

# Fotometrie

Elektromagnetické vlnění, tedy i světlo, je nositelem energie. Světlo šířící se prostorem lze tedy charakterizovat energií či výkonem procházejícími v daném směru jednotkovou plochou. To jsou veličiny *energetické*. Ve viditelné oblasti spektra je však v řadě případů nutné charakterizovat záření podle světelného vjemu, který vyvolává v lidském oku. Odpovídající veličiny a jejich jednotky se nazývají *fotometrické*.

Fotometrie tedy definuje a studuje veličiny charakterizující působení světelného záření na lidské oko. Pro účely fyzikálního praktika zde stručně zavedeme následující fotometrické veličiny: svítivost (základní fotometrická veličina), světelný tok, jas a osvětlení.

*Svítivost* charakterizuje především bodový zdroj světla, tj. zdroj, jehož rozměry jsou zanedbatelné vůči vzdálenosti, z níž zdroj studujeme. Je to základní fotometrická veličina v soustavě SI. Svítivost vyjadřuje schopnost bodového zdroje vyvolat v daném bodě zrakový vjem. Její jednotkou je kandela (cd). U *anizotropních* zdrojů závisí svítivost na směru; prostorové rozložení svítivosti takových zdrojů znázorňujeme fotometrickým diagramem – z pevného bodu, který ztotožňujeme se zdrojem, vynášíme vektory všech možných směrů takové, že velikost každého vektoru udává svítivost zdroje v příslušném směru (u *izotropního* zdroje je prostorovým fotometrickým diagramem koule).

*Světelný tok* vysílaný bodovým zdrojem o svítivosti  $J$  do prostorového úhlu  $d\Omega$  v daném směru je definován vztahem

$$d\Phi = J d\Omega.$$

Pro izotropní zdroj světla je světelný tok  $\Phi$  do celého prostoru, tj. prostorového úhlu  $4\pi$ , dán tedy jako

$$\Phi = 4\pi J.$$

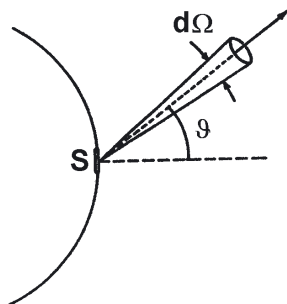
Jednotkou světelného toku je lumen (lm). Je to světelný tok vyzařovaný do prostorového úhlu 1 steradiánu bodovým zdrojem světla, jehož svítivost do všech směrů je 1 kandela (cd).

Energetická veličina, odpovídající světelnému toku  $\Phi$ , je zářivý tok  $\Phi_e$ , který udává množství energie nesené zářením v daném směru za 1 sekundu. Jednotkou zářivého toku je watt (W). Podíl světelného toku  $\Phi$  a odpovídajícího zářivého toku  $\Phi_e$  se nazývá světelnou účinností zdroje  $K$

$$K = \frac{\Phi}{\Phi_e} \quad (\text{lm} \cdot \text{W}^{-1}).$$

$K$  závisí na vlnové délce a představuje křivku spektrální citlivosti průměrného lidského oka, proto je  $K$  rovno nule mimo oblast viditelného spektra; tedy zdroj např.

výkonného záření v ultrafialové oblasti spektra ( $\lambda < 400 \text{ nm}$ ) vysílá nulový světelný tok (!)



Obr. 3,1 K definici jasu

*Jas.* Pojem jasu se zavádí pro plošné (nikoli bodové) světelné zdroje. Jestliže vezmeme na povrchu zdroje malou plošku  $s$  (viz obr. 3,1) a představíme si z ní vystupující paprsek pod úhlem  $\vartheta$  k normále, pak jasnem zdroje v daném směru  $B_{\vartheta}$  nazýváme světelný tok  $d\Phi$  vystupující z plošky  $S$  v tomto směru, vztažený na jednotkový prostorový úhel a na jednotkovou velikost plošky ( $S \cos \vartheta$ ) viditelnou z daného směru:

$$B_{\vartheta} = \frac{d\Phi}{S \cos \vartheta d\Omega} = \frac{J_{\vartheta}}{S \cos \vartheta}. \quad (3.1)$$

Zde  $J_{\vartheta}$  je svítivost plošky  $S$  do vybraného směru.

Jas  $B_{\vartheta}$  se tedy obecně mění s úhlem  $\vartheta$ ; na první pohled by se mohlo zdát, že ze vztahu (3.1) vyplývá růst jasu  $B_{\vartheta}$  s rostoucím úhlem  $\vartheta$ , což je v rozporu s intuitivním očekáváním. Tento zdánlivý růst  $B_{\vartheta}$  je totiž ve skutečnosti do značné míry kompenzován poklesem svítivosti s růstem  $\vartheta$ . U mnoha světelných zdrojů lze tento pokles svítivosti plošných zdrojů popsat závislostí

$$J_{\vartheta} = J_0 \cos \vartheta, \quad (3.2)$$

kde  $J_0$  je svítivost zdroje ve směru normály ( $\vartheta = 0$ ). Takový zdroj se nazývá kosinový zářič a vztah (3.2) *Lambertův zákon*. Ze vztahu (3.1) pak ihned vyplývá, že pro kosinový zářič jeho jas nezávisí na směru. Jako příklad může sloužit homogenní svítící koule - zdá se nám být stejně jasná uprostřed i na krajích a proto se jeví jako plochá (Měsíc).

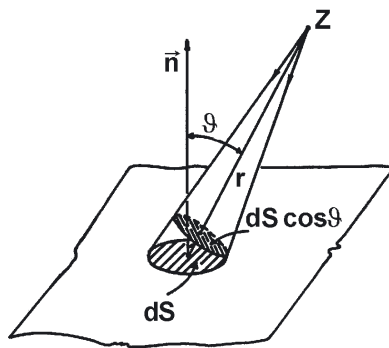
Jednotkou jasu je  $\text{cd}/\text{m}^2$ . Je to jas povrchu jehož svítivost v kolmém směru činí 1 cd z každého metru čtverečního.

*Osvětlení.* Osvětlením  $E$  dané plochy se rozumí poměr světelného toku  $\Phi$  dopadajícího rovnoměrně na ozařovanou plochu a velikosti této plochy  $S$ :

$$E = \frac{\Phi}{S}.$$

Nech. je zdroj bodový, má svítivost  $J$  a paprsky dopadají pod úhlem  $\vartheta$  k normále osvětlované plochy (viz obr. 3,2). Pak světelný tok do prostorového úhlu

$$d\Omega = \frac{dS \cos \vartheta}{r^2}$$



Obr. 3,2 K definici osvětlení

je dle definice

$$d\Phi = J d\Omega = \frac{J dS \cos \vartheta}{r^2}.$$

Vydělením velikostí plochy  $dS$  na povrchu máme

$$E = \frac{d\Phi}{dS} = \frac{J}{r^2} \cos \vartheta. \quad (3.3)$$

Osvětlení je tedy nepřímo úměrné čtverci vzdálenosti od bodového zdroje a je tím slabší, čím „šikměji“ dopadají paprsky na osvětlovaný povrch. Jednotkou osvětlení je lux (lx). Je to osvětlení produkované světelným tokem 1 lm, rovnoměrně dopadajícím na plochu 1 m<sup>2</sup>. S pojmy svítivost, osvětlení a jas budete pracovat v úloze 3.1 Měření fotometrického diagramu. Fotometrické veličiny a jejich jednotky, kde se také seznámíte se základními metodami měření fotometrických veličin.