

5. ELEMENTI OPTIKE

5.1 UVOD U OPTIKU

5.1.1 O prirodi svetlosti

talasno-čestični dualizam

U toku razvoja fizike smenjivala su se dva koncepta kojima se objašnjavaju svetlosni fenomeni. U okviru korpuskularnog pristupa, koji je predložio i razvijao Njutn, svetlost se zamišlja kao struja čestica. Njutnov savremenik K. Hajgens razvio je talasnu teoriju svetlosti. Prostiranje talasa objašnjava se Hajgensovim principom: svaki delić sredine pogođen talasom postaje i sam izvor novog talasa. Novi talasni front formira se kao obvojnica (anvelopa) elementarnih talasa.

Savremeno shvatanje o prirodi svetlosti objedinjuje i talasni i korpuskularni pristup. Naime, svetlost shvatamo kao složeni fenomen, a korpuskularna ili talasna svojstva doći će do izražaja s obzirom na vrstu eksperimenta. Priroda eksperimenta, međutim, isključuje istovremeno ispoljavanje i čestičnih i talasnih osobina svetlosti.

5.1.2 Aproksimacija geometrijske optike

U slučaju kada su dimenzije objekata mnogo veće od talasne dužine svetlosti koja na njih pada, moguće je koristiti pojednostavljeni pristup u objašnjenju prostiranja svetlosti. **Zrak svetlosti** predstavlja osnovni pojam koji se koristi u aproksimaciji geometrijske optike. Pri tome se zrak svetlosti definiše kao normala na talasni front.

➤ Geometrijska optika je deo optike u kojem se za opisivanje svetlosnih pojava koristimo zrakom svetlosti.

Sledeći ovakav aproksimativni pristup koji se obično naziva aproksimacija geometrijske optike, moguće je definisati tri osnovna zakona geometrijske optike. Primetimo da primena zakona geometrijske optike u slučaju kada ne važe pretpostavke za njenu primenu, dovodi do apsurdnih rezultata.

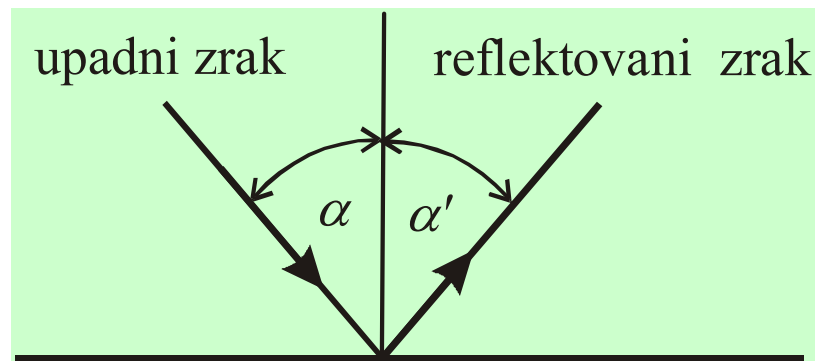
Prvi zakon geometrijske optike

Prvi zakon geometrijske optike je **zakon o pravolinijskom prostiranju svetlosti**. U optički homogenoj i providnoj supstanci zraci imaju oblik pravih linija normalnih na odgovarajuće talasne frontove.

Drugi zakon geometrijske optike

Drugi zakon geometrijske optike je **zakon o odbijanju ili refleksiji**. Ako na ravnu uglačanu površinu pada zrak svetlosti, u upadnoj tački nastaje odbijeni zrak. Upadni ugao α definišemo kao ugao koji grade upadni zrak i normala povučena na površinu u upadnoj tački, dok ugao odbijanja α' definišemo kao ugao koji grade odbijeni zrak i odgovarajuća normala. Pri tome upadni zrak, normala i odbijeni zrak leže u jednoj ravni, dok je upadni ugao jednak uglu odbijanja:

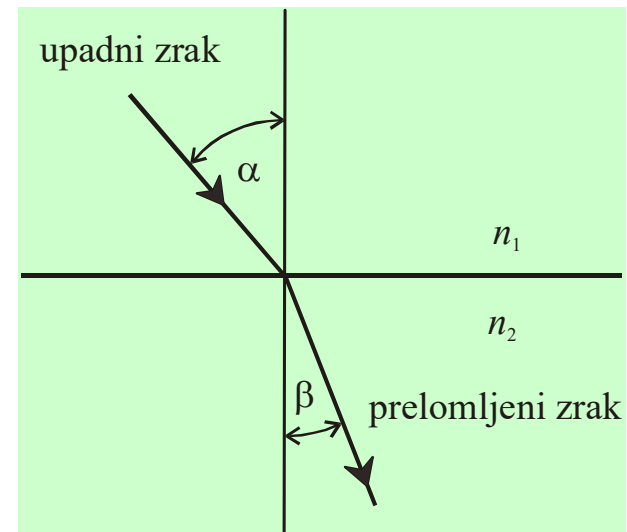
$$\alpha = \alpha'$$



Treći zakon geometrijske optike

Treći zakon geometrijske optike je **zakon prelamanja ili refrakcije**. Uvešćemo apsolutni indeks prelamanja n neke sredine kao količnik brzine svetlosti u vakuumu i brzine svetlosti u datoj supstancijalnoj sredini: $n = c/v$. Koristeći indeks prelamanja, zakon prelamanja možemo definisati na sledeći način:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2}, \quad \text{ili} \quad \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}.$$



- Odnos sinusa upadnog i prelomnog ugla jednak je odnosu brzina prostiranja svetlosti u tim sredinama, a obrnut odnosu njihovih indeksa prelamanja.

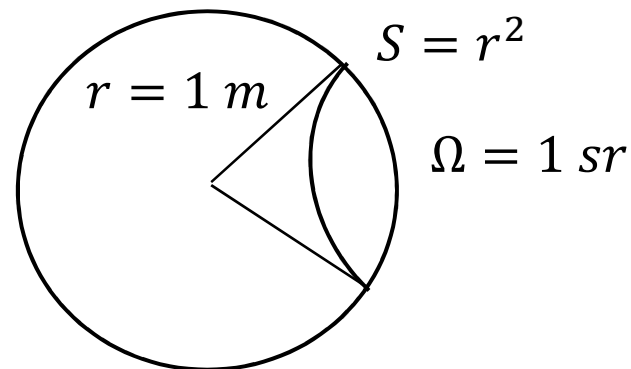
5.1.3 Energijske i fotometrijske veličine

Radi jednostavnosti, u ovom pristupu biće posmatrani samo tačkasti izvori svetlosti koji emituju izotropno svetlost (podjednako u svim pravcima).

Sa energijskog stanovišta, pod jačinom svetlosnog izvora podrazumeva se energija svetlosti izračena u jedinici vremena u jediničnom prostornom uglu (sr - steradian).

Jedinica za jačinu svetlosti data pomoću energijskih veličina iznosi $[J]=[W/sr]$.

Jedinični prostorni ugao – steradian $[sr]$ predstavlja prostorni ugao sfere poluprečnika r iz kojeg se vidi deo sferne površi čija je površina r^2 . Primetimo da steradian predstavlja prostorni ugao pod kojim se iz centra sfere jediničnog poluprečnika, na površini sfere vidi kružni odsečak jedinične površine.



Jačina svetlosti

U SI sistemu, u okviru fotometrijskih veličina uvodi se posebna jedinica za jačinu svetlosti – kandela.

- Jačinu svetlosti od jedne **kandele** emituje izvor monohromatske svetlosti talasne dužine 555 nm u datom pravcu, u jediničnom prostornom uglu, pri čemu je fluks svetlosne energije $1/683\text{ W/sr}$.

Jačinu svetlosti od 1 cd u datoj oblasti talasnih dužina emituje apsolutno crno telo površine $1/60\text{ cm}^2$ na temperaturi 2042.5 K (temperatura očvršćavanja platine).

Svetlosni fluks

Jedinica za **svetlosni fluks** u *SI* sistemu je **lumen** [*lm*].

- Lumen se definiše kao deo svetlosnog fluksa koji izvor jačine 1cd emituje u jediničnom prostornom uglu u jedinici vremena.

Osvetljenost

U fotometriji se **jačina osvetljenosti** (iluminancija) izražava jedinicom koja se naziva **luks** [*lx*].

- Jačinu osvetljenosti od jednog luksa stvara izotropni izvor svetlosti čija je jačina 1cd , na površini sfere poluprečnika 1m .

Sjajnost

- **Sjajnost** (luminancija) definišemo kao količnik fluksa svetlosne energije emitovane sa nekog elementa površine izvora dS i veličine te površine.

Jedinici sjajnosti odgovara fluks svetlosne energije od $1/m$ emitovan sa površine $1m^2$. Primetimo da bez obzira na to što se osvetljenost i sjajnost predstavljaju istom veličinom $[lm/m^2]$, postoji suštinska fizička razlika između ovih veličina. Naime, pod osvetljenošću podrazumevamo fluks svetlosne energije koji pada na jedinicu neke površine, dok sjajnost predstavlja fluks svetlosne energije koji polazi sa jedinice neke površine (može biti i reflektovani fluks).

5.2 OSVETLJENOST I OSUNČANOST

5.2.1 Uslovi za dobru osvetljenost

Osvetljenost neke prostorije zavisi od više faktora. Možemo reći da na osvetljenost prostorije utiču karakteristike i položaji izvora svetlosti, dimenzije i oblik prostorije i materijali koji se nalaze na površinama unutar prostorije.

Osvetljenost tačaka u prostoriji zavisi od svetlosnog fluksa koji u tu tačku dospeva od izvora svetlosti, kao i od svetlosnog fluksa reflektovane svetlosti.

Kao prvi zahtev, postavlja se potreba da nivo osvetljenosti, odnosno iluminancija, ima dovoljno veliku vrednost za predviđene vrste poslova u datom delu prostorije.

Za dobru osvetljenost neke prostorije neophodno je da sem dovoljno velike iluminancije u nekoj tački, bude obezbeđena i ravnomernost luminancije površina u prostoriji.

Da bi se eliminisalo blještanje potrebno je da luminancija objekta koji se posmatra E_{ob} i luminancija susedne površine E_{pov}^1 budu u sledećem odnosu: $E_{ob}/E_{pov}^1 \leq 1/3$. Blještanje udaljenih, nesusednih površina izbeći će se ako je $E_{ob}/E_{pov}^2 \leq 1/10$, pri čemu je sa E_{pov}^2 predstavljena luminancija udaljene nesusedne površine.

Osvetljenost [/x]		Izvor svetlosti/vrsta mogućeg posla	
100000		Sunce u podne	
5000		Izuzetno zahtevni poslovi sa stanovišta vidljivosti (operacije npr.)	
1000		Oblačan dan/precizan rad sa alatnim mašinama	
500		Opšti rad u kancelarijama	
30		Mogućnost orijentacije, kratko zadržavanje u prolazu	
1		Mesečina	
0.01		Zvezdano nebo (bez oblaka)	

Osvetljenost koju daju neki izvori svetlosti / Orijentacioni pregled zahtevane vrednosti osvetljenosti za različite poslove

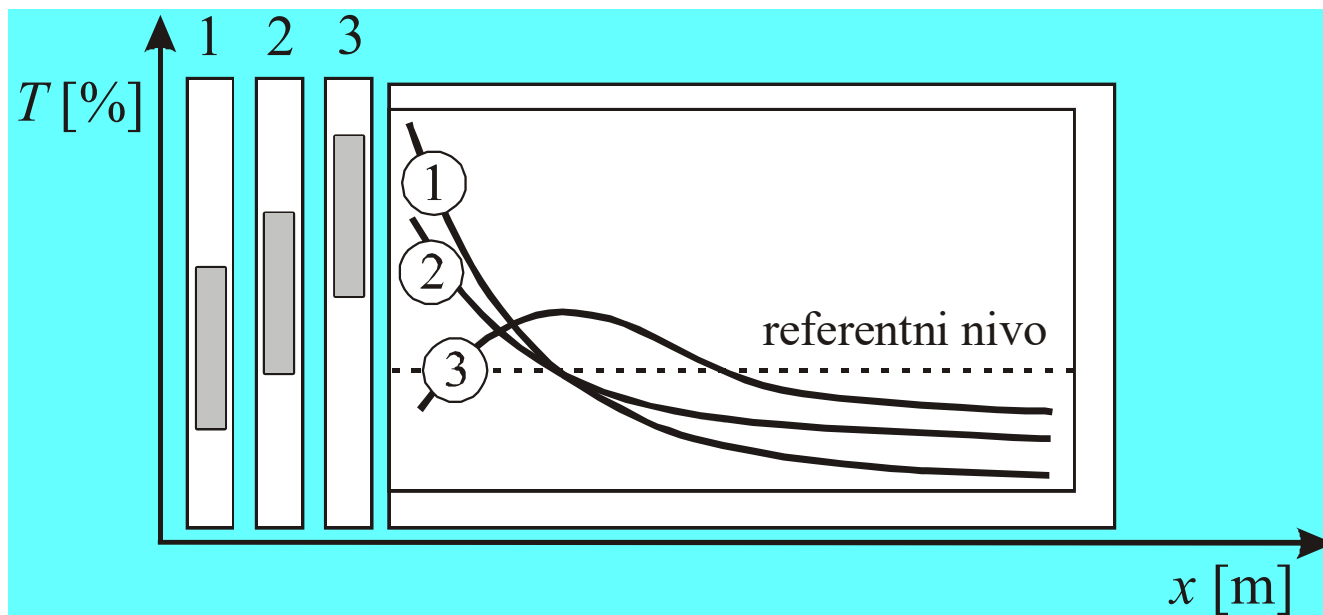
5.2.2 Količnik dnevne svetlosti

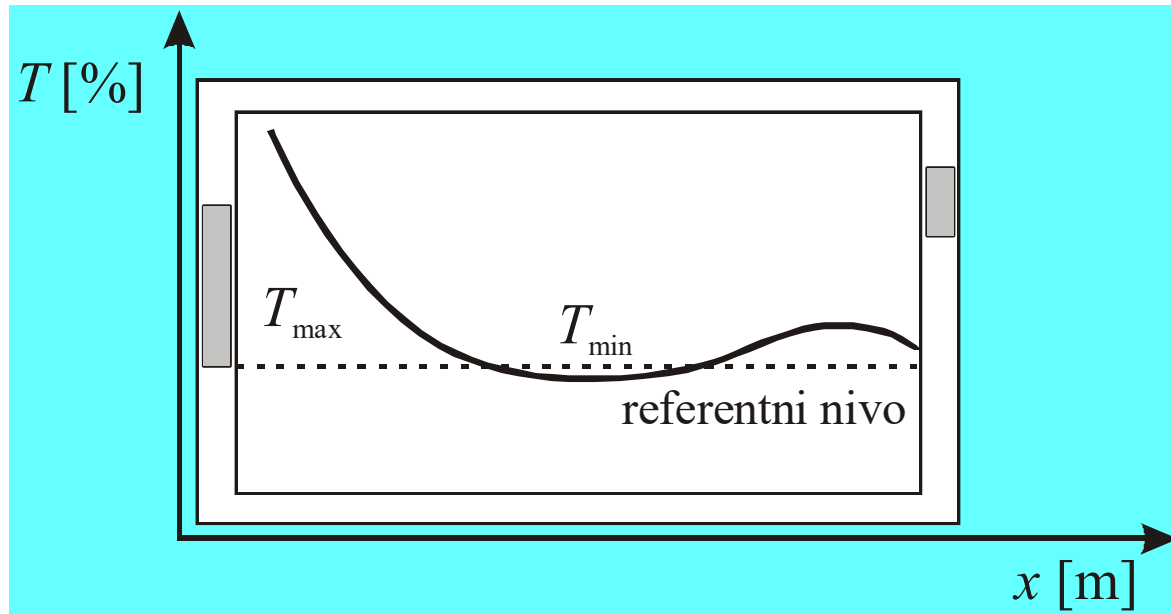
Mada osvetljenost u prostoriji na složen način zavisi od više faktora vezanih za karakteristike same prostorije, zavisnost od osvetljenosti u spoljašnjoj sredini je jednostavna. Osvetljenost u prostoriji linearno zavisi od osvetljenosti u spoljašnjoj sredini. Pogodno je bilo uvesti veličinu koja se naziva **količnik dnevne svetlosti**, a definiše se izrazom:

$$T = \frac{E_p}{E_0} 100[\%]$$

gde je E_p osvetljenost tačke P na referentnom nivou prostorije, a E_0 horizontalna osvetljenost u spoljašnjem, nezagrađenom prostoru.

Za prozore iste orijentacije i površine srednja vrednost količnika dnevne svetlosti i ravnomernost osvetljenosti povećavaju se podizanjem gornje ivice prozora na veću visinu (*min.* $2m$). Na Sl. 101 prikazane su različite raspodele količnika dnevne svetlosti za tri različita položaja prozora. Podizanjem prozora količnik dnevne svetlosti u delu prostorije udaljenom od prozora, znatno se povećava. Za prostorije standardne visine ($2.5 - 3m$) dubine prostorija sa stanovišta dobre osvetljenosti, ograničene su na $4 - 6m$.

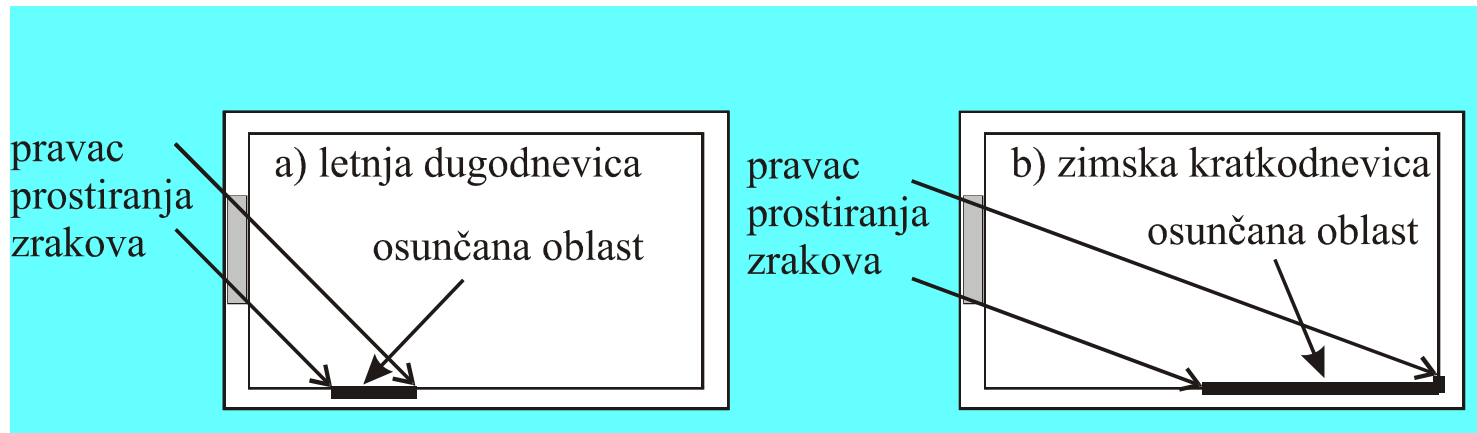


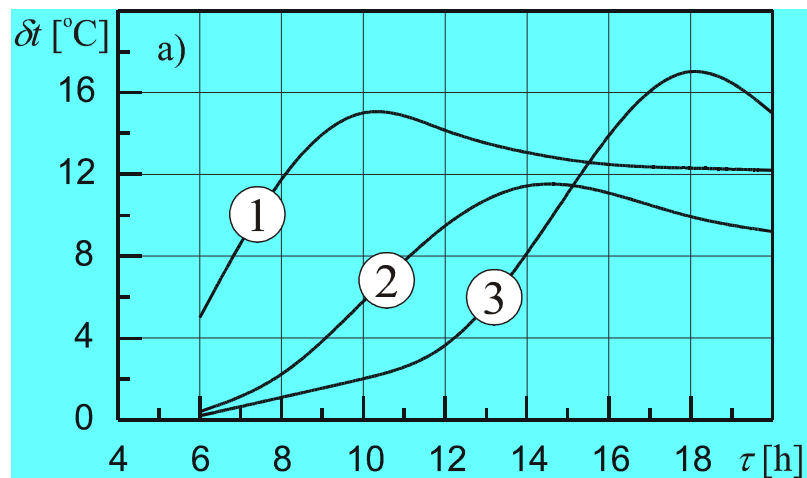


U prostoriji koja je osvetljena prozorima postavljenim na dve suprotne strane, ravnomernost osvetljenosti znatno je povećana, u odnosu na jednostranu orijentaciju prozora.

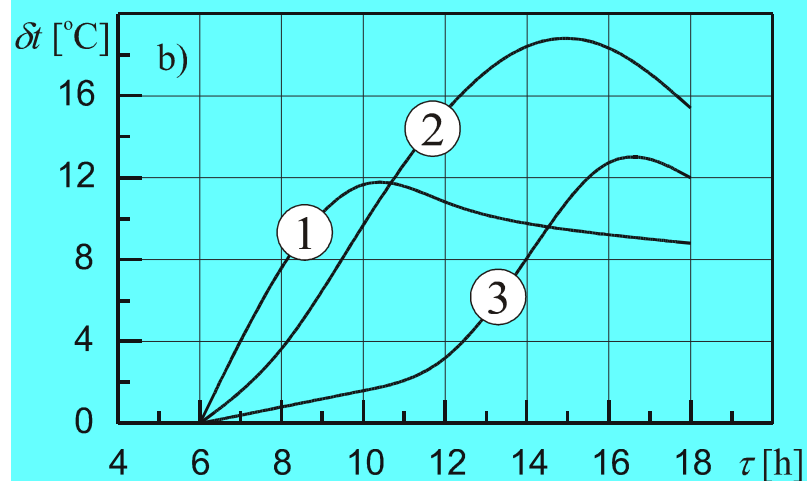
5.2.3 Osunčanost

Prividno kretanje Sunca dovodi do razlike osunčanosti prostorije u toku godine. Naime, s obzirom na različite položaje Sunca, vreme osunčanosti i dubina osunčanog dela prostorije zavisice od doba godine.





Veličina prostorije: 4m×4m×2.5m
 Sistem građenje: gasbeton
 Površina stakla: 4 m²
 Vrsta stakla: izolaciono staklo

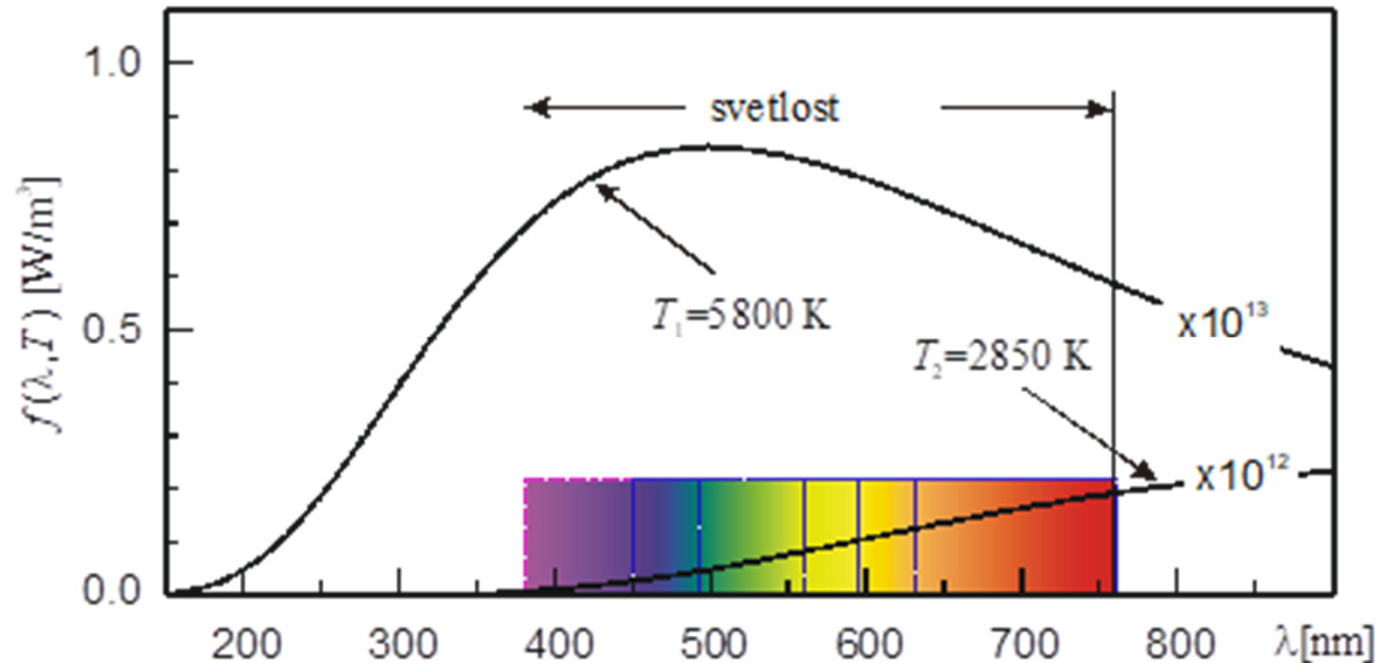


Veličina prostorije: 4m×4m×2.5m
 Sistem građenje: gasbeton
 Površina stakla: 4 m²
 Vrsta stakla: izolaciono staklo

Promena temperature u toku dana za: a) 21. jun i b) 21mart i 21 septembar.
 Orijentacije osunčanih površina označene su:
 istok - 1, jug - 2 i zapad - 3.

5.3 ELEMENTI TEORIJE BOJA

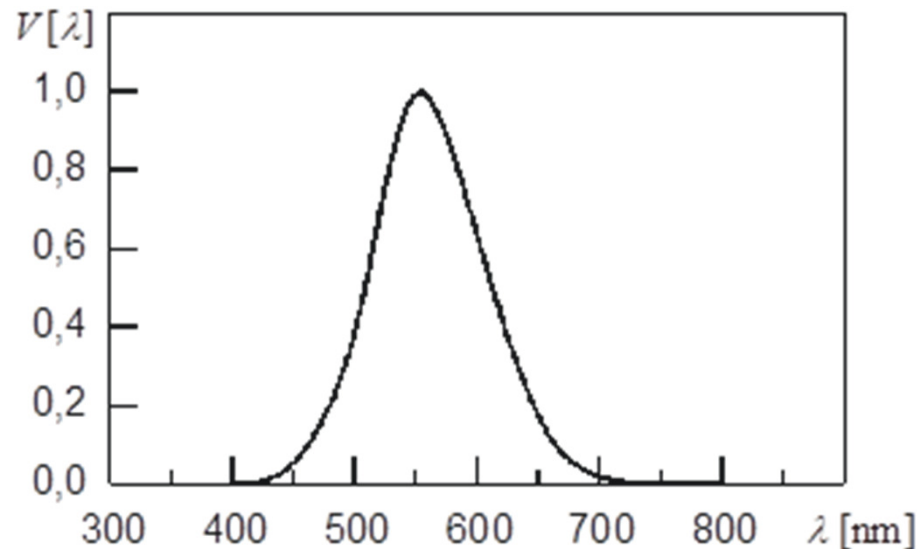
5.3.1 Spektar elektromagnetnog zračenja



Spektralne emisije moći za apsolutno crna tela na temperaturama $T_1 = 5800 \text{ K}$ (površina Sunca) i $T_2 = 2850 \text{ K}$ (sijalica sa volframskim vlaknom)

5.3.2 Karakteristike oka

Kriva spektralne osetljivosti ljudskog oka dobija se poređenjem osetljivosti oka na različitim talasnim dužinama. Odnos intenziteta svetlosti na talasnoj dužini kojoj odgovara najveća osetljivost i intenziteta svetlosti na drugoj talasnoj dužini, koji izaziva isti subjektivni doživljaj, predstavlja spektralnu osetljivost oka na datoj frekvenciji.



Kriva spektralne osetljivosti oka u uslovima dnevne osvetljenosti

5.3.3 Boja tela

Pod pojmom boje podrazumevamo svojstvo svetlosti kojeg čovek postaje svestan preko svojih čula (oko), osećajem nastalim svetlosnim stimulisanjem mrežnjače oka.

Govoreći o boji tela razlikovaćemo boju tela koja predstavljaju izvor svetlosti, i boju tela koja svetle reflektovanom svetlošću.

Sunčeva svetlost nastaje mešanjem odgovarajućih intenziteta različitih boja, pri čemu se nastala složena boja naziva bela svetlost.

Ukoliko se iz bele svetlosti eliminiše svetlost određene boje, preostala svetlost nije više bela, već je obojena. Boja preostale svetlosti naziva se komplementarna boja.

