

Základy světelné techniky (3)

Světelnětechnické veličiny (1. část)

prof. Ing. Jiří Habel, DrSc., Elektrotechnická fakulta ČVUT V Praze

3. Světelnětechnické veličiny

Zrak člověka není uzpůsoben k tomu, aby v mozkových centrech vidění vznikaly počítky reagující na souhrnné působení záření za určitou dobu. Pro proces vidění není proto důležitá energie vyzářená zdroji za určitý čas, ale rozhodující je výkon, tedy zářivý tok zdrojů a zejména jeho prostorové rozdělení. Při hodnocení kvality osvětlení se posuzuje, do jaké míry osvětlení napomáhá postupu přijetí a zpracování informace přinášené světlem a usnadňuje proces vidění a vznik zrakového vjemu. Proto se ve světelné technice neposuzují energetické veličiny (např. zářivý tok, zářivost apod.), ale pracuje se s fotometrickými pojmy a veličinami, které respektují různou citlivost oka pozorovatele na záření různých vlnových délek. Pro zajištění jednotnosti světelnětechnických výpočtů se počítá s hodnotami spektrální citlivosti oka tzv. normálního fotometrického pozorovatele.

3.1 Světelný tok

Světelnětechnická veličina, která odpovídá zářivému toku a vyjadřuje schopnost zářivého toku způsobit zrakový počitek, resp. vjem, se nazývá *světelný tok*. Jednotkou světelného toku je *lumen* (lm). Světelný tok Φ monochromatického záření vlnové délky λ , jehož zářivý tok je Φ_e , se určí ze vztahu

$$\Phi(\lambda) = K(\lambda) \Phi_e(\lambda) = K_m V(\lambda) \Phi_e(\lambda) \quad (\text{lm}; \text{lm} \cdot \text{W}^{-1}, -, \text{W}) \quad (3.1)$$

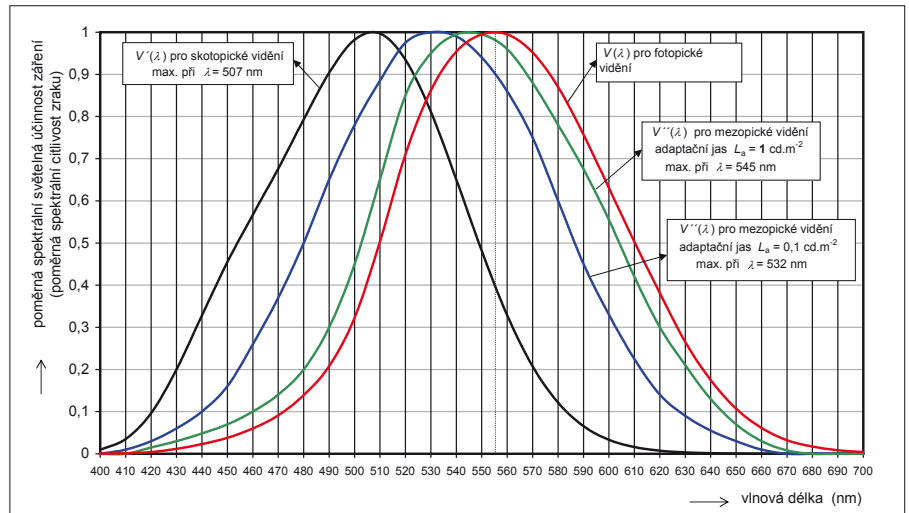
Veličina $K(\lambda)$ ($\text{lm} \cdot \text{W}^{-1}$) je *světelný účinek monochromatického záření* rovný poměru světelného toku a jemu odpovídajícího zářivého toku. Většinou se veličina $K(\lambda)$ vyjadřuje součinem maximální hodnoty K_m spektrálního průběhu veličiny $K(\lambda)$ a světelné účinnosti $V(\lambda)$ monochromatického záření, tj. vztahem

$$K(\lambda) = K_m V(\lambda)$$

kde je $V(\lambda)$ *světelná účinnost* monochromatického záření definovaná vztahem

$$V(\lambda) = \frac{K(\lambda)}{K_m} \quad (-; \text{lm} \cdot \text{W}^{-1}, \text{lm} \cdot \text{W}^{-1}) \quad (3.2)$$

Z hlediska individuálního pozorovatele je veličina $V(\lambda)$ totožná s poměrnou



Obr. 3.1. Průběhy poměrné spektrální citlivosti oka, resp. poměrné spektrální světelné účinnosti záření pro různé adaptační jasy L_a

spektrální citlivostí zraku pozorovatele (obvykle normálního fotometrického pozorovatele při fotopickém vidění).

V soustavě SI se jednotky světelnětechnických veličin odvozují od základní jednotky svítivosti (1 kandela), tj. od svítivosti zdroje záření o jediné frekvenci $\nu = 540 \cdot 10^{12}$ Hz, při zářivosti zdroje v daném směru $1/683 \text{ W} \cdot \text{sr}^{-1}$ (wattů na steradián).

Zmíněná frekvence ν odpovídá ve standardním ovzduší tzv. základní vlnové délce λ_m

$$\lambda_m = \frac{c}{\nu} = \frac{2,997\,086\,40 \cdot 10^8}{540 \cdot 10^{12}} = 555,015\,5 \text{ nm} \approx 555 \text{ nm} \quad (3.3)$$

kde c je rychlost světla v uvažovaném standardním prostředí (teplota 20°C , relativní vlhkost 50 %, tlak 1 013,247 2 hPa, index lomu $N = 1,000\,279\,668$), která se stanovuje na základě známé rychlosti světla $c_0 = 2,997\,924\,59 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ve vakuu ze vztahu

$$c = \frac{c_0}{N} = \frac{2,997\,924\,59}{1,000\,279\,668} = 2,997\,086\,40 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (3.4)$$

Mezinárodní orgány CIE a ISO v souladu s definicí kandely schválily, že maximum K_m světelného účinku záření $K(\lambda)$ odpovídající monofrekvenčnímu záření základní vlnové délky $\lambda = \lambda_m =$

$= 555,015\,5 \text{ nm}$ dosahuje u normálního fotometrického pozorovatele při fotopickém (denním) vidění hodnoty $K_m = 683 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1}$. Uvedená konstanta (K_m) představovala v dané době (v roce 1979) nejlepší odhad maxima světelného účinku záření pro fotopické vidění, který zachovával předchozí úroveň fotopické kandely. Jde o důležitou konstantu, která spojuje fyzikální fotometrii a optickou radiometrii.

Příklad

Z rovnice (3.1) lze ověřit, že monofrekvenčnímu zářivému toku $\Phi_e = 1 \text{ W}$ o vlnové délce $\lambda = 650 \text{ nm}$, kdy $V(\lambda) = 0,107$, odpovídá při fotopickém vidění světelný tok $\Phi = 683 \cdot 1 \cdot 0,107 = 73 \text{ lm}$, zatímco půjde-li o záření vlnové délky $\lambda = 550 \text{ nm}$, kdy $V(\lambda) = 0,995$, je odpovídající světelný tok podstatně větší:

$$\Phi = 683 \cdot 1 \cdot 0,995 = 680 \text{ lm}$$

Poznámka: Hodnoty funkce $V(\lambda)$ lze zjistit např. z grafu na obr. 3.1.

Stejně jako byly pro fotopické vidění definovány veličiny $V(\lambda)$ a $K(\lambda)$, byly pro skotopické (noční) vidění stanoveny veličiny $V'(\lambda)$ a $K'(\lambda)$. Funkce standardní poměrné spektrální světelné účinnosti CIE $V(\lambda)$ a $V'(\lambda)$ byly oficiálně přijaty Mezinárodní komisí pro míry a váhy (CIMP) v letech 1972 a 1976.

Spektrální průběhy funkcí $V(\lambda)$ a $V'(\lambda)$, tj. poměrných spektrálních citlivostí zraku normálního fotometrického pozorovatele při fotopickém a skotopickém vidění, jsou nakresleny na obr. 3.1. Podrobně

ji jsou funkce $V(\lambda)$ a $V'(\lambda)$ specifikovány v tabulkách, např. v normě ISO 23539 (2005) Photometry – The CIE system of physical photometry a ve stejné nazvané publikaci CIE S010 (2005).

Důležitým důsledkem definice kandelly je, že pro záření základní vlnové délky 555,015 5 nm je světelný účinek záření, tj. také spektrální citlivost zraku normálního fotometrického pozorovatele při fotopickém vidění $K(555,015\ 5)$ i při skotopickém vidění $K'(555,015\ 5)$, shodný a rovný $683\ \text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$, tzn. platí rovnice

$$K(555,015\ 5) = K'(555,015\ 5) = 683\ \text{lm}\cdot\text{W}^{-1} \quad (3.5)$$

Proto lze v těchto stavech vidění pracovat se světelnými toky udávanými v lumenech.

Při stanovování maximálních hodnot (K_m , K'_m) spektrálních průběhů světelných účinků záření $K(\lambda)$ a $K'(\lambda)$ se vychází z rovnice (3.2), z níž vyplývá pro záření libovolné vlnové délky λ (tedy i pro $\lambda_m = 555,015\ 5\ \text{nm}$) obecný vztah

$$K_m = \frac{K(\lambda_m)}{V(\lambda_m)} = \frac{K(555,0155)}{V(555,0155)} = \frac{683}{V(555,0155)} = \frac{683}{V(555)} \quad (3.6)$$

Z výrazu (3.6) vyplývají po dosazení hledaná maxima, a to

$$K_m = \frac{683}{V(555,0155)} = \frac{683}{0,999\ 997\ 1} = 683,002 \approx 683$$

– pro fotopické vidění $\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$ (3.7)

$$K'_m = \frac{683}{V'(555,015\ 5)} = \frac{683}{0,401\ 752\ 9} = 1\ 700,05 \approx 1\ 700$$

– pro skotopické vidění $\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$ (3.8)

kde $V(555,015\ 5) = 0,999\ 997\ 1$ a $V'(555,015\ 5) = 0,401\ 752\ 9$ jsou hodnoty funkcí $V(\lambda)$ a $V'(\lambda)$ zjištěné z průběhů nakreslených na obr. 3.1, resp. interpolací v podrobných tabulkách těchto funkcí [viz např. publikace CIE S010 (2005)].

Mezi krajními případy fotopického vidění (adaptační jas asi $100\ \text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$) a skotopického vidění (adaptační jas menší než asi $0,001\ \text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$) se nachází oblast tzv. mezopického vidění, s níž se lze v praxi běžně setkat např. ve veřejném osvětlení při osvětlování komunikací a v nouzovém osvětlení. Komplikovanost problému dokládá již sama skutečnost, že pro charak-

terizování každé situace v mezopické oblasti vidění (tj. pro každý adaptační jas) by bylo třeba stanovit danému případu odpovídající průběh poměrné spektrální citlivosti zraku pozorovatele, resp. poměrné světelné účinnosti záření, a teprve pak dělat potřebné světelnotechnické výpočty. Jednotný postup výpočtů a měření v oblasti mezopického vidění není doposud ani v rámci Mezinárodní komise pro osvětlování CIE vypracován.

Základní představu o změnách poměrné spektrální citlivosti zraku (resp. poměrné světelné účinnosti záření) v závislosti na adaptačním jasu zraku pozorovatele dávají grafy na obr. 3.1, kde jsou spolu s křivkami $V(\lambda)$ a $V'(\lambda)$ nakresleny také příklady průběhů poměrné spektrální citlivosti zraku v mezopické oblasti pro adaptační jasy $L_a = 1\ \text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$ a $0,1\ \text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$.

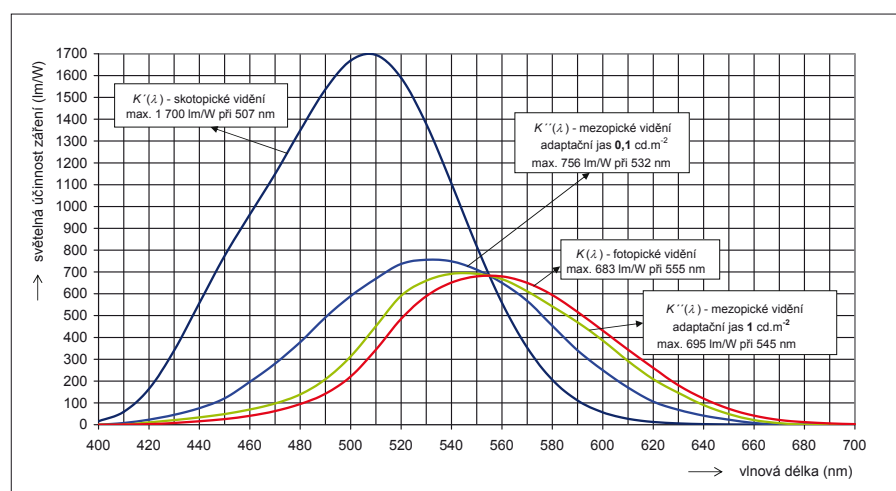
sům $L_a = 1\ \text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$ a $L_a = 0,1\ \text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$ a které jsou nakresleny na obr. 3.1.

Hledané světelné účinky záření $K''(\lambda)$ se pro záření jednotlivých vlnových délek λ stanoví jako součin maxima K''_m světelného účinku záření a zadané světelné účinnosti $V''(\lambda)$ záření, tj. ze vztahu

$$K''(\lambda) = K''_m V''(\lambda) \quad (\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}; \text{lm}\cdot\text{W}^{-1}, -) \quad (3.10)$$

Nejprve je třeba pro sledované průběhy $V''(\lambda)$ určit maximální hodnoty K''_m světelných účinků záření s využitím rovnice (3.9):

- ze zadané křivky $V''(\lambda)$ pro jas $L_a = 1\ \text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$ na obr. 3.1 se zjistí, že:
 - funkce $V''(\lambda)$ dosahuje maximální hodnoty rovné 1 pro $\lambda = 545\ \text{nm}$,
 - pro $\lambda = 555\ \text{nm}$ nabývá sledovaná funkce $V''(\lambda)$ hodnoty $V''(555) = 0,982\ 5$.



Obr. 3.2. Průběhy hodnot světelných účinků záření: $K(\lambda)$ – pro vidění fotopické, $K'(\lambda)$ – pro vidění skotopické, $K''(\lambda)$ – pro vidění mezopické (příklady pro adaptační jasy $L_a = 1\ \text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$ a $0,1\ \text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$)

Předpokládejme, že pro libovolný adaptační jas L_a zraku pozorovatele i v mezopické oblasti vidění je absolutní hodnota $K''(555)$ světelného účinku záření pro záření základní vlnové délky $\lambda_m = 555\ \text{nm}$ rovna hodnotě $683\ \text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$, tj. že platí vztah

$$K''(555) = K''(555) = K''(555) = 683\ \text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$$

Pak lze pro každý zjištěný spektrální průběh poměrné světelné účinnosti $V''(\lambda)$ odpovídající konkrétnímu adaptačnímu jasu L_a stanovit maximální hodnotu K''_m světelného účinku záření $K''(\lambda)$ z rovnice obdobné výrazu (3.8), tzn. ze vztahu

$$K''_m = \frac{683}{V''(555)} \quad (\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}; \text{lm}\cdot\text{W}^{-1}, -) \quad (3.9)$$

Příklad

Určete spektrální průběhy hodnot světelných účinků záření $K''(\lambda)$ pro zadané křivky poměrných světelných účinností $V''(\lambda)$, které odpovídají adaptačním ja-

Maximum K''_m průběhu světelného účinku $K''(\lambda)$ záření, které odpovídá funkci $V''(\lambda)$ pro $1\ \text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$, se pak stanoví podle vztahu (3.9) z rovnice

$$K''_m = 683/0,982\ 5 = 695\ \text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$$

- zcela analogicky se z křivky $V''(\lambda)$ pro jas $L_a = 0,1\ \text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$ nakreslené na obr. 3.1 určí, že:
 - funkce $V''(\lambda)$ dosahuje maxima ($= 1$) pro $\lambda = 532\ \text{nm}$,
 - pro $\lambda = 555\ \text{nm}$ nabývá funkce $V''(\lambda)$ hodnoty $V''(555) = 0,903\ 5$.

Maximální hodnota K''_m průběhu světelného účinku $K''(\lambda)$ záření, odpovídající funkci $V''(\lambda)$ pro $0,1\ \text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$, se pak vypočítá podle vztahu (3.9) z výrazu $K''_m = 683/0,903\ 5 = 756\ \text{lm}\cdot\text{W}^{-1}$.

Dosažením získaných výsledků do vztahu (3.10) lze již pro jednotlivé vlnové délky λ určit hodnoty veličin $K''(\lambda)$.

Nalezené spektrální průběhy hodnot světelných účinků záření $K''(\lambda)$ pro jasy $L_a = 1\ \text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$ a $L_a = 0,1\ \text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$ jsou spolu

s průběhy funkce $K(\lambda)$ pro fotopické vidění a funkce $K'(\lambda)$ pro skotopické vidění nakresleny na obr. 3.2.

Výsledky příkladu znázorněné na obr. 3.2 dokumentují jednak splnění výchozího předpokladu o stejné hodnotě ($683 \text{ lm}\cdot\text{W}^{-1}$) všech průběhů světelných účinků záření pro záření vlnové délky $\lambda_m = 555 \text{ nm}$, jednak nárůst hodnot maxim jednotlivých průběhů a jejich posun ke kratším vlnovým délkám s poklesem hodnot adaptačních jasů.

Světelný tok Φ záření složeného z různých monochromatických záření, jehož zářivý tok Φ_e je dán průběhem $\Phi_e(\lambda)$, se zjistí z rovnice

$$\Phi = 683 \int_0^\infty \left(\frac{d\Phi_e(\lambda)}{d\lambda} \right)_\lambda V(\lambda) d\lambda \quad (\text{lm}; \text{lm}\cdot\text{W}^{-1}, \text{W}\cdot\text{m}^{-1}, \text{m}) \quad (3.11)$$

kde je

$\left(\frac{d\Phi_e(\lambda)}{d\lambda} \right)_\lambda$ spektrální hustota zářivého toku Φ_e pro vlnovou délku λ .

Světelný tok Φ složeného záření $\Phi_e(\lambda)$ lze zjednodušeně určit takto:

Spektrum vlnových délek viditelného záření se rozdělí na dostatečný počet n malých úseků $\Delta\lambda$. V grafu spektrálního průběhu zářivého toku $\Phi_e(\lambda)$ se pro střední hodnoty vlnových délek λ_i jednotlivých úseků $\Delta\lambda_i$ odečtou hodnoty zářivých toků a hodnoty poměrné světelné účinnosti záření $V(\lambda_i)$ z průběhu $V(\lambda)$ na obr. 3.1. Rovnice (3.11) pak má tvar

$$\Phi = K_m \sum_{i=1}^n \left(\frac{\Delta\Phi_e(\lambda_i)}{\Delta\lambda_i} \right) V(\lambda_i) \Delta\lambda_i \quad (\text{lm}; \text{lm}\cdot\text{W}^{-1}, \text{W}\cdot\text{m}^{-1}, -, \text{m}) \quad (3.12)$$

Z uvedeného vyplývá, že světelný tok je vlastně zářivý tok zhodnocený zrakovým orgánem normálního fotometrického pozorovatele, a to obvykle při fotopickém vidění.

Podobně jako jsou pro monochromatické záření určeny veličiny $K(\lambda)$ a $V(\lambda)$, definují se pro složené záření pojmy *světelný účinek záření*

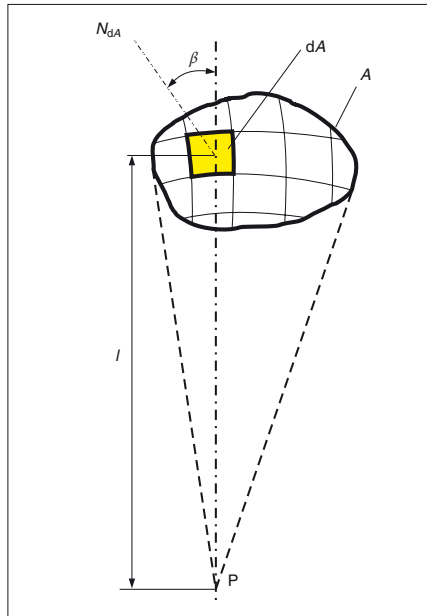
$$K = \frac{\Phi}{\Phi_e} \quad (\text{lm}\cdot\text{W}^{-1}; \text{lm}, \text{W}) \quad (3.13)$$

a *poměrná světelná účinnost složeného záření*

$$V = \frac{K}{K_m} \quad (-; \text{lm}\cdot\text{W}^{-1}, \text{lm}\cdot\text{W}^{-1}) \quad (3.14)$$

3.2 Prostorový úhel

Důležitou geometrickou veličinou používanou ve světelnotechnických výpočtech je prostorový úhel. Jeho velikost je určena velikostí plochy vytažené obecnou kuželovou plochou na povrchu jednotkové koule, jejíž střed (vrchol prostorové



Obr. 3.3. K výpočtu prostorového úhlu, pod nímž je z bodu P vidět plocha A

ho úhlu) je totožný s vrcholem uvažované kuželové plochy. Jednotkou prostorového úhlu je steradián (sr), určený jednotkovou plochou (1 m^2) na povrchu jednotkové koule (o poloměru 1 m). Prostorový úhel Ω , pod nímž je ze středu koule o poloměru r vidět plocha A vytažená na povrchu této koule, se stanovuje ze vztahu

$$\Omega = \frac{A}{r^2} \quad (\text{sr}; \text{m}^2, \text{m}) \quad (3.15)$$

Největší hodnoty, a to $\Omega_{\max} = 4\pi$, nabývá prostorový úhel pro plochu A rovnou povrchu celé koule, tj. $A = 4\pi r^2$.

Elementární ploška dA je z bodu P, umístěného podle obr. 3.3 ve vzdálenosti l , vidět pod prostorovým úhlem $d\Omega$

$$d\Omega = \frac{dA \cos \beta}{l^2} \quad (\text{sr}; \text{m}^2, \text{m}) \quad (3.16)$$

kde β je úhel, který svírá osa prostorového úhlu $d\Omega$, tj. paprsek l s normálou N_{dA} plošky dA .

Celá plocha A na obr. 3.3 je z bodu P vidět pod prostorovým úhlem, který je roven součtu prostorových úhlů, pod nimiž jsou z bodu P vidět jednotlivé dílčí plošky, na které se plocha A rozdělí. Běžně se rozměry dílčích plošek ΔA_i volí tak, aby byly v podstatě zanedbatelné (např. alespoň $1/5$) v porovnání se vzdáleností l_i bodu P od uvažované plošky. Pak se prostorový úhel Ω_i , pod nímž je z bodu P vidět dílčí ploška ΔA_i , vypočítá v souladu s rovnicí (3.16) z výrazu $\Omega_i = \Delta A_i \cos \beta_i l_i^{-2}$.

Jsou-li hodnoty $\Omega_i < 0,125 \text{ sr}$, je chyba výpočtu menší než 1 %.

3.3 Svítivost

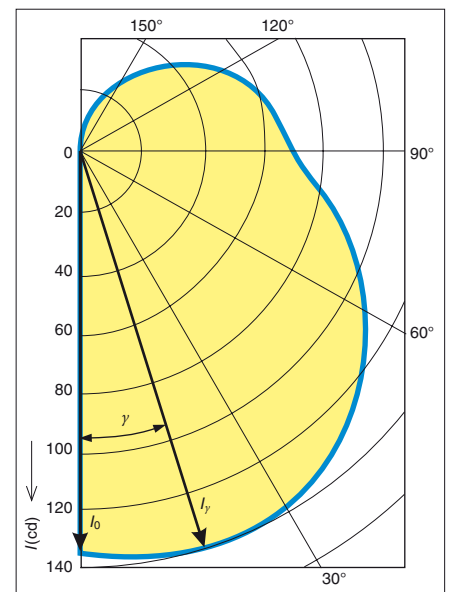
Při nerovnoměrném rozložení světelného toku zdroje či svítidla do různých

směrů prostoru je třeba kromě hodnoty úhrnného světelného toku znát ještě prostorovou hustotu světelného toku v různých směrech, tj. *svítivost* zdroje, popř. svítidla, v těchto směrech. Svítivost $I_{\gamma\zeta}$ svítidla ve směru určeném např. úhly γ, ζ je jako prostorová hustota vyzařovaného světelného toku rovna světelnému toku obsaženému v jednotkovém prostorovém úhlu, a je tedy dána vztahem

$$I_{\gamma\zeta} = \frac{d\Phi}{d\Omega_{\gamma\zeta}} \quad (\text{cd}; \text{lm}, \text{sr}) \quad (3.17)$$

kde $d\Omega_{\gamma\zeta}$ je prostorový úhel, jehož osa leží ve směru určeném úhly γ, ζ a v jehož mezích uvažovaný zdroj či svítidlo vyzařuje tok $d\Phi$.

Svítivost se stanovuje podle vztahu (3.17) pro zdroj či svítidlo ležící ve vrcholu prostorového úhlu $d\Omega_{\gamma\zeta}$, tedy teoreticky v jednom bodě. Proto je svítivost definována pouze pro zdroj bodový, resp. pro svítidlo bodového typu, tj. pro takový zdroj či svítidlo, jehož vyzařovací plocha má rozměry zanedbatelné v porovnání se vzdáleností kontrolního bodu od vrcholu prostorového úhlu $d\Omega_{\gamma\zeta}$. Při běžných výpočtech se tedy uvažuje, že vyzařovací plocha takového svítidla je soustředěna do zmíněného vrcholu prostorového úhlu



Obr. 3.4. Příklad čáry svítivosti nakreslené v polárních souřadnicích

$d\Omega_{\gamma\zeta}$, tedy do bodu, který představuje světelný střed uvažovaného bodového zdroje, resp. svítidla bodového typu.

Střední hodnota svítivosti svítidla bodového typu je určena poměrem celkového světelného toku svítidla a prostorového úhlu, do kterého svítidlo vyzařuje.

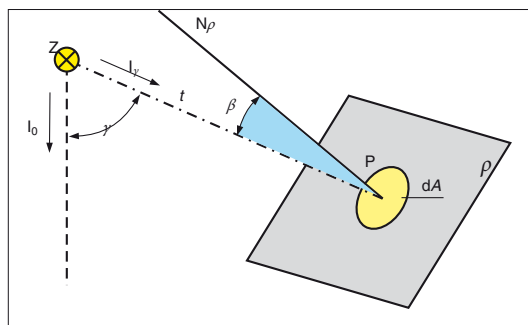
Zjistí-li se hodnoty svítivosti svítidla ve všech směrech prostoru a nanese-li se prostorově od světelného středu zdroje jako rádiusvektory, dostane se spoje-

ním všetkých koncových bodů těchto rádiusvektorů *fotometrická plocha svítivosti*. Při výpočtech obvykle postačuje znát jen některé řezy touto plochou, a to rovinami procházejícími bodovým zdrojem a vztahným směrem svítivosti. V rovinách řezů tak vzniknou čáry (křivky) *svítivosti* v polárních souřadnicích (např. viz obr. 3.4). Počátek diagramu svítivosti se umísťuje do světelného středu zdroje či svítidla. Základní či vztahný směr diagramu svítivosti I_0 (viz obr. 3.4), od něhož se měří úhly, se obvykle umísťuje do směru normály k hlavní vyzařovací ploše zdroje či svítidla. Jednotlivé křivky svítivosti se získávají měřením na goniofotometrech a výrobci svítidel, popř. světelných zdrojů, je uvádějí v dokumentaci.

Aby křivky svítivosti svítidel udávané v katalogích byly nezávislé na skutečném světelném toku použitých světelných zdrojů, přepočítávají se diagramy svítivosti na světelný tok zdroje 1 000 lm. Skutečná svítivost I_γ svítidla se zdrojem, jehož tok je Φ_z , se pak určí vynásobením svítivosti I_γ přičtené z diagramu svítivosti pro 1 000 lm poměrem $\Phi_z/1\,000$.

Prostorové rozložení svítivosti by bylo možné znázornit také popsáním bodů na povrchu jednotkové koule (se středem ve světelném středu uvažovaného zdroje) hodnotami svítivosti odpovídajícími směru spojnice světelného středu s daným bodem na povrchu koule. Poloha jednotlivých bodů na povrchu koule, a tím i uvažovaný směr v prostoru, se určuje v síti rovnoběžek a poledníků. Spojením bodů stejných hodnot svítivosti na povrchu koule vzniknou čáry nazývané *izokandely*. Nakreslením sítě izokandel se získá izokandelový diagram. Vytvoření prosto-

rové soustavy souřadnic je však obtížné, a proto se v praxi využíval některý ze způsobů zobrazení povrchu koule, popř. polokoule v rovině. Ve starších podkladech je možné se setkat s tzv. *sinusoidálním zobrazením* povrchu polokoule do rovinného



Obr. 3.5. K výpočtu osvětlenosti bodovým zdrojem Z v kontrolních bodech libovolně umístěné roviny ρ

diagramu. Plochy uzavřené jednotlivými izokandelami jsou v sinusoidálním diagramu rovné prostorovým úhlům, do nichž zdroj (svítidlo) vyzařuje se svítivostí odpovídající dané izokandele. Proto je možné takové diagramy využít ke stanovení světelného toku zdrojů, popř. svítidel.

3.4 Osvětlenost

Osvětlenost (intenzita osvětlení) E rovinné plošky dA , tj. plošná hustota světelného toku $d\Phi_d$ dopadlého na plošku dA , je určena vztahem

$$E = \frac{d\Phi_d}{dA} \quad (\text{lx; lm, m}^2) \quad (3.18)$$

Osvětlenost plošky dA se často nazývá osvětlenost v bodě, jehož elementární okolí v uvažované rovině tvoří ploška dA .

Jednotkou osvětlenosti je lux (lx), rozměr jednotky 1 lx je 1 $\text{lm}\cdot\text{m}^{-2}$.

Osvětluje-li se bodovým zdrojem Z ze vzdálenosti l ploška dA tvořící okolí bodu P v rovině ρ (obr. 3.5) a svírá-li normála N_ρ roviny ρ úhel β s paprskem l , lze s využitím rovnic (3.18), (3.17) a (3.16) odvodit pro osvětlenost E_{pp} v bodě P roviny ρ bodovým zdrojem výraz

$$E_{pp} = \frac{I_\gamma}{l^2} \cos \beta \quad (\text{lx; cd, m, } -) \quad (3.19)$$

kde je I_γ svítivost bodového zdroje Z ve směru paprsku l , tj. ve směru pod úhlem γ od zvoleného směru vztahné svítivosti I_0 .

Z rovnice (3.19) vyplývá, že osvětlenost bodovým zdrojem je nepřímo úměrná druhé mocnině vzdálenosti osvětlované plochy od zdroje (tzv. *zákon čtverce vzdálenosti*) a přímo úměrná kosinu úhlu β dopadu světelných paprsků (*Lambertův kosinový zákon*). Největší je tedy osvětlenost plošky dA ve směru normály N_ρ ($dA \perp l$), tj. tzv. *normálová osvětlenost* E_N , pro niž platí

$$E_{pp(\beta=0)} = E_N = \frac{I_\gamma}{l^2} \quad (\text{lx; lx; cd, m}) \quad (3.20)$$

Z uvedeného plyne, že osvětlenost je veličina, která je funkcí jak bodu, tak i orientovaného směru.

K získání lepšího přehledu o rozložení hladiny osvětlenosti v bodech pracovní či srovnávací roviny je možné síť kontrolních bodů v uvažované rovině popsat zjištěnými hodnotami osvětlenosti, popř. ještě pospojovat body stejných osvětleností, a nakreslit tak čáry nazývané *izoluxy*. Soubor izolux vytváří izoluxní plán. Někdy se rozložení osvětlenosti znázorňuje prostorově v axonometrickém zobrazení.

(dokončení 3. části
v příštím čísle časopisu)

Informácia o konaní VZ SNK CIE

Dňa 10. decembra 2008 sa na pôde FEI STU v Bratislave uskutočnilo Valné zhromaždenie SNK CIE. V jeho úvode jej predseda ing. M. Hrdlík zhodnotil činnosť v roku 2008. Konštatoval, že sa podľa plánu konalo dvakrát zasadanie predsedníctva SNK CIE, členovia SNK CIE sa aktívne zúčastnili dvoch stretnutí divízií CIE č. 3 a 4. S poľutovaním konštatoval, že sa nepodarilo doriešiť samofinancovanie SNK z príspevkov členov. V budúcom roku bude preto potrebné venovať ešte viac energie na doriešenie tejto problematiky a zatriktívniť webovú stránku www.cie.sk

V roku 2009 by sa členovia SNK CIE mali aktívne zúčastniť konferencie Eurolux v Istanbule a na stretnutí divízií CIE

v Budapešti a predpokladá sa tiež aktívna spolupráca pri organizácii konferencie Svetlo 2009. V tomto roku by sa mal začať preklad odborného svetelnotechnického slovníka, na ktorom by sa mali podieľať všetci odborníci podľa jednotlivých odborov.

Doc. Ing. D. Gašparovský predniesol svoje poznatky zo stretnutia TC divízie CIE č. 4 Osvetlenie v doprave, ktoré sa konalo v Helsinkách 31. augusta až 3. septembra 2008. Potvrdil, že aktívna účasť na rokovaní TC je dôležitá najmä v oblasti technickej normotvorby, pretože ich závery CIE sa často transformujú na EN, a komentoval stav prác týchto TC:

– TC-4-15 Osvetlenie pre dopravu a signalizáciu.

- TC 4-36 Návrh verejného osvetlenia na základe viditeľnosti.
 - TC-4-44 Údržba verejného osvetlenia (inteligentné VO).
 - TC 4-47 Aplikácia LED vo verejnom osvetlení.
 - Doc. Ing. Kittler, DrSc., prítomných informoval o práci divízie č. 3 Interiérové osvetlenie, ktoré sa konalo v Lublani:
 - TC-3-37 Smernica pre uplatňovanie oblohových štandardov,
 - TC 3-39 Definovanie oblohových jasov.
- Členovia valného zhromaždenia prerokovali a schválili nominácie zástupcov SNK CIE do vybraných divízií CIE, plán práce SNK CIE na rok 2009 a zmenu výšky členského príspevku platnú od 1. januára 2009. ☒