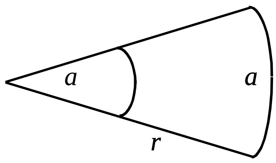
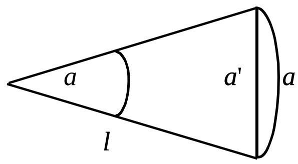
ZÁKLADNÍ POJMY SVĚTELNÉ TECHNIKY

1. Rovinný úhel

a (rad) = arc$a$ = a/r = a'/l (pro malé, zorné, úhly)

arc$a$ / 2π = $a/360°$ (malým se rozumí r/a >3 až 5)

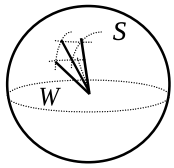


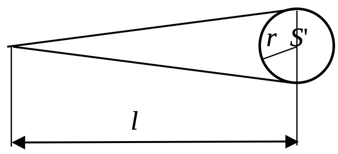


2. Prostorový úhel

$W = S/r^2$ (sr) steradián, $W = 4\pi$ = 1 spat

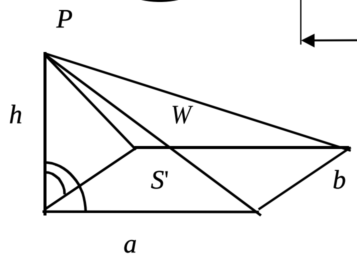
$W = S'/l^2$ (pro malé, zorné, úhly) S' - zorný průmět

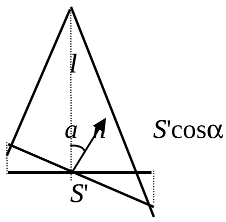




$$\Omega = \mathrm{arctg}\frac{a \cdot b}{h \cdot \sqrt{a^2 + b^2 + h^2}}$$

natočená rovina (pro l >> d) $W = S' \cdot \cos a / l^2$





3. Svítivost

I (cd) kandela je kolmá svítivost 1/60cm^2 absolutně černého tělesa při teplotě tuhnoucí platiny (2046,5 K) za normálního tlaku.

4. Světelný tok

dF = I·dW (lm; cd, sr)

5. Jas

$$L = \frac{\mathrm{d}I}{\mathrm{d}S \cdot \cos a}$$

(cd/m^2; cd, m^2) staré jednotky: 1 nt (nit) = 1 cd/m^2 a 1 asb (apostilb) = $1/\pi$ cd/m^2

6. Osvětlenost (intenzita osvětlení)

$E = F/S$	(lx; lm, m^2)	dopadající tok
$E = I/r^2$	(lx; cd, m)	čtvercový zákon (bodový zdroj)
$L = \mathrm{d}E\mathrm{n}/\mathrm{d}W$	(cd/m^2; lx, sr)	normálová osvětlenost

7. Světlení

$M = F/S$	(lm/m^2; lm, m^2)	odražený tok
$M = \pi \cdot L$	(lm/m^2; cd/m^2)	dokonalý rozptylovač

8. $a + r + t = \mathbf{1}$

$F_t = F \cdot t$	činitel prostupu
$F_r = F \cdot r$	činitel odrazu
$F_a = F \cdot a$	činitel pohlcení

Příklady

1) Jak velká je úhlová výchylka a (zorný úhel) dvou pozorovaných bodů, jejichž vzájemná vzdálenost je a = 2 m, jsou-li oba od pozorovatele vzdáleny r = 30 m ?

$a = a/r$ = 2/30 rad = 3,82°

2) Určete vzdálenost, ze které je vidět lidským okem délka 1 mm při rozlišovací schopnosti oka 1'!

$r = a/a = 10^{-3}$/arc(1') = 3,44 m

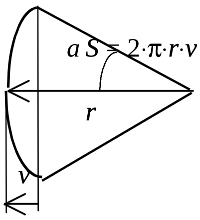
3) Jak velký je prostorový úhel příslušný k části koule o ploše S = 15 m^2 a r = 3 m ?

$W = S/r^2 = 15/3^2$ = 1,67 sr

4) Jak velký je zorný průmět a prostorový úhel svítící koule o průměru d = 40 cm pro pozorovatele vzdáleného od koule o l = 10 m ?

$S = \pi \cdot d^2/4 = \pi \cdot 0{,}4^2/4 = 0{,}1257\ m^2$ $W = S/l^2 = 1{,}257 \cdot 10^{-3}$ sr

5) Vypočtěte **prostorový úhel kulového vrchlíku**, má-li koule poloměr r = 1 m a úhel vrchlíku je $2a$ = 60°.

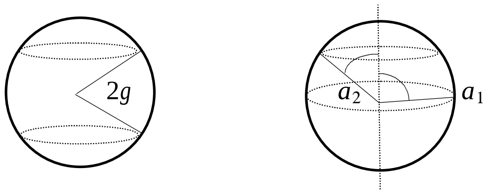


$S = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot v$, $v = r \cdot (1-\cos\alpha)$, $W = S/r^2 = \mathbf{2}^x p^x\ \mathbf{(1-\cos}\, a\mathbf{)} = 0{,}842$ sr

6) Určete **prostorový úhel kulového pásu** pro úhel $2g = 20°$.

ze vztahu pro plochu kulového vrchlíku platí pro prostorový úhel:

$W = \mathbf{2}^{x}\mathrm{p}^{x}\,(\mathbf{cos}\,a_1 - \mathbf{cos}\,a_2) = 4\cdot\pi\cdot \sin g = 4\cdot\pi\cdot\sin 10° = 2{,}18$ sr



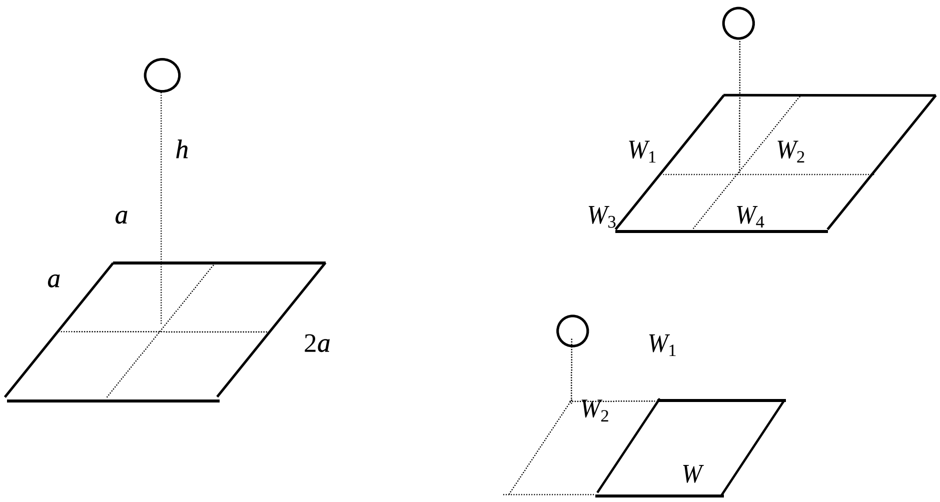
7) Určete W čtvercové podlahy o straně 6 m pro svítidlo, které se nachází uprostřed místnosti ve výšce $h = 4$ m. Svítivost zdroje $I = 300$ cd. Vypočtěte světelný tok dopadající na podlahu a stanovte **střední osvětlenost** podlahy.

$$\Omega = 4\cdot \mathrm{arctg}\frac{a^2}{h\cdot\sqrt{a^2+a^2+h^2}} = 4\cdot \mathrm{arctg}\frac{3^2}{4\cdot\sqrt{2\cdot 3^2+4^2}} = 1{,}47\,\mathrm{sr}$$

je-li svítidlo mimo střed je $W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4$

je-li mimo půdorys a v ose je $W = W_1 - W_2$

$F = I\cdot W = 300\cdot 1{,}47 = 441$ lm a $E = F/S = 441/6^2 = 12{,}25$ lx



8) Stanovte světelný tok zdroje jehož průměrná svítivost do horního poloprostoru je $I_h = 10$ cd a do dolního $I_d = 20$ cd.

$F = 2\cdot\pi\cdot(I_h + I_d) = 2\cdot\pi\cdot(10+20) = 189$ lm, $I = F/4\pi = 189/4\pi = 15$ cd

9) Jaká je svítivost bodového zdroje světla, který vydává světelný tok F = 126,5 lm ?

$I = F/W = 126{,}5/4\pi = 10$ cd

10) Na fotometrické lavici jsou dvě žárovky o svítivostech I_1 = 25 cd a I_2 = 35 cd vzdáleny 3 m. Kde mezi nimi bude fotočlánek při vyrovnané osvětlenosti?

ze čtvercového zákona: $\sqrt{\dfrac{I_2}{I_1}} = \dfrac{r_2}{r_1} = \dfrac{(3-r_1)}{r_1}$

$r_1 = \dfrac{3}{1+\sqrt{35/25}} = 1{,}37\text{m}$ a $r_2 = 3 - 1{,}37 = 1{,}63$ m

11) Vypočítejte W obdélníka se stranami a = 1 m, b = 2 m ze vzdálenosti l = 15 m! Směr pohledu svírá s normálou obdélníka úhel a = 20°.

$W = a \cdot b \cdot \cos a / l^2 = 1 \cdot 2 \cdot \cos 20°/15^2 = 8{,}35 \cdot 10^{-3}$ sr

12) Vypočítejte W kruhového stolu o průměru d = 1,6 m, je-li výška svítidla nad středem stolu h = 1,4 m !

nutno počítat plochu kulového vrchlíku viz výše: $W = 2 \cdot \pi \cdot (1 - \cos a)$

$a = \text{arctg}\ d/2/h = \text{arctg}\ 1{,}6/2/1{,}4 = 29{,}7°$

$W = 2 \cdot \pi \cdot (1 - \cos a) = 2 \cdot \pi \cdot (1 - \cos 29{,}7°) = 0{,}828$ sr

13) Koule z vrstveného skla má průměr d = 30 cm. V kouli je žárovka P = 200 W, se světelným tokem F_z = 2740 lm. **Světelná účinnost svítidla** je h = 70 %. Předpokládáme rovnoměrný rozptyl a jas.

Určete: F, I_0 , M, L!

$F = F_z \cdot h = 2740 \cdot 0{,}7 = 1920$ lm $\qquad I_0 = F/4\pi = 1920/4\pi = 153$ cd

$M = F/S = I_0/r^2 = 153/0{,}15^2 = 6780\ \text{lm/m}^2$

$L = M/\pi = 6780/\pi = 2160\ \text{cd/m}^2 \qquad L = I_0/(\pi \cdot r^2) = F/(4 \cdot \pi^2 \cdot r^2) = M/\pi$

14) Vypočítejte jas a maximální svítivost zářivky 40 W se světelným tokem F_Z = 2200 lm. Délka trubice l = 1,2 m, průměr d = 38 mm! Předpokládá se rovnoměrný rozptyl a jas.

$M = \pi \cdot L = F/S \qquad S = \pi \cdot d \cdot l$

$L = F/(\pi^2 \cdot d \cdot l) = 2200/(\pi^2 \cdot 0{,}038 \cdot 1{,}2) = 4890\ \mathrm{cd/m^2}$

$I_{90} = F/\pi^2 = 223\ \mathrm{cd}$ $\qquad L = I_{90}/(d \cdot l)$

Určení toku rotačně symetrických difúzních ploch

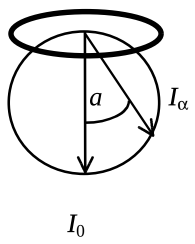
$$F = \int_0^{2\pi}\int_0^{\pi} I_{\alpha\beta} \cdot \sin\alpha\ \mathrm{d}\alpha\ \mathrm{d}\beta = 2 \cdot \pi \cdot \int_0^{\pi} I_{\alpha} \cdot \sin\alpha\ \mathrm{d}\alpha$$

a) koule

$I_\alpha = I_0$ $\qquad F = 2\pi \cdot I_0 \int_0^{\pi} \sin\alpha\ \mathrm{d}\alpha = 4\pi \cdot I_0$

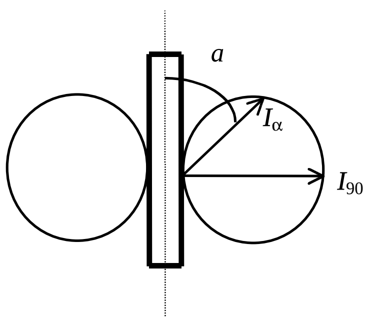
b) kruhová plocha

$I_\alpha = I_0 \cdot \cos\alpha$ $\qquad F = 2\pi \cdot I_0 \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin\alpha \cdot \cos\alpha\ \mathrm{d}\alpha = \pi \cdot I_0$



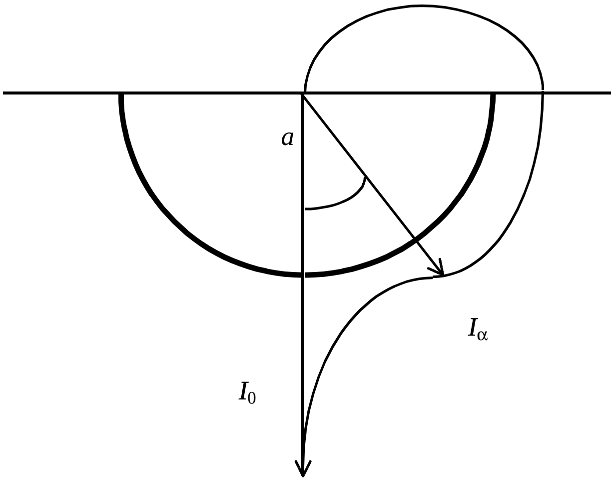
c) válec

$I_\alpha = I_{90} \cdot \sin\alpha$ $\qquad F = 2\pi \cdot I_{90} \int_0^{\pi} \sin^2\alpha\ \mathrm{d}\alpha = \pi^2 \cdot I_{90}$



d) polokoule

$I_\alpha = I_0 / 2\cdot(1+\cos\alpha)$ $\qquad$ $\Phi = 2\pi\cdot I_0/2\cdot\int_0^{\pi}(1+\cos\alpha)\cdot\sin\alpha\,\mathrm{d}\alpha = 2\pi\cdot I_0$



Příklady

15) Rovinná plocha S = 0,4 m^2 má ve směru α = 60° od normály svítivost I_α = 150 cd. Jaký je jas plochy za předpokladu rovnoměrného rozptylu po ploše?

$$L = \frac{I_\alpha}{S\cdot\cos\alpha} = \frac{150}{0{,}4\cdot\cos 60^\circ} = 750\,\mathrm{cd/m^2} \qquad I_0 = \frac{I_\alpha}{\cos\alpha} = 300\,\mathrm{cd}$$

16) Kruhová plocha z umaplexu o průměru 1 m má maximální svítivost I_0 = 1500 cd. Vypočítejte, za předpokladu rovnoměrného rozptylu, její jas a světelný tok a vypočtěte velikost prostorového úhlu kolem osy plochy, do kterého plocha vyzařuje polovinu svého světelného toku!

$L = I_0/S = 1500/(\pi\cdot 1^2)\cdot 4 = 1910$ cd /m^2

$\Phi = \pi\cdot I_0 = \pi\cdot 1500 = 4700$ lm

$\Phi = M\cdot S = L\cdot\pi\cdot S = \pi\cdot I_0$

pro rovinnou plochu platí viz výše: $I_\alpha = I_0\cdot\cos\alpha$ a pro tok

$\frac{\Phi}{2} = 2\pi\cdot I_0\int_0^{\alpha}\sin\alpha\cdot\cos\alpha\,\mathrm{d}\alpha$ $\qquad$ přitom: $\Phi = \pi\cdot I_0$ $\qquad$ odtud

$0{,}5 = [0{,}5\cdot\cos(2\cdot\alpha)]_\alpha^0$ $\qquad$ je úhel α = 45° $\qquad$ a konečně

$\Omega = 2\cdot\pi\cdot(1-\cos\alpha) = 1{,}84$ sr

17) Vypočítejte svítivost Ia pro 80°, tok F, maximální svítivost I_0 a jas polokoule s $\mathbf{d}$ = 50 cm! Svítidlo s rovnoměrným rozptylem je z mléčného skla s h = 54 %, žárovka má výkon 200 W a tok 2740 lm.

$F = F_z \cdot h$ = 0,54·2740 = 1480 lm

$I_0 = F/2/\pi$ = 1480/(2π) = 236 cd

$L = I_0/S$ = 4·236/(π·0,5²) = 1200 cd/m²

$I_\alpha = I_0/2 \cdot (1+\cos a)$ = 236/2·(1+0,174) = 138 cd

18) Vypočítejte jas výbojkového svítidla 24251/ 250 W ! Světelný tok výbojky RVL 250 W je 12,5 klm. Výstupní otvor svítidla má průměr d = 520 mm. Zadány jsou svítivosti pro 1 klm, světelná účinnost je h = 68,8 %.

$S = \pi \cdot d^2/4 = \pi \cdot 0{,}52^2/4 = 0{,}212$ m² $L_\alpha = F_z/1000 \cdot I_\alpha/(S\cos a)$

a (°)	0	10	20	30	40	50	60
I_α (cd/klm)	345	345	340	309	245	160	80
L_α (10^{-3} cd/m²)	20,3	20,6	21,3	21,0	18,9	14,7	9,4

Maximum jasu je při úhlu 20°, výstupní otvor je menší a jasnější.

19) Vypočtěte jas svítidla zářivkového vaničkového typu 231 21.01 se čtyřmi zářivkami 40 W / 2700 lm pro příčnou rovinu a úhly 60° a 70°! Světelná účinnost je 57 %, rozměry 1270 x 595 x 90 a pozorovací vzdálenost větší než pětinásobek délky svítidla. Svítivosti pro 1 klm: I (60°) = 86,5 cd, I (70°) = 65,7 cd.

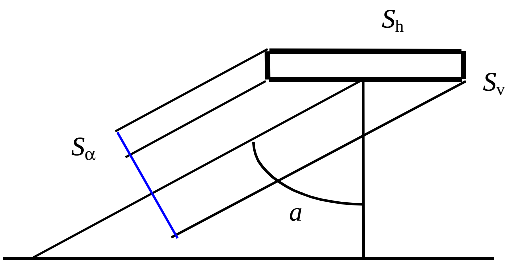
S_h = 1,27·0,595 = 0,755 m² S_v = 1,27·0,09 = 0,114 m²

S (60°) = $S_h \cdot \cos a + S_v \cdot \sin a$ = 0,755·cos 60° + 0,114·sin 60° = 0,477 m²

S (70°) = 0,755·cos70° + 0,114·sin70° = 0,366 m²

L (60°) = $4 \cdot F_z/1000 \cdot I(60°)/S$ (60°) = 4·2,7·86,5/0,477 = 2,0 kcd/m²

L (70°) = 4·2,7·65,7/0,366 = 1,95 kcd/m²



20) Jaká je osvětlenost plochy S = 2 m^2, dopadá-li na ni pod úhlem 45° světelný tok 150 lm?

$E = F/S$ = 150/2 = 75 lx

21) Lambertova plocha 1,8 x 0,5 m s odrazností r = 0,8 je osvětlována tokem F = 4200 lm. Jaká je její osvětlenost, světlení, jas a svítivost ve směru kolmém?

$E = F/S$ = 4200/(1,8·0,5) = 4670 lx

$M = r \cdot E$ = 0,8·4670 = 3730 lm/m^2

$L = M/\pi$ = 3730/π = 1190 cd/m^2

$I_0 = L \cdot S$ = 1190·1,8·0,5 = 1070 cd

22) Kalným sklem zasklený podhled stropu o rozměrech 3 x 4 m a propustnosti t = 0,5 je prosvětlován tokem 60 klm. Jak velký je jeho jas a svítivost ve směru kolmém a v úhlu 45° ?

$L = M/\pi = t \cdot F/S/\pi$ = 0,5·60·10^3/(3·4)/π = 796 cd/m^2

$I_0 = L \cdot S$ = 796·3·4 = 9550 cd

I (45°) = $I_0 \cdot \cos a$ = 9550·cos45° = 6750 cd

23) Určete jas fotbalového hřiště při letním denním osvětlení E = 60 klx, je-li odraznost trávníku r = 0,14 !

$L = M/\pi = r \cdot E/\pi$ = 0,14·60·10^3/π = 2670 cd/m^2

24) Průměr kruhové desky je 100 mm. Jak daleko na její ose musí být zdroj světla, jehož svítivost je I = 100 cd, dopadá-li na desku světelný tok F = 10 lm ?

$I = F/W = F \cdot r^2/S$ $\qquad$ $r = \sqrt{I \cdot S/\Phi} = \sqrt{100 \cdot p \cdot 0{,}05^2/10} = 0{,}280\,\mathrm{m}$

pro přesný výpočet nutno brát plochu kulového vrchlíku:

$W = 2\pi \cdot (1-\cos a)$ $\qquad$ $a = \mathrm{arctg}\, d/(2r)$ $\qquad$ $\cos a = \dfrac{1}{\sqrt{1+\left(\dfrac{d}{2 \cdot r}\right)^2}}$

$$r = \frac{d}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{\dfrac{1}{\left(1-\dfrac{\Phi}{2 \cdot p \cdot I}\right)^2}-1}} = \frac{0{,}1}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{\dfrac{1}{\left(1-\dfrac{10}{2 \cdot p \cdot 100}\right)^2}-1}} = 0{,}277\mathrm{m}$$

25) Vypočtěte osvětlenost od úplňku Měsíce, když jeho vzdálenost od Země je 356 000 km, poloměr Měsíce 1730 km a jas L = 2500 cd/m^2 !

$I = L \cdot S = 2500 \cdot \pi \cdot (1{,}73 \cdot 10^6)^2 = 2{,}35 \cdot 10^{16}$ cd

$E = I/l^2 = 2{,}35 \cdot 10^{16}/(3{,}56 \cdot 10^8)^2 = 0{,}185$ lx

26) Jaká je účinnost koule z mléčného skla mající činitel odrazu r = 0,6 a činitel propustnosti t = 0,3 ?

při postupných odrazech v kouli je vystupující tok roven:

$F = F_z \cdot t \cdot (1 + r + r^2 + \cdot ...) = F_z \cdot \tau/(1-r)$ odtud: $h = t/(1-r)$

lépe - dopadající tok je roven toku prostupujícímu a pohlcenému:

$h = t / (t + a) = t / (1-r)$ neboť $a + t + r = 1$

h = 0,3/(1-0,6) = 75 %

27) Které sklo je lepší pro zhotovování osvětlovacích koulí?

$t_a = 0{,}7$, $r_a = 0{,}2$ $t_b = 0{,}5$, $r_b = 0{,}45$

$h_a = \frac{t}{1-r} = \frac{0{,}7}{1-0{,}2} = 87{,}5\,\%$ $h_b = \frac{0{,}5}{1-0{,}45} = 91\,\%$ toto sklo je lepší

Základní pojmy záření

1. Zářivý tok

$$\Phi_e = \frac{dQ_e}{dt}$$ (W; J, s) Q - množství zářivé energie

2. Zářivost

$$I_e = \frac{dF_e}{dW}$$ (W/sr)

3. Zář

$$L_e = \frac{d^2\Phi_e}{d\Omega \cdot dS \cdot \cos J}$$ (W/sr/m^2)

4. Ozářenost

$$E_e = \frac{d\Phi_e}{dS}$$ (W/m^2)

5. Intenzita vyzařování

$$M_e = \frac{d\Phi_e}{dS} \qquad (W/m^2)$$

6. Spektrální zářivý výkon

$$\Phi_{e,l} = \frac{d\Phi_e}{d\lambda} \qquad a \qquad \Phi_e = \int_{l0}^{l\infty} \Phi_{e,l} \cdot dl$$

7. Planckův zákon - spektrální intenzita vyzařování absolutně černého tělesa

$$M_{e,l} = \frac{c_1}{l^5 \cdot \left(e^{\frac{c_2}{l \cdot T}} - 1 \right)} \qquad (W/m^3;\ m,\ K)$$

$c_1 = 2 \cdot \pi \cdot h \cdot c^2 = 3{,}742 \cdot 10^{-16}$ (Wm^2)

$c_2 = h \cdot c/k = 1{,}439 \cdot 10^{-2}$ (Km)

8. Wienův posuvný zákon

$$l_m = \frac{2{,}898 \cdot 10^{-3}}{T} \qquad (m;\ K)$$

9. Stefan-Boltzmannův zákon

$$M_e = \int_0^{\infty} M_{e,l} \cdot dl = s \cdot T^4 \cong 5{,}67 \cdot \left(\frac{T}{100} \right)^4 \qquad (W/m^3;\ m,\ K) \qquad s = 5{,}669 \cdot 10^{-8}\ (Wm^{-3}K^{-4})$$

10. Světelný tok - viditelné světlo

$$\Phi = \int_{380}^{780} \Phi_{e,l} \cdot k_l \cdot dl \qquad (lm;\ W/m,\ lm/W,\ m)$$

k_λ je spektrální světelná účinnost citlivost lidského oka:

$$k_l = \frac{\Phi_l}{\Phi_{e,l}} = k_m \cdot V_l \qquad k_m = 683\ lm / W \ \text{pro}\ l = 555\ nm$$

V_λ je poměrná světelná účinnost monochromatického záření na lidské oko.

$$\Phi = 683 \cdot \int_{380}^{780} \Phi_{e,l} \cdot V_l \cdot d\lambda \qquad (lm;\ W/m,\ m)$$

Příklady

28) Určete rozsah frekvencí a kvant energií pro viditelné záření!

$f = c/l = 2{,}998 \cdot 10^{8}/(380 \text{ resp. } 780) \cdot 10^{9} = 384$ až 789 THz

$W = h \cdot f = 6{,}6237 \cdot 10^{-34} \cdot (384 \text{ resp. } 789) \cdot 10^{12} = 2{,}54$ až $5{,}33 \cdot 10^{-19}$ J = 1,6 až 3,35 eV (1 J = $6{,}29 \cdot 10^{18}$ eV)

29) Kolik fotonů vyzáří monochromatický světelný zdroj o výkonu 1 W na frekvenci $5 \cdot 10^{14}$ Hz ?

$W = h \cdot f = 6{,}6237 \cdot 10^{-34} \cdot 5 \cdot 10^{14} = 3{,}31 \cdot 10^{-19}$ J je energie fotonu

$n = P/W = 1/3{,}31 \cdot 10^{19} = 3{,}02 \cdot 10^{18}\ \mathrm{s^{-1}}$ fotonů za sekundu

30) Určete poměr zářivých toků monochromatického a izoenergetického zdroje zachycených filmem, jehož spektrální citlivost je dána tabulkou! Výkon jednoho každého zdroje je 1 kW, monochromatický zdroj vyzařuje na vlnové délce 475 nm v intervalu 1 nm a izoenergetický zdroj v rozsahu 400 až 650 nm.

l (nm)	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625	650
$S(l)$ (-)	0,7	0,85	1,0	0,8	0,18	0,08	0,08	0,08	0,1	0,11	0,12

monochromatický zdroj: $F_{\mathrm{m}} \sim S_{475}{}^{x}P = 0{,}8 \cdot 10^{3} = 800$ W

izoenergetický zdroj:

$$\Phi_{\mathrm{i}} \approx \frac{P}{n} \cdot \sum_{1}^{n} S_{l} = \frac{1000}{11} \cdot (0{,}7 + 0{,}85 + 1 + 0{,}8 + 0{,}18 + 0{,}08 + 0{,}08 + 0{,}08 + 0{,}1 + 0{,}11 + 0{,}12) = 373\ \mathrm{W}$$

konečně poměr zářivých toků na filmu bude: $\dfrac{\Phi_{\mathrm{m}}}{\Phi_{\mathrm{i}}} = \dfrac{800}{373} = 2{,}15$

31) Jaký je světelný tok sodíkové výbojky, která v oblasti viditelného záření vyzařuje následující toky:

l (nm)	467	475	498	515	568,5	589/589,6	616
$F_{e\lambda}$ (W)	0,5	0,55	1,1	0,6	0,95	60,0	1,6
$V(l)$ (-)	0,075	0,113	0,33	0,608	0,95	0,785	0,44

$$\Phi = 683 \cdot \sum_{1}^{7} \Phi_{\mathrm{e}l} \cdot V_{l} = 683 \cdot (0{,}5 \cdot 0{,}075 + 0{,}55 \cdot 0{,}113 + 1{,}1 \cdot 0{,}33 + 0{,}6 \cdot 0{,}608 + 0{,}95 \cdot 0{,}95 + 60 \cdot 0{,}785 + 1{,}6 \cdot 0{,}44) =$$
$$= 33{,}6\ \mathrm{klm}$$

Výpočtové metody v osvětlovací technice

Vnitřní prostory

Toková metoda

Potřebný počet svítidel pro požadovanou osvětlenost:

$$n_S \geq \frac{E_{pk} \cdot S}{h \cdot z \cdot n_{ZS} \cdot \Phi_Z} \qquad\qquad F = n_S \cdot n_{SZ} \cdot F_Z$$

E_{pk} místně průměrná a časově konečná osvětlenost **srovnávací roviny** (výška 0,85 m)

S plocha srovnávací roviny

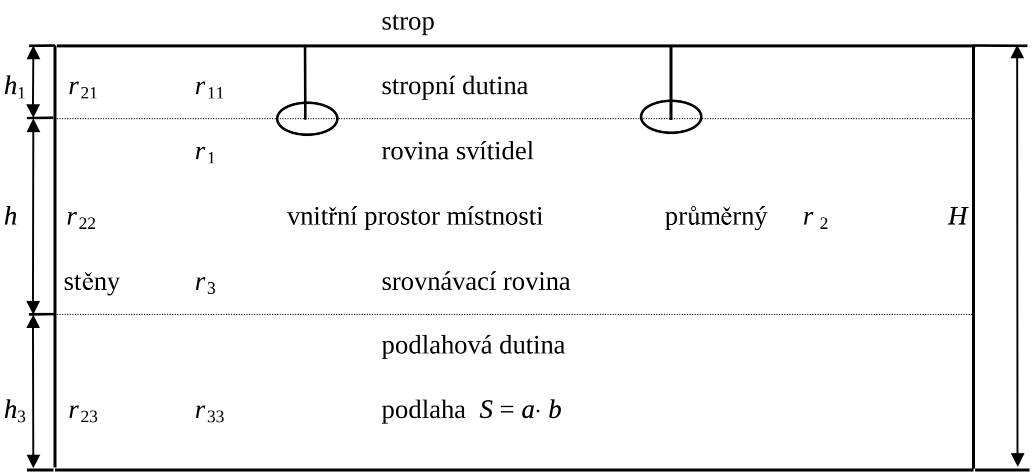
h činitel využití (viz dále)

z udržovací činitel (viz dále)

n_{ZS} počet světelných zdrojů ve svítidle

F_Z jmenovitý světelný tok jednoho zdroje

Toková metoda výpočtu osvětlenosti vnitřních prostorů



Střední hodnota činitele odrazu stěn (pro různé plochy a odraznosti <u>n</u> stěn a podobně pro různé hodnoty r_{2j}.

$$r_2 = \frac{\sum r_{2j} \cdot S_{2j}}{\sum S_{2j}}$$

Určení činitele využití:

Činitel místnosti, stropní a podlahové dutiny:

$$k_i = \frac{5 \cdot h_i \cdot (a+b)}{a \cdot b}$$ jen k , h místnost, i = 1 strop, i = 3 podlaha

Ekvivalentní činitele odrazu fiktivní roviny svítidel a srovnávací roviny

$$r_i = \frac{1}{\dfrac{(1+0{,}4 \cdot k_i)^2}{r_{ii} + 0{,}4 \cdot k_i \cdot r_{2i}} - 0{,}4 \cdot k_i}$$ i = 1 strop, i = 3 podlaha

Činitel využití a činitele jasu (l_1 a l_2) se odečtou z katalogu svítidla pro hodnoty: k, $r_{1,2,3}$ .Tabulky bývají uváděny pouze pro r_3 = 20 % a pro jinou hodnotu činitele odrazu je třeba násobit tyto činitele opravným koeficientem.

Jas stropní dutiny a stěn:

$$L_i = l_i \cdot z \cdot \frac{\Phi}{S}$$

Určení udržovacího činitele:

$z = z_Z \cdot z_S \cdot z_p \cdot z_{fZ}$

z_Z stárnutí světelných zdrojů

z_S znečištění svítidel

z_p znečištění ploch osvětlovaného prostoru

z_{fZ} funkční spolehlivost světelných zdrojů

Způsob určení jednotlivých činitelů uvádí ČSN 36 0450 a je poměrně komplikovaný. Norma připouští minimální hodnotu z = 0,5.

Příklady

32) V místnosti o rozměrech: šířka 12 m, délka 18 m, výška 4 m, je třeba na srovnávací rovině ve výšce 0,85 m dosáhnout osvětlenosti 800 lx. Bude použito vaničkové svítidlo 231 21.01 (viz skripta) pro 4 zářivky 40 W s tokem 2600 lm. Činitele odrazu jsou: strop 0,7; stěny 0,3; podlaha 0,1 a udržovací činitel 0,65. Tokovou metodou navrhněte potřebný počet svítidel!

činitel místnosti $k = \dfrac{5 \cdot h \cdot (a+b)}{a \cdot b} = \dfrac{5 \cdot 3{,}15 \cdot (12+18)}{12 \cdot 18} = 2{,}19$

činitel stropní dutiny $k_1 = 0$

činitel podlahové dutiny $k_3 = k \cdot h_3 / h = 2{,}19 \cdot 0{,}85 / 3{,}15 = 0{,}59$

činitel odrazu fiktivní srovnávací roviny $r_3 = 0{,}12$

činitel využití (z katalogu pro 70, 30, 20) $h' = 0{,}46$

činitel jasu stropu $l'_1 = 0{,}027$

činitel jasu stěn $l'_2 = 0{,}026$

opravný koeficient pro $r_3 = 0{,}12$ $r = 0{,}965$

$h = r \cdot h' = 0{,}44$

$l_1 = r \cdot l'_1 = 0{,}026$

$l_2 = r \cdot l'_2 = 0{,}025$

potřebný počet svítidel $n \geq \dfrac{E_{\mathrm{pk}} \cdot a \cdot b}{h \cdot z \cdot n_{\mathrm{ZS}} \cdot \Phi_{\mathrm{Z}}} = \dfrac{0{,}8 \cdot 12 \cdot 18}{0{,}44 \cdot 0{,}65 \cdot 4 \cdot 2{,}6} = 57{,}6$

volím $n = 60$

skutečná osvětlenost $E_{\mathrm{pk}} = 800 \cdot 60 / 57{,}6 = 833$ lx

celkový světelný tok zdrojů $F = F_{\mathrm{Z}} \cdot n_{\mathrm{ZS}} \cdot n = 2{,}6 \cdot 4 \cdot 60 = 624$ klm

průměrný jas stropu $L_1 = F \cdot l_1 \cdot z / \mathrm{a} / b = 49$ cd/m^2

průměrný jas stěn $L_2 = 624 \cdot 0{,}025 \cdot 0{,}65 / 12 / 18 = 47$

33) V místnosti o rozměrech: šířka 3,5 m, délka 5 m, výška 3,3 m, je třeba na srovnávací rovině ve výšce 0,85 m dosáhnout osvětlenosti 500 lx. Bude použito závěsné (vzdálenost středu svítidla od stropu 0,58 m) svítidlo s mřížkou 232 03.03 pro 2 zářivky 40 W s tokem 2400 lm. Činitele odrazu jsou: strop 0,8; stěny 0,3; podlaha 0,3 a udržovací činitel 0,65. Tokovou metodou navrhněte potřebný počet svítidel!

h = 3,3 - 0,85 - 0,58 = 1,87 m

činitel místnosti $k = \frac{5 \cdot h \cdot (a+b)}{a \cdot b} = \frac{5 \cdot 1{,}87 \cdot (3{,}5+5)}{3{,}5 \cdot 5} = 4{,}54$

činitel stropní dutiny $k_1 = k \cdot h_1 / h = 4{,}54 \cdot 0{,}58 / 1{,}87 = 1{,}41$

činitel podlahové dutiny $k_3 = k \cdot h_3 / h = 4{,}54 \cdot 0{,}85 / 1{,}87 = 2{,}06$

činitel odrazu fiktivní roviny svítidel $r_1 = 0{,}51$

činitel odrazu fiktivní srovnávací roviny $r_3 = 0{,}19$

činitel využití (z katalogu) $h = 0{,}356$

činitel jasu stěn $l_2 = 0{,}026$

činitel jasu stropu $l_1 = 0{,}041$

potřebný počet svítidel $n \geq \frac{E_{\mathrm{pk}} \cdot a \cdot b}{h \cdot z \cdot n_{\mathrm{ZS}} \cdot \Phi_{\mathrm{Z}}} = \frac{0{,}5 \cdot 3{,}5 \cdot 5}{0{,}356 \cdot 0{,}65 \cdot 2 \cdot 2{,}4} = 7{,}88$

volím $n = 8$

skutečná osvětlenost $E_{\mathrm{pk}} = 500 \cdot 8 / 7{,}88 = 508$ lx

celkový světelný tok zdrojů $F = F_{\mathrm{Z}} \cdot n_{\mathrm{ZS}} \cdot n = 2{,}4 \cdot 2 \cdot 8 = 38{,}4$ klm

průměrný jas stropu $L_1 = F \cdot l_1 \cdot z / \mathrm{a} / b = 58{,}5$ cd/m^2

průměrný jas stěn $L_2 = 38{,}4 \cdot 0{,}026 \cdot 0{,}65 / 3{,}5 / 5 = 37$ cd/m^2

Výpočtové metody v osvětlovací technice

Vnitřní prostory

Bodová metoda

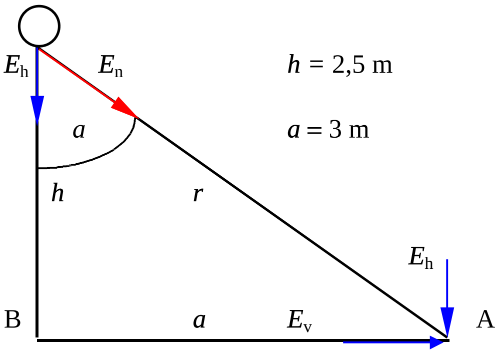
Bodové zdroje

Příklady

34) Svítivost bodového zdroje ve směru kolmém je 400 cd a v úhlu α je 250 cd. Vypočtěte **světelný vektor** a jeho složky v bodech A a B.

$$E_{hB} = \frac{I_0}{h^2} = \frac{400}{2{,}5^2} = 64\,\text{lx} \qquad E_{nA} = \frac{I_a}{r^2} = \frac{250}{2{,}5^2 + 3^2} = 16{,}4\ \text{lx}$$ **normálová osvětlenost**

$$E_{hA} = E_{nA} \cdot \frac{h}{r} = 16{,}4 \cdot \frac{2{,}5}{\left(2{,}5^2 + 3^2\right)^{0{,}5}} = 10{,}5\ \text{lx} \qquad E_{vA} = E_{nA} \cdot \frac{a}{r} = 12{,}6\ \text{lx}$$



35) Svítící koule s průměrem 20 cm má jas 7000 cd/m^2 a nachází se 2 m nad rovinou. Určete světelný vektor a jeho složky ve vzdálenosti 3,46 m od paty kolmice svítidla!

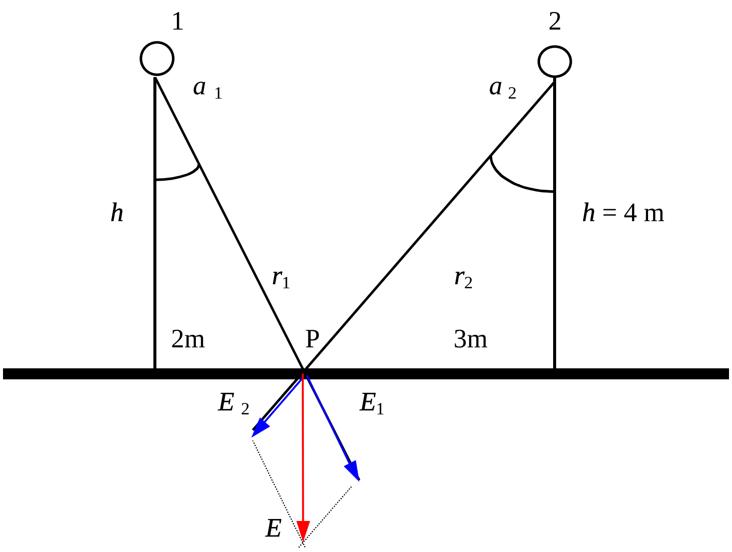
svítivost koule nezávisí na úhlu pozorování a má velikost:

$I = L \cdot \pi\, r^2 = 7000 \cdot \pi \cdot 0{,}2^2 /4 = 220$ cd

$$E_n = \frac{I}{r^2} = \frac{220}{2^2 + 3{,}46^2} = 14\ \text{lx} \qquad E_h = E_n \cdot \frac{h}{r} = 6{,}9\ \text{lx} \qquad E_v = E_n \cdot \frac{a}{r} = 12\ \text{lx}$$

36) Určete světelný vektor a jeho velikost v bodě P podle obrázku, je-li křivka svítivosti zdrojů dána vztahem

$I_\alpha = 1000 \cdot \cos a$!



a_1 = arctg(2/4) = 26,6° a_2 = arctg(3/4) = 36,9°

$r_1 = \sqrt{2 \cdot 2 + 4 \cdot 4} = 2 \cdot \sqrt{5}\,\mathrm{m}$ $r_2 = \sqrt{3 \cdot 3 + 4 \cdot 4} = 5\mathrm{m}$

$E_1 = \dfrac{1000 \cdot \cos 26{,}6^{o}}{2^2 + 4^2} = 44{,}7$ lx $E_2 = \dfrac{1000 \cdot \cos 36{,}9^{o}}{3^2 + 4^2} = 32{,}0$ lx

z cosinové věty : $E^2 = E_1^{\ 2} + E_2^{\ 2} - 2 \cdot E_1 \cdot E_2 \cdot \cos(180° - a_1 - a_2) =$

$= 44{,}7^2 + 32^2 - 2 \cdot 44{,}7 \cdot 32 \cdot \cos(180° - 26{,}6° - 36{,}9°)$ a odtud $E = 65{,}6$ lx

nebo rozkladem na horizontální a vertikální složky:

$E_{1h} = E_1 \cdot \dfrac{h}{r_1} = 44{,}7 \cdot \dfrac{4}{2 \cdot \sqrt{5}} = 40$ lx $E_{2h} = E_2 \cdot \dfrac{4}{5} = \dfrac{1000}{4} \cdot \cos^4 a_2 = 25{,}6$ lx

$E_{1v} = 44{,}7 \cdot \dfrac{2}{2 \cdot \sqrt{5}} = 20$ lx $E_{2v} = 32 \cdot \dfrac{3}{5} = 19{,}2$ lx

$E_h = E_{1h} + E_{2h} = 40 + 25{,}6 = 65{,}6$ lx $E_v = E_{1v} - E_{2v} = 20 - 19{,}2 = 0{,}8$ lx

$E^2 = E_h^{\ 2} + E_v^{\ 2} = 65{,}6^2 + 0{,}8^2$ $E = 65{,}6$ lx

37) Dvě žárovková, vestavěná, přímá, rotačně symetrická svítidla jsou osazena žárovkou 150 W, 220 V, 2090 lm a umístěna v bodech Z_1 , Z_2 .Vypočtěte světelný vektor a **střední kulovou osvětlenost** v bodě R ! Souřadnice bodů jsou Z_1 [0; 0; 2,5], Z_2 [0; 2,5; 2,5], R [1,65; 1,25; 0] a svítivost ve směru do bodu R je $I_{C,\gamma}' = 122$ cd/klm.

$I_{C,\gamma} = I_{C,\gamma}' \cdot F/1000 = 122 \cdot 2{,}09 = 255$ cd

vzdálenost obou zdrojů od bodu R je stejná :

$$r = \sqrt{\left(x_{Z_1} - x_R\right)^2 + \left(y_{Z_1} - y_R\right)^2 + \left(z_{Z_1} - z_R\right)^2} = \sqrt{1{,}65^2 + 1{,}25^2 + 2{,}5^2} = 3{,}25\text{m}$$

$$g = \arccos\frac{z_{Z_1} - z_R}{r} = \arccos\frac{2{,}5}{3{,}25} = 39{,}6°$$

$$C = \operatorname{arctg}\frac{y_R}{x_R} = \operatorname{arctg}\frac{1{,}25}{1{,}65} = 37{,}1°$$

$E_1 = E_2 = I_{C,\gamma}/r^2 = 24{,}2$ lx

$E_{x1} = E_{x2} = E_1 \cdot \sin g \cdot \cos C = 24{,}2 \cdot \sin 39{,}6° \cdot \cos 37{,}1° = 12{,}3$ lx

$E_{y1} = E_{y2} = E_1 \cdot \sin g \cdot \sin C = 24{,}2 \cdot \sin 39{,}6° \cdot \sin 37{,}1° = 9{,}32$ lx

$E_{z1} = E_{z2} = E_1 \cdot \cos g = 24{,}2 \cdot \cos 39{,}6° = 18{,}64$ lx

$E_x = E_{x1} + E_{x2} = 24{,}6$ lx $\qquad E_y = E_{y1} - E_{y2} = 0 \quad E_z = E_{z1} + E_{z2} = 37{,}3$ lx

$$E = e = \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2} = \sqrt{24{,}6^2 + 37{,}3^2} = 44{,}7\text{lx}$$

střední kulová osvětlenost $\qquad E_{4\pi} = (E_1 + E_2)/4 = 24{,}2/2 = 12{,}1$ lx

činitel podání tvaru (plasticity) $\qquad p = E/E_{4\pi} = 44{,}7/12{,}1 = 3{,}7$ (jeden zdroj $p = 4$)

Výpočtové metody v osvětlovací technice

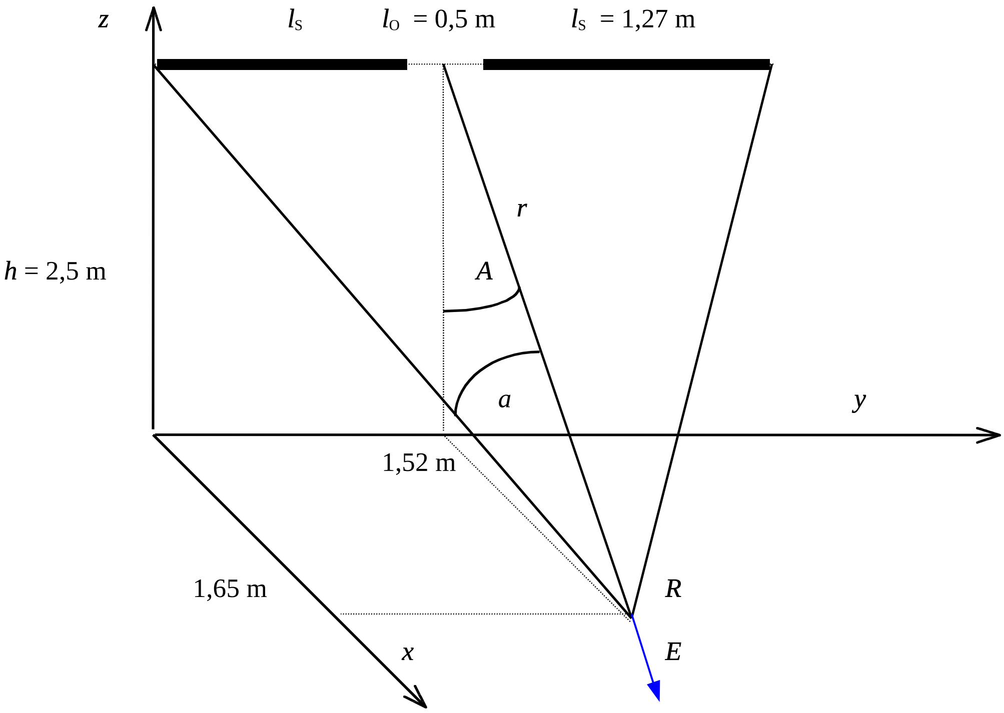
Vnitřní prostory

Bodová metoda

Přímkové zdroje

Příklady

38) Vypočtěte světelný vektor a střední kulovou osvětlenost v bodě R podle obrázku! Zdrojem jsou dvě zářivková vaničková svítidla typ 230 20.01 (2 x 40 W, 2 x 2935 lm).



A = arctg x_R/h = arctg 1,65/2,5 = 33,4°

$$r = \sqrt{x_R^2 + h^2} = \sqrt{1{,}65^2 + 2{,}5^2} = 2{,}995\text{m}$$

a = arctg y_R/r = arctg1,52/2,995 = 26,9°

přiřazení **charakteristické funkce svítivosti** (**indikatrixu**):

poměr x/y z katalogu svítidla x/y = 0,904 (pro podélnou rovinu C90) a z Tab. 10-4 str.165 skripta

$$f_I(a) = \frac{\cos a + \cos^2 a}{2}$$

z křivky svítivosti pro příčnou rovinu C0 dále bude $I_{A,0}'$ = 126 cd/klm

$I_{A,0}$ = 126·2·2935/1000 = 740 cd

pro $h < 2l_0$ se každé svítidlo počítá zvlášť

pro $h < 2l_S$ nutno stanovit osvětlenost z naměřených izoluxních diagramů

jinak platí vztahy pro přerušovanou řadu:

odečteno z tabulek (F1)

$$E_x = 2 \cdot \frac{n \cdot I_{A,0} \cdot \sin A}{r \cdot (n \cdot l_S + (n-1) \cdot l_0)} \cdot \int_0^a f_I(a) \cdot \cos a \, \mathrm{d}a = 76{,}8 \text{ lx}$$ odečteno z tabulek (F1) pro úhel

odečteno z tabulek (F2)

$$E_y = 0 \cdot \frac{2 \cdot 740}{2{,}995 \cdot (2 \cdot 1{,}27 + 0{,}5)} \cdot \int_0^a f_I(a) \cdot \sin a \, \mathrm{d}a = 0$$ odečteno z tabulek (F2) pro úhel

odečteno z tabulek (F1)

$$E_z = 2 \cdot \frac{2 \cdot 740 \cdot \cos 33{,}4°}{2{,}995 \cdot (2 \cdot 1{,}27 + 0{,}5)} \cdot \int_0^a f_I(a) \cdot \cos a \, \mathrm{d}a = 116 \text{ lx}$$ odečteno z tabulek (F1) pro úhel

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2} = \sqrt{76{,}8^2 + 116^2} = 139{,}4 \text{ lx}$$

odečteno z tabulek (F3)

$$E_{4p} = 2 \cdot \frac{2 \cdot 740}{2{,}995 \cdot (2 \cdot 1{,}27 + 0{,}5)} \cdot \frac{1}{4} \cdot \int_0^a f_I(a) \cdot \mathrm{d}a = 36{,}1 \text{ lx}$$ odečteno z tabulek (F3) pro úhel

činitel podání tvaru $p = E/E_{4\pi}$ = 139,4/36,1 = 3,9

Výpočtové metody v osvětlovací technice

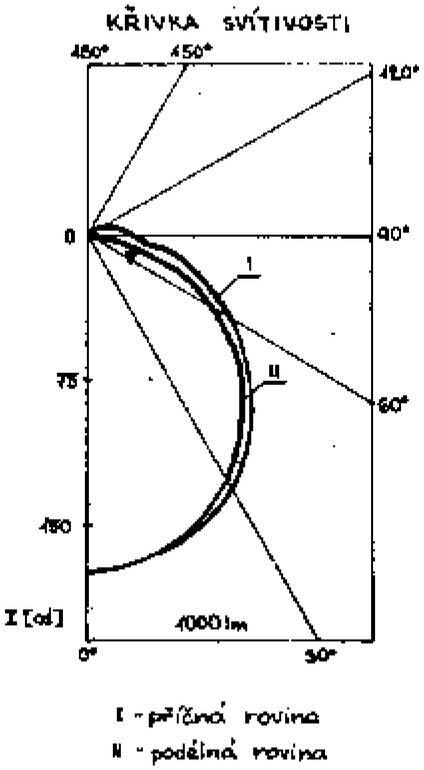
Vnitřní prostory

Bodová metoda

Plošné zdroje

Příklady

39) Vypočtěte světelný vektor a střední kulovou osvětlenost v bodě R podle obrázku! Zdrojem je zářivkové vaničkové svítidlo typ 231 21.01 (4 x 40 W, 4 x 2700 lm).



z křivky svítivosti odečteno $I_{0,0}' = 173$ cd/klm $\qquad I_{0,0} = 173 \cdot 4 \cdot 2{,}7 = 1868$ cd

normálový jas svítidla $\qquad L_0 = I_{0,0}/S = 1{,}868/0{,}595/1{,}27 = 2{,}47$ kcd/m^2

indikatrix svítivosti pro $x = 4{,}4$ a $y = 4{,}7$ je $f_I(a) = \cos a$, pro **charakteristickou funkci jasu** platí:

$f_L(a) = f_I(a)/\cos a$ $\qquad$ po dosazení je $f_L(a) = 1$

$$E_{\mathrm{x}} = E_{\mathrm{xab}} - E_{\mathrm{xa}} = L_0 \cdot \int_{\mathrm{a}}^{\mathrm{a+b}} \int_{0}^{\mathrm{c}} f_{\mathrm{L}}(a) \cdot \frac{h \cdot x \cdot \mathrm{d}x \cdot \mathrm{d}y}{\left(x^2 + y^2 + h^2\right)^2} = 2{,}47 \cdot (19 - 11) = 20 \text{ lx}$$

odečteno z tabulek (F4) pro $\qquad B_1 = (a+b)/h = (1+1{,}27)/2{,}5 = 0{,}91$

$A = c/h = 0{,}595/2{,}5 = 0{,}24 \qquad B_2 = a/h = 1/2{,}5 = 0{,}4$

$$E_{\mathrm{y}} = E_{\mathrm{yab}} - E_{\mathrm{ya}} = L_0 \cdot \int_{\mathrm{a}}^{\mathrm{a+b}} \int_{0}^{\mathrm{c}} f_L(a) \cdot \frac{h \cdot y \cdot \mathrm{d}x \cdot \mathrm{d}y}{\left(x^2 + y^2 + h^2\right)^2} = 2{,}47 \cdot (54 - 16{,}5) = 95 \text{ lx}$$

odečteno z tabulek (F4) pro $\qquad A_1 = (1+1{,}27)/2{,}5 = 0{,}91$

$B = 0{,}595/2{,}5 = 0{,}24 \qquad A_2 = 1/2{,}5 = 0{,}4$

$$E_{\mathrm{z}} = E_{\mathrm{zab}} - E_{\mathrm{za}} = L_0 \cdot \int_{\mathrm{a}}^{\mathrm{a+b}} \int_{0}^{\mathrm{c}} f_L(a) \cdot \frac{h^2 \cdot \mathrm{d}x \cdot \mathrm{d}y}{\left(x^2 + y^2 + h^2\right)^2} = 2{,}47 \cdot (148 - 87) = 152 \text{ lx}$$

odečteno z tabulek (F5) pro $\qquad B_1 = (1+1{,}27)/2{,}5 = 0{,}91$

$A = 0{,}595/2{,}5 = 0{,}24 \qquad B_2 = 1/2{,}5 = 0{,}4$

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2} = \sqrt{20^2 + 95^2 + 152^2} = 180\ \mathrm{lx}$$

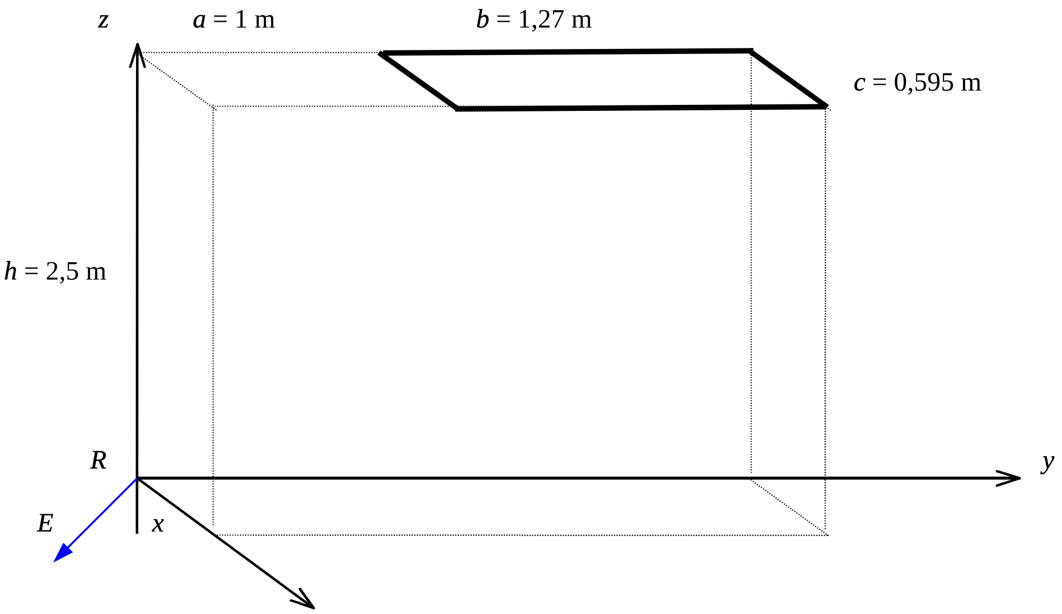
střední kulová osvětlenost bude:

$$E_{4p} = E_{ab} - E_a = \frac{h}{4} \cdot L_0 \cdot \int_a^{a+b} \int_0^c f_L(a) \cdot \frac{dx \cdot dy}{\sqrt{\left(x^2 + y^2 + h^2\right)^3}} = 2{,}47 \cdot (40 - 22) = 44{,}4\ \mathrm{lx}$$

odečteno z tabulek (F6) pro $B_1 = (1+1{,}27)/2{,}5 = 0{,}91$

$A = 0{,}595/2{,}5 = 0{,}24$ $B_2 = 1/2{,}5 = 0{,}4$

činitel podání tvaru $p = E/E_{4\pi} = 180/44{,}4 = 4$



40) Vypočtěte normálovou osvětlenost obecně natočené roviny v jejím bodě R [0; 0; 0] ! Body roviny jsou též A [0; 0,5; 0,5], B [0,2; -0,5; 0,5] a světelný vektor má složky $\vec{e}$ = [24,6; 0; 37,3] lx (srov. s 37).

rovnice roviny je dána determinantem matice:

$$\begin{vmatrix} x - x_R & y - y_R & z - z_R \\ x_A & y_A & z_A \\ x_B & y_B & z_B \end{vmatrix} = 0$$

$x \cdot (y_A \cdot z_B - y_B \cdot z_A) + y \cdot (z_A \cdot x_B - z_B \cdot x_A) + z \cdot (x_A \cdot y_B - x_B \cdot y_A) = 0$

$x \cdot (0{,}25 + 0{,}25) + y \cdot 0{,}1 - z \cdot 0{,}1 = 0$

normálový vektor roviny má hodnotu $\vec{n}$ = [0,5; 0,1; -0,1]

úhel vektorů bude:

$$\cos j = \frac{\vec{e} \cdot \vec{n}}{|\vec{e}| \cdot |\vec{n}|} = \frac{24{,}6 \cdot 0{,}5 + 37{,}3 \cdot (-0{,}1)}{\sqrt{\left(24{,}6^2 + 37{,}3^2\right) \cdot \left(0{,}5^2 + 0{,}1^2 + 0{,}1^2\right)}} = 0{,}3694$$

normálová osvětlenost v bodě R: $|\vec{e}_{n}| = |\vec{e}|\cdot\cos j = 16{,}5$ lx

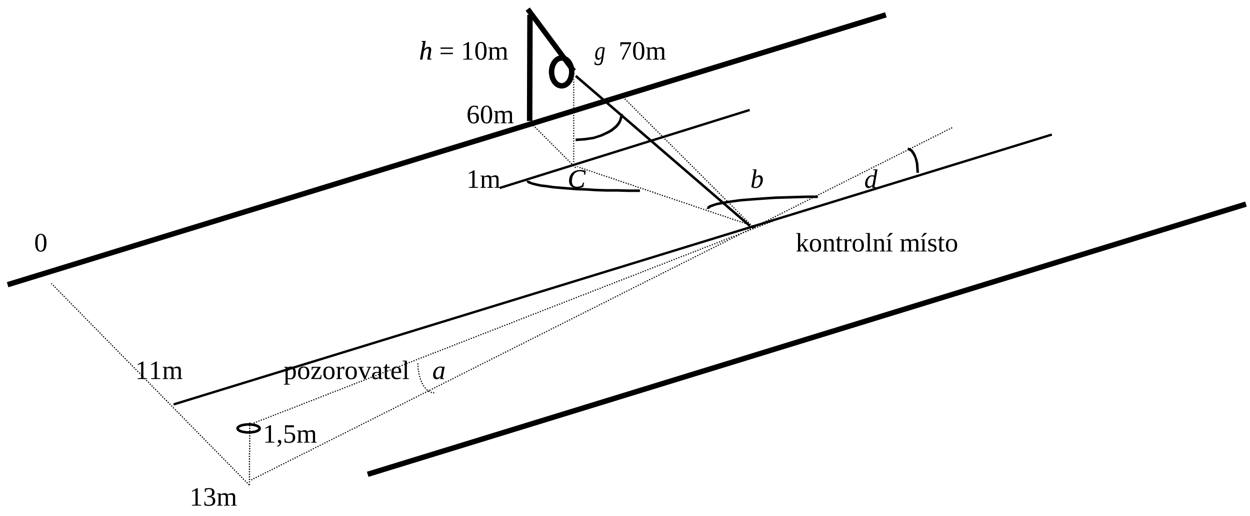
Výpočtové metody v osvětlovací technice

Vnější prostory

Bodová metoda

Příklady

41) Výpočet příspěvku jednoho svítidla (typ 444 15 15 s SHC 150 a udržovacím činitelem 0,6) pro určení průměrného jasu a osvětlenosti vozovky s povrchem cementový beton CB, viz obrázek.



ČSN 360400 definuje polohu pozorovatele 60 m před polem kontrolních míst, v 1/4 šířky jízdního pásu zprava a ve výšce 1,5 m.

Průměrná hodnota horizontální osvětlenosti resp. jasu je průměrem hodnot v kontrolních místech.

Horizontální osvětlenost v kontrolním místě je dána součtem příspěvků všech svítidel, příspěvek od jednoho svítidla se určí:

$E_i = \frac{I_i}{h^2} \cdot z \cdot \cos^3 g$ a jas v kontrolním místě: $L_i = \frac{I_i}{h^2} \cdot z \cdot r_i\left(b, \mathrm{tg} g\right)$

r_i - redukovaný součinitel jasu, $r_i = r \cdot 10^{-3} \cdot O_0$

r, O_0 jsou uvedeny v normě podle třídy normalizovaného klasifikačního systému výpočet úhlů:

$$g = \text{artg}\frac{\sqrt{(11\text{-}1)^2 + (70-60)^2}}{10} = 54{,}7°$$ tg g = 1,41

C = 180 - arctg (70 - 60)/(11 - 1) = 135° d = arctg (13 - 11)/70 = 1,6 °

$b = C + d$·sgn (kontrolní místo-pozorovatel) = C - d = 133,4°

příspěvek horizontální osvětlenosti:

z křivky svítivosti svítidla (13,5 klm) je I' (C,g) = 134 cd / klm

I (C,g) = 134·13,5 = 1809 cd, ve výpočtech bude udržovací činitel:

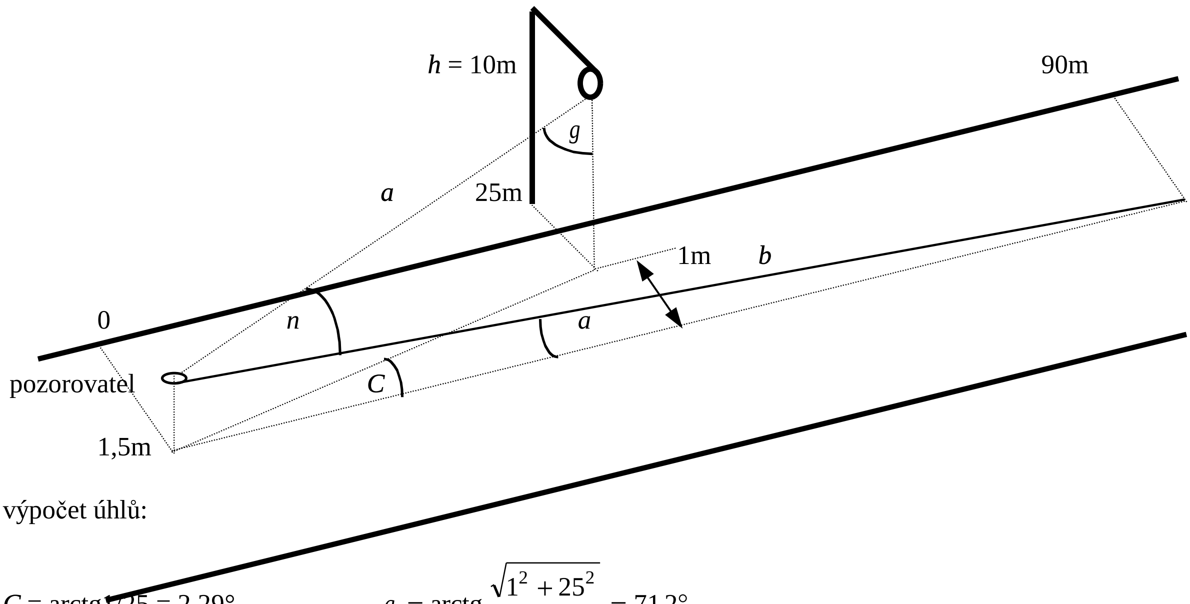
$$E = \frac{1809 \cdot 0{,}6}{100} \cdot \cos^3 54{,}7 = 2{,}1 \text{ lx}$$

příspěvek jasu:

pro CB povrch platí třída (Tab. 4, str. 21) CI normy a r = 200 (Tab. 1, str. 18) a O_0 = 0,1 (Tab. 3, str. 20)

$$L = \frac{1809 \cdot 0{,}6}{100} \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}1 = 0{,}217 \text{cd/m}^2$$

42) Výpočet relativního zvýšení prahu rozlišitelnosti pro hodnocení oslnění, viz obrázek. Svítidlo podle 41), SHC 250 s tokem 21 klm a udržovacím činitelem 0,6 při průměrném jasu vozovky 1,6 cd/m^2 .



výpočet úhlů:

C = arctg1/25 = 2,29° $g = \text{arctg}\dfrac{\sqrt{1^2 + 25^2}}{10 - 1{,}5} = 71{,}2°$

a = arctg1,5/90 = 0,96°

ze skalárního součinu $\vec{a}$ = [25; 1; 10-1,5], $\vec{b}$ = [90; 0; -1,5]

$$J = \arccos\frac{\vec{a}\cdot\vec{b}}{a\cdot b} = \arccos\frac{90\cdot 25 - 1{,}5\cdot 8{,}5}{\sqrt{90^2+1{,}5^2}\cdot\sqrt{1^2+25^2+8{,}5^2}} = 19{,}85°$$

do výpočtu se berou svítidla s J < 20°, ostatní jsou mimo zorné pole řidiče

relativní zvýšení prahu rozlišitelnosti:

$$k_r = 65\cdot\frac{L_V}{L_p^{0,8}} \quad (\%)$$

L_V ekvivalentní závojový jas svítidel

$$L_V = 3\cdot\frac{E}{J^2}\cdot 10^{-3}$$

L_p průměrný jas povrchu

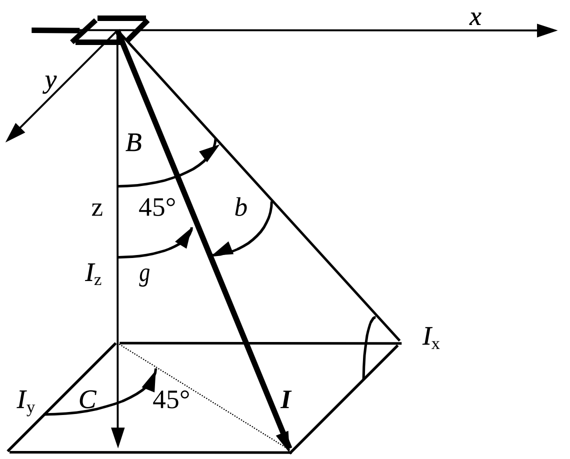
E intenzita osvětlení roviny kolmé na směr pohledu v místě oka pozorovatele z křivek svítivosti pro C, g a pro světelný tok je I = 3170 cd/m^2

$$E = \frac{I}{a^2}\cdot z\cdot\sin g\cdot\cos C\cdot\cos a = \frac{3170}{1^2+25^2+8{,}5^2}\cdot 0{,}6\cdot\sin 71{,}2\cdot\cos 2{,}29\cdot\cos 0{,}96 = 5{,}5\,\mathrm{lx}$$

$$L_V = 3\cdot\frac{5{,}5}{0{,}346^2}\cdot 10^{-3} = 0{,}138\,\mathrm{cd/m^2} \qquad k_r = 65\cdot\frac{0{,}138}{1{,}6^{0,8}} = 6{,}2\%$$

Tab. 3, str. 5 normy požaduje při stupni oslnění 2, který odpovídá našemu svítidlu, hodnotu k_r maximálně 10%, 6,2% tedy vyhovuje.

43) Výbojkové svítidlo na výložník typ 444 16 30 s výbojkou RVS 400 W má světelný tok 30 klm. Určete svítivost pro C = 45° a g = 45° !



pomocný vektor svítivosti pro uvedený směr je I = [1; 1; $\sqrt{2}$], viz obrázek pro složky vektoru lze psát rovnice:

$$\mathrm{tg}\,g = \frac{\sqrt{I_x^2+I_y^2}}{I_z} \qquad \mathrm{tg}\,C = \frac{I_x}{I_y} \qquad \mathrm{tg}\,B = \frac{I_x}{I_z} \qquad \sin b = \frac{I_y}{\sqrt{I_x^2+I_y^2+I_z^2}}$$

pro vztah mezi úhly B,b a C,g dostaneme:

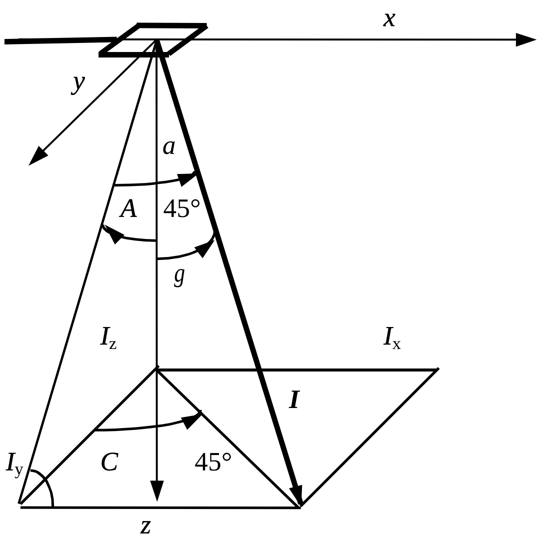
$\mathrm{tg}B = \sin C \cdot \mathrm{tg}g = \sin 45° \cdot \mathrm{tg}45°$, $B = 35{,}3°$

$\sin b = \cos C \cdot \sin g = \cos 45° \cdot \sin 45°$, $b = 30°$

z katalogu svítidla potom má požadovaná svítivost hodnotu:

$I_{B,b} = I_{C,g} = 30 \cdot 119 = 3570$ cd

44) Odvoďte vztah mezi úhly A,a a C,g, viz obrázek!



Analogicky s předchozím příkladem (rovnice pro C,g jsou stejné):

$\mathrm{tg}A = \dfrac{I_y}{I_z}$ $\qquad$ $\sin a = \dfrac{I_x}{\sqrt{I_x^2 + I_y^2 + I_z^2}}$

pro vztah mezi úhly A,a a C,g dostaneme:

$\mathrm{tg}\,A = \cos C \cdot \mathrm{tg}g$ $\qquad$ $\mathrm{tg}\,A(B) = \mathrm{tg}b(a)/\cos B(A)$

$\sin a = \sin C \cdot \sin g$ $\qquad$ $\sin a(b) = \sin B(A) \cdot \cos b\ (a)$

Mísení barev

Barvy v kolorimetrickém trojúhelníku je možno získat složením tří základních barev: červené, zelené a modré. Barvy je možno mísit buď aditivně (součtově) nebo subtraktivně (rozdílově).

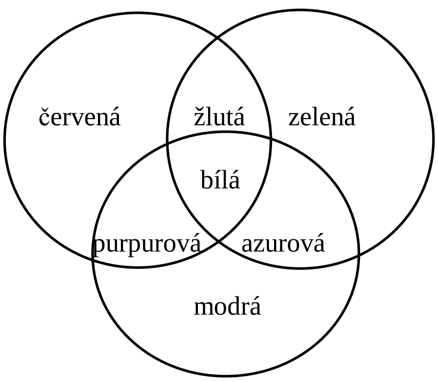
Subtraktivní mísení

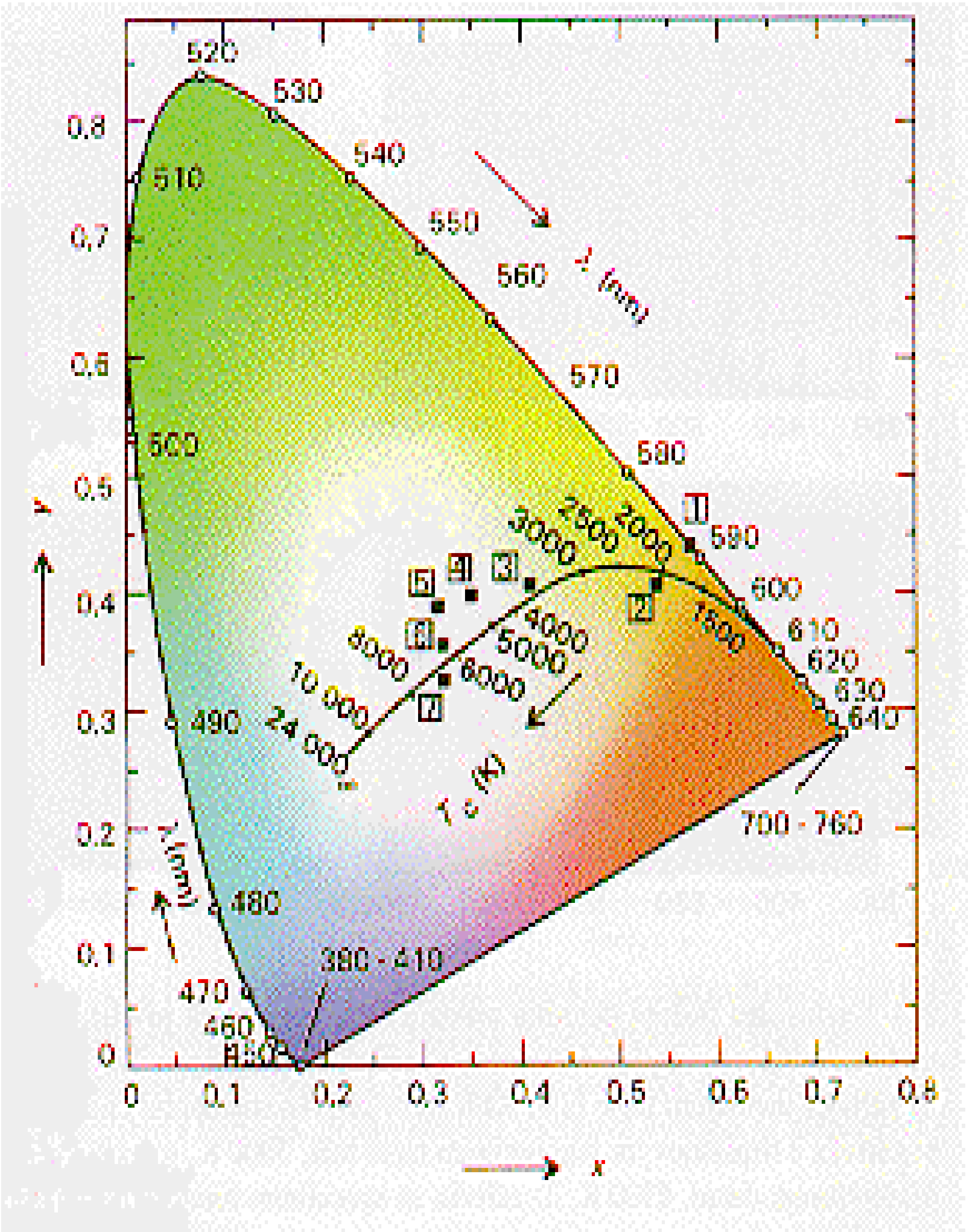
Kombinaci barev a výslednou barvu názorně ukazuje trojúhelník mísení barev.

př.: červenohnědá = červená + zelená = oranžová + fialová

Aditivní mísení

Aditivním mísením tří základních barev červené, zelené a modré (prolínající se světla tří reflektorů) vznikají barvy komplementární (doplňkové) azurová, purpurová a žlutá.





520
530
540
550
560
570
580
590
600
610
620
630
640
700 - 760
510
500
490
480
470
460
450
380 - 410
λ (nm)
λ (nm)
2500
2000
3000
1500
4000
5000
6000
8000
10 000
24 000
T c (K)
1
2
3
4
5
6
7
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8
y
x