

Úloha č. 5

Měření odrazu světlaÚkoly měření:

1. Proměřte velikost činitele odrazu světla pro různé barevné povrchy v areálu školy dvěma různými metodami.
2. Hodnoty naměřených průměrných činitelů odrazu světla podle bodu 1 (zvláště pro každou metodu) porovnejte se směrnými hodnotami činitele odrazu světla podle normy ČSN 73 0580-1.
3. V závěru zhodnoťte, u kterých povrchů naměřené hodnoty činitele odrazu světla jsou (resp. nejsou) v intervalu dle normy ČSN 73 0580-1. Porovnejte vzájemně mezi sebou obě metody měření činitele odrazu světla. Vyjmenujte možné důvody, pokud naměřené hodnoty činitele odrazu světla daných povrchů neleží v příslušném intervalu dle výše uvedené normy.

Použité přístroje a pomůcky:

1. luxmetr, jasoměr, skládací metr.

Základní pojmy, teoretický úvod:

Světelný tok, který dopadá na světelně činnou látku, se může od této látky odrazit, pohltit v ní (dojde k zahřátí látky na vyšší teplotu) nebo prostoupit touto látkou. Dopadající světelný tok ϕ je tedy součtem dílčích světelných toků:

$$\phi = \phi_{\rho} + \phi_{\tau} + \phi_{\alpha}, \quad (1)$$

kde: ϕ_{ρ} je odražený světelný tok, ϕ_{τ} – světelný tok prošlý přes látku a ϕ_{α} – světelný tok pohlcený látkou. Jednotkou světelného toku je 1 lumen [lm].

Energetická bilance šíření světelného toku přes světelně činnou látku je znázorněna na obr. 1. Na základě této energetické bilance jsou definovány bezrozměrné světelné činitele. Jedná se o činitel odrazu světla ρ , činitel prostupu světla τ a činitel pohltivosti světla α , pro které platí vztahy:

$$\rho = \frac{\phi_{\rho}}{\phi}, \quad (2)$$

$$\tau = \frac{\phi_{\tau}}{\phi}, \quad (3)$$

$$\alpha = \frac{\phi_{\alpha}}{\phi}. \quad (4)$$

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky

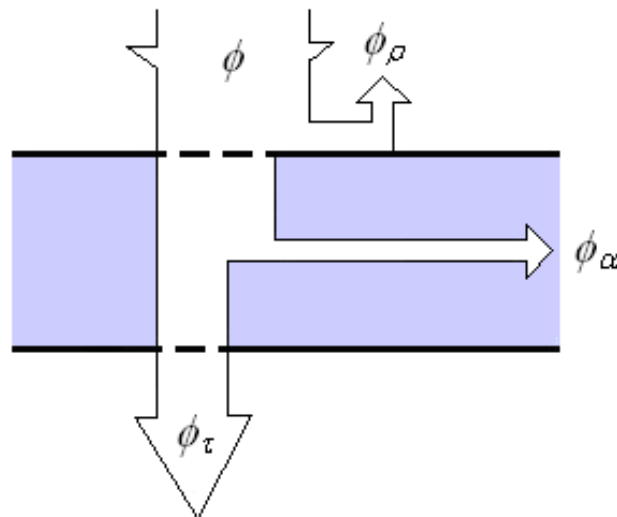


Vyjádří-li se dílčí světelné toky z rovnic (2) až (4) a následně dosadí do rovnice (1), získá se rovnice popisující závislost mezi jednotlivými světelnými činiteli ve tvaru:

$$\rho + \tau + \alpha = 1. \quad (5)$$

Z předchozí rovnice je zřejmé, že součet činitele odrazu světla, činitele prostupu světla a činitele pohltivosti světla je roven 1. To je v souladu se zákonem zachování energie.

Definice: Činitel odrazu světla je dán poměrem odraženého světelného toku od povrchu látky a dopadajícího světelného toku na tuto látku.



Obr. 1: Energetická bilance šíření světelného toku přes látku.

Principy jednotlivých metod měření činitele odrazu světla:

Podle normy ČSN 36 0011-1 lze orientačně stanovit velikost činitele odrazu světla rovnoměrně rozptýlných povrchů jedním z těchto způsobů:

1. Měření činitele odrazu světla pomocí luxmetru na základě poměru osvětleností.
2. Měření činitele odrazu světla pomocí luxmetru a jasoměru.
3. Měření činitele odrazu světla pomocí jasoměru nebo luxmetru s jasovým nástavcem. Jedná se o srovnávací metodu, u které se měří jas zkoumaného povrchu L ve směru kolmo k němu a při stejných podmínkách jas L_A povrchu rozptýlného srovnávacího normálu se známou hodnotou činitele odrazu světla ρ_A . Potom činitel odrazu světla zkoumaného povrchu se určí z rovnice:

$$\rho = \frac{\rho_A \cdot L}{L_A}. \quad (6)$$

4. Určení činitele odrazu světla pomocí reflexních tabulek, které obsahují srovnávací plošky s odstupňovanými hodnotami činitele odrazu světla, ze kterých se vybere nejbližší hodnota posuzovanému povrchu.

Měření činitele odrazu světla v této laboratorní úloze bude provedeno pomocí prvních dvou metod.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

1. Stanovení činitele odrazu světla z poměru osvětlenosti

Touto metodou se stanoví velikost činitele odrazu světla změřením dvou hodnot osvětlenosti, které se měří luxmetrem. Nejprve se změří osvětlenost daného povrchu E_1 . Potom se za stejných podmínek změří osvětlenost E_2 s čidlem luxmetru obráceným k danému povrchu tak, aby čidlo bylo rovnoběžné s tímto povrchem, nestínilo jej (tzn. aby bylo ve vzdálenosti minimálně pětinašobku průměru měřicí hlavičky) a aby na něj nedopadalo světlo z jiných světelných zdrojů. Hodnota činitele odrazu světla se následně stanoví z poměru obou změřených osvětleností:

$$\rho = \frac{E_2}{E_1}. \quad (7)$$

Jednotkou osvětlenosti je 1 lux [lx].

Měření osvětleností E_1 a E_2 bude provedeno pomocí digitálního luxmetru LX-101 (viz obr. 2) se selenovým čidlem pro snímání osvětlenosti. Měřené hodnoty osvětlenosti se přímo zobrazují na displeji přístroje. Luxmetr LX-101 měří osvětlenost od 0 lx do 50000 lx ve třech rozsazích:

1. <0, 1999> lx s rozlišením 1 lx,
2. <2000, 19990> lx s rozlišením 10 lx,
3. <20000, 50000> lx s rozlišením 100 lx.

Ve spodní části luxmetru (viz obr. 2) se nachází přepínač rozsahu měření osvětlenosti (vlevo dole) a vypínač tohoto přístroje (vpravo dole).



Obr. 2: Digitální luxmetr LX-101.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

2. Stanovení činitele odrazu světla pomocí luxmetru a jasoměru

Hodnotu činitele odrazu světla lze pomocí luxmetru a jasoměru stanovit měřením osvětlenosti povrchu E a jasu povrchu L [$\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$] za stejných podmínek pro rovnoměrně rozptýlný povrch podle vztahu:

$$\rho = \pi \cdot \frac{L}{E}. \quad (8)$$

K měření osvětlenosti se použije luxmetr LX-101 jako u předchozí metody. K měření jasu povrchů se používají jasoměry. Jasoměr typu UHD SQM-L je zobrazen na obr. 3. Tento jasoměr po prvním stisku tlačítka „Start“ zobrazí hodnotu jasu v magnitudě na čtvereční obloukovou sekundu ($\text{mags}/\text{arcsec}^2$ – viz obr. 3), která je logaritmickou hodnotou. Takto změřený jas se převádí na jas v cd/m^2 pomocí následujícího přepočtu:

$$[\text{cd} / \text{m}^2] = 108000 \cdot 10^{(-0,4[\text{mag} / \text{arcsec}^2])}. \quad (9)$$

Na displeji zobrazená hodnota jasu zůstává po dobu $t = 10$ s. Po uplynutí této doby se jasoměr automaticky vypne a je připraven na další měření. Jasoměr neměří pouze jas, ale i teplotu. Po druhém stisknutí tlačítka „Start“ se na displeji přístroje zobrazí aktuální teplota ve $^{\circ}\text{C}$.



Obr. 3: Jasoměr UHD SQM-L.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky



Druh povrchu		Činitel odrazu světla ρ [-]
Povrch konstrukce	Bílý	0,75 až 0,80
	Krémový, béžový	0,60 až 0,70
	Světle žlutý	0,60 až 0,70
	Tmavě žlutý	0,50 až 0,60
	Světle červený	0,40 až 0,50
	Tmavě červený	0,15 až 0,30
	Světle zelený	0,45 až 0,65
	Tmavě zelený	0,05 až 0,20
	Světle modrý	0,40 až 0,60
	Tmavě modrý	0,05 až 0,20
	Hnědý	0,12 až 0,25
	Světle šedý	0,40 až 0,60
	Tmavě šedý	0,15 až 0,20
	Černý	0,01 až 0,03
Cihla (Červená, pálená hlína)		0,25
Písek světlý		0,50
Sádra bílá		0,80 až 0,92
Mramor bílý		0,55 až 0,80
Žula		0,40 až 0,50
Dřevo	Světlé	0,30 až 0,50
	Tmavé	0,10 až 0,25
Zeleň, tráva		0,05 až 0,10
Živičný povrch		0,10
Betonová dlažba		0,30
Zemina		0,08 až 0,20
Ocel		0,28
Hliník eloxovaný nebo leštěný		0,75 až 0,85
Zrcadlo skleněné (zrcadlový odraz)		0,80 až 0,90
Okno	S čirým sklem (z vnější strany)	0,10
	S čirým sklem a bílou záclonou	0,30 až 0,40
Sníh		0,75 až 0,80

Tab. 1: Směrné hodnoty činitele odrazu světla běžných povrchů [4].

Postupy měření a pokyny k úloze:

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky



1. Stanovení činitele odrazu světla z poměru osvětlenosti

- Seznamte se s principem činnosti digitálního luxmetru LX-101.
- Zvolte si v areálu budovy U5 UTB ve Zlíně 6 různých vhodných vnitřních jednobarevných povrchů.
- Pozn.: Při měření činitele odrazu světla volte pokud možno povrchy s rozdílnými barvami.
- Pro zvolené povrchy proměřte osvětlenosti E_1 a E_2 alespoň v 10-ti různých místech. Z naměřených hodnot osvětlenosti vypočtete dle rovnice (7) činitel odrazu světla pro každé měření (pro každý povrch bude naměřeno celkem 10 hodnot činitele odrazu světla).
- Pozn.: Osvětlenost E_1 změřte přiložením čidla na daný povrch, přičemž čidlo míří směrem od povrchu. Osvětlenost E_2 se měří ve vzdálenosti alespoň pětinasobku průměru měřicí hlavice, jejíž průměr $d \cong 4,3$ cm. Volte vzdálenost čidla od stěny $l = 30$ cm a současně mějte čidlo rovnoběžné s měřeným povrchem. Při měření osvětleností nestiňte čidlo a zabraňte dopadu světla z jiných světelných zdrojů (např. přímého slunečního světla nebo umělého světla).
- Pozn.: Měřte osvětlenost při nejnižším rozsahu luxmetru, tzn. při nastaveném rozsahu osvětlenosti $E = \langle 0, 1999 \rangle$ lx.
- Pro každý povrch vypočtete průměrnou hodnotu činitele odrazu světla a porovnejte ji se směrnými hodnotami (viz tab. 1). Posuďte, u kterého povrchu se naměřená hodnota činitele odrazu světla shoduje (resp. neshoduje) se směrnými hodnotami činitele odrazu světla.

2. Stanovení činitele odrazu světla pomocí luxmetru a jasoměru

- Seznamte se s principem činnosti jasoměru UHD SQM-L.
- Měření činitele odrazu světla u této metody provádějte pro stejné povrchy jako v případě úlohy č. 1.
- Pro tyto povrchy proměřte osvětlenost E a jas L alespoň v 10-ti různých místech. Z naměřených hodnot osvětlenosti a jasu vypočtete dle rovnice (8) činitel odrazu světla pro každé měření (pro každý povrch bude naměřeno celkem 10 hodnot činitele odrazu světla).
- Osvětlenost E měřte podobně jako osvětlenost E_1 v úloze č. 1.
- Měření jasu L provádějte kolmo k danému povrchu ve vzdálenosti od stěny $l = 30$ cm.
- Pozn.: Nemiřte jasoměrem na Slunce! Při měření jasu nestiňte čidlo a zabraňte dopadu světla z jiných světelných zdrojů.
- Pozn.: Při měření jasu nezapomeňte po každém měření přepočítat naměřený jas na jednotky cd/m^2 pomocí rovnice (9).
- Pro každý povrch vypočtete průměrnou hodnotu činitele odrazu světla a porovnejte ji se směrnými hodnotami (viz tab. 1). Posuďte, u kterého povrchu se naměřená hodnota činitele odrazu světla shoduje (resp. neshoduje) se směrnými hodnotami činitele odrazu světla.
- V závěru porovnejte obě metody mezi sebou. Posuďte, která z těchto metod je přesnější. Vyjmenujte možné důvody, proč se naměřené hodnoty činitelů

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky



odrazu světla u daných barevných povrchů neshodují se směrnými hodnotami činitele odrazu světla dle ČSN 73 0580-1.

Seznam použité a doporučené literatury:

- [1] Bystřický V., Kaňka, J.: Osvětlení, ČVUT v Praze, (1994).
- [2] Hornák P.: Sveltná technika, Alfa, vydavatel'stvo technickej a ekonomicej literatury Bratislava, (1989).
- [3] ČSN 36 0011-1 Měření osvětlení vnitřních prostorů – Část 1: Základní ustanovení. Český normalizační institut, (2006).
- [4] ČSN 73 0580-1 Denní osvětlení budov – Část 1: Základní požadavky. Český normalizační institut, (2007).

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně