

Fotometrie: Bodový zdroj světla

Úkol

1. Změřte závislost osvětlení na vzdálenosti od zdroje pro několik vybraných zdrojů světla a vyberte který ze zdrojů se nejvíce blíží ideálnímu bodovému zdroji.
2. Pro vybrané bodové zdroje určete jejich světelný tok.
3. Změřte anizotropii vyzařování vybraného světelného zdroje.

Pomůcky

Měřidlo délky (pravítko, metr,...), zdroje světla (žárovka, svíčka, LED,...), mobilní telefon (ten chytrý) s fotoaparátem a aplikací Phyphox nebo LightMeter.

Úvod

Vlastnosti zdrojů světla, přenos světla prostorem a dopad světla na libovolný objekt popisují tzv. fotometrické veličiny: svítivost, světelný tok a intenzita osvětlení. Se **svítivostí** (I) jste se možná ještě neseznámili, její jednotku však znáte určitě – je to kandela (cd), jedna ze základních jednotek SI, a přibližně odpovídá svítivosti obyčejné svíčky. **Světelný tok** Φ vyzářený zdrojem o svítivosti 1 cd do jednotkového prostorového úhlu Ω (1 sr) je 1 lumen (lm). Vztah mezi svítivostí a světelným tokem pak lze vyjádřit $I = \Delta\Phi/\Delta\Omega$. Patrně nejnámější fotometrickou veličinou je **intenzita osvětlení** (E), která je definována jako světelný tok dopadající na jednotkovou plochu. Jednotkou je lux ($\text{lm} \cdot \text{m}^{-2}$).

Tyto veličiny jsou definovány pro **bodový zdroj světla**, který je jedním z důležitých fyzikálních modelů s jednoduše vyjádřenou závislostí intenzity osvětlení na vzdálenosti od zdroje, $E = I/r^2$. Konstantou úměrnosti je v tomto případě svítivost. Světelný tok potom určíme ze svítivosti $\Phi = 4\pi I$.

Podrobné zadání experimentální úlohy

1. Změřte závislost osvětlení na vzdálenosti od zdroje pro několik vybraných zdrojů světla a na základě zpracování naměřených dat rozhodněte, který ze zdrojů se nejvíce blíží ideálnímu bodovému zdroji.
2. Pro vybrané bodové světelné zdroje určete hodnoty jejich svítivosti a světelného toku. Výsledky porovnejte s údaji od výrobce, nebo jinak určenou teoretickou hodnotou.
3. Vyberte jeden ze světelných zdrojů (nejlépe hodně směrový) a změřte anizotropii jeho vyzařování, tj. jak se mění osvětlení ve směru kolmém na osu zdroje pro pevně danou konstantní vzdálenost mezi zdrojem a detektorem. Výsledek vykreslete do polárního grafu.

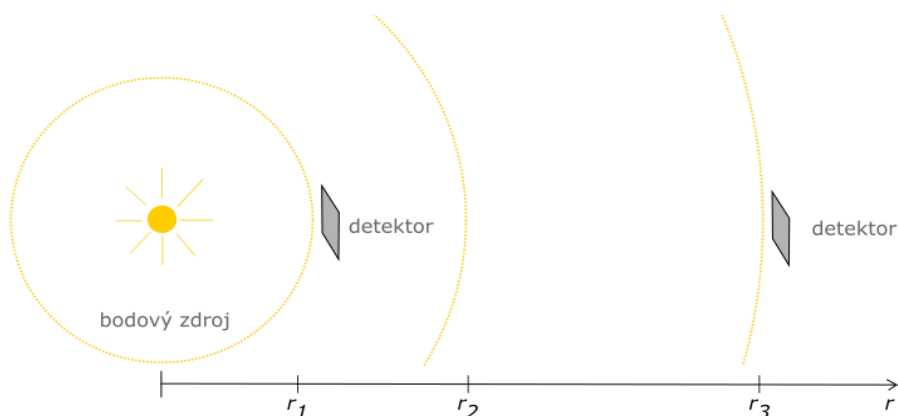
Tipy k měření

- Pozn. Naměřené křivky můžete fitovat např. pomocí A/r^x , kde by se x mělo blížit k hodnotě 2. Případně je možné vynést závislost $E(1/r^2)$ a porovnat odchylky od ideálně lineární závislosti. Pro fitování je možné použít Excel, Matlab, program SciDaVis (scidavis.sourceforge.net), ...
- Zamyslete se, jak ovlivní Vaše měření okolní světlo a prostředí, ve kterém experiment provádíte.

Dodatek:

Napadlo vás, proč závislost intenzity osvětlení na vzdálenosti od zdroje je úměrná právě $1/r^2$? Je to dáno charakterem světla? Nebo to závisí na zdroji světla? Ne, správná odpověď je: Intenzita světla klesá s druhou mocninou vzdálenosti od zdroje kvůli tomu, že žijeme ve trojrozměrném prostoru – je to důsledek prosté geometrie. Pokud máme ideální bodový zdroj s daným výkonem, vyzařuje světlo

rovnoměrně do všech směrů. Jinými slovy, světelný tok také vyjadřuje, jaké množství světelné energie zdroj vyžáří do daného prostorového úhlu za jednotku času, s přihlédnutím na citlivost oka. A energie vztažená na jednotku času je vlastně výkon. Zdroj má tedy daný (konstantní) výkon a vyzařuje rovnoměrně energii do všech směrů (prostorový úhel 4π sr). Intenzita osvětlení je však světelný tok vztažený na jednotku plochy (váš detektor – oko nebo solární panel – má omezenou plochu).



Obrázek 1. Šíření světla z bodového zdroje. Stejný světelný tok prochází s rostoucí vzdáleností od zdroje stále větší plochou (povrchem koule) $S=4\pi r^2$.

Dokážete si tedy jistě představit, že čím dál jste od zdroje, tím větší je plocha koule, do které zdroj vyzařuje svým daným výkonem. Jak se tedy od zdroje vzdalujete, zachytává váš detektor pouze menší a menší množství energie, protože poměr jeho plochy vůči celé kouli je stále menší. Plocha koule je totiž $S = 4\pi r^2$ zatímco plocha detektoru je konstantní. A to je tedy původ r^2 v závislosti.

Přesně z tohoto důvodu například nemá smysl vyslat vesmírnou sondu se solárními panely dále, než je přibližně oběžná dráha Jupiteru. Ve větší vzdálenosti je již intenzita světla tak malá, že energie získaná ze solárních panelů nestačí na napájení přístrojů. Soudy vyslané daleko od slunce tedy musí mít jiný zdroj elektrické energie, např. radioizotopový termoelektrický generátor.