná len o dosadenie do vzťahu pre polomer ohniska  $r$  a správnu premenu jednotiek. Treba si však uvedomiť, že do vzťahu pre výpočet ohniska nedosadzujeme priemer šošovky ale priemer laserového zväzku

$$r = \frac{2 \cdot 1,053 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot 4 \text{ m}}{\pi \cdot 0,3 \text{ m}} = 8,94 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 8,94 \mu\text{m}.$$

Táto hodnota sa volá aj difrakčný limit a určuje nám akú najmenšiu veľkosť ohniska môžeme dosiahnuť. Pri správnom nastavení fokusujúceho elementu sa v bežnej praxi pohybujeme okolo 1,2 – 1,5 násobku difrakčného limitu.

V druhej časti si jednoducho spočítame plochu peletky  $S_p = 4\pi r_p^2$ , kde  $r_p = 1 \text{ mm}$  berieme ako polomer peletky. Ak jeden paprsok zaostríme na plochu  $S_o = \pi r_o^2$ , potom počet potrebných zväzkov je

$$\begin{aligned} n &= \frac{S_p}{S_o}, \\ n &= 4 \left( \frac{r_p}{r_o} \right)^2, \\ n &= 6400. \end{aligned}$$

Teda dostávame, že pri danom ohnisku potrebujeme približne 6400 laserových paprskov.

Energiu laserového pulzu spočítame podľa známeho vzťahu  $E = P\tau$ , kde  $P$  je výkon lasera a  $\tau$  je dĺžka pulzu. Plošnú intenzitu  $\psi$  vypočítame ako  $\psi = P/S$ , kde  $S$  je plocha, v našom prípade povrch peletky  $S_o$ , na ktorú intenzita, resp. výkon  $P$  dopadá. Následne dosadíme do vzťahu pre energiu  $E = \tau \psi \pi r_o^2 = 1 \cdot 10^{-8} \text{ s} \cdot 10^{18} \text{ W} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \pi (25 \cdot 10^{-6} \text{ m})^2 = 19,63 \text{ J}$ .

V poslednej časti predpokladáme, že použijeme rovnaký postup ako pri predchádzajúcej podúlohe. Potrebujeme ozariť plochu  $S_p = 4\pi r_p^2$ , teda obdobne ako v minulom prípade  $E =$

$= 4\tau\psi\pi r_p^2 = 125,6 \text{ kJ}$ , čo je zároveň hodnota zodpovedajúca celkovému súčtu energií všetkých 6400 zväzkov z prechádzajúcej časti úlohy.

*Michal Červeňák*  
miso@fykos.cz

---

Fyzikální korespondenční seminář je organizován studenty MFF UK. Je zastřešen Oddělením propagace a mediální komunikace MFF UK a podporován Ústavem teoretické fyziky MFF UK, jeho 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 <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.