



UNIVERZITET U NOVOM SADU
PRIRODNO-MATEMATIČKI
FAKULTET
DEPARTMAN ZA FIZIKU



Propusna svojstva naočara za zaštitu od Sunca u UV oblasti

- diplomski rad -

Mentor:

Olivera Klisurić

Kandidat:

Jelena Perić

Novi Sad, 2010

Iskoristila bih ovu priliku da se zahvalim svojim roditeljim na neizmernoj podršci i razumevanju koje su mi uvek pružali.

Hvala mentoru dr Oliveri Klisurić na predloženoj temi i korisnim sugestijama prilikom izrade ovog diplomskog rada. Takođe bih se zahvalila prof. Zoranu Mijatoviću na pomoći prilikom izvođenja eksperimentalnog dela ovog rada, kao i dr Fedoru Skubanu!

SADRŽAJ

UVOD.....	1
1. Elektromagnetno zračenje.....	2
1.1. Osobine elektromagnetskog zračenja.....	2
1.2. Spektar elektromagnetskog zračenja.....	3
1.3. Izvori elektromagnetskog zaračenja.....	5
1.3.1. Toplotni izvori zračenja.....	5
1.3.1.1. Karakteristike toplotnog zračenja.....	5
1.3.1.2. Model crnog tela i zakoni toplotnog zračenja crnog tela.....	6
1.3.1.3. Sunce kao toplotni izvor zračenja.....	8
1.3.1.4. Apsorpcija zračenja.....	12
2. UV zračenje.....	14
2.1. Podela UV zračenja.....	14
2.2. Aktivni spektar UV zračenja.....	17
2.3. UV indeks.....	19
2.4. Faktori koji utiču na intenzitet UV zračenja.....	20
3. Uticaj UV zračenja na živi svet.....	23
3.1. Anatomija oka.....	24
3.1.1. Svetlosni detektor oka – mrežnjača.....	27
3.2. Oko i UV zračenje.....	29
3.2.1. HEV (<i>High Energy Visible</i>) zraci.....	31
3.2.2. Negativno dejstvo UV zračenja na oči.....	31
4. Zaštita oka od UV zračenja.....	33
4.1. Naočare za Sunce.....	33
4.1.1. Bojenje, fotohromizam, i specijalni filtri.....	34
4.1.1.1.Specijalni filtri.....	34
4.1.2. Klasifikacija sočiva prema svetlosnoj transparenciji.....	35
4.1.3. Boja sočiva i transparencija.....	36
4.1.3.1. Sočiva sa permanentnom bojom.....	36
4.2. Kompletan informisanost o naočarima za Sunce.....	38
4.3. Standardi sunčanih naočara.....	38

4.3.1. Materijali koji obezbeđuju UV zaštitu.....	39
4.3.2. Atenuacija UV zračenja.....	42
4.3.3. Bojena sočiva za vožnju.....	42
4.3.4. Da li treba obezbediti UV zaštitu kod „providnih“ sočiva?.....	43
4.4. Kategorije naočara Sunce.....	44
4.5. Zaštita dece i omladine.....	45
 5. Opis merenja i rezultati.....	46
5.1. Opis aparature.....	46
5.2. Rezultati i diskusija.....	48
5.2.1. Snimanje apsorpcionih spektara naočara za Sunce.....	48
5.2.2. Rezultati merenja.....	49
 ZAKLJUČAK.....	57
LITERATURA.....	59
BIOGRAFIJA.....	60

UVOD

Sunce emisijom toplotne energije i svetlosti čini život mogućim na Zemlji. Međutim, Sunčevi zraci mogu štetno uticati na naše telo, a posebno na naše oči. Ovo zračenje obuhvata deo elektromagnetskog spektra talasnih dužina od 290 – 3000 nm. Organizam „oseća“ :

- ✓ IR (infra red) zračenje kao toplotu,
- ✓ VIS (visible) vidi kao svetlost, a
- ✓ UV (ultraviolet) može osetiti indirektno, preko pojave opeketine.

Dejstvo UV zračenja ima različite pozitivne efekte: potpomaže stvaranje aktivnog D vitamina iz provitaminina D, koristi se u lečenju raznih bolesti kao što su: rahitis, ekcem i neke vrste žutice.

Nepovoljno dejstvo ovih zraka može se ispoljiti na:

- koži u vidu opeketina (najčešće prvog i drugog stepena), poremećaj sinteze D vitamina, poremećaj sazrevanja melanocita iz nezrelih promelanocita i karcinom kože (maligni melanom, planocelularni karcinom i bazocelularni karcinom) i
- očima (katrakta, pterigium, keratitis, makularna degeneracija...)

Štetni efekti koji se javljaju kao posledica prekomernog izlaganja ultravioletnog (UV) zračenju nisu trenutni i odmah vidljivi, već se akumuliraju u organizmu i ispoljavaju godinama kasnije, kad već uveliko postoje oštećenja.

Veliki deo ovog zračenja se apsorbuje u atmosferi, ali značajna dejstva ima zračenje koje stigne do Zemljine površine.

Kako je UV zračenje nevidljivo za ljudsko oko i „neosetno“ za ostala ljudska čula, čovek nije u mogućnosti da sam proceni nivo svoje izloženosti UV zračenju bez adekvatnih informacija. Zbog toga je adekvatna informisanost i edukacija stanovništva o štetnom dejstvu UV zračenja, kao i o merama zaštite neophodna, kao sastavni deo zaštite životne sredine.

Zaštita od Sunčevog zračenja predstavlja problem na globalnom nivou za sve žive organizme na Zemlji. Živi organizmi iz biljnog i životinjskog sveta su evolutivnim putem razvili odbrambene mehanizme kao zaštitu od UV zračenja.

Potreba ljudi za prekomernim izlaganjem UV zračenju navelo je ljudsku populaciju na pronaalaženje novih načina zaštite od ove vrste zračenja, u vidu kozmetičkih preparata koji se nanose na kožu i naočara za zaštitu od UV zračenja. U sastavu ovih preparata nalaze se fizički i hemijski filtri koji apsorbuju UV zračenje. Osnovna karakteristika naočara za zaštitu od Sunčevog zračenja je UV filter.

Cilj ovog diplomskog rada bio je da se ispituju propusne karakteristike naočara za Sunce.

Snimljeni su spektri 50 uzoraka raličitih proizvođača i kvaliteta naočara.

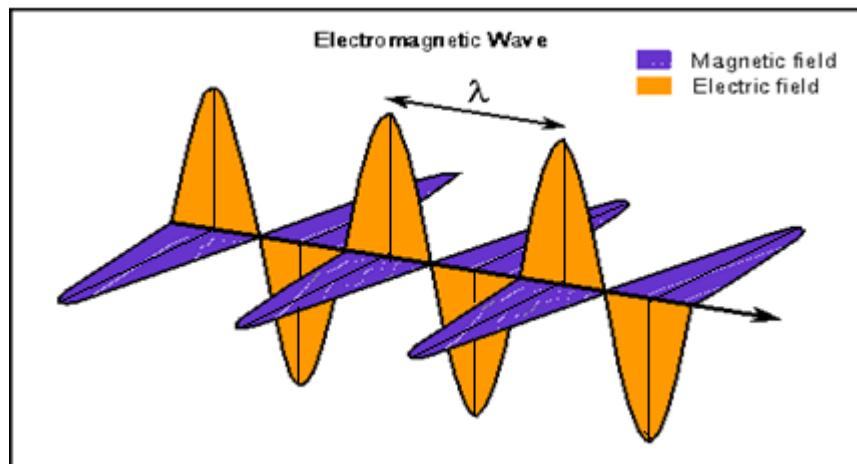
1. ELEKTROMAGNETNO ZRAČENJE

Elektromagnetno zračenje emituju sva tela u zavisnosti od stepena zagrejanosti, odnosno temperature. Tela koja emituju elektromagnetno zračenje na račun svoje unutrašnje energije (energije toplotnog kretanja), predstavljaju **toplote izvore zračenja**. Tela koja emituju elektromagnetno zračenje nezavisno od svoje temperature, predstavljaju **luminescentne izvore zračenja**.

1.1. OSOBINE ELEKTROMAGNETNOG ZRAČENJA

Proces širenja promjenljivog elektromagnetskog polja kroz prostor naziva se elektromagnetni talas.

Prema Maxwellovoj teoriji, emitovanje elektromagnetsnih talasa nastaje pri ubrzanom kretanju elektriciteta. Na taj način emituje se elektromagnetni talas. Ako se u nekoj tački prostora stvori promjeniljivo magnetno polje ono će u susednoj tački indukovati vrtložno električno polje koje je takođe promenljivo. Ono će indukovati vrtložno magnetno polje, a ono vrtložno električno polje, itd. Na taj način nastaje elektromagnetni talas.



Slika 1.1 Elektromagnetni talas

Na slici 1.1. je prikazan elektromagnetni talas. Promene jačine električnog i magnetnog polja mogu se predstaviti kao promene vektora E i B . Ti vektori su normalni na pravac širenja talasa, što znači da su elektromagnetni talasi *transverzalni talasi*.

Elektromagnetno zračenje je kombinacija oscilujućeg električnog i magnetnog polja koja zajedno putuju kroz prostor u obliku međusobno normalnih talasa.

Svetlost je takođe elektromagnetni talas.

Plank je prvi prepostavio da se elektromagnetno zračenje ne emituje kontinualno u vidu elektromagnetičnih talasa, već u paketima određene energije. Ovi individualni paketi energije nazvani su kvantima elektromagnetičnog zračenja – **fotonima**. Fotoni su nosioci određene (kvantovane) energije elektromagnetičnog zračenja, putem kojih se ta energija prenosi sa jednog tela na drugo. Osnovne karakteristike fotona su njegova energija E i talasna dužina λ .

Energija fotona je prema Plankovoj hipotezi data relacijom:

$$E = h\nu \quad (1.1)$$

gde je h Plankova konstanta ($h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Js), a ν frekvencija elektromagnetičnog zračenja koja se izražava u hercima Hz (1Hz = 1/s). Iz (1.1) se vidi da je energija fotona direktno srazmerna frekfenciji elektromagnetičnog zračenja, a konstantu srazmernosti predstavlja Plankova konstanta h . Talasna dužina fotona je sa frekfencijom povezana relacijom:

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \quad (1.2)$$

gde je c brzina svetlosti. Na osnovu (1.2) se vidi da je talasna dužina fotona obrnuto srazmerna frekfenciji elektromagnetičnog zračenja.

1.2. SPEKTAR ELEKTROMAGNETNOG ZRAČENJA

Elektromagnetno zračenje obuhvata veoma širok opseg frekvencija, odnosno talasnih dužina. Dijapazon zračenja svih talasnih dužina predstavlja **spektar EM zračenja**. U spektru EM zračenja se izdvajaju pojedine **spektralne oblasti** (sl.1.2.a), koje se međusobno razlikuju po načinu nastajanja i određenim osobinama koje ispoljavaju pri interakciji sa sredinom kroz koju se prostiru.

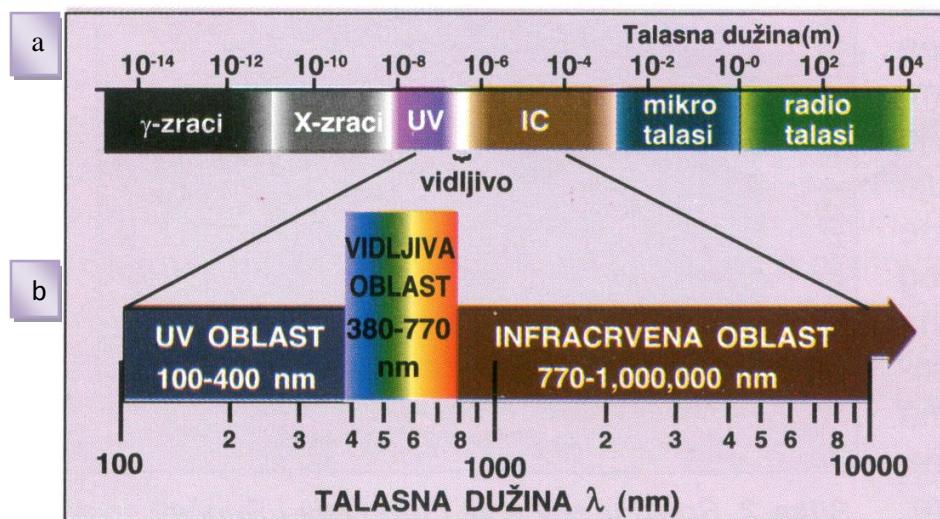
Najveće energije i najmanje talasne dužine (manje od milijarditog dela metra) imaju γ **zraci**. γ zraci nastaju pri kvantnim prelazima, koji se odigravaju u jezgrima atoma. Oblast spektra EM zračenja koju čine γ zraci, naziva se γ **oblast**.

Rendgenski ili tzv. **X- zraci** nalaze se iza γ zraka i spadaju u ionizujuće zračenje. Rendgensko zračenje nastaje kada elektroni velikom brzinom udaraju u metal, pri čemu dolazi do njihovog naglog usporavanja i izbijanja elektrona iz unutarnjih ljudskih atoma metala. Usporavanjem brzih elektrona stvara se kontinuirani spektar zakočnog zračenja (*bremssstrahlung*), a deeksitacijom atoma pri prelazima elektrona na K i L nivo nastaje linijski spektar. Oblast EM spektra koju čine rendgenski zraci, naziva se **X oblast**.

Nižu energiju i veće talasne dužine od X zraka ima **ultraljubičasto (UV) zračenje**, koje čini **ultraljubičastu** ili **UV oblat** spektra.

Iza UV zračenja se nalazi **vidljivo zračenje (VIS)**. Vidljivo zračenje obuhvata najuži opseg talasnih dužina i to je jedino zračenje iz elektromagnetskog spektra, koje ljudsko oko može da registruje. Registruje ga kao svetlost različitih boja. Oblast spektra EM zračenja koju čini vidljivo zračenje, naziva se **vidljiva oblast**.

Sa daljim povećanjem talasnih dužina vidljivi deo spektra se nastavlja na **infracrveno (IC) zračenje**, a odgovarajuća oblast spektra se naziva **infracrvena ili IC oblast**. IC zračenje intenzivno emituju zagrejana tela, pa se ovo zračenje često naziva i **toplotočno zračenje**.



Slika 1.2. a) Spektar elektromagnetskog zračenja; b) Optički deo spektra

Elektromagnetični spektar se dalje, sa povećanjem talasne dužine, nastavlja **mikrotalasima**. Područje mikrotalasnog spektra obuhvata talasne dužine od 1 mm do 30 cm.

Radiotalasi nalaze se iza mikrotalasa i obuhvataju područje od milimetar do kilometar. Radiotalasi nastaju u antenama kada visokofrekventna struja izaziva naizmeničnu promenu električnog i magnetnog polja u okolini antene što predstavlja radio zračenje. Talasna dužina zavisi od rezonantne frekvencije oscilatornog kola koje se nalazi u izlaznom stepenu i koje je povezano sa antenom.

Granice između pojedinih oblasti EM spektra nisu oštreti, već postoje prelazne oblasti, koje se javljaju kao posledica toga što talasna dužina nije jedina karakteristika posmatrane spektralne oblasti, već i njen način dobijanja, upotreba, osobine...

The diagram illustrates the Electromagnetic Spectrum with energy E, v on the vertical axis. An upward arrow is labeled E, v . To the right is a table with six rows, each representing a different source of EM radiation:

γ	Deekscitacija pobuđenog stanja jezgra
X	Deekscitacija pobuđenog stanja atoma prelazom elektrona na unutrašnje ljeske, ili kočenjem brzih nanelektrisanih čestica
UV	Deekscitacija pobuđenog stanja atoma prelazom elektrona na valentne ljeske
V	Deekscitacija pobuđenog stanja atoma prelazom elektrona na valentne ljeske
IC	Deekscitacija molekula sa pobuđenog vibracionog ili rotacionog stanja
RT	Elektronska oscilatorna kola

Slika 1.3. Delovi EM spektra, izvori i interakcija sa materijom

1.3. IZVORI ELEKTROMAGNETNOG ZRAČENJA

Pod izvorom elektromagnetskog zračenja se podrazumeva svako telo koje ima sposobnost da u zavisnosti od uslova pod kojima se nalazi emituje zračenje iz kompletног elektromagnetskog spektra ili iz određenog njegovog dela. Kada govorimo o izvorima elektromagnetskog zračenja, pre svega mislimo na tela koja emituju zračenje iz optičkog dela spektra (ultraljubičasto, vidljivo i infracrveno zračenje).

Razlikujemo **toplotne**, **luminescentne** i **laserske** izvore elektromagnetskog zračenja, koji se međusobno razlikuju po načinu pobuđivanja emisije.

1.3.1. TOPLITNI IZVORI ZRAČENJA

Tela koja emituju elektromagnetno zračenje na račun svoje unutrašnje energije, odnosno energije toplotnog kretanja svojih elementarnih čestica (atoma, molekula, jona), predstavljaju **toplotne izvore**. Intenzitet i spektar toplotnog zračenja zavisi samo od temperature tela. Toplotni izvori emituju EM zračenje na svim temperaturama pa i na najnižim. Međutim, oblast frekvencija, odnosno talasnih dužina na kojima se emituje *najveći deo* ovog zračenja zavisi od temperature tela. Sa povećanjem temperature tela maksimum intenziteta toplotnog zračenja se pomera ka oblastima kraćih talasnih dužina. Ovi izvori emituju zračenje kontinualnog oblika spektra. U toplotne izvore spadaju: Sunce, plamen, usijano vlakno električne sijalice, Voltin luk...

S obzirom da se kod toplotnih izvora deo unutrašnje energije (energije toplotnog kretanja čestica) konvertuje u energiju elektromagnetskog zračenja, temperatura ovih tela se pri emisiji zračenja smanjuje i ona se hlade. Isti izvori takođe mogu i apsorbovati energiju zračenja koje na njih pada i ukoliko je apsorbovana energija veće od emitovane, povećavati svoju temperaturu, odnosno zagrevati se.

1.3.1.1. Karakteristike toplotnog zračenja

Osnovne fizičke veličine koje karakterišu toplotno zračenje su **emisiona spektralna moć tela** $e_{\lambda T}$ i **apsorpciona spektralna moć tela** $a_{\lambda T}$.

Emisiona spektralna moć tela predstavlja energiju zračenja koju telo zagrejano do temperature T emituje sa jedinice površine u jedinici vremena u posmatranom intervalu talasnih dužina. Jedinica je W/m^2 .

Apsorpciona spektralna moć tela predstavlja deo od ukupnog fluksa energije zračenja određenog intrvala talasnih dužina koji na telo pada, koga telo apsorbuje po jedinici površine u jedinici vremena.

Između emisione i apsorpcione spektralne moći tela postoji određena veza data **Kirhofovim zakonom** (1.3), koji glasi: odnos emisione i apsorpcione spektralne moći ne zavisi od prirode tela, on je isti za sva tela i jednak jednoj istoj (univerzalnoj) funkciji talasne dužine i temperature:

$$F_{\lambda T} = \frac{e_{\lambda T}}{a_{\lambda T}} \quad (1.3)$$

To znači da telo jače apsorbuje zračenje one talasne dužine, odnosno frekfencije, koju više i emituje.

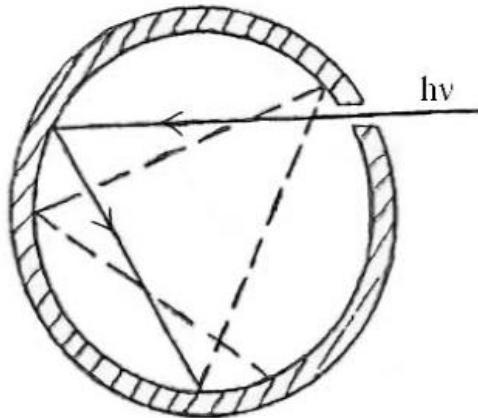
1.3.1.2. Model crnog tela i zakoni toplotnog zračenja crnog tela

Pod **crnim telom** se podrazumeva telo koje potpuno apsorbuje celokupnu energiju zračenja koja na njega pada, nezavisno od temperature do koje je zagrejano i od talasne dužine zračenja. Zbog toga se model apsolutno crnog tela i koristi za opisivanje spektra zračenja koje emituje neko telo zagrejano do određene temperature. Apsorpciona spektralna moć crnog tela je jednaka jedinici ($a_{\lambda T} = 1$), na osnovu čega iz (1.3) sledi da je:

$$e_{\lambda T} = F_{\lambda T} \quad (1.4)$$

drugim rečima, univerzalna funkcija $F_{\lambda T}$ je jednaka emisionoj spektralnoj moći crnog tela, ne zavisi od prirode supstance i predstavlja maksimalnu emisionu moć tela.

Crno telo u prirodi ne postoji. Kao približan model crnog tela može poslužiti šupljina sa vrlo malim otvorom, koja se održava na konstantnoj temperaturi T (sl.1.4). Zračenje hv , koje uđe u šupljinu kroz ovaj mali otvor, pretrpi višestruku refleksiju na unutrašnjim zidovima šupljine pre nego što iz nje izade. Pri svakoj refleksiji se deo zračenja apsorbuje. Na ovaj način se praktično upadno zračenje hv potpuno apsorbuje.



Slika 1.4. Model crnog tela

Spektar zračenja crnog tela zavisi samo od njegove temperature i dat je Plankovom formulom:

$$I_T = C^{-5} \frac{1}{e^{hc/\lambda kT} - 1} \quad (1.5)$$

gde je:

I - spektralni intenzitet zračenja (intenzitet zračenja koje telo zagrejano do temperature T emituje na određenoj talasnoj dužini λ),

k - Boltzmanova konstanta,

h - Plankova konstanta,

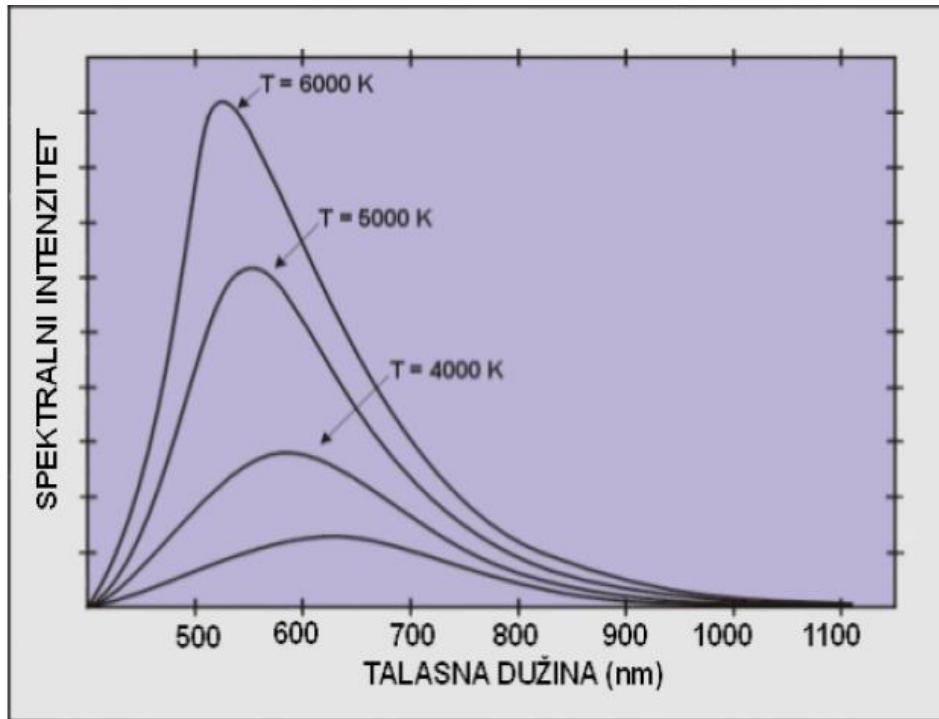
C konstanta proporcionalnosti koja iznosi $\frac{2\pi hc}{\lambda^5}$.

Plankova formula (1.5) zapravo daje zavisnost spektralnog intenziteta zračenja crnog tela od njegove temperature T .

Na slici 1.5. je grafički predstavljena zavisnost intenziteta zračenja crnog tela na različitim temperaturama od talasne dužine. Ukupan intenzitet zračenja koje emituje crno telo na svim talasnim dužinama srazmeran je površini ispod krive za odgovarajuću temperaturu T . Sa grafika se vidi da ova površina, odnosno ukupan intenzitet zračenja, raste sa povećanjem temperature crnog tela. Prema **Štefan-Boltzmanovom zakonu**, ukupan intenzitet zračenja, odnosno energija koju crno telo emituje sa jedinice površine u jedinici vremena, je srazmeran četvrtom stepenu njegove absolutne temperature:

$$I = \sigma T^4 \quad (1.6)$$

gde je σ Štefan-Boltzmanova konstanta ($\sigma = 5,71 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$).



Slika 1.5. Zavisnost intenziteta zračenja crnog tela na različitim temperaturama od talasne dužine

Sa grafika se takođe vidi da se maksimumi intenziteta zračenja sa povećenjem temperature pomeraju ka oblastima kraćih talasnih dužina. Talasnu dužinu koja odgovara maksimumu spektralnog intenziteta crnog tela na posmatranoj temperaturi, možemo odrediti na osnovu **Vinovog zakona pomeranja**, koji upravo daje vezu između temperature crnog tela T i položaja maksimuma $\max \lambda$ njegovog spektralnog intenziteta:

$$T_{\max} = b \quad (1.7)$$

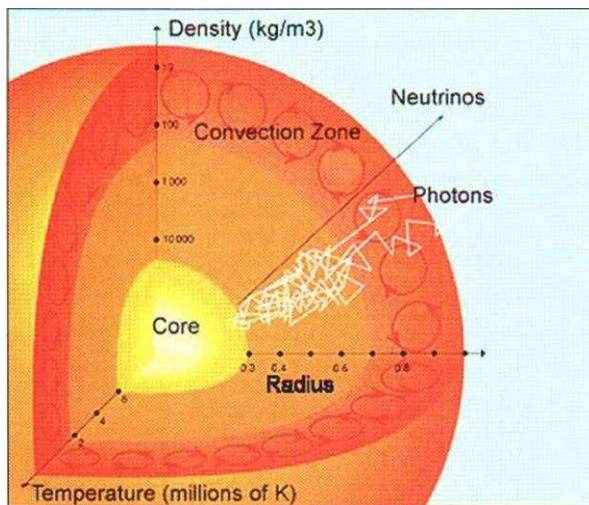
gde je $b = 2,9 \cdot 10^{-3}$ mK. Iz (1.7) direktno sledi da je:

$$\max \lambda = \frac{b}{T} \quad (1.8)$$

Iz (1.8) se vidi da je talasna dužina koja odgovara maksimumu spektralnog intenziteta crnog tela obrnuto сразмерna njegovoj absolutnoj temperaturi.

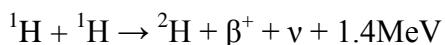
1.3.1.3. Sunce kao topotni izvor zračenja

Izvor života na našoj planeti je Sunce. Centralnu oblast Sunca čini 64% He i 35% H, a 1% čine teški elementi i baš u ovoj oblasti dolazi do oslobođanja ogromne količine energije, čiji jedan deo omogućava sve životne procese na Zemlji.



Slika 1.6. Unutrašnja struktura Sunca

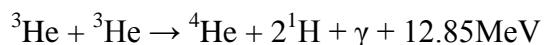
U jezgru Sunca odigrava se reakcija termonuklearne fuzije koja započinje sjednjavanjem dva protona, pri čemu nastaje tri čestice: deuterijum (^2H), pozitron (β^+) i neutrino (ν). Verovatnoća za ovu reakciju je veoma mala ($8 \cdot 10^9$ godina), međutim, zbog velike koncentracije vodonika omogućava se neprekidno odigravanje ove reakcije.



Deuterijum, nastao u prethodnoj reakciji, odmah stupa u reakciju sa protonom i nastaje ^3He , pri čemu se oslobađa energija od 5,49 MeV u vidu γ -kvanta.



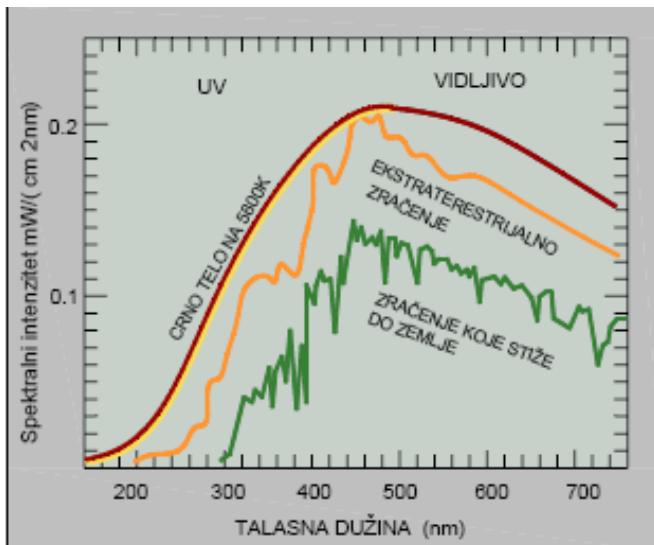
U poslednjoj reakciji se dva jezgra ^3He jedine, a kao produkt nastaje stabilno jezgro ^4He , dva protona i jedan γ -kvant:



U datom termonuklearnom procesu oslobađa se ukupna energija od 19,48 MeV, pri čemu se u jednoj sekundi potroši $592 \cdot 10^6$ t vodonika, a dobija se $588 \cdot 10^6$ t helijuma. Razlika u masi koja iznosi $4 \cdot 10^6$ t transformiše se u energiju ($E=mc^2$). Ovim procesom Sunce na svojoj površini održava srednju temperaturu približno jednaku 5800 K.

Doprinos zračenju Sunca osim zagrejanosti površine, daju i drugi procesi, tako da se realni spektar Sunčevog zračenja ne poklapa sa spektrom zračenja crnog tela zagrejanog na 5800K. U spektralnoj raspodeli kontinualnog zračenja iz fotosfere Sunca javljaju se i diskretne spektralne linije vodonika, helijuma i dugih elemenata koji ulaze u sastav Sunca.

Sunčево zračenje koje stiže do gornjeg, graničnog sloja Zemljine atmosfere - *jonosferu*, naziva se **ekstraterestrijalno zračenje** i uglavnom obuhvata interval talasnih dužina od $0.015\text{-}1000\mu\text{m}$.



Slika 1.7. Spektar zračenja crnog tela i spektar ekstraterestrijalnog zračenja i zračenja koje stiže do Zemlje

Na slici 1.7. je prikazano kako se intenzitet zračenja, koje emituje takvo telo, menja sa promenom talasne dužine. Maksimalni intenzitet emitovanog zračenja je na 518 nm. Ukupan intenzitet zračenja jednak je površini ispod krive, odnosno srazmeran je četvrtom stepenu temperature.

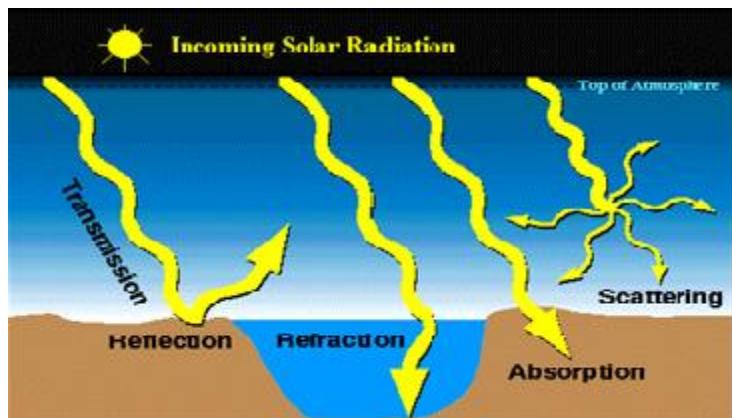
Površina ispod dela krive koja se nalazi u UV oblasti je znatna u odnosu na ukupnu površinu ispod krive, što znači da je doprinos UV zračenja u ukupnom spektru vrlo velik.

Prolazeći kroz atmosferu intenzitet ekstraterestrijalnog zračenja se smanjuje. Do biosfere dospeva zračenje u opsegu talasnih dužina 290–3000 nm. Od toga je:

- 5% ultravioletno (UV) zračenje talasnih dužina $\lambda = 290\text{--}400\text{ nm}$,
- 39% vidljivo (VIS) zračenje talasnih dužina $\lambda = 400\text{--}780\text{ nm}$ i
- 56% je infracrveno (IR) zračenje opsega talasnih dužina od 780 nm do 3000 nm.

Kada zraci Sunca prolaze kroz atmosferu, dolazi do atenuacije usled apsorpcije, reemisije i rasejanja na molekulima vazduha i primesa sadržanih u atmosferi (aerosoli, kapljice vode, kristali leda), tako da do površine Zemlje stiže znatno izmenjen spektar Sunčevog zračenja. Talasi su tada:

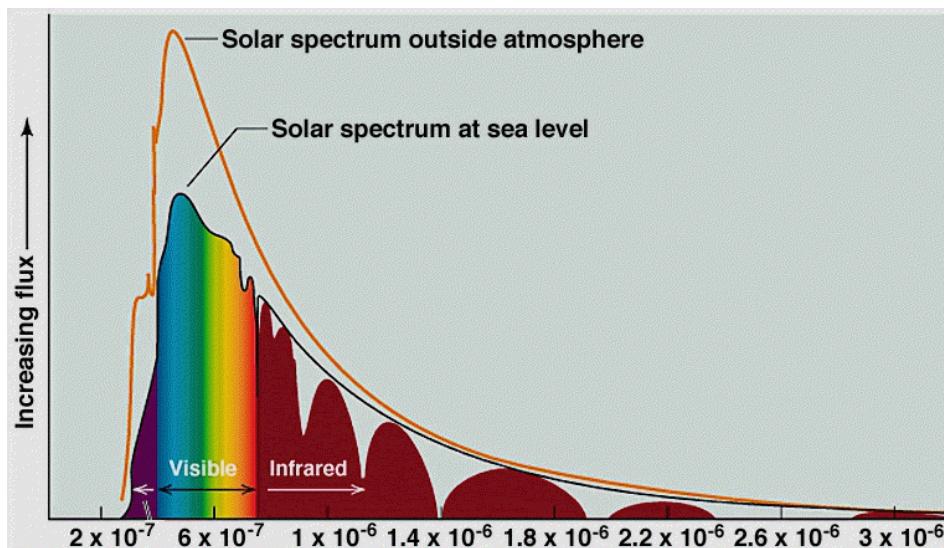
- transmitovani do površine Zemlje,
- ili apsorbovani od strane raznih molekula,
- ili su rasejani u svakom pravcu zbog sudara sa tim molekulima.



Slika 1.8. Šematski prikaz procesa kojima atmosfera jeluje na Sunčeve zračenje

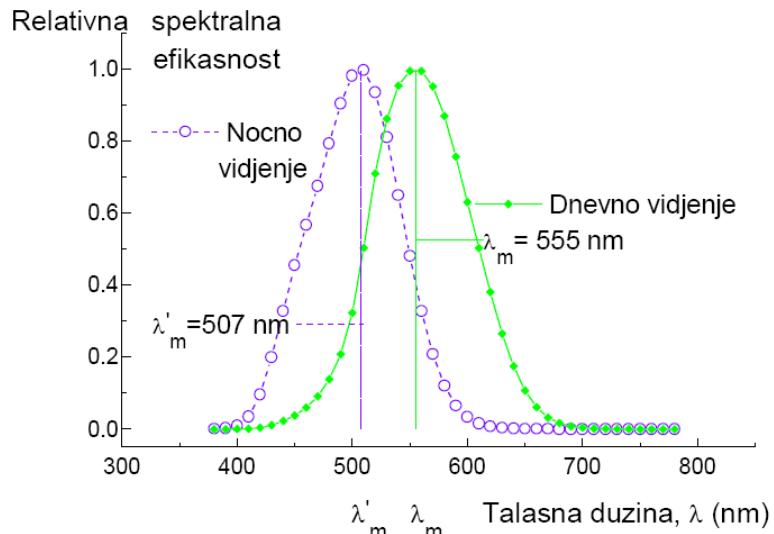
Atmosfera je sastavljena od 78% molekula azota (N_2), 21% kiseonika (O_2) i 1% ostalih molekula kao što su voda, ugljendioksid...

Ovi molekuli u potpunosti apsorbuju gama zrake, x-zrake i delimično infracrvene zrake i ultraljubičaste (UVC i IC) (slika 1.9). Zraci sa manjim talasnim dužinama rasejavaju se više kroz atmosferu od onih sa većim talasnim dužinama.



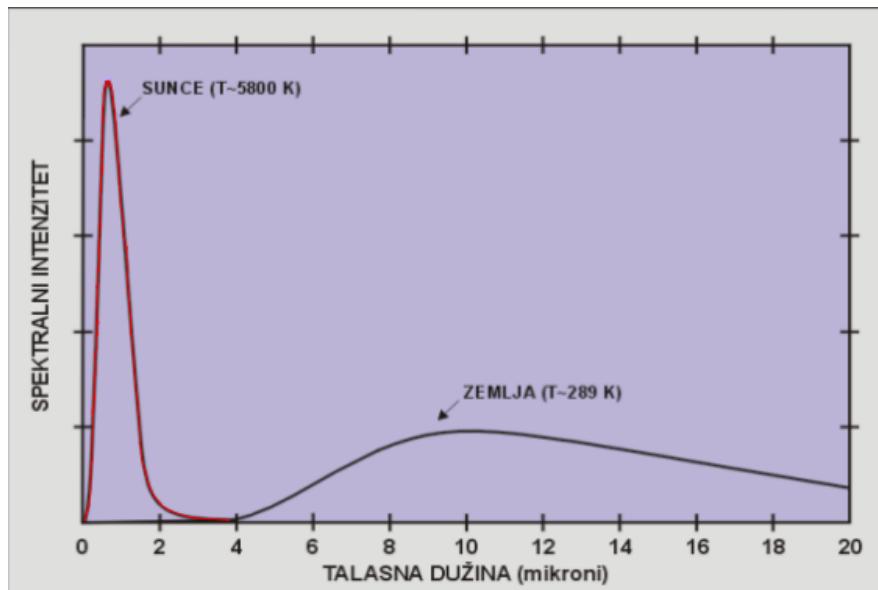
Slika 1.9. Apsorpcija elektromagnetsnih zraka u atmosferi

Maksimum intenziteta zračenja Sunca se nalazi u vidljivom delu spektra, na talasnoj dužini 555 nm, tako da nije slučajnost što je ljudsko oko najsenzitivnije u ovom delu spektra (slika 1.10).



Slika 1.10. Grafik osetljivosti oka

Temperatura Zemlje je mnogo manja od temperature Sunca, pa je i njen radiacioni pik manji, pomeren ka većim talasnim dužinama i nalazi se u IC delu spektra.



Sl. 1.11. Emisiona kriva Sunca i Zemlje kao crnih tela (za Zemlju $\times 500000$)

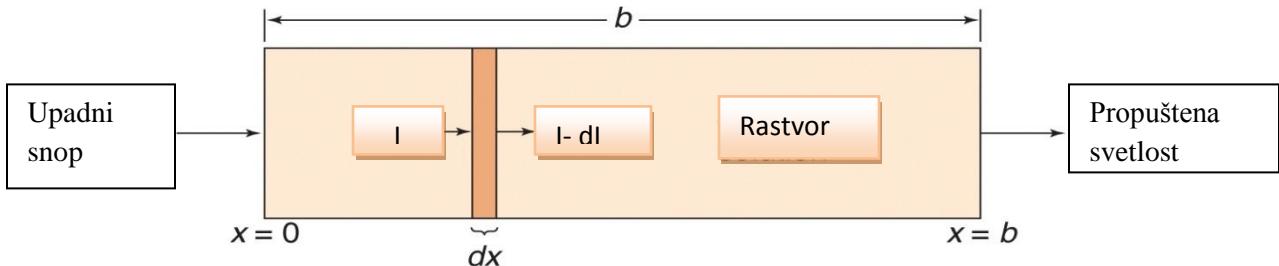
Na slici 1.11. su grafički prikazane emisione krive Sunca i Zemlje kao crnih tela, koja se nalaze na različitim temperaturama, kao i relativni položaji maksimuma njihovih intenziteta.

1.3.1.4. Apsorpcija zračenja

Pri prolasku snopa monohromatskih elektromagnetskih talasa ($\lambda = \text{const.}$) početnog intenziteta I_0 kroz neku materiju (apsorber), jedan deo se reflektuje intenzitetom I_r , jedan deo apsorbuje I_a intenzitetom i jedan propušta intenzitetom I_p :

$$I = I_r + I_a + I_p \quad (1.9)$$

Koji deo upadnog zračenja se reflektovao, apsorbovao ili rasejao zavisi od osobina samog filtra odnosno preparata, a može se pouzdano i vrlo jednostavno odrediti pomoću Lamber-Berovog (*Lambert-Beer*) zakona. Ovaj zakon je jedan od osnovnih zakona fizike i može se predstaviti na sledeći način.



Slika 1.12.

Smanjenje intenziteta svetlosti je srazmerno debljini sloja dx i koncentraciji rastvora c :

$$dI = -\varepsilon I c dx \quad (1.10)$$

gde je ε konstanta proporcionalnosti.

$$\frac{dI}{I} = -\varepsilon c dx \quad (1.11)$$

$$\int_{I_0}^I \frac{dI}{I} = - \int_0^b \varepsilon c dx \quad (1.12)$$

$$\ln \frac{I}{I_0} = -\varepsilon c b \quad (1.13)$$

$$\frac{I}{I_0} = e^{-\varepsilon c b} \quad (1.14)$$

gde je:

I - intenzitet propuštenog zračenja na određenoj talasnoj dužini

I_0 - intenzitet upadnog zračenja na određenoj talasnoj dužini

ε - koeficijent ekstinkcije za dati zaštitni filter na određenoj talasnoj dužini

(u ovoj jednačini je brojno jednak apsorpciji 1% rastvora na putanji dužine 1 cm)

b - debljina filma ili dužina putanje (za rastvor) , u cm

c – koncentracija zaštitnog filtra u filmu ili rastvoru (1%)

Transparencija je merilo propustljivosti apsorbera za dati snop monohromatskih talasa ($T=0-1$, ili $T\%=0-100\%$):

$$T = \frac{I}{I_0} \quad (1.15)$$

Apsorbancija - merilo apsorpcione moći datog apsorbera. Apsorpcija preparata definisana je pod pretpostavkom da je intenzitet reflektovanog i rasejanog zračenja mnogo manje intenziteta od intenziteta zračenja koje je apsorbovano i može se zanemariti.

$$A = 1 - \frac{I}{I_0} \quad (1.16)$$

2. UV ZRAČENJE

Ultraljubičasto zračenje ima najkraće talasne dužine u spektru Sunca i većina je štetna za oči. To je zračenje najmanjih talasnih dužina od 100-400 nm, ali najveće energije u spektru optičkog zračenja.

UV zračenje zajedno sa vidljivim i IC zračenjem spada u nejonizujuće, optičko zračenje, mada fotoni iz pojedinih oblasti UV zračenja imaju dovoljne energije da ionizuju veliki broj atoma i molekula.

Izvori UV zračenja mogu biti :

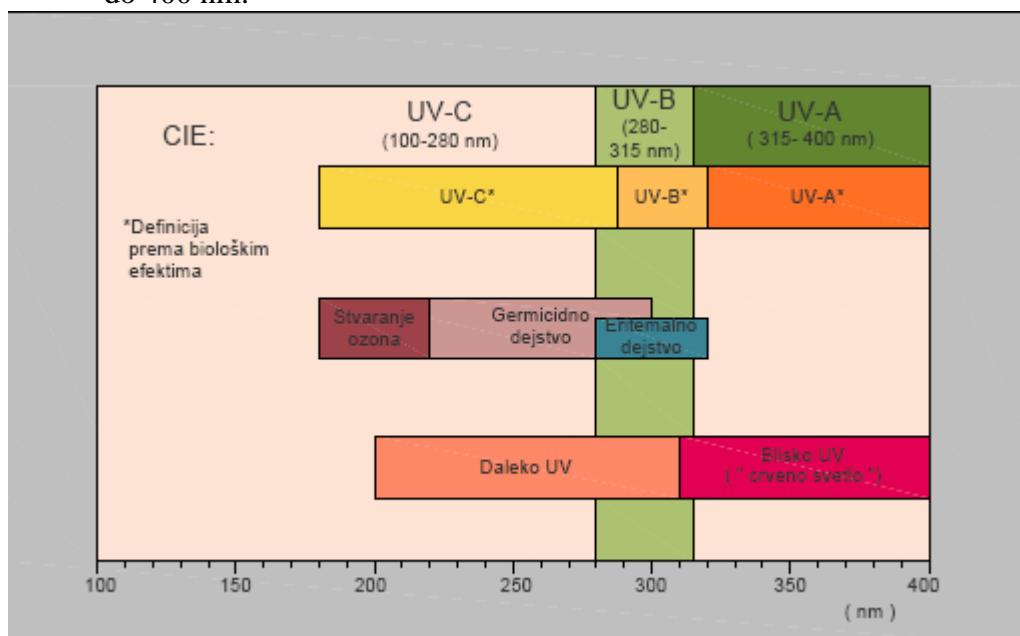
1. Prirodni – Sunce
2. Veštački - Usijana tela pri visokim temperaturama emituju zračenje bogato UV zracima. Kao veštački izvor UV zračenja koristi se električno pražnjenje kroz razređene gasove i pare. Najpoznatija je živila (kvarcna) lampa. Cev za pražnjenje je izrađena od kvarcnog stakla zbog njegove visoke transparentnosti u ovoj oblasti (za razliku od običnog stakla koje apsorbuje UV zrake). U živinim lampama se ne razvija visoka temperatura, zbog čega se ovako dobijeno zračenje naziva *hladno UV zračenje*. Ksenonske lampe, koje se takođe koriste za dobijanje UV zraka, funkcionišu pod visokim pritiskom na bazi pražnjenja putem Voltinog luka koji u prostoru pražnjenja razvija visoku temperaturu.

2.1. PODELA UV ZRAČENJA

U zavisnosti od dejstva koje ispoljava na različitim biološkim sistemima, kao i posledica koje proizvodi, UV zračenja se deli na više različitih načina:

- 1) Po definiciji CIE (Commission Internationale de l'Eclairage, publication No 69, 1985) podela UV zračenja je na:
 - UV-C oblast (100-280 nm)
 - UV-B oblast (280-315 nm)
 - UV-A oblast (315-400 nm)
- 2) Prema biološkom dejstvu na žive organizme UV zračenje se deli na tri oblasti:

- UV-C oblast (180-290 nm)
 - UV-B oblast (290-320 nm)
 - UV-A oblast (320-400 nm)
- 3) Prema hemijskom dejstvu ultraljubičasto zračenje se deli na:
- Zračenje u oblasti talasnih dužina od 175 nm - 220 nm – zračenje zahvaljujući kojem se u delu atmosfere, zvanom stratosfera formira ozon.
 - Zračenje u oblasti talasnih dužina od 220 nm - 300 nm – zračenje koje ima germicidno dejstvo.
 - Zračenje u oblasti talasnih dužina od 281 nm - 320 nm – zračenje koje ima najjače dejstvo za kožu i naziva se eritemalna oblast.
- 4) Sa stanovišta spektroskopije UV oblast zračenja se deli na:
- Daleku (ili vakuumsku) oblast UV zračenja od 200 nm do 300 nm
 - Blisku oblast („tamno svetlo“) koja obuhvata interval talasnih dužina od 300 nm do 400 nm.



Slika 2.1. Podela UV spektra po različitim kriterijumima

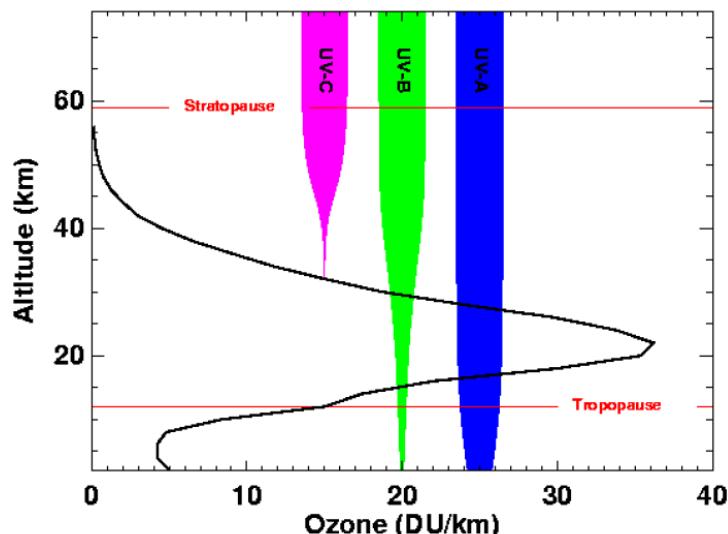
UV-A zračenje čini oko 98% od ukupnog solarnog UV zračenja koje stiže do Zemljine površine. To je zračenje najmanje energije iz oblasti UV spektra za koje atmosfera predstavlja transparentnu sredinu, te je zbog toga i zastupljeno u tako velikom procentu. Prema svom dejstvu UV-A zračenje je najmanje štetno za biološke sisteme, ali ne i potpuno bezopasno, naročito pri dužim izlaganjima većim intenzitetima ovog zračenja. UV-A zračenje je našlo široku primenu u medicini, kako u dijagnostičke tako i u terapijske svrhe. U terapijske svrhe se koristi hemijsko dejstvo UV-A zračenja ($\lambda = 315\text{-}345\text{ nm}$). Zbog svoje sposobnosti da stimuliše sintezu vitamina D iz njegovog provitamina, ovo zračenje se uspešno koristi u terapiji rahičisa, za formiranje pigmenta, kao i u helioterapiji. U dijagnostičke svrhe se UV-A zračenje ($\lambda = 345\text{-}400\text{ nm}$) koristi zbog svoje sposobnosti da stimuliše fluorescenciju u pojedinim materijalima, koji tada emituju vidljivo zračenje. Zbog toga se UV-A zračenje ovih talasnih dužina još naziva i „tamno svetlo“. Koristi se u fluorescentnoj mikroskopiji, fluorescentnoj fotografiji, kao i pri makroskopskim posmatranjima. UV-A zračenje se prostire kroz vazduh i staklo.

UV-B zračenje zbog visoke energije svojih fotona ima destruktivno dejstvo na biološki svet. Energije fotona UV-B zračenja su dovoljne da aktiviraju niz fotohemijskih reakcija u organizmu, koje mogu dovesti do pojave raznih oštećenja tkiva kože i očiju (pojava opeketina na koži, katarakta...). Preko 90 % solarnog UV-B zračenja se apsorbuje u atmosferi od strane ozona, kiseonika, vodene pare i ugljen-dioksida. Međutim, i onaj mali procenat ovog zračenja, koji stiže do Zemljine površine, može da izazove niz neželjenih efekata zbog stanjenog ozonskog sloja. UV-B zračenje se prostire kroz vazduh i kvarz, dok se u običnom staklu apsorbuje.

UV-C zračenje je zračenje najveće energije iz spektra UV oblasti, koje se kao prirodno zračenje ne sreće na Zemlji, jer se potpuno apsorbuje u ozonskom sloju atmosfere-*stratosferi*. UV-C zračenje je izuzetno štetno za žive organizme, jer deluje destruktivno na DNK (dezoksiribonukleinska kiselina), koja je sastavni deo svake žive ćelije i nosilac celokupnog genetskog materijala jedinke. Sa druge strane ovo zračenje je korisno za opstanak živog sveta, jer učestvuje u fotohemiskim reakcijama sinteze ozona. UV-C zračenje talasnih dužina od 260-290nm ima baktericidno dejstvo, te se koristi za sterilizaciju vazduha u pojedinim prostorijama, (operacione sale, infektivne klinike) i za sterilizaciju vode.

U tu svrhu se koriste posebno izrađeni veštački izvori UV-C zračenja, tzv. **germicidne lampe**. Usled slučajne prekomerne izloženosti ljudskog organizma ovom zračenju može doći do slepila i teških opeketina kože. Iako povrede nastale pri kratkotrajnom izlaganju UV-C zračenju mogu nestati za par dana, one su veoma bolne.

Ove tri vrste UV zračenja ne dospevaju jednakom do površine Zemlje. Ozonski sloj u stratosferi (gornji deo atmosfere) blokira sve UVC zrake, većinu UVB zračenja, i male količine UVA zračenja.



Slika 2.2. Raspodela ozona sa visinom i apsorpcija UV zračenja. Stepen prodiranja UV zračenja do zemlje. Na površinu Zemlje stiže 94% od UV-A, 6% od UV-B i 0% od UV-C zračenja

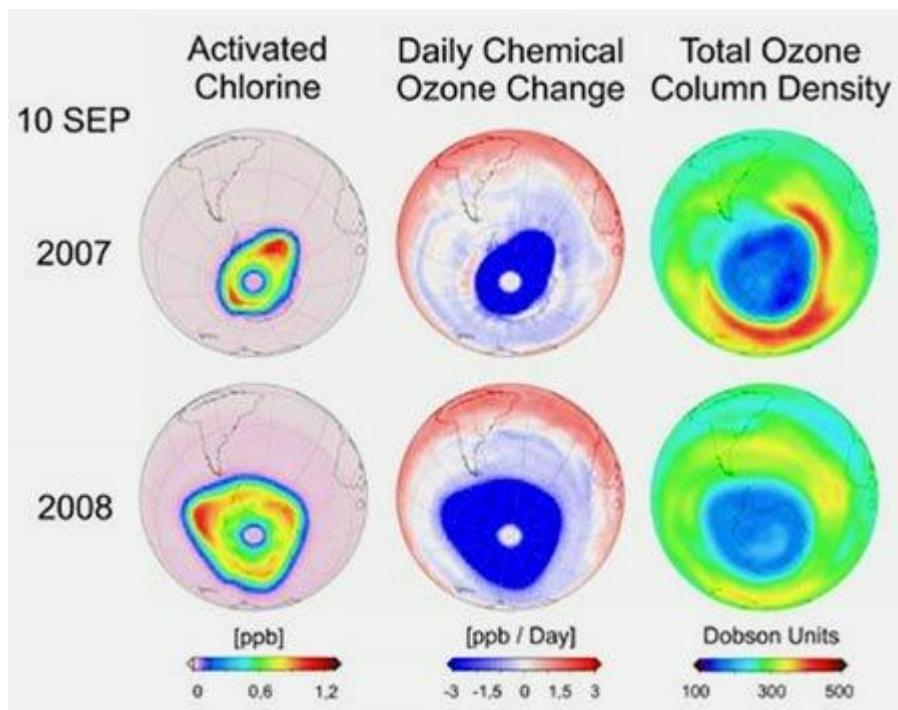
Tako ozonski sloj pažljivo "dozira" Sunčevu zračenje, i omogućuje život na Zemlji. Ozon (O_3) je nepostojani gas, alotropska modifikacija kiseonika čiji se molekul sastoji od tri atoma kiseonika.

Sa povećanjem nadmorske visine na svakih 1000m povećava se intenzitet UV zračenja za oko 15% dok se intenzitet UVB zračenja, koje je biološki najefektivnije, povećava za oko 6%. Dinamički proces stvaranja i razgradnje ozona određuje ukupnu količinu ozona u stratosferi.

Dva osnovna uzroka koji utiču na debljinu ozonskog omotača su:

- prirodni faktor uzrokovan atmosferskim promenama,
- antropogeni faktor uzrokovan povećanim zagađivanjem atmosfere usled emisije štetnih gasova koji uništavaju ozonski omotač.

Godišnje promene debljine ozonskog omotača iznad Antarktika su takve da se svake godine tokom proleća ozonski omotač smanjuje za oko 50% usled hemijskih procesa, čak na nekim mestima i do 90%.



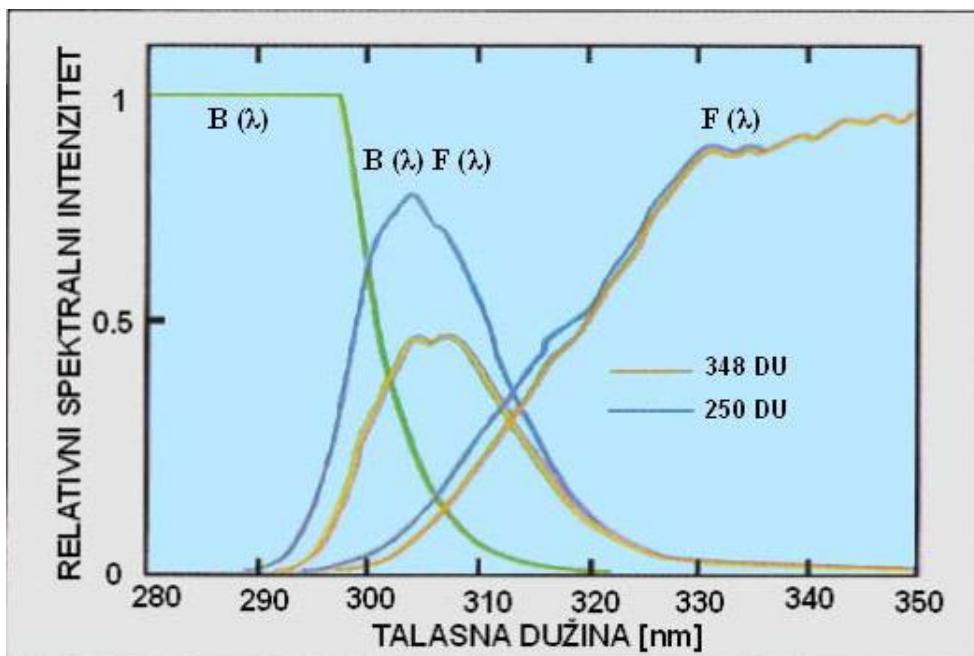
2.3.Razlike u veličini i razmeštaju ozonske rupe iz 2007. i 2008. godine

Usled smanjenje koncentracije ozona nad Antarktikom došlo je do prodora većih količina UV zraka Sunca u okean znatno dublje nego što se pretpostavljalo. Ovo je naravno uzrokovalo smanjenu produktivnost jednoćelijskih organizama.

2.2. AKTIVNI SPEKTAR UV ZRAČENJA

Dejstvo UV zračenja na žive organizme zavisi od njegove talasne dužine. Fotoni visokih energija su sposobni da razbiju veze između atoma u molekulu i tako ih unište. Što je veća energija fotona, veća je verovatnoća da će interakcija biti destruktivna. Osetljivost bioloških organizama povećava se sa smanjenjem talasne dužine.

Aktivni spektar UV zračenja predstavlja zavisnost intenziteta UV zračenja, koje ima biološko dejstvo, od njegove talasne dužine, što je predstavljeno funkcijom $B(\lambda)$ na slici 2.4. Sa grafika se vidi da je vrednost funkcije $B(\lambda)$ jednaka jedinici za talasne dužine manje od 298 nm, što znači da zračenje ovih talasnih dužina ima štetno biološko dejstvo i da će izlaganje organizma ovom zračenju sigurno izazvati negativne posledice. Na talasnim dužinama iznad 325 nm funkcija $B(\lambda)$ dostiže vrednosti bliske nuli, što znači da zračenje ovih talasnih dužina praktično nema štetno biološko dejstvo. S obzirom da UV zračenje, u zavisnosti od talasne dužine ispoljava različita biološka dejstva, za svaku vrstu biološkog dejstva je definisan biološki spektar.



Sl. 2.4. Biološki aktivovan spektar UV zračenja

Na slici 2.4. je pored biološkog aktivnog spektra UV zračenja $B(\lambda)$ prikazan i sprektar UV zračenja koji stiže do Zemljine površine (funkcija $F(\lambda)$). Zapravo, prikazana su dva takva spektra, koja odgovaraju različitim vrednostima debljine ozonskog omotača, od 250 i 350 DU (DU je jedinica kojom se izražava debljina ozonskog omotača).

Na slici je dat kvalitativan prikaz spektra, ali ne i realan odnos intenziteta ovih spektara u cilju da se dovoljno izražajno predstavi biološki aktivan spektar.

Međutim, **realan biološki aktivan spektar** $BA(\lambda)$ se dobija kombinacijom aktivnog biološkog spektra i spektra zračenja kojim se organizam izlaže, odnosno kao proizvod funkcija $B(\lambda)$ i $F(\lambda)$ (sl.2.4):

$$BA(\lambda) = B(\lambda) \cdot F(\lambda) \quad (2.1)$$

Maksimum ovog spektra se nalazi u intervalu talasnih dužina od 300-305 nm i većinom obuhvata oblast UV-B zračenja. Takođe je značajan i uticaj debljine ozonskog omotača na promenu realnog biološki aktivnog spektra. Sa smanjenjem debljine ozonskog omotača, povećava se intenzitet UV zračenja, koji se pomera ka majim talasnim dužinama. Spektri tipa $BA(\lambda)$ nazivaju se *otežani spektri*, jer pored spektra zračenja određenog izvora zračenja, uzimaju u obzir i biološko dejstvo tog zračenja na organizam.

2.3. UV INDEKS

Intenzitet zračenja u nekom intervalu talasnih dužina ($\lambda, \lambda + d\lambda$) se izražava u W/m^2 . To je fizička jedinica, koja se koristi za izražavanje apsolutnih vrednosti intenziteta zračenja. Intenzitet (fluks) UV zračenja izražen u jedinicama W/m^2 predstavlja integral funkcije raspodele zračenja po intervalu talasnih dužina od 280-400 nm, odnosno površinu ispod krive $B(\lambda) \cdot F(\lambda)$:

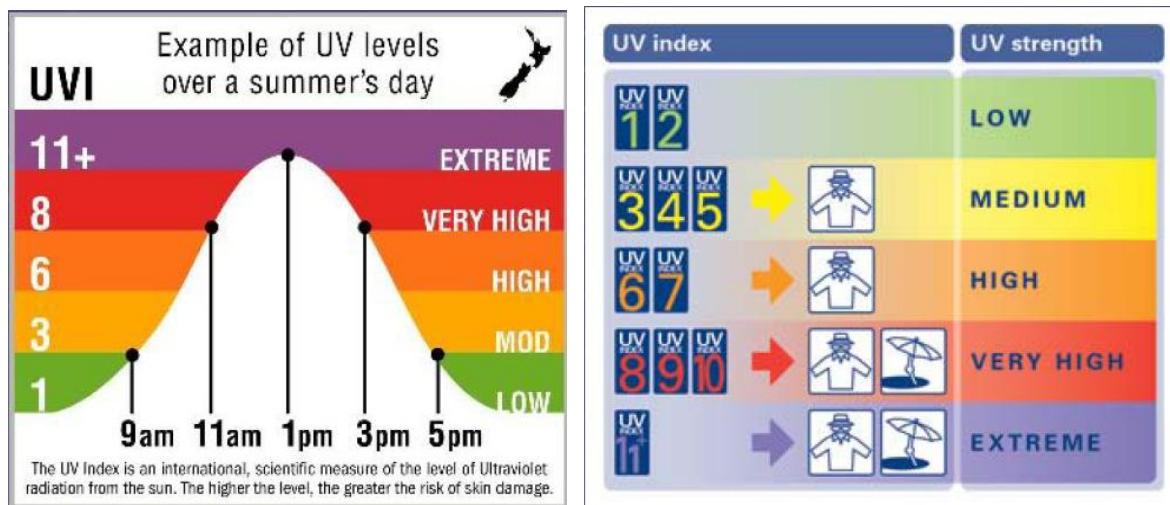
$$I_{UV} = \int_{280}^{400} B(\lambda) \cdot F(\lambda) d\lambda \quad [\text{W/m}^2] \quad (2.2)$$

Međutim, ovakav načina prezentovanja intenziteta UV zračenja nije pogodan za javnost. 1994. godine je usvojena nova internacionalna jedinica intenziteta UV zračenja, koja je prihvatljiva za javnost i naziva se **UV Indeks (UVI)**.

Jedinica UV Indeks se definiše kao intenzitet zračenja od 25 mW/m^2 , uzimajući u obzir i spektar biološkog dejstva UV zračenja do 400 nm. Prema tome, intenzitetu UV zračenja od 25 mW/m^2 odgovara vrednost od 1 UV Indeksa, dok intenzitetu zračenja od 250 mW/m^2 odgovara vrednost od 10 UV Indeksa. Na slici 2.5. je data podela UV zračenja prema intenzitetu izraženom u jedinici UV Indeks, na osnovu dejstva koje UV zračenje ima na koži.

Njegova definicija je standardizovana i publikovana kao zajednička preporuka:

- Svetske Zdravstvene Organizacije (World Health Organization – WHO)
- Svetske Meteorološke Organizacije (World Meteorological Organization – WMO),
- Programa Ujedinjenog Naroda za Okolinu (United Nations Environment Programme – UNEP)
- Međunarodne Komisije za Nejonizovano Zračenje (International Commission on Non-Ionizing Radiation – ICNIRP)



Slika 2.5. Podela intenziteta UV zračenja prema vrednosti UV Indeksa

2.4. FAKTORI KOJI UTIČU NA INTENZITET UV ZRAČENJA

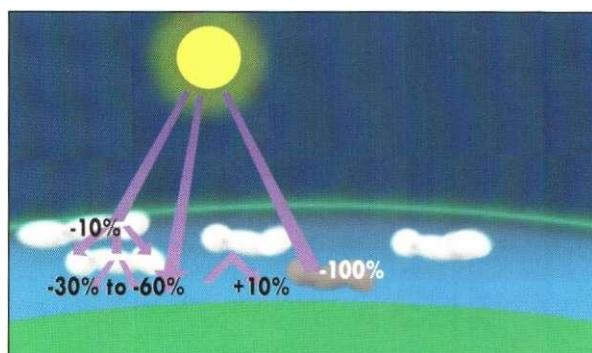
Na intenzitet UV zračenja koje dospeva do Zemlje utiče nekoliko faktora:

1) Debljina atmosfere (debljina ozonskog omotača)

Smanjenjem debljine ozonskog omotača intenzitet UV zraka koji prolaze kroz atmosferu se znatno povećava.

2) Meteorološki uslovi

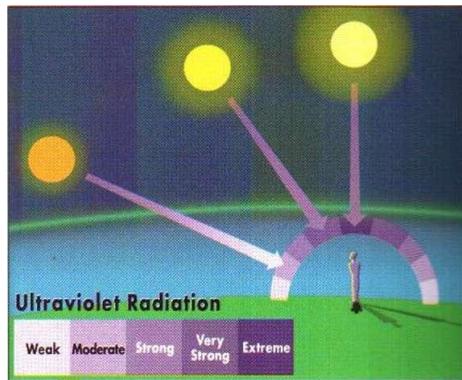
Pod meteorološkim uslovima koji utiču na intenzitet UV zračenja podrazumevaju se: oblaci, magla ili prisustvo aerosoli u vazduhu. Oblaci u opštem slučaju smanjuju intenzitet UV zraka, a smanjenje zavisi od vrste i debljine oblaka. Sunčevi zraci se rasejavaju i apsorbuju na kapljicama vode koje se nalaze u magli, pa se intenzitet UV zračenja po maglovitim danima znatno smanjuje.



Slika 2.6. Uticaj magle na intenzitet UV zračenja

3) Sunčeva elevacija

Visina Sunca na horizontu ili Sunčeva elevacija definiše se kao ugao pod kojim se vidi Sunce u odnosu na pravac horizonta. Elevacija ima veliku vrednost kada je Sunce visoko, jer je put kroz apsorbujući sloj atmosfere najkraći i najviše fotona dospeva do površine Zemlje. Sunčeva elevacija je najveća sredinom dana i u letnjem periodu. Na ekvatoru ugao sunčevih zraka koji padaju na površinu Zemlje ima najveću vrednost, pa je intenzitet UV zraka na mestima nulte geografske širine veći u odnosu na mesta na drugim geografskim širinama. Na polovima je intenzitet UV zračenja najmanji jer je vrednost elevacije minimalna.



Slika 2.7. Uticaj ugla Sunca na intenzitet UV zračenja

4) Nadmorska visina

Debljina sloja apsorbera u atmosferi se smanjuje sa povećanjem nadmorske visine. Zbog toga je UV zračenje intenzivnije na mestima gde je nadmorska visina veća. To znači da je ultravioletno zračenje intenzivnije na planinama čak i tokom zimskog perioda kada Sunčeva elevacija ima mnogo manju vrednost.



Slika 2.8. Uticaj nadmorske visine na intenzitet UV zračenja

UV zračenje koje dolazi do površine Zemlje sastoji se od:

1. Direktne komponente se sastoje iz zračenja koje dolazi sa Sunca i prolazi direktno kroz atmosferu bez rasejanja ili apsorbovanja

2. Rasipajuće komponente se rasejavaju makar jednom pre nego dospeju do Zemlje. Svetlosti se reflektuje na svim tipovima površina.

- a) Na primer, površine kao što su papir, zidovi, tepih, itd odlikuju što je poznato kao mat ili difuzne refleksije, tj svetlo koje se reflektuje se ogleda u rasejanju način u svakom smeru.



Slika 2.9. Difuzna refleksija

- b) Drugi slučaj je kod ogledala ili polirane metalne površine kao što su hrom, srebro ili čist aluminijum, ove površine proizvode totalnu refleksiju, odnosno oni reflektuju svetlost pod uglom jednakom upadnom uglu (sl. 2.10)



Slika 2.10. Ogledalska refleksija

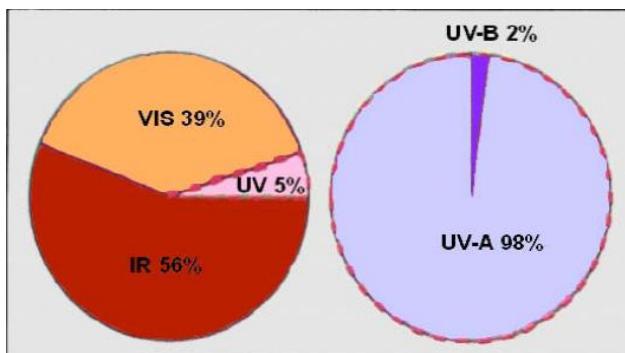
Između ova dva ekstrema su površine koje proizvode „mešovite“ refleksije: pesak i sneg proizvede blisku difuznu refleksiju, dok su voda, led, vozila i puteva površine koje proizvode blisku ogledalsku reflaksiju.

Površina	Refleksija
Zeleni travnjak	0.8-1.6%
Suva trava	2.0-3-7%
Drvena paluba broda	6.4%
Crni asfalt	5-9%
Betonski trotoar	8-12%
Suvi pesak	15-18%
Mokar pesak	7%
More	25-30%
Sneg	50 - 90%
Svež sneg	88%

Tabela 2.1. Refleksija UV zračenja od pojedine površine

3. UTICAJ UV ZRAČENJA NA ŽIVI SVET

Solarno zračenje koje dospeva do površine Zemlje se znatno modifikuje pri prolasku kroz atmosferu, u kojoj se apsorbuje gotovo celokupno UV-C i veliki deo (oko 98%) UV-B zračenja. Zračenje koje dospeva do nivoa mora, gde se najvećim delom i nalazi živi svet naše planete – **biosfera**, obuhvata deo EM spektra u intervalu talasnih dužina od 290-300 nm.



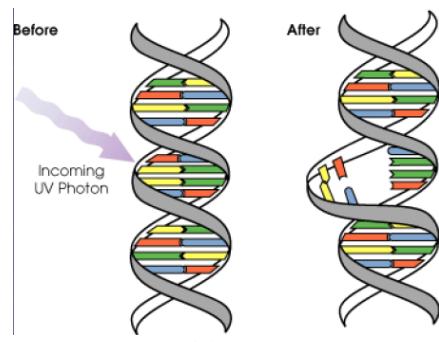
Slika 3.1. Procentualna podela ukupnog Sunčevog zračenja na površini Zemlje i procentualna podela UV zračenja na površini Zemlje

UV-A zračenje u najvećoj količini stiže do površine Zemlje i najmanje je štetno. Zračenje u opsegu talasnih dužina 300-400 nm kod određene vrste materijala izaziva pojavu fluorescencije, pa se naziva još i tamno svetlo.

UV-B zračenje ima izuzetno štetno dejstvo na sva živa bića. Emitovano sa Sunca, zračenje ovih talasnih dužina, biva velikim delom apsorbovano u atmosferi. Kiseonik, ozon, vodena para i ugljenik(IV)-oksid koji ulaze u sastav atmosfere, apsorbuju čak i do 90% UVB zračenja emitovanog sa površine Sunca. Mala količina ovog zračenja koje nakon prolaska kroz atmosferu stigne do površine Zemlje, može da deluje štetno na sve žive organizme.

UV-C zračenje je zračenje najkraćih talasnih dužina UV spektra. Zračenje ove oblasti ima razarajuće dejstvo na žive organizme jer poseduje energiju dovoljnu da dovede do razaranja DNK u ćelijama. Međutim, UV-C zračenje se skoro potpuno apsorbuje u atmosferi, pa je količina ovog zračenja koja stiže do Zemlje zanemarljiva. UV zračenje talasnih dužina 260-290 nm uništava bakterije i virusе, pa se ovaj vid zračenja može koristiti kao sterilizator vode ili vazduha. Zračenje talasnih dužina u opsegu od 180 nm do 200 nm uzrokuje razaranje hemijskih jedinjenja kao što su nukleinske kiseline i belančevine.

UV zračenje može da utiče i na DNK ćelija kože čoveka. Na primer, UV može da raskine poprečne veze nukleinskih baza između dva lanca DNK i da izazove da se nukleinske baze vezuju međusobno unutar istog lanca (slika 3.2). Ovakvo oštećenje ima za posledicu da DNK ne funkcioniše normalno. Posledice su različite, a najgora je pojava raka kože.



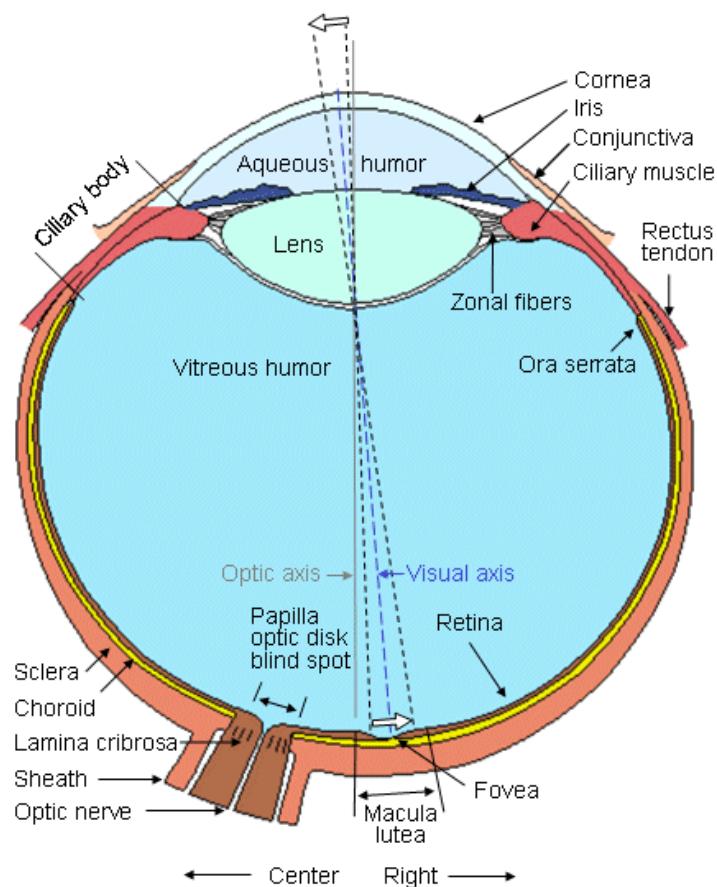
Slika 3.2.

3.1. ANATOMIJA OKA

Čulo vida, jedan od najvažnijih kanala prijema informacija iz spoljnog sveta kod čoveka (preko oka čovek prima oko 90% svih informacija iz spoljnog sveta), predstavlja biološki sistem koji se sastoji iz više funkcionalnih celina. Ove funkcionalne celine takođe predstavljaju podsisteme koji, svaki na svoj način, učestvuju u složenom procesu stvaranja optičke slike okoline. Čulo vida možemo podeliti na tri osnovna podistema, odnosno, na tri osnovne funkcionalne celine:

- ◆ **Očna jabučica** (*Bulbus oculi*), koja vrši prijem i fokusiranje svetlosnog nadražaja (snopa elektromagnetnih talasa), da bi ga zatim na mrežnjači u odgovarajućem procesu pretvorila u električne signale;
- ◆ **Pomoćne strukture oka** (*Structurae oculi accessoriae*), koje imaju prvenstveno ulogu da zaštite očnu jabučicu i da omoguće normalno odvijanje svih onih složenih funkcija, koje su neophodne u procesu viđenja;
- ◆ **Vidni putevi**, koji spajaju očnu jabučicu, odnosno mrežnjaču očne jabučice, sa vidnim centrima u mozgu i na taj način vrše ulogu prenosioca električnih impulsa, prethodno stvorenih na mrežnjači, u odgovarajuće centre moždane kore, gde se električni nadražaj pretvara u vizuelni osećaj.

Na slici 3.3 predstavljeno je oko sa anatomskim detaljima o kojim će biti reč u daljem tekstu.



Slika 3.3. Šematski prikaz uzdužnog preseka oka

1. Očna jabučica

Očna jabučica (*Bulbus oculi*) je smeštena u prednjem delu koštane očne duplje. Okružena je svojim mišićima i masnim tkivom očne duplje. Ona ima oblik neprovidne lopte čiji je prednji deo više ispuščen od zadnjeg. Očna jabučica ima veoma složen sastav u koji ulaze: 1. omotači očne jabučice (spoljna ili fibrozna opna, srednja ili sudovna opna i unutrašnja opna) i 2. sadržaj očne jabučice.

- a) **Spoljna ili fibrozna opna očne jabučice** (*Tunica fibrosa bulbi*) je čvrsta fibrozna opna, koja štiti unutrašnjost oka i pruža otpor tzv. intraokularnom pritisku, koji deluje unutar očne jabučice. Takođe, ona služi i za pripajanje očne jabučice mišićima koji su odgovorni za njeno pokretanje. Sastoje se od rožnjače (*cornea*) i beonjače (*sclera*).
 - i. **Rožnjača** predstavlja manju, prednju petinu spoljne očne jabučice. Providna je jer kroz nju ulazi svetlost u unutrašnjost oka pa nema ni krvnih ni limfnih sudova. Ima ulogu konveksno-konkavnog sočiva koje prelama i konvergira zrake. Rožnjača ima oblik odsečka lopte (kalote) te joj se razlikuju prednja - konveksna i zadnja - konkavna strana.
 - ii. **Beonjača** čini preostale četiri petine spoljne opne očne jabučice. To je čvrsta, nerastegljiva, beličasta i neprozirna opna oblika lopte presečene u prednjem delu gde se uvlači periferna ivica rožnjače. Osim ovog otvora, u beonjači se nalaze i drugi manji otvori koji služe za prolaz krvnih sudova, kanalića za regulisanje unutaročnog pritiska i živaca.
- b) **Srednja ili sudovna opna očne jabučice** (*Tunica vasculosa bulbi*) leži između beonjače i mrežnjače i ima veoma važnu ulogu u ishrani očne jabučice, a posebno mrežnjače. Sastoje se iz tri dela: dužice (*iris*), cilijarnog dela (*corpus ciliare*) i sudovnjače (*choroidea*).
 - i. **Dužica** ima ulogu dijafragme oka, jer reguliše količinu svetlosti koja ulazi u unutrašnjost oka kroz otvor – zenicu (*pupilla*), koja se nalazi u središnjem delu. Zenica se pomoću dva glatka mišića može sužavati ili širiti refleksno u zavisnosti od količine svetlosti koja stiže u oko.
 - ii. **Cilijarno telo** predstavlja srednji i najdeblji deo sudovne opne i nalazi se između dužice i sudovnjače. Stvara očnu vodicu i ima ulogu pri akomodaciji oka, koja se vrši pomoću cilijarnog mišića. Ima oblik trostranoprizmatičnog prstena, šireg napred nego pozadi.
 - iii. **Sudovnjača** predstavlja zadnji deo srednje opne očne jabučice. Njena ispuščena spoljna površina je neravna usled prisustva krvnih sudova i živaca

u kapilarnom prostoru. Izdubljena unutrašnja površina sudovnjače je glatka i prirasla uz pigmentni sloj mrežnjače.

- c) **Unutrašnja opna očne jabučice** (*Tunica interna bulbi*) se sastoji iz dva funkcionalno i morfološki različita sloja: pigmentnog sloja (*stratum pigmenti*) i mrežnjače (*retina*).

- i. **Pigmentni sloj** unutrašnje opne očne jabučice oblaže unutrašnju površinu dužice, cilijarnog tela i sudovnjače. Sastoji se iz jednoslojnog epitela, čije su ćelije ispunjene pigmentom. Zadatak mu je da spreči refleksiju svetlosti sa unutrašnje strane beonjače, tj. da je apsorbuje.
- ii. **Mrežnjača** je deo unutrašnje opne očne jabučice čija je unutrašnja površina u kontaktu sa prozračnim sadržajem očne jabučice, a spoljna površina je pigmentnim slojem odvojena od sudovne opne očne jabučice. Mrežnjača se sastoji iz tri dela: dužični deo mrežnjače, cilijarni deo mrežnjače i optički ili vidni deo mrežnjače. Ova tri dela imaju različitu građu i značaj. Dužični i cilijarni deo mrežnjače su veoma tanki, sastavljeni su iz jednog sloja ćelija i nemaju fotoreceptivnu sposobnost te su nazvani slepi deo mrežnjače (*pars caeca*).

Vidni deo mrežnjače (*pars optica*) predstavlja najvažniji deo oka koji učestvuje u procesu viđenja. To je deblji sloj veoma složene građe i predstavlja jedini deo mrežnjače sposobljen za prijem svetlosnih nadražaja i njihovo pretvaranje u električne signale, zahvaljujući fotoreceptorskim ćelijama koje se u njemu nalaze. Električni signali se zatim šalju optičkim nervom do mozga.

- d) **Sadržaj očne jabučice.** Unutrašnjost očne jabučice ispunjena je providnim delovima bez krvnih sudova. Veći deo unutrašnjosti, zadnje dve trećine očne jabučice zauzima staklasto telo (*corpus vitreum*). Ono naleže na mrežnjaču na čitavoj njenoj površini, a napred je ograničeno očnim sočivom. Osim što naleže na mrežnjaču i sprečava njen nabiranje, obezbeđuje i njenu ishranu, a propušta i prelama svetlosne zrake. Očno sočivo (*lens*) je smešteno iza dužice, a ispred staklastog tela. Ima oblik bikonveksnog prozračnog sočiva, koje prelama svetlosne zrake i stvara na mrežnjači oštru obrnutu sliku predmeta. Ispred sočiva dužica deli prostor ispunjen očnom vodicom (*Humor aquosus*) na prednju i zadnju komoru. Očna vodica je bistra, bezbojna tečnost koja ispunjava obe komore i zajedno sa staklastim telom održava stalni intraokularni pritisak.

2) Pomoći organi oka

Pomoći organi oka (*Organa oculi accessoria*) su:

- a) Mišići očne jabučice (*Masculi bulbi*), koji pomeraju očnu jabučicu u svim pravcima i usmeravaju oba oka u istom pravcu; ima ih šest i to četiri prava i dva kosa, od kojih su po dva uvek antagonisti.
- b) Fascije očne duplje (*Fasciae orbitalis*) su: Tenonova čaura, tanka čvrsta fibrozna opna u kojoj očna jabučica slobodno rotira bez pomeranja unazad; Mišićne fascije, tanki fascijalni omotači koji mišiće pokretače očne jabučice spajaju sa Tenonovom čaurom; Orbitalna pregrada, četvrtasta savitljiva ploča koja s preda nepotpuno zatvara ulazni otvor orbite i ulazi u sastav fibroznog sloja očnih kapaka.
- c) Obrve (*Supercilium*) su kožno-mišićni nabori koji u vidu luka leže iznad gornjih očnih kapaka i štite oči od znoja koji se sliva niz čelo.
- d) Očni kapci (*Palpebrae*) spreda pokrivaju otvor očne duplje i njen sadržaj; treptanjem raspoređuju suze i time ispiraju i vlaže rožnjaču.
- e) Vežnjača (*Tunica conjunctiva*) je glatka, sjajna i providna sluzokožna opna koja pokriva prednji deo očne jabučice i zadnju stranu oba očna kapka vezujući ih zajedno te odatle i potiče njen naziv.
- f) Periorbita (*Periorbita*) je tanka pokosnica očne duplje, koja pokriva njene koštane zidove.
- g) Masno telo orbite (*Corpus adiposum orbitae*) je polutečno masno tkivo koje ispunjava prazan prostor između koštanih zidova očne duplje i organa smeštenih u njoj. Takođe, olakšava pokrete očne jabučice.
- h) Suzni pribor (*Apparatus lacrimalis*) izlučuje i sprovodi suze. Sastoji se od suzne žlezde i odvodnih organa suza.

3) Vidni putevi

Vidni putevi imaju ulogu da sprovode optički nadražaj od fotoreceptornih ćelija mrežnjače do moždane kore u okcipitalnom režnju, gde se vrši interpretacija vidnih nadražaja. U sastav vidnih puteva ulaze: optički živac, hijazma (ukrštanje očnih živaca), optički trakt, optička radijacija. Završavaju se u primarnom vizuelnom korteksu.

3.1.1. Svetlosni detektor oka - mrežnjača

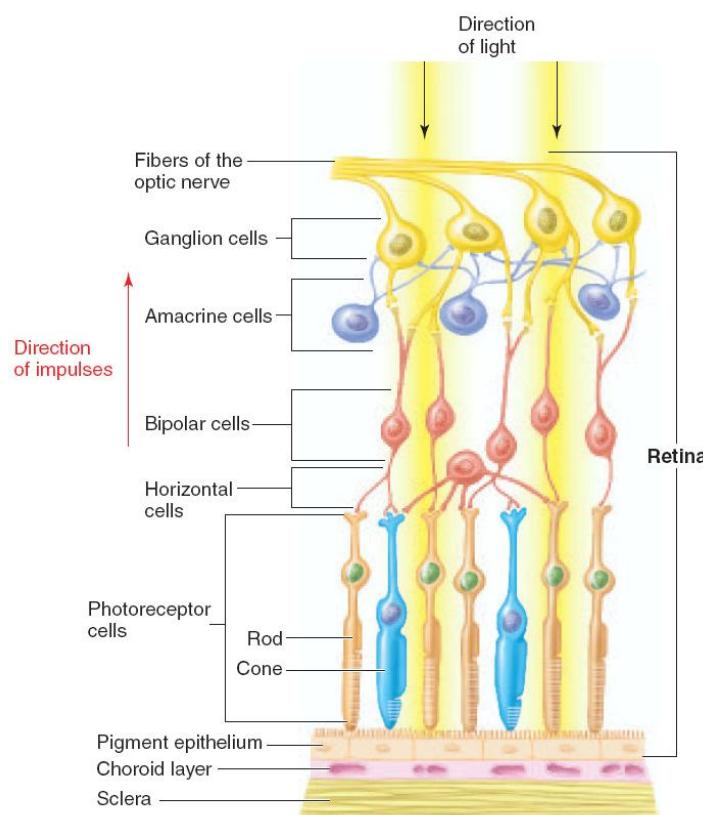
Optički deo mrežnjače je jedini deo oka osjetljiv na svetlost. Njegova uloga je da pretvara svetlosnu sliku u električne signale, koji preko aksona (delova vidnog živca) putuju do mozga. Pretvaranje svetlosnih u električne signale odvija se u neuroepitelnim ćelijama, koje predstavljaju sastavni deo optičkog dela mrežnjče.

Optički deo mrežnjače je potpuno providan i ružičaste je boje. Ta boja potiče od specifične supstancije nazvane vidni purpur (rodopsin) koja se nalazi u neuroepitelnim ćelijama. Rodopsin je osjetljiv na svetlost i na njoj se razara, a u mraku se regeneriše. Uloga mrežnjače je slična ulozi filma u foto-aparatu, sa tom razlikom što se mrežnjača ne mora menjati kao film zahvaljujući rodopsinu, koji je posle regeneracije ponovo spreman za učešće u procesu viđenja.

Optički deo mrežnjače se sastoji iz tri osnovna sloja:

1. neuroepitelni sloj u kome se nalaze dva tipa epitelnih ćelija - čepići i štapići, osetljivi na intenzitet i talasnu dužinu svetlosti;
2. ganglionski sloj sastavljen od nervnih bipolarnih ćelija;
3. ganglionski sloj optičkog nerva koji se sastoji iz jednog reda krupnih ganglijskih ćelija na koje se nastavljaju optički nervi.

Ova tri sloja se međusobno spajaju i obrazuju neuronske optičke puteve, čija je detaljna struktura prikazana na slici 3.4.



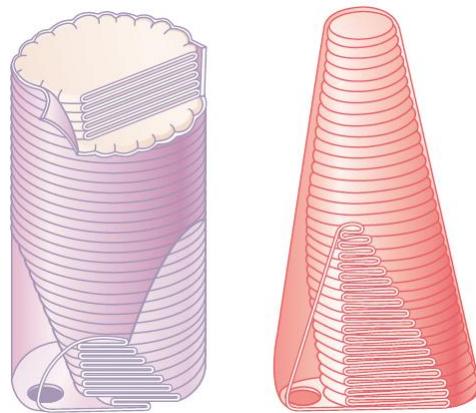
Slika 3.4. Neuronski optički put

U retini postoje dve vrste receptorskih ćelija: štapići i čepići.

Štapići su brojniji, ima ih oko 125 miliona, nalaze se periferno, imaju veliku osetljivost na svetlost slabih intenziteta, ali mnogo slabiju preciznost. Svetlosni zraci, koji sa nekog predmeta padaju na periferni deo retine, formiraju nejasan, mutan lik. Štapići su aktivni pri skotopičnom vidjenju, te ne reaguju na boje. Vidni pigment u njima se naziva rodopsin, a sastoji se od cis-retinala (aldehida vitamina A) i proteinske komponente, koji se naziva skotopsin. Adaptacija štapića na mrak je spora, ali izuzetno dobra, tj. osetljivost štapića na slabu svetlost u

mruku može značajno da se poveća, ali ovo povećanje osetljivosti se javlja tek nakon više minuta.

Čepića u retini ima manje, oko 5 miliona. Nalaze se centralno i karakteriše ih veoma velika preciznost. Lik predmeta sa kojeg svetlosni zraci padaju na centralni deo retine stvara oštru i jasnu sliku. Osetljivost ovih receptora na svetlost je, međutim, mnogo slabija od štapića. Čepići se koriste pri fotopičnom viđenju i angažovani su pri razlikovanju boja. Vidni pigment u njima se naziva jodopsin, a sastoji se od cis-retinala (istog kao i u rodopsinu kod štapića) i proteinske komponente, koja se razlikuje od proteina u rodopsinu. Belančevinski deo jodopsina generalno se naziva opsinom. Adaptacija čepića na mrok nastaje relativno brzo, ali nikada se ne razvija u istoj meri kao kod štapića. Stoga kažemo da je adaptacija čepića na mrok gora od adaptacije štapića i nikada ne nastaje tako povećana osetljivost na slabije osvetljenje kao kod čepića.



3.5. Šematski prikaz čepića i štapića

3.2. OKO I UV ZRAČENJE

Oko je direktno izloženo dejstvu Sunčenog zračenja, ali je svojim položajem i spoljašnjim delovima oka u izvesnoj meri i zaštićeno. Od prekomernog dejstva zračenja se oko brani svojim zaštitnim mehanizmom koji čine dužica (*iris*), koja poseduje pigmentaciju i zenica (*pupilla*), koja ima sposobnost da se, u zavisnosti od intenziteta zračenja, skuplja i širi i na taj način ograničava ulazak zračenja u oko.

Više od 99 % UV zračenja se apsorbuje u prednjim delovima oka, dok mali deo ipak dospeva do mrežnjače (*retina*), dela oka koji je osetljiv na dejstvo zračenja.

Apsorpcija UV zračenja u oku dovodi do promena koje su vezane za proces starenja i veliki broj ozbiljnih oboljenja oka. Najveći deo UV-B zračenja apsorbuje rožnjača (*cornea*) i očno sočivo. Zbog toga su i najčešća oštećenja ovih delova oka. Međutim, može doći i do oštećenja retine

ukoliko se izloži dejstvu UV-B zračenja. UV-A zračenje prodire dublje u oko i može izazvati oštećenja očnog dna.

- **Rožnjača:** prvi filter oka. Njenu sposobnost da apsorbuje količine UVB (oko 75%), a neki i UVA (oko 25%) čini pravi zaštitnu barijeru za okularne elemente, posebno staklastog tela i retine. Ako je izložena Suncu za sat ili dva bez ikakve zaštite, rožnjače može da oboli od upale (keratitis) što je uglavnom izaziva UVB.

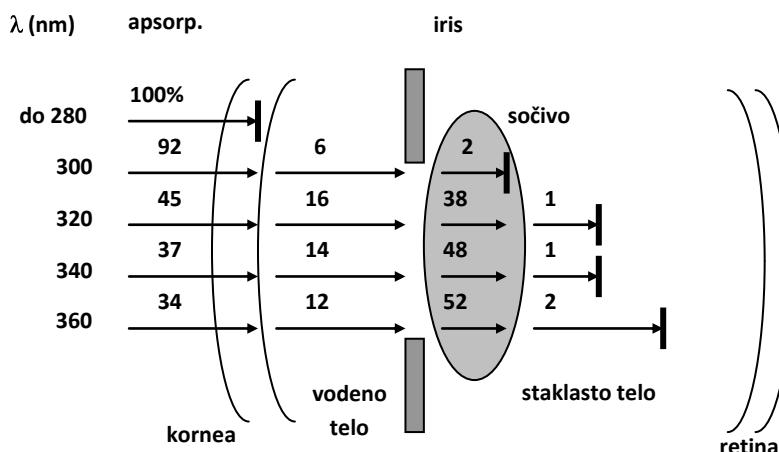
- **Staklasto telo:** apsorbuje 100% UVB i 93% UV-A zračenja. Izlaganje UV zracima predstavlja faktor koji podstiče razvoj katarakte. Štaviše, pre uzrasta od 18-20 godina, staklasto telo nije potpuno formirano i ne filtrira UV zrake.

Prema tome, retina više prima UV zrake nego odrasli:

- ✓ Pre 1. godine. 90% od UV-zraka i preko 50% UVB zračenja do mrežnjače.
- ✓ Između 10 - 13, 60% od UV-zraka i 25% UVB zračenja do mrežnjače.
- ✓ Negde oko 18-20 godina, UV zraci su skoro u potpunosti blokirani od kristalnog sočiva.

- **Mrežnjača:** UVA zraci i zraci kratke talasne dužine u vidljivom delu spektra (plavo svetlo) može doći do mrežnjače. U slučaju produženog hroničnog izlaganja, može da izazove oštećenja mrežnjače izazvanih fotohemiske reakcije. Ovo zračenje je uzrokuje bolesti mrežnjače kao što je pigmentni retinitis ili starosna makularna degeneracija (AMD).

Agresija Sunčevih zraka mrežnjaču akumulira se tokom godina.



Slika 3.6. Procenat UV zračenja apsorbovanog različitim komponentama oka.

- UV-C zračenje. Veoma malo prirodnog UVC zračenja uopšte dođe do naših očiju, ali ukoliko je oko izloženo nekom veštačkom izvoru veći deo UVC zračenja se apsorbuje u epitelu rožnjače i ta apsorpcija obično izaziva privremenu ali bolnu redukciju oštine vida. Talasne dužine kraće od 185 nm ne prolaze kroz vazduh i zbog toga one ne predstavljaju opasnost za naše oko. Izlaganje oka UVC zračenju talasnih dužina od 200 – 280 nm je najopasnije, oštećuje rožnjaču (cornea) i sočivo oka. Srećom ovo zračenje sa

Sunca ne dopire do površine Zemlje, ali neki veštački izvori kao elektrozavarivanje emituje ova zračenja.

- UV-B zračenje (280 - 320nm) ukoliko stigne do oka ne prodire do velike dubine, ali energije na talasnim dužinama od 295nm do 315nm može da prodre u unutrašnjost oka i do retine. Najveći deo UVB zračenja biva apsorbovan u epitelu rožnjače i kao i UVC zračenje može da izazove njena oštećenja. Takodje, ovo zračenje oštećuje sočivo oka i izaziva osećaj pečenja "peska u oku". Ovo zračenje ima prirodno (poreklom sa Sunca) i veštačko poreklo (UV lampe, švajsovanje).
- UV - A (320 - 400nm) zračenje je deo UV spektra za koji je rožnjača transparentna, a većina UVA zračenja se apsorbuje u sočivu, što može da izazove kataraktu. Zbog velike apsorpcije u sočivu samo mali deo UVA zračenja stiže do retine. Kako očno sočivo stari postaje žućkasto-braonkasto i time biva još efektivniji filter za UVA zračenje. Ako bi se sočivo uklonilo, osoba bi "videla" UV zračenje većih talasnih dužina. Pri preteranom izlaganju UVA zračenje izaziva zamor oka i snežno slepilo.

Opasnost od UV zračenja je uglavnom zbog činjenice da nije povezano sa bilo kakvim osećanjem: oni su potpuno nevidljivi i ne izazivaju osećaj topote.

Opasnosti za oči pri izlaganju svetlosti zavisi od nekoliko faktora:

- ✓ Intenzitet
- ✓ Trajanje
- ✓ Frekvencija
- ✓ Spektralni sastav
- ✓ Razni faktori vezani za organizmu: starost, ishrana, itd.

3.2.1. HEV (*High Energy Visible*) ZRACI

Zraci visoke energije (High Energy Visible) imaju veće talasne dužine od UV zračenja, prodiru duboko u oko i mogu izazvati oštećenje retine. Češće poznati pod imenom plava svetlost, HEV zraci su zraci u vidljivom spektru najkraće talasne dužine, stoga sadrži najvišu energiju. Njihove talasne dužine se nalaze između oko 380 i 500nm, odnosno u ljubičasto-plavom opsegu spektra. Ova svetlost je rasuta više u atmosferi u odnosu na druge talasne dužine, što je i razlog zašto je nebo plave boje.

Tokom osamdesetih godina, naučnici su otkrili tokom eksperimenata na životinjama, da plavo svetlo u jakim koncentracijama može izazvati fotohemijske lezije u mrežnjači, naročito partikularno pigmentirani epithelium.

Nedavno se pokazalo da izlaganje oka plavoj svetlosti je jedan od uzroka starenja mrežnjače. Efekti plavog svetla na mrežnjaču su kumulativni. Apsorpcija ovih talasa visoke energije, naravno u kombinaciji sa visokim stepenom oksigenacije retine, dovodi do stvaranja slobodnih radikala. To se obično eliminiše, ali je njihovo nagomilavanje može da dovede do toksične reakcije.

Brojni stručnjaci smatraju da trenutno preterano izlaganje plavoj svetlosti može biti AMD-faktor rizika (Age-related Macular Degeneration - starosne makularne degeneracije).

3.2.2. NEGATIVNO DEJSTVO UV ZRAČENJA NA OČI

Negativni efekti dejstva UV zračenja na oko su pojava katarakte, pterigijuma, fotokeratitisa, makularne degeneracije, malignih promena kože oko očiju.

- **Katarakta** ili očna mrena predstavlja zamućenje očnog sočiva i glavni je uzrok slepila. Osnovni uzrok katarakte je dejstvo UV-B zračenja, koje u ovom slučaju deluje indirektno preko slobodnih radikala. Svetska zdravstvena organizacija (SZO) procenjuje da je čak kod 20% slučajeva uzrok izlaganje Suncu. Kod većina zemalja koje se nalaze blizu ekvatora i koje su manje razvijene katarakta predstavlja bolest koja se može pripisati UV zračenju. Nivo ultraljubičastog zračenja takođe se povećava za oko 8% na svakih 1000 m nadmorske visine, čime se povećava rizik od razvoja katarakte u zemljama poput Nepala. Bolest se razvija tokom više godina, vezana je za proces starenja i uglavnom se javlja kod starijih osoba.

- **Pterigijum** je oboljenje oka koje se ogleda u rastu tkiva na beonjači u vidu debelih membrana koje prekrivaju oko i mogu blokirati vid. Uklanja se hirurški.

- **Keratitis.** Dejstvo reflektovanog zračenja od površine vode, snega, peska itd. je veoma opasno za oči. Snežne površine reflektuju i do 95 % zračenja. Kod nezaštićenog oka, ova prevelika količina zračenja izaziva pojavu keratitisa ili tzv. "snežnog slepila". Fotokeratits je akutno, reverzibilno zapaljenje površinskih slojeva oka, kornee i konjuktive, koje nastaje pri direktnom, prekomernom dejstvu UV-B zračenja. Obično se javlja nekoliko sati posle dejstva zračenja i može trajati nekoliko dana, nakon čega se spontano povlači. Nakon jednog pojavljivanja oči postaju još osetljivije na svako sledeće dejstvo zračenja.

- **Makularna degeneracija.** Žuta mrlja (*macula lutea*) je deo retine koji obezbeđuje jasan i oštar centralni vid. Makula sadrži velike količine pigmenata, čija je uloga da filtriraju upadno zračenje. Usled prekomernog izlaganja UV zračenju i intenzivnom plavo-ljubičastom svetlu koje oštećeju retinu, razvija se makularna degeneracija oka, koja je glavni uzrok slepila kod ljudi starijih od 55 godina, mada se može javiti i kod mlađih osoba. Oštećenja koja nastaju su blaga i neupadljiva. Tokom niza godina ona prerastaju u ozbiljne promene koje ugrožavaju vid. Osnovni uzrok ovog oboljenja su slobodni radikali.

- **Karcinom.** Dejstvo UV zračenja može izazvati i karcinom kože oko očiju, na kapcima i licu.

Oštećenja očiju usled dejstva UV zračenja se mogu javiti kod svake osobe, naročito kod onih koji više vremena provode na otvorenom prostoru.

Deca su posebno osetljiva na UV zračenje. Procene ukazuju na to da do 80% od trajanja izloženosti lica UV zračenju, primiljen pre 18 godina, čini decu pogodnim za bolesti u kasnijem u životu.

4. ZAŠITA OKA OD UV ZRAČENJA

Pre svega treba zapamtiti da nijedna od postojećih zaštita od Sunca nije 100% efikasna. Jedini način 100% zaštite je potpuno izbegavanje Sunčeve svetlosti, ali posledice koje organizam trpi zbog nedostatka Sunca neuporedivo su opasnije od posledica prevelike “doze” sunčanja. Naravno, neophodno je preduzeti odgovarajuće mere zaštite i poštovati neka pravila.

S obzirom na potencijalni rizik od oštećenja oka štetnim delovanjem Sunčevog zračenja neophodno je preduzeti potrebne mere za njihovu zaštitu. Nošenje naočara za Sunce je neophodno. Uz to, potebno je nositi i šešir sa širokim obodom ili štitnik kada smo izloženi intenzivnoj, blještavoj svetlosti. Ovakav šešir blokira oko 50% UV zračenja i smanjuje UV zračenje koje može stići do oka iznad ili oko naočara. Takođe, treba koristiti naočare koje su tako dizajnirane da onemogućuju prodor perifernih zraka u oko.

Uvek kada je moguće treba smanjiti rizik, izbegavanjem izlaganja blještavoj svetlosti, naročito leti između 11:00 i 16:00 kada je zračenje Sunca najintenzivnije. Posebnu pažnju treba obratiti kada je oblačno, jer je i tada velika mogućnost oštećenja očiju zbog refleksije. Kada površina zemljišta u velikoj meri reflektuje UV zračenje (sneg, pesak...) preporučuje se korišćenje naočara koje imaju zaštitu sa strane.

4.1. NAOČARE ZA SUNCE

Ljudsko oko automatski reaguje na količinu svetlosti tako što menja dijametar zenice. Pri jačem svetlu, zenica se smanjuje. Dok god količine UV zračenja i vidljive svetlosti ostaju međusobno proporcionalne, ovaj zaštitni mehanizam je sasvim dovoljan i dobro održuje posao. Međutim, ako se nose obojena sočiva i manja količina svetlosti prolazi kroz njih, zenica automatski reaguje i povećava se da bi primila više svetlosti. Ako količina UV zračenja nije smanjena u istoj meri kao i vidljiva svetlost pri prolasku kroz obojena sočiva, tada će više UV zračenja ući u oko u odnosu na slučaj kada se ne nose obojena sočiva na naočarima. Zato je od vitalnog značaja da obojena sočiva sadrže i UV apsorber, koji apsorbuje UV zračenje barem u istoj meri kao i vidljivo zračenje. U tom smislu postoje striktni evropski standardi koji pokrivaju ovo područje. Iako su ovi standardi pisani složenim matematičkim rečnikom, osnovni kriterijum je smanjenje UV transparencije u proporciji sa vidljivom transparencijom.

Pravilno odabранe naočare za Sunce doprineće zaštiti očiju od UV zraka, jake svetlosti i plave svetlosti. Treba odabrati dovoljno tamne naočare koje će obezbediti konfor, ali nikako toliko tamne da smanjuju oštrinu vida. Veoma tamna stakla ne moraju biti i dobra, ona mogu dovesti do poremećaja u percepciji boja, kao što su, recimo, svetla na semaforu, a mogu dovesti i do dilatacije zenica što dodatno povećava količinu UV zraka koji prodiru u oko i oštećuju ga.

4.1.1. BOJENJE, FOTOHROMIZAM I SPECIJALNI FILTRI

Za zaštitu oka od nepoželjnog, iritirajućeg i štetnog zračenja nedovoljna je prirodna odbrana: refleksno zatvaranje očnih kapaka, smanjenje prečnika zenica, filtracija u oku itd. i zato se koriste filtrirajuća sočiva – sočiva koja menjaju spektralni sastav propuštene svetlosti. Sočiva mogu imati:

- permanentnu boju,
- promenljivu boju (fotohromna), ili
- posedovati razne tipove svetlosnih filtara u vidu prevlaka.

Svaki svetlosni filter okarakterisan je:

- 1) koeficijentom transparencije τ ,
- 2) krivom transparencije $\tau=f(\lambda)$, i
- 3) UV odsečkom (UV cut-off)

kao i fiziološkim osobinama izraženim preko *relativnog koeficijenta transparencije* τ_V u vidljivom delu spektra (faktor svetlosne transparencije, uzima u obzir različitu osetljivost oka na svetlost različitih talasnih dužina).

4.1.1.1. Specijalni filtri

Ovi filtri su projektovani da selektivno propuštaju određene tipove zračenja i delimično ili potpuno apsorbuju druge. Oni mogu imati dve različite uloge:

- zaštitna uloga, smanjivanjem ili eliminacijom štetnih efekata određenih talasnih dužina i/ili slabljenjem svetlosne energije koja ulazi u oko;
- proširena uloga, selektivnim propuštanjem određenih talasnih dužina radi poboljšanja percepcije oka korisnika sočiva.

1) Filtri ultraljubičastog zračenja

Filtri, koji pojačavaju apsorciju UV zračenja koju imaju providno staklo ili plastike, mogu se koristiti da poboljšaju zaštitu od tog zračenja. Da bi se ovakva sočiva mogla stalno koristiti, zaštitni mehanizam treba samo malo da oslabi transparenciju vidljivog spektra. Sa staklima se koriste boje koje ih zapreminski nijansiraju, zbog njihovog boljeg UV odsečka. Generalno uzevši, plastike su bolji UV filtri nego staklasti materijali. Iz toga proizilazi da su fotochromne plastike visokog indeksa prelamanja, uključujući polikarbonate, bolji UV filtri od CR 39 .

2) Filtri za pojačanje kontrasta

Ovi filtri apsorbuju ultraljubičasto i plavo zračenje, a propuštaju centralni deo vidljivog spektra. Na primer, "Kiros" filter koji je svetlo žute boje, zaustavlja transparenciju plave svetlosti i specifično propušta talasne dužine bliske maksimumu osetljivosti ljudskog oka. To pojačava efekat i kontrast percepcije pri oblačnom vremenu i zato su takvi filtri korisni za vozače, planinare i lovce. Koristi se za poboljšanje vidljivosti i vida kod mnogih korisnika korektivnih sočiva.

3) Filtri visoke apsorpcije

Ovi filtri apsorbuju UV zračenje i donji deo vidljivog spektra, a propuštaju samo njegov gornji deo. Na primer, "Extreme" prevlaka, koji je tamne žukasto-braon boje, odseca sve talasne dužine sve do 530 nm, što znači da eliminiše svo UV zračenje i većinu aktivnog dela vidljivog spektra. Njegova žuta komponenta pojačava kontrast. Projektovan je za korišćenje u uslovima jakog svetla, kao što je slučaj sunčevom svetlošću obasjan sneg.

4) Filtri za polarizaciju

Polarizacija svetlosti: kada se svetlosni zrak reflektuje od polirane površine, oscilacije talasa postaju strogo ograničene u jednoj ravni. Određene supstance mogu biti sadržane u optičkim filtrima tako da oni apsorbuju zrake polarizovane svetlosti ako su pravilno orijentisane u odnosu na ravan polarizacije svetlosnih talasa. Efekat ovih filtera je da ugase sjaj emitovan od reflektujućih površina. Jedna posebna primena ovih filtera je da apsorbuju polarizovanu svetlost

reflektovanu sa površine vode. Ovi filtri za polarizaciju su korisni za sportove na vodi i pecanje, jer korisnik sočiva može posmatrati vodu bez blještavila koje se javlja pri odbijanju svetlosti.

4.1.2. KLASIFIKACIJA SOČIVA PREMA SVETLOSNOJ TRANSPARECIJI

Prema veličini relativnog koeficijenta transparencije u vidljivom spektru τ_V (uzima u obzir spektralnu osetljivost oka), sočiva su klasifikovana u pet kategorija. Kriterijum za klasifikaciju se odnosi i na vidljivu i na UV-A i UV-B oblast, a merenja se vrše na planarnim sočivima debljine 2 mm.

Tabela 4.1. Transparencija sunčanih naočara za opštu upotrebu

Kategorija filtra	UV deo spektra		Vidljivi deo spektra	
	Max transparencija UVB zračenja τ_{SUVB}	Max transparencija UVB zračenja τ_{SUVA}	Interval transparencija svetlosti	
	280 – 315 nm	315 – 380 nm	Od (%)	Do (%)
0	τ_V	τ_V	80	100
1	0.125 τ_V		43	80
2			18	43
3			8	18
4	1.0%		3	8

4.1.3. BOJA SOČIVA I TRANSPARENCIJA

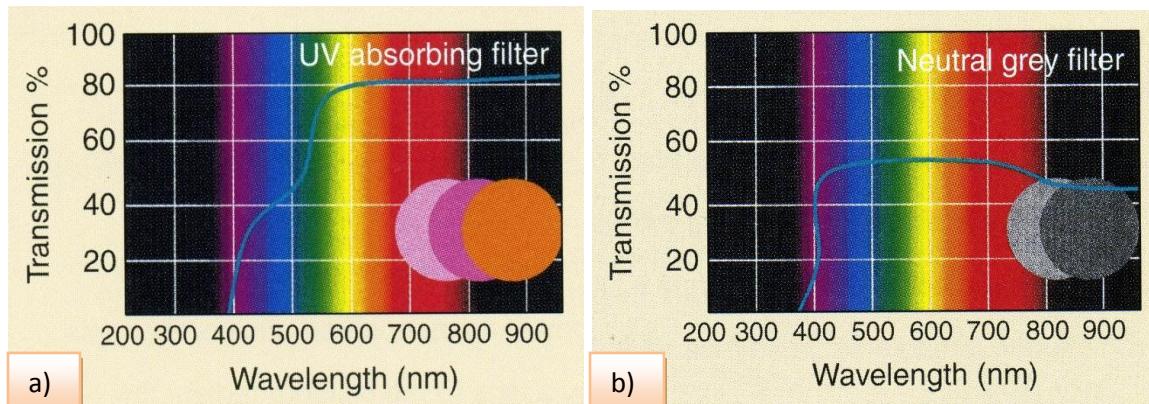
Idealni filter za Sunčevo zračenje treba da:

1. oslabi UV zračenje,
2. redukuje transparenciju do udobnog nivoa bez izobličenja boja, i
3. obezbedi oštrinu vida u celom spektru.

4.1.3.1. Sočiva sa permanentnom bojom

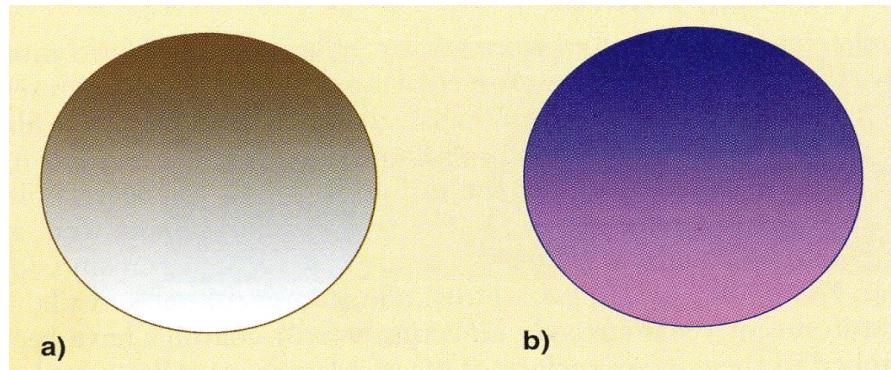
- 1) **Staklena sočiva** sa permanentnom bojom

- zapreminske bojene stakla se dobijaju dodavanjem aditiva (soli ili oksida metala) sa specifičnim apsorpcionim osobinama u rastop materijala za sintezu stakla - boja je uniformno raspoređena po celoj zapremini sočiva.
- Ružičasta sočiva dobro apsorbuju UV zračenje.
- Zeleni filtri dobro apsorbuju i UV i IR zračenje.
- Neutralni sivi filter apsorbuje UV i podjednako sve talasne dužine vidljivog spektra.



Slika 4.1. Transmisione krive za različite tipove filtera a)UV filter, b)neutralni sivi filter

- Površinski bojena staklena sočiva se dobijaju vakuumskim naparavanjem (10^{-5} mbar) tankog uniformnog sloja na jednu stranu sočiva. Obojeni sloj može da sadrži: NiCr ili oksidi Cr, Mo i Ti sa MgF_2 , SiO ili SiO_2 . Oksidi većinom daju braon boju, a kombinacija SiO_2 i metala sivu boju.
Pošto je zahtevana temperatura supstrata 200-300°C, metoda se primenjuje **samo na stakla**. Intenzitet boje zavisi od debljine sloja.
Obojenih slojeva uniformne debljine može biti i više, i to različitog sastava i različitih debljina, a ukupne debljine reda μm (10^{-6} m) da bi se dobio traženi apsorpcioni efekat.
- 2) **Plastična sočiva** sa permanentnom bojom
 - Zapreminske bojene plastične sočive - dodavanje aditiva u monomersku fazu proizvodnje, tj. pre procesa polimerizacije. Posebni aditivi poboljšavaju apsorpciju UV štetnog zračenja i takođe se dodaju u monomerskoj fazi.
 - Površinski bojene plastične sočive - tehnika potapanja u rastvor boje. Boja ponekad prodire do dubine oko 1 mm, iako se u nekim postupcima može postići dubina od samo 6-10 μm i da zahvati samo prevlake na sočivu. Bojenje se može sprovesti pre ili posle postavljanja **tvrde** prevlake, u zavisnosti da li se može bojiti ili ne. Boja plastičnog sočiva (nijansi ima bezbroj) ne ukazuje obavezno i na transparentne osobine. Bojenje traje od 1 min do par sati, i od toga zavisi intenzitet boje.
- 3) **Gradijentni filtri** su obojena (staklena ili plastična) sočiva koja imaju postepenu promenu transparentnih osobina.



Slika 4.2. Gradijentni filtri a) Tamno-svetlo; b) dvobojno (duga) plavo-ružičasto

Mogu biti jednobojni, zatim sa dvostrukim gradijentom (jedna boja prelazi u drugu) ili da pokazuju tzv. "efekat duge". Gradijent boje na staklima se postiže u tzv. procesu metalizacije ili vakuumskog naparavanja, a na plastičnim materijalima regulacijom brzine vađenja sočiva iz kade sa rastvorom boje.

Za dobijanje ravnomerne obojenosti koriste se dve osnovne tehnike:

- vakuumsko naparavanje kod stakala;
- potapanje kod plastika.

Stepen zatamnjenosti naočara nije merilo zaštite od UV zraka. Ukoliko su naočare tamne, a ne filtriraju u dovoljnoj meri UV zrake, one mogu čak i naškoditi oku, zato što se zbog zatamnjenosti naočara zenica proširi i u oko uđe više nefiltrirane svetlosti nego što bi ušlo kada takve naočare ne biste nosili. Tabela 4.2. daje podatke o kategoriji i opisu filtera

Kategorija filtera	Opis	Transparencija	
		Preko (%)	do(%)
0	Providno ili vrlo svetla nijansa	80	100
1	Svetla nijansa	43	80
2	Srednje obojeno	18	43
3	Tamna boja	8	18
4	Vrlo tamna nijansa, nepogodna za vožnju	3	8

Tabela 4.2. Kategorija i opis filtera

4.2. KOMPLETNA INFORMISANOST O NAOČARIMA ZA SUNCE

Informacije koj treba da se isporučuju od strane proizvođača su:

1. Identifikacija proizvođača ili dobavljača
2. Broj kategorije filtera (dat u tabeli 4.2.)
3. Broj i godina Standarda
4. U slučaju filtera kategorije 4 ili filter koji ne ispunjava uslove za vožnju detaljno gore pod naslovom treba da stoji upozorenje „Nije pogodan za vožnju“
5. Upozorenje da je direktno gledanje u Sunce opasno, osim ako su posebno dizajnirana za tu svrhu.

Sledeće informacije treba da budu dostavljene od strane proizvođača ili dobavljača:

1. naziv i adresu proizvođača ili dobavljača
2. vrstu i performanse filtera, npr:
 - a) fotochromni filter
 - b) stepen polarizacije u procentima
 - c) fotochromni opseg
3. uputstva za negu i čišćenje
4. objašnjenje oznaka
5. optička klasa
6. nominalnu vrednost prozračnosti

5.3. STANDARDI SUNČANIH NAOČARA

Ne može se reći koliku UV zaštitu neke naočare pružaju prema njihovoj ceni, boji ili zatamnjenošći. Za to je potrebno obratiti pažnju na etiketu na proizvodu koja će garantovati tip i količinu zaštite. Najbolje ih je kupovati u optičarskim radnjama gde je sigurniji njihov kvalitet jer nije dovoljno da na deklaraciji piše „UV zaštita“ već UV filteri moraju biti stvarno ugrađeni u staklo naočara. Međutim, nije dovoljna samo oznaka „UV zaštita“ već "100% UV zaštita". Naočare moraju da imaju vidljivo istaknut sertifikat koji nam daje podatak o kategoriji filtera, ili zatamnjenja stakla koje se označava brojem od 0 do 4, i o količini UV zračenja koje zaustavlja i koja je izraženo u procentima.

Za adekvatnu zaštitu, eksperti preporučuju naočare sa filterom za 99-100% zaštitu od UVA i UVB svetla. Sunčane naočare koje zadovoljavaju ove zahteve, obično imaju oznaku **UV 400**. To je nešto jača zaštita od rasprostranjenog standarda Evropske unije, koji nalaže blokiranje 95% zračenja do 380 nm. Standarde za kvalitet i svojstva sočiva dati su u tabeli 4.3.

Zahtevi						
	UV spektar, maksimalna vrednost					
Kategorija filtera	Spektar prozračnosti $\tau_F(\lambda)$	UVA prozračnost τ_{SUVA}	Prozračnost vidljivog dela spektra τ_V		Poboljšana IC apsorpcija τ_{SIR}	
	280-315 nm	315-350 nm	315-380 nm	Od(%)	Do(%)	
0				80	100	
1		τ_V	τ_V	43	80	
2	$0.1 \tau_V$			18	43	τ_V
3				8	18	
4		$0.4\tau_V$	$0.4\tau_V$	3	8	

Tabela 4.3. Prozračnost za pojedine filtere za opštu upotrebu

Visoke cene određenih sunčanih naočara ne garantuju njihov kvalitet i visok stepen zaštite od UV zraka. Često cenu diktira brend, a ne kvalitet.

ISO standard (International Organisation for Standardization) za kvalitet naočara još uvek ne postoji. Evropski CE znak ukazuje da naočare pružaju siguran nivo zaštite od UV zraka.

5.3.1. MATERIJALI KOJI OBEZBEĐUJU UV ZAŠTITU

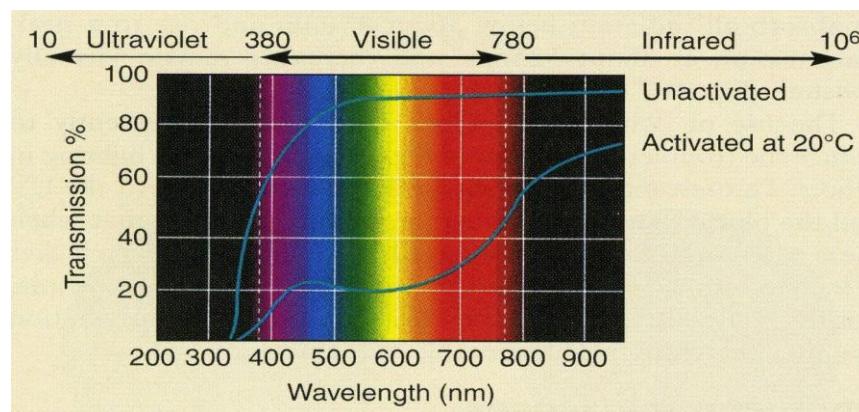
Posebno je važno da zatamnjena sočiva (sunčane naočari, sočiva sa raznim filtrima, ...) obavezno imaju zaštitni UV filter, posebno ako je apsorpcija UV zračenja manja od apsorpcije vidljivog dela spektra u sočivu - širenje zenice oka radi ulaska svetlosti ima za posledicu primanje veće doze UV zračenja.

UV filter treba da zaustavi svo zračenje ispod 360 nm i da eventualno samo malo oslabi vidljivi deo spektra.

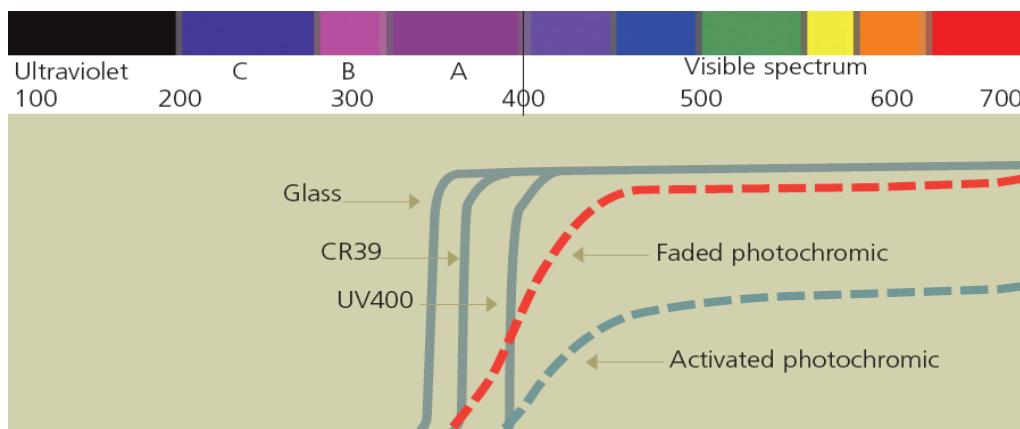
Za UV filtre se najčešće koriste oksidi Ce, Ti, Fe.

- **Stakleni materijali** za sočiva nisu prirodni apsorberi UV zračenja. Kod njih je neophodno dodavanje odgovarajućih aditiva u smešu pri sintezi.

- **Plastični materijali** su, generalno, bolji UV filtri od stakala. Ta sočiva su čvršća od staklenih i imaju manje mogućnosti da pucaju. Najbolje su naočare od polikarbonata jer su one vrlo lagane, kvalitetne i otporne na ogrebotine.
- **Polikarbonat** je prirodni apsorber UV zračenja i ne zahteva postavljanje posebnog filtra.
- **CR 39** dietilen glikol bis (alil karbonat), poznatiji kao CR 39, je materijal koji je trenutno na tržištu najšire korišćen za proizvodnju plastičnih sočiva. Otkriven je 40-ih godina prošlog veka od strane hemičara “*Columbia Corporation*” (odeljenje PPG kompanije, *Pittsburg Plate Glass*) kao proizvod izučavane serije polimernih materijala pod oznakom CR 39 (*Columbia Resin #39*). Apsorbuje deo UV spektra (do 370 nm), ali se UV odsečak može pomeriti odgovarajućim površinskim bojenjem. Kao i svi plastični materijali i C39 ima tendenciju da sa vremenom požuti i proizvođači uvek dodaju male količine UV apsorbera da bi to sprečili.
- **Fotochromni materijali** su dobri apsorberi UV zračenja. Fotochromizam je osobina materijala da reaguje na intenzitet sunčeve svetlosti tako što menja asorpcione osobine. Osnovni princip fotochromizma, koji je zajednički i za staklaste i za plastične fotochromne materijale, je da materijal potamni pod uticajem UV zračenja i da se polako vraća u prvobitno stanje pod uticajem toplote okoline. Ove dve pojave su reverzibilni (povratni) procesi i mogu se dešavati neodređeni broj puta. Fotochromizam je posledica aktivacije molekula fotochromne supstance ugrađene u materijal. Apsorpcija svetlosti je u svim slučajevima određena ravnotežom između broja fotoosetljivih molekula aktiviranih UV stimulacijom i broja molekula deaktiviranih topotom (sl. 4.3).



Slika 4.3. Kriva transparencije u neaktiviranom i aktiviranom stanju ↑



Slika 4.4. UV granica odsecanja nekih oftalmoloških materijala

- **Polaroidne naočare** najbolje filtriraju odbijene zrake od ravnih površina i vode te eliminišu zablještenje. Zbog toga su sunčane polaroidne naočare najpriyatnije za oko. Sunčeva svetlost putuje u svim pravcima. Kada se reflektuje sa horizontalne površine, kao što su asfaltni put ili voda, svetlost često postaje polarizovana na horizontalnoj ravni. Vertikalna svetlost je korisna za ljudsko oko. Ona omogućava da vidimo boje i kontraste, dok koncentrisana horizontalna svetlost stvara odbljesak, koji nam onemugačava da vidimo, i tada možemo biti u potencijalno opasnoj situaciji (npr. za volanom). Unikatna polaroid stakla sadrže vertikalni filter, koji efikasno blokira horizontalno svetlo. Polarizovana polaroid stakla dozvoljavaju samo korisnoj vertikalnoj svetlosti da dopre do oka, stvarajući na taj način pogled bez odbljeska, sa prirodnim bojama i kontrastima. Polarizujuća sočiva ne samo što eliminišu sjaj reflektovane svetlosti, već omogućavaju da se vide detalji ispod površine koja reflektuje (ukoliko je providna).



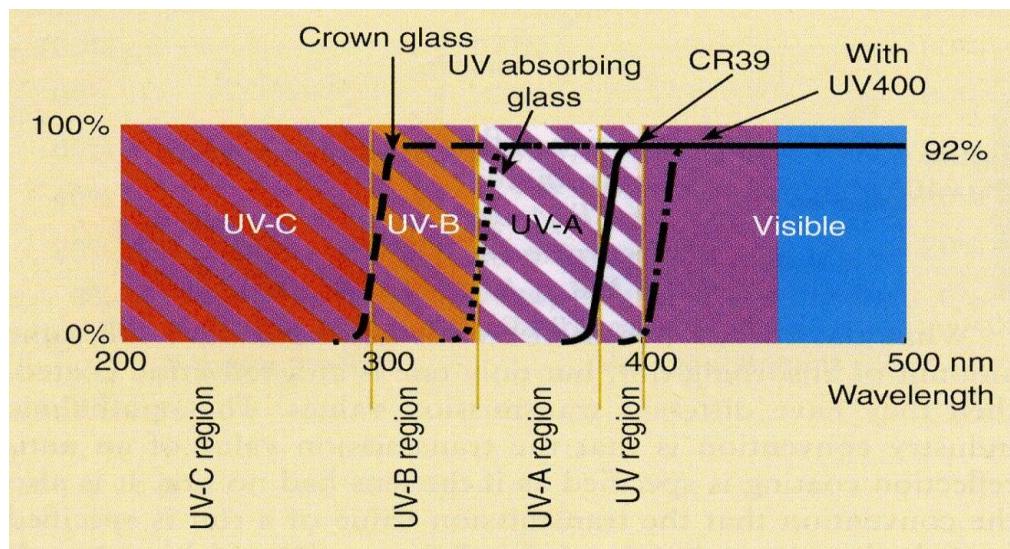
Slika 4.5. Fotografija napravljena bez a) i sa polarizujućim filtrom ispred objektiva b)

5.3.2. ATENUACIJA UV ZRAČENJA

Ako je UV odsečak blizu 400 nm, sočivo ostaje belo; ako je iznad 400 nm, dobija žutu nijansu. Jaka žuta boja se zapaža kada je granica odsecanja (*cut-off*) UV filtra na oko 450 nm, a narandžasta kada je oko 500 nm. Od strmine krive transparencije u kratkotalasnom delu će takođe zavisiti nijansa žute boje sočiva sa UV filtrom.

Granica odsecanja	Boja sočiva	Potencijalne prednosti
380	Veoma providno	Sprečava pojavu požutelosti
400	Providno	Za dugotrajno izlaganje
450	Žuto	Obezbeđuje zaštitu HEV zraka
500	Narandžasto	Preosetljivost na svetlo

Tabela 4.4. Veza između granice odsecanja, boje sočiva i osobina vezanih za korišćenje



Slika 4.6. UV apsorpcija materijala sočiva

4.3.3. BOJENA SOČIVA ZA VOŽNJU

Sočiva određene boje ne smeju se koristit za vožnju osim ako nisu u skladu s testovima prepoznavanja saobraćajnih signala definisanih ISO standardima.

Boje i nijanse su na tržišti dostupne u širokom dijapazonu, ali za vozače i sportiste postoji nekoliko specifičnih boja. U tom smislu treba reći nekoliko značajnih stvari vezanih za bojena sočiva za vozače. Međunarodni standardi strogo definišu uslove za odgovarajuću vidljivost pri vožnji, koji mogu biti podeljeni u tri dela:

- sočiva koja propuštaju preko 80 % svetlosti mogu se koristiti bilo kad;
- sočiva koja propuštaju preko 8 % svetlosti mogu se koristiti po dnevnom svetlu, ali ne i noću;
- sočiva koja propuštaju manje od 8 % svetlosti ne smeju se koristiti u toku vožnje.

To znači da samo nekoliko sočiva (tipično sa svetlo žutom bojom) mogu biti korišćena za noćnu vožnju. Dok žuta boja može poboljšati kontrast i smanjiti blještavilo, korišćenje bilo kojih drugih sočiva u noćnim uslovima koja smanjuju količinu svetlosti koja ulazi u oči se mora uzeti u obzir veoma oprezno. U uslovima slabe vidljivosti (osvetljenosti) postoji očigledna prednost korišćenja sočiva sa AR prevlakama, jer apsorpcija u sočivima od strane boje može biti uvećana i do 7 % bez smanjenja透parencije.

Međunarodni standardi definišu kriterijume za prepoznavanje saobraćajnih signala i transparenciju dioptrijskih sočiva i to preko odnosa odnosa opšteg (ukupnog) nivoa transparencije i nivoa transparencije za četiri određene boje; crvenu, žutu, zelenu i plavu. Doznoljene vrednosti ovih odnosa su 80 % za crvenu, 80 % za žutu, 60 % za zelenu i 40 % za plavu boju.

4.3.4. DA LI TREBA OBEZBEDITI UV ZAŠТИTU KOD „PROVIDNIH“ SOČIVA?

Uključivanje UV apsorbera u "bistra" (neobojena) sočiva ne šteti, čak može imati i neke prednosti. To je uobičajena praksa u Australiji zbog jake sunčeve svetlosti. Ne postoji jasna granica između gornjeg kraja UV oblasti i kratkotalasnog, plavog kraja vidljivog spektra. Uzima se da je to oko 400 nm, ali se oblasti preklapaju. Izbor vrednosti od 400 nm je verovatno zbog toga što je apsorpcija plave boje iznad 400 nm dovoljna da oko počne opažati komplementarnu žutu boju. Kako se apsorpciona tačka pomera prema dugotalasnem kraju spektra, opažanje žute se pojačava i jaka žuta boja se vidi kada je granica odsecanja na 450 nm, a narandžasta kada je na 500 nm, znatno iznad one talasne dužine za koju se smatra da je granična za UV oblast spektra. Primena takvih sočiva sa različitim položajem granice odsecanja je prikazana u tabeli 4.5.

granica odsecanja [nm]	boja sočiva	potencijalne prednosti
380	veoma providno	Sprečava pojavu požutelosti CR39 materijala.

400	providno	Za dugotrajno izlaganje, kao kod farmera, profesionalnih sportista, itd.
450	žuto	Kao gore, ali obezbeđuje izraženu zaštitu u rizičnoj plavoj oblasti vidljivog spektra.
500	narandžasto	Medicinski uslovi uključuju fotofobiju (preosetljivost na svetlost), kao i za sportove napolju.

Tabela 4.5. Veza između granice odsecanja, boje sočiva i osobina vezanih za korišćenje

Ukoliko nosite dioptrijske naočare, ne znači da ne možete nositi i sunčane naočare. Dioptrijska stakla mogu biti istovremeno i sunčana. Postoji više opcija:

- obojena dioptrijska stakla (ne štite od UV zraka, čak su i štetne, ako se na njih ne stavi i UV filter)
- sunčana stakla sa dioprijom (100% UV zaštita)
- polaroidna sunčana stakla sa dioprijom (100% UV zaštita i eliminacija odbljeska - najkvalitetniji vid).

5.4. KATEGORIJE NAOČARA ZA SUNCE

U mnogim zemljama proizvođači naočara pri njihovom etiketiranju prate svoje industrijske standarde, npr. u Kanadi naočare koje zadovoljavaju industrijske standarde mogu se podeliti u tri kategorije:

- Kozmetičke - imaju lako obojena sočiva i one se upotrebljavaju kada Sunčeva svetlost nije veoma jaka. Blokiraju od 0-60% vidljive i UVA svetlosti i 87-95% UVB zraka. Ova sočiva nisu preporučiva za dnevnu vožnju.
- Generalne namene - blokiraju od 60-92% vidljive svetlosti i UVA zraka i 95-99% UVB. Ova sočiva su dobra za vožnju i preporučuju se uvek kada je svetlost veoma jaka.
- Specijalne namene - blokiraju do 97% vidljive svetlosti i 98.5% UVA zraka, minimum 99% UVB i veoma su dobra za dugo izlaganje suncu. Nisu preporučljiva za vožnju.

Slično označavanje je i u Australiji, gde je 2003. godine urađena revizija standarda za naočare za sunce po kojoj postoje pet kategorija.

- Fashion naočare koje nisu za Sunce i veoma malo redukuju Sunčevu svetlost sa nešto malo UV zaštite.
- Fashion naočare koje nisu za Sunce koje limitirano redukuju Sunčevu svetlost sa malo UV zaštite.
- Naočare za Sunce koje obezbeđuju srednji nivo zaštite od vidljivog svetla i dobru UV zaštitu.

- Naočare za Sunce koje obezbeđuju visoku zaštitu od vidljivog svetla sa dobrom UV zaštitom.
- Naočare za Sunce za specijalne namene sa veoma visokom zaštitom od vidljivog svetla i UV zaštitom.

5.5. ZAŠTITA DECE I OMLADINE

Nekoliko faktora doprinosi povećanom oštećenju očiju kod dece usled dejstva UV zraka. Prvo, deca provode više vremena napolju nego odrasli, a naročito tokom leta. Kao rezultat toga, prosečno dete dobija oko tri puta vću dozu godišnje od prosečne odrasle osobe.

Drugo, njihova sočiva propusnija od sočiva u oku odrasle osobe. Upravo zbog te propusnosti, mrežnjača je izloženija većoj količini svetla kratkih talasnih dužina.

Optičari ističu da bi deca već od treće godine života morala da nose naočare za sunce i to sa UVA i UVB filterima. Mnogi roditelji rizikuju vid svoje dece jer uporno ignoriraju opasnosti kojima prete štetni sunčevi zraci.

Najnovija istraživanja potvrđuju teze oftalmologa, pošto su dokazala da deca već od osamnaeste godine absorbuju 80% UV zračenja kojem su izloženi tokom života. Oči mališana su posebno osetljive na štetne Sunčeve zrake, njihove zenice su veće nego kod odraslih, tako da svetlost u njih prodire mnogo lakše i dublje pa ih tako i oštećuju.

Slika 4.6. Vreme izlaganja UV zračenju za tipove kože I i II

UV INDEKS		PREVENTIVNA ZAŠTITA	VREME BORAVKA NA SUNCU BEZ PREVENTIVE ZAŠTITE
>9	Veoma velik		<15 min
7 - 9	Velik		20 min
4 - 7	Srednji		30 min
2 - 4	Niski		30-60 min
0 - 2	Minimalan		>60 min

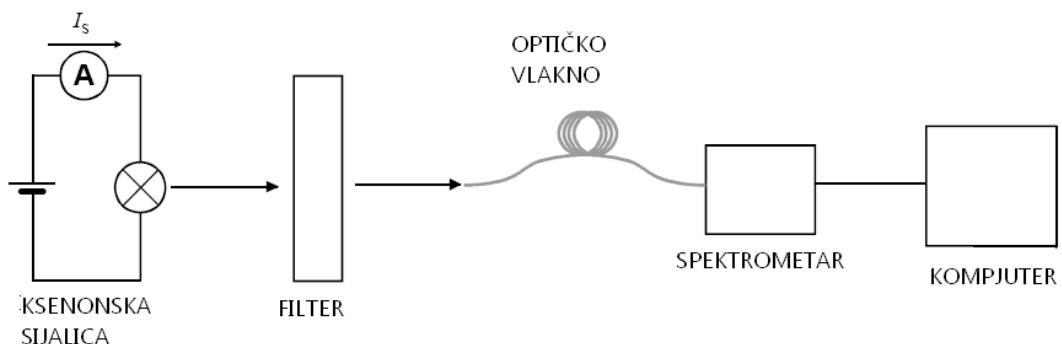
Slika 4.7. Vreme izlaganja UV zračenju za tipove kože III i IV

UV INDEKS	PREVENTIVNA ZAŠTITA	VREME BORAVKA NA SUNCU, BEZ PREVENTIVE ZAŠTITE
>9 Veoma velik		<30 min
7 - 9 Velik		40 min
4 - 7 Srednji		60 min
2 - 4 Niski		60-120 min
0 - 2 Minimalan		>120 min

6. OPIS MERENJA I REZULTATI

5.1. Opis aparature

Na slici 5.1. šematski je prikazana aparatura za određivanje apsorpcionih spektara UV zračenja.



Slika 5.1. Šema aparature

Kao izvor UV zračenja korišten je simulator Sunčevog zračenja *Abet Technologies*.



Slika 5.2. Model # 11018 Solarnaog simulatora

Sva elektronika upakovana je u kućiste. Ovi sistemi pružaju bogato UV osvetljenje bilo živinom ili ksenonskim sijalicama posebno odabranim tako da se poveća proizvodnja UV zračenja.

Ceo izvor napajanja, kontrola elektronike, blenda, lampa, i optička pregrada su smešteni u kompaktnom kućištu (350x600x700 mm).

Digitalni prekidač za kontrolu je dostupan na kontrolnoj tabli. Foto-povratna sprega za kontrolisane doze izlaganja je takođe dostupna. Takođe, dostupan je i kontrola izlaganja zračenju.

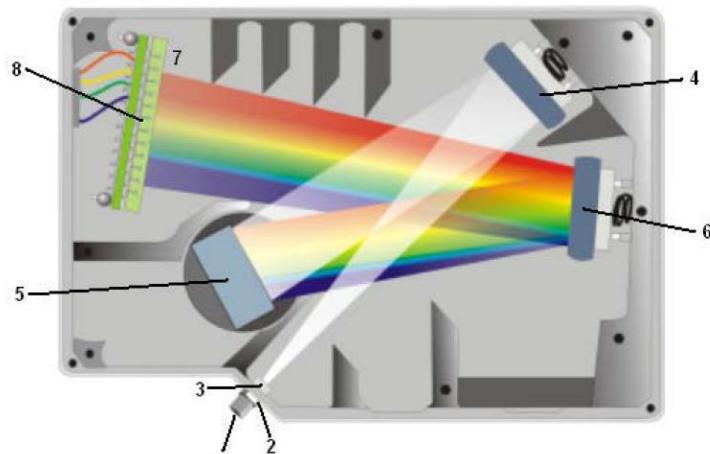
Izvor svetla je LS 150 ksenon lučna lampa. Glavne karakteristike ove lampe su:

- 150 W Xe Arc Lamp
- Brzi F/1.0 kondenzator
- Neograničeno široke mogućnosti
- OEM ready



Slika 5.3. LS150 Izvor ksenon lučne lampe

U merenjima korišćen je spektrometar Oceans Optics HR2000. To je kompaktni spektrometar sa optičkom rešetkom koja ima 1200 zareza po mm. Ovim spektrometrom može da se snima spektar zračenja u opsegu 200-400 nm, a njegova optička rezolucija je 0,065 nm. Optička šema spektrometra prikazana je na Slici 5.4.



Slika 5.4. Optička šema spektrometra Oceans Optics HR2000

1. SMA konektor pomoću kojeg se priključuje optički kabl
2. Pukotina (ulazna apertura)
3. Filter
4. Kolimatorsko ogledalo
5. Difrakciona rešetka
6. Fokusirajuće ogledalo

7. Sabirna sočiva

8. CCD detektor

Optički kabl se pomoću SMA konektora priključuje na spektrometar. Svetlost prolazi kroz ulaznu pukotinu širine 10 μm. Nakon prolaska kroz filter svetlost pada na kolimatorsko ogledalo, koje fokusira zrake na difrakcionu rešetku. Svetlost razložena po talasnim dužinama usmerena pomoću fokusirajućeg ogledala pada na sabirna sočiva koja fokusiraju svetlost na piksele CCD detektora. Na svaki piksel detektora pada foton određene talasne dužine. Na ovaj način dobija se određeni zapis informacije o intenzitetu zračenja koje pada na detektor, a koje se u obliku spektra prikazuje na ekranu računara. Pomoću programa OOIBase32 vrši se kontrola i komunikacija između računara i spektrometra. CCD koji je korišćen u eksperimentu sadrži 2048 piksela dimenzije 14 μm x 200 μm. Rezolucija A/D konverzije je 12 bita. Program OOIBase32 omogućava podešavanje vremena integracije. Producovanjem vremena integracije povećava se osetljivost detektora. U eksperimentu je vreme integracije birano tako da A/D konvertor sa 4096 nivoa pokrije ceo UV spektar.

5.2. REZULTATI I DISKUSIJA

Za merenje apsorpcionog spektra naočara za zaštitu od Sunca korišćena je spektroskopska metoda. Snimani su referentni spektri UV zaračenja, a zatim spektri zaštitnih filtera.

5.2.1. SNIMANJE APSORPCIONIH SPEKTARA NAOČARA ZA SUNCE

Kada zračenje pada na zaštitni filter, fotonii stupaju u interakciju sa česticama preparata, pri čemu dolazi do apsorpcije, refleksije ili rasejanja upadnog zračenja. Koji deo upadnog zračenja se reflektovao, apsorbio ili rasejao zavisi od osobina samog filtra, a može se pouzdano i vrlo jednostavno odrediti pomoću Lamber-Berovog (*Lambert-Beer*) zakona.

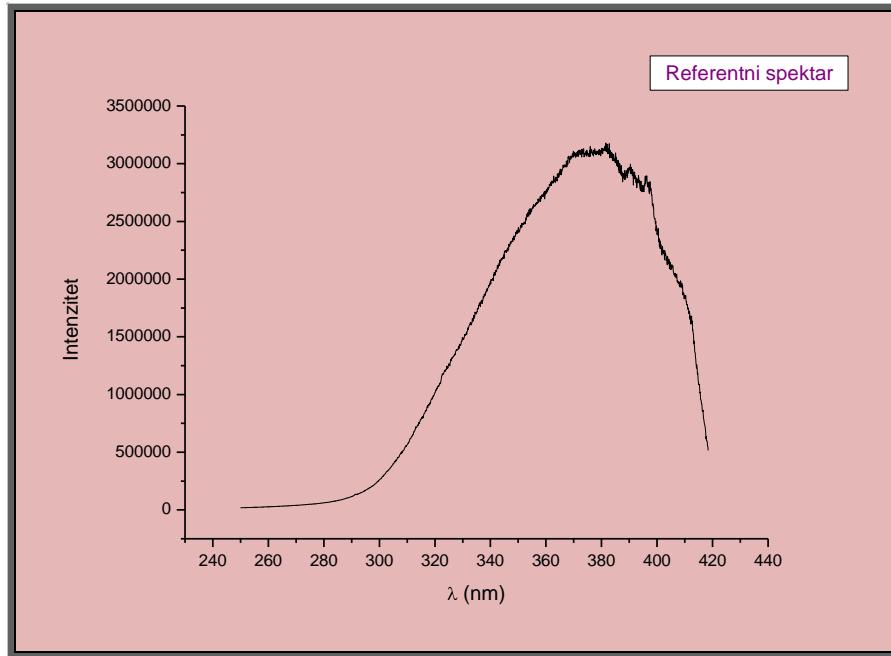
Izračunata vrednost $\frac{I}{I_0}$ predstavlja *transparenciju* datog preparata, za određenu talasnu dužinu zračenja.

Apsorpcija preparata se dobija oduzimanjem vrednosti transparencije od jedinice, pri čemu se podrazumeva pretpostavka da su intenzitet reflektovanog i rasejanog zračenja mnogo manji od intenziteta apsorbovanog i transparentnog zračenja i mogu se zanemariti.

Na osnovu dobijenih rezultata formira se apsorpcioni spektar za svaki filter.

5.2.2. REZULTATI MERENJA

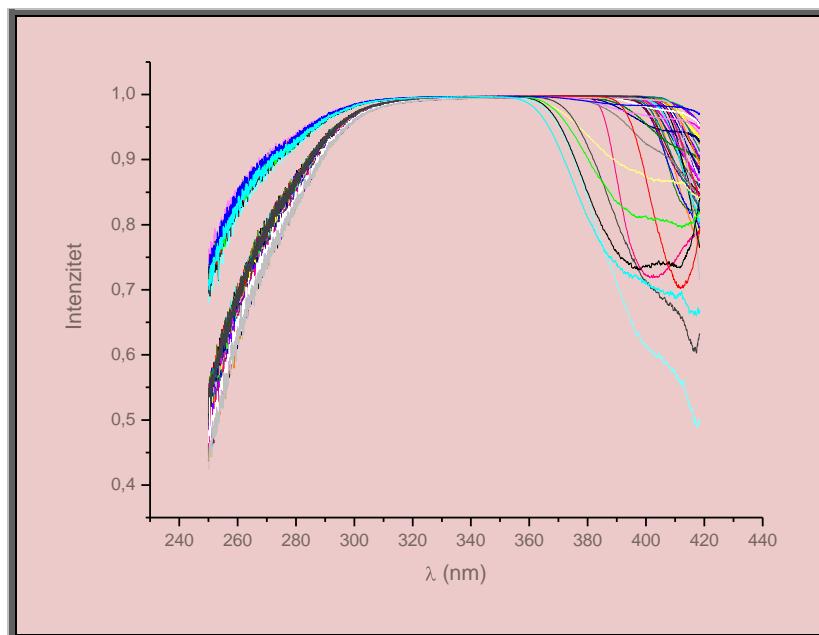
Za merenje apsorpcije korišćen je referentni Sunčev spektar koji emituje simulator Sunčevog spektra Abet Technologies prikazan na slici 5.5.



Slika 5.5 UV spektrar

UV spektrar prikazan na grafiku snimljen je pomoću spektrometra Oceans Optics HR2000, koji je korišćen za merenje apsorpcionih spektara ispitivanih preparata.

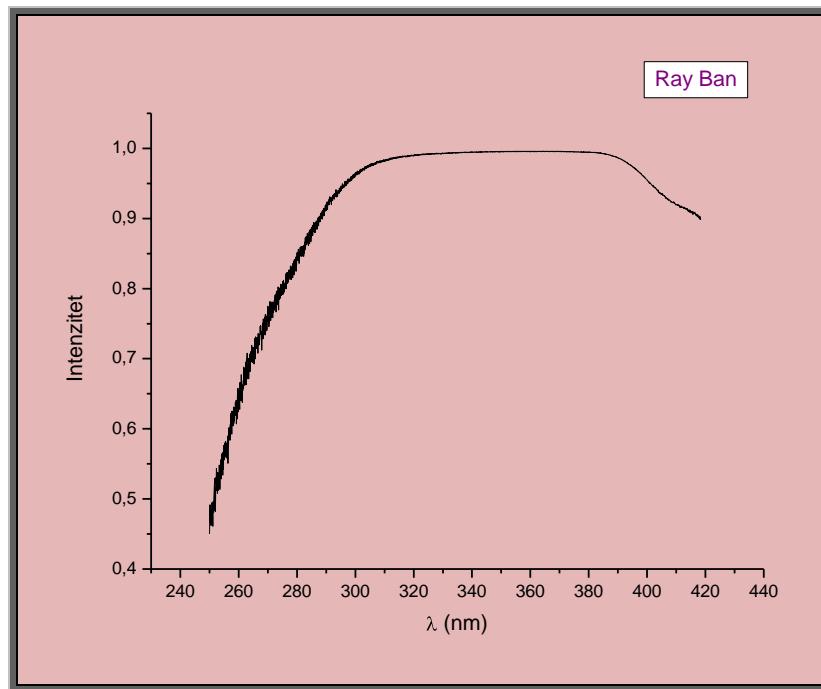
U eksperimentu mereni su apsorpcioni spektri 50 različitih uzoraka. Na osnovu dobijenih rezultata formira se apsorpcioni spektar za svaki uzorak. Apsorpcioni spektri za svih 50 uzoraka za ceo UV spektrar prikazani su na slici 5.6.



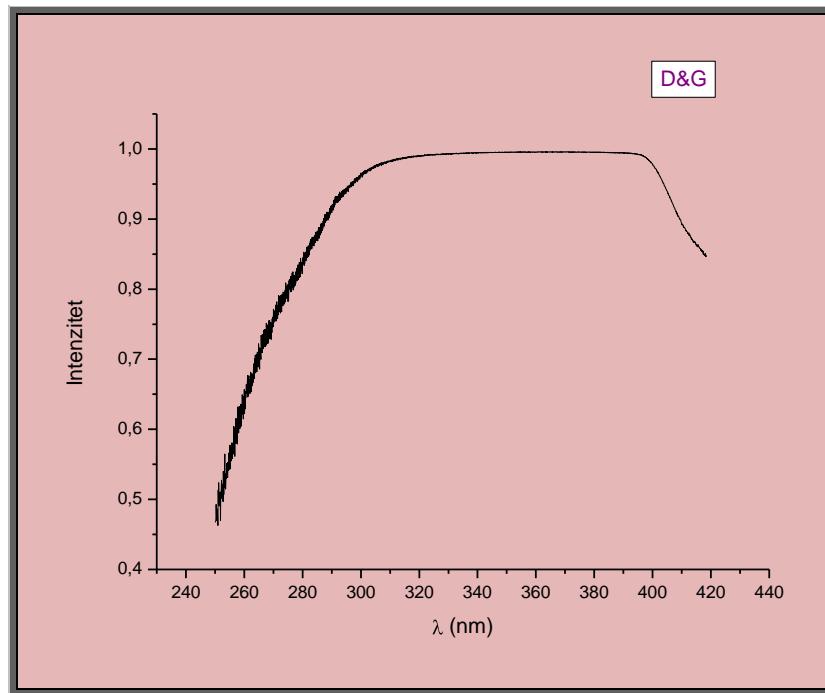
Slika 5.6. Apsorpcioni spektri naočara za Sunce za 50 različitih filtera u celom UV spektru

Snimljeni spektri pokazuju da apsorpcija preparata UV filtera jednako raste za svih 50 uzoraka do 360 nm. Apsorpcione krive se približno isto ponašaju i apsorpcija ovih filterara počinje da opada na talasnoj dužini od oko 360 nm. Preko ove vrednosti talasne dužine apsorpcione krive se razdvajaju.

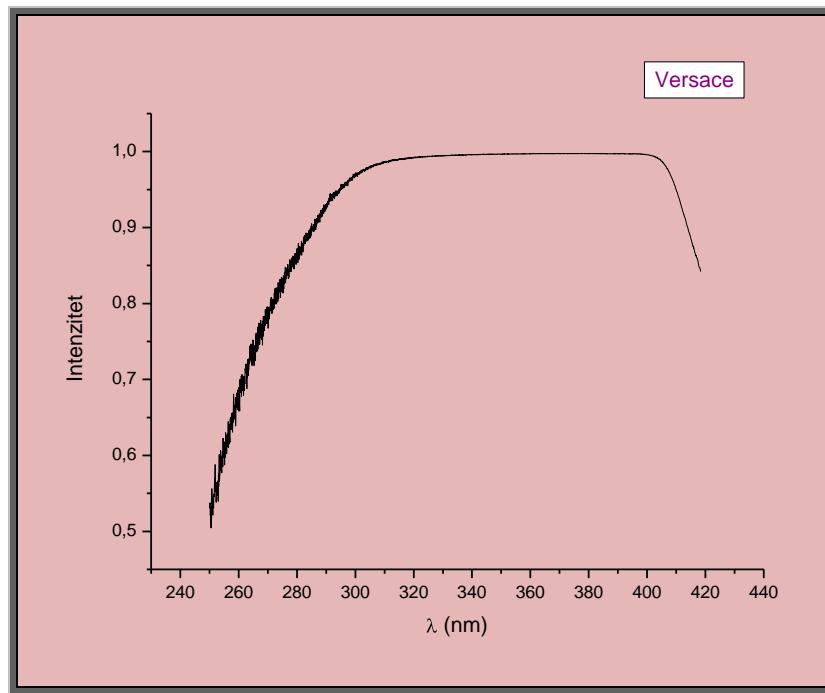
Grafici 5.7. – 5.10. prikazuju apsorpciju UV zračenja naočara za Sunce poznatih proizvođača, kupljenih u optičarskim radnjama:



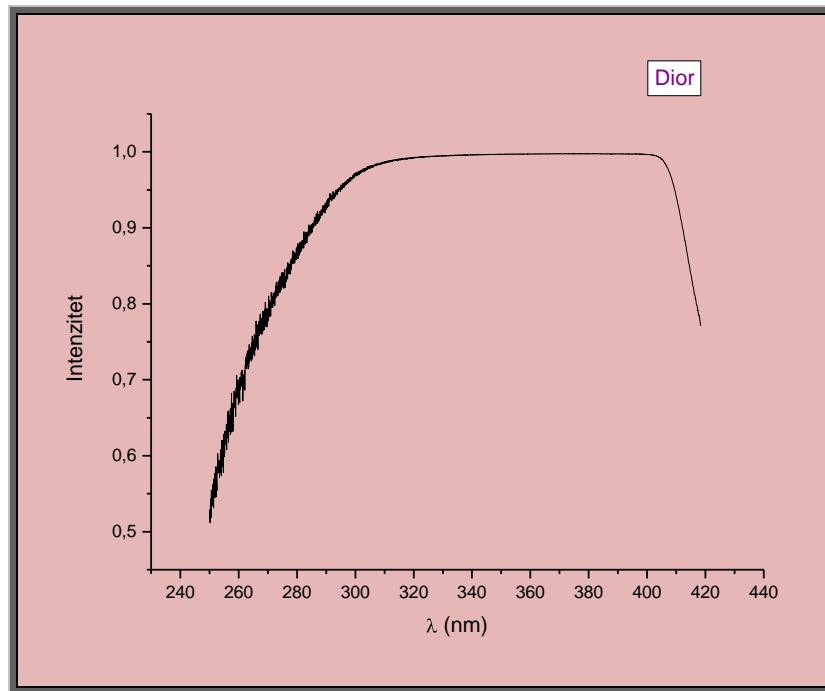
Grafik 5.7.



Grafik 5.8

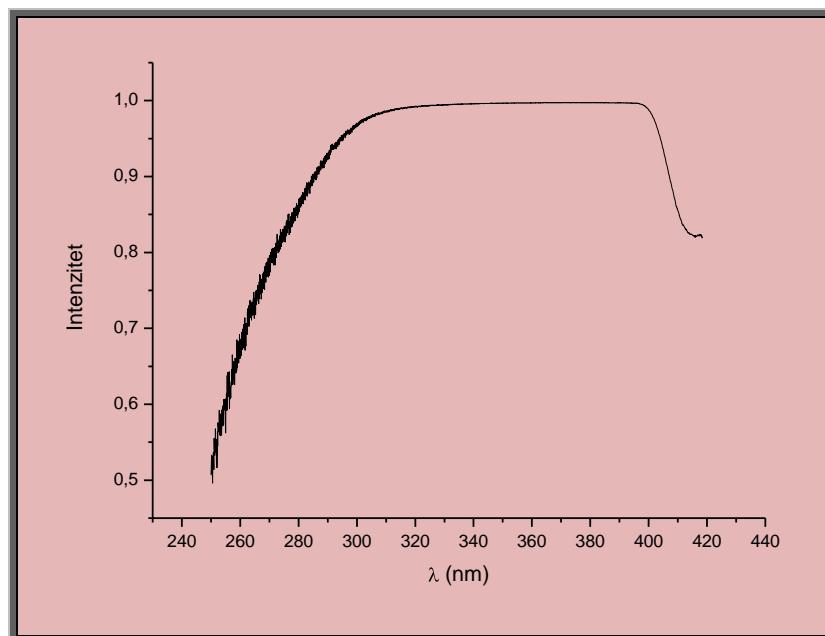


Grafik 5.9.

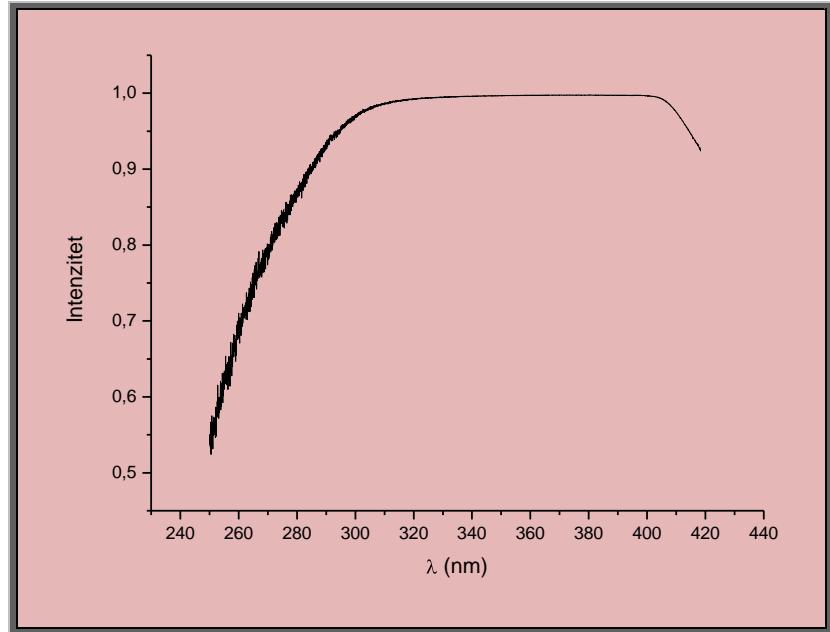


Grafik 5.10

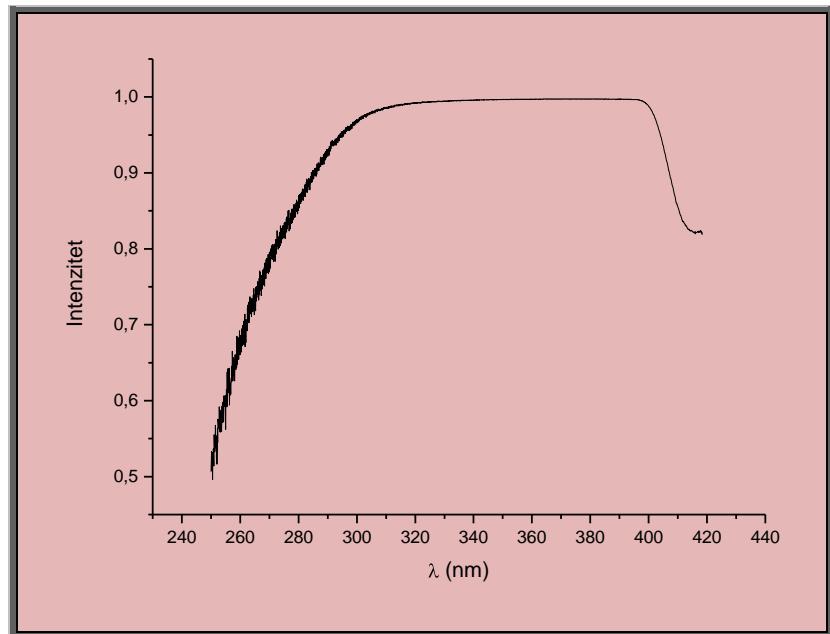
Na graficima 5.11 – 5.14. prikazani su apsorpcioni spektri naočare za Sunce kupljenih bez deklaracije na ulici i sl.



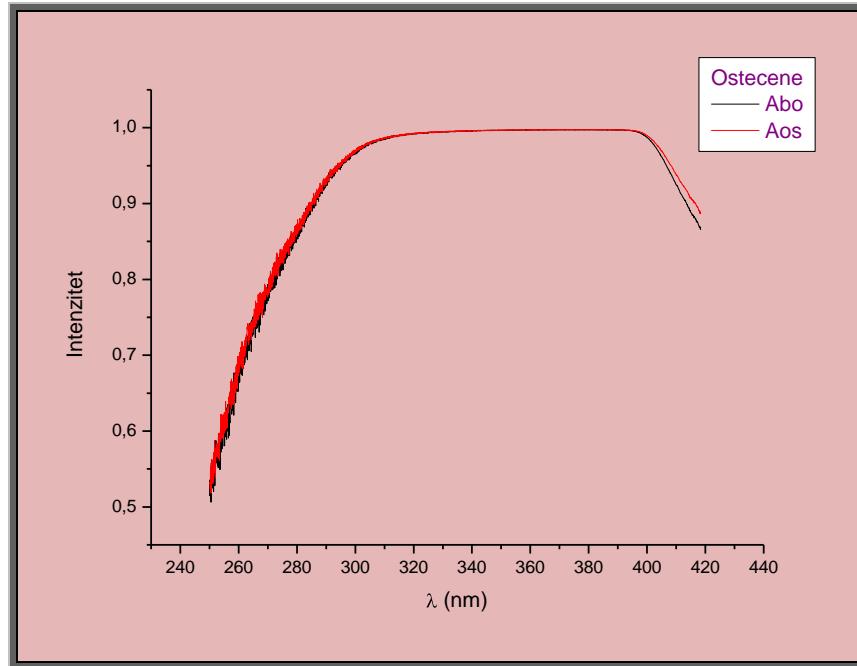
Grafik 5.11.



Grafik 5.12.

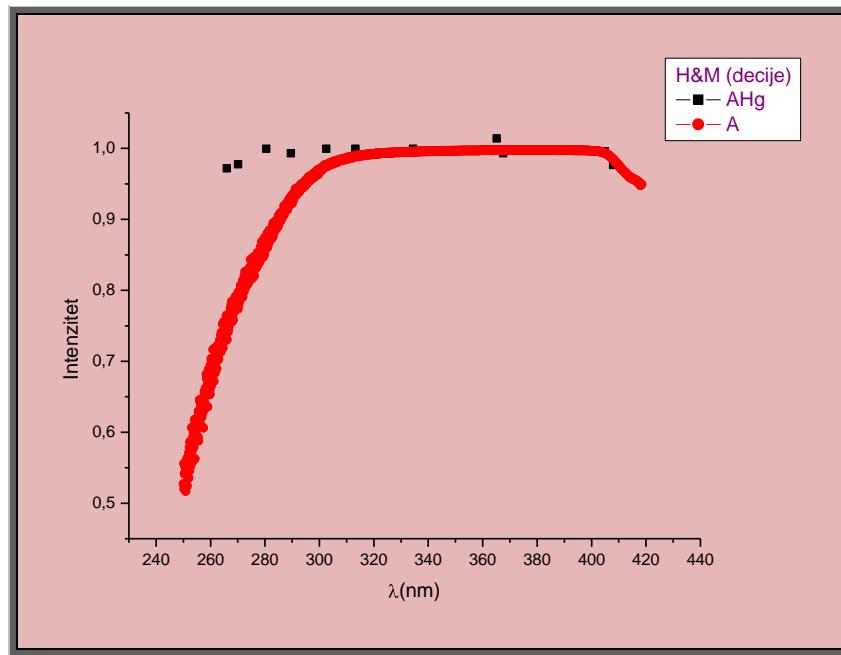


Grafik 5.13.

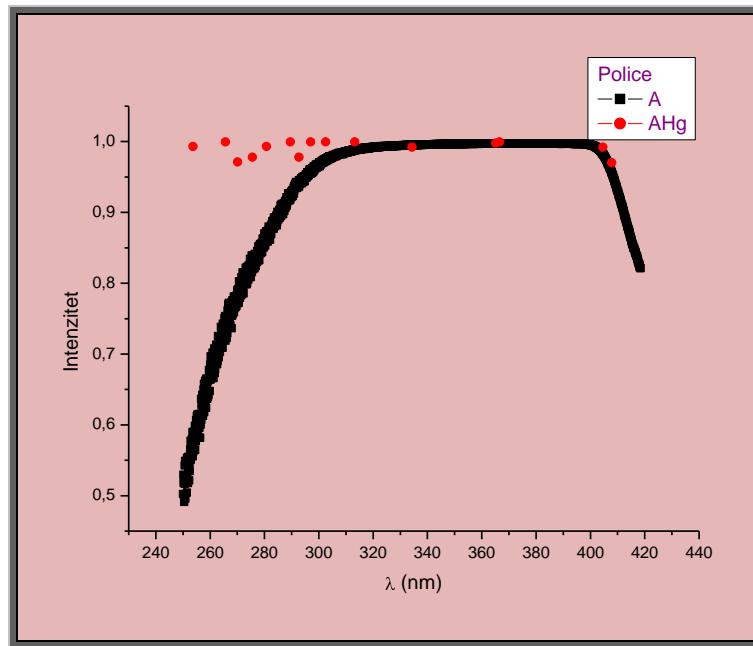


Grafik 5.14.

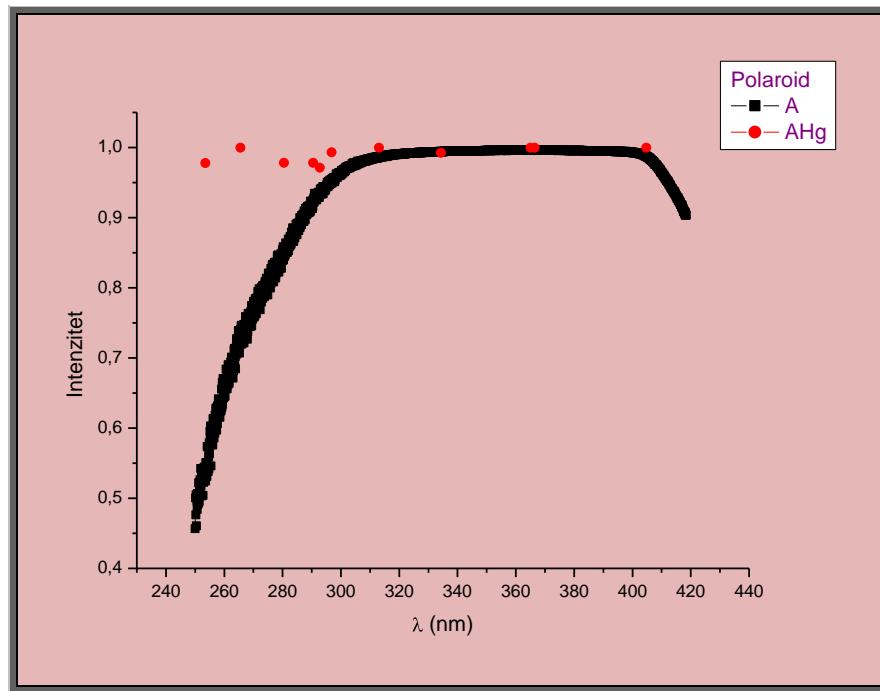
S obzirom da su intenziteti zračenja u oblasti kraćih talasnih dužina (ispod 290 nm) za ksenonsku lampu mali (slika 5.5), greška u određivanju apsorpcije na tim talasnim dužinama je velika. Zbog toga se u toj oblasti spektra dobijaju rezultati koji pokazuju da apsorpcija opada sa smanjanjem talasne dužine, što ne bi trebalo da se dešava kod UV filtera. Zbog toga je za određivanje apsorpcije u toj oblasti spektra umesto simulatora sunčevog spektra korišćena živina lampa koja sadrži veći broj spektralnih linija u toj oblasti. Apsorpcija je određivana na talasnim dužinama koje odgovaraju dovoljno jakim živinim linijama, čime je znatno smanjena greška. Rezultati merenja apsorpcije koristeći živinu lampu su prikazani tačkama na slikama 5.15 – 5.18.



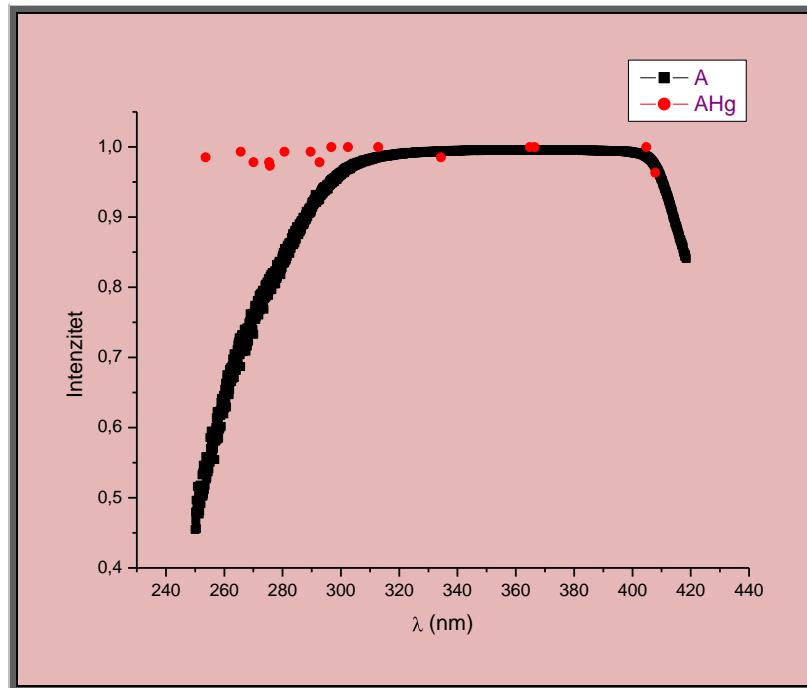
Grafik 5.15.



Grafik 5.16.



Grafik 5.17.



Grafik 5.18.

Kao što se može videti sa pomentuh slika, apsorpcija ispitivanih filtera, od približno 100 % se odžava i na kraćim talasnim dužinama od 290 nm. Osim toga, rezultati merenja apsorpcije na većim talasnim dužinama od 290 nm koristeći živinu lampu, se poklapaju sa rezultatima dobijenim korišćenjem simulatora sunčevog spektra.

Snimljeni spektri pokazuju da svi uzorci veoma dobro apsorbuju UV zračenje, bez obzira na proizvođača i cenu naočara. Duž ipitivanog spektra svi uzorci apsorbuju blizu 100 % UV zračenja (u srednjem 92,66%). Verovatno je da je to posledica što je dostupnost materijala od kojih se izrađuju „stakla“ za naočare velika, te iste ili slične materijale koriste svi proizvođači.

ZAKLJUČAK

Jedan od najpotrebnijih izvora života na Zemlji je Sunce, koje svojom toplotom i energijom održava život na našoj planeti.

Ultraljubičasto (UV) zračenje predstavlja elektromagnetno (EM) zračenje u intervalu talasnih dužina od 100-400 nm. Ovo zračenje emituju različiti veštački izvori, ali i Sunce kao prirodnji izvor.

Efekti Sunčevog zračenja na organizam su različiti.

Izlaganje UV zračenju pozitivno utiče na ljudski organizam aktivirajući zaštitne mehanizme kože i uzrokujući konverziju provitamina (dehidrokalciferola) u vitamin D. Nepostojanje ovog procesa izaziva razne deformacije (npr. rahičis) koje su u Engleskoj primećene još 1650. godine.

UV zračenje ima važnu ulogu u biohemiskim procesima koji se odigravaju u ćelijama živih organizama i neophodni su za njihovo fiziološko funkcionisanje. Drugim rečima, UV zračenje je neophodno za opstanak živog sveta na Zemlji. Posledice koje organizam trpi zbog nedostatka Sunca neuporedivo su opasnije od posledica prevelike "doze" sunčanja.

Iako su štetni efekti dejstva UV zračenja na žive organizme bili poznati još u XIX veku, tek otkrićem smanjene debljine ozonskog omotača iznad Antarktika i pojавom „ozonskih rupa“ 80-tih godina prošlog veka, svetska javnost počinje da posvećuje pažnju UV zračenju kao ekološkom problemu. Intenzitet i spektar UV zračenja, koje dospeva do površine Zemlje, direktno zavisi od debljine ozonskog sloja.

Nažalost, štetni efekti koji se javljaju kao posledica prekomernog izlaganja UV zračenju nisu trenutni i odmah vidljivi, već se akumuliraju u organizmu i ispoljavaju godinama kasnije, kad već uveliko postoje oštećenja. Kako je UV zračenje nevidljivo za ljudsko oko i "neosetno" za ostala ljudska čula, čovek nije u mogućnosti da sam proceni nivo svoje izloženosti UV zračenju bez adekvatnih informacija. Zbog toga je adekvatna informisanost i edukacija stanovništva o štetnom dejstvu UV zračenja, kao i o merama zaštite neophodna.

Oko je organ koji posebno štitimo od štetnog dejstva UV zračenja tako što nosimo naočare za Sunce. Zbog toga je veoma važno da te naočare obezbede adekvatnu zaštitu.

Cilj ovog diplomskog rada bio je da se na osnovu snimljenih spektralnih karakteristika odrede propusna, odnosno apsorpciona svojstva naočara za Sunce.

U tu svrhu korišćen je spektrometar Oceans Optics HR2000, pomoću kojeg je meren intenzitet propuštenog zračenja kroz filter u UV oblasti zračenja. Kao izvor UV zračenja korišćena je ksenonska i živina lampa. Apsorpcija merenih uzoraka računata je na osnovu Lamber-Berovog (*Lambert-Beer*) zakona.

Na osnovu dobijenih rezultata formirani su apsorpcioni spektri.

Ispitano je 50 uzoraka, različitih proizvođača i kvaliteta. Kao što se na osnovu dobijenih rezultata može videti, svi uzorci dobro apsorbuju UV zračenje.

Iz ovoga bismo mogli zaključiti da su filtri za apsorpciju UV zraka široko dostupni, te proizvođačima na pretstavljuju problem.

Međutim, ne preporučuje se kupovina naočara na neproverenim mestima i bez deklaracije. Osim što se brzo pohabaju, pa im se smanji prozirnost, imaju slabu optičku čistoću i često daju iskrivljenu sliku, zbog prizmatičnih efekata, što dodatno dovodi do naprezanja vida i zamora. Jefline naočare za Sunce ne obezbeđuju zaštitu od lomljenja ili udara. Oni koriste sočiva lošeg kvaliteta koji ne podržavaju ANSI Z87.1 standarde (American National Standards Institute) za otpornost na udare.

ANSI Z87.1 standardi utvrđuju zahteve za dizajn, izradu, testiranje i korišćenje uređaja za zaštitu očiju, uključujući i standarde za uticaj i otpornost. Sve zaštitne naočare, naočare, i štitove za lice moraju da ispunjavaju ANSI Z87.1 standarde. Standardi obuhvataju sledeće zahteve:

- Da obezbede adekvatnu zaštitu od rizika za koje su dizajnirani
- Udobnost
- Dobre za sigurno kretanje i viđenje
- Da je lako čišćenje i dezinfekcija ukliko je potrebno
- Trajinost

Ukoliko su jefline naočare za Sunce polarizovane, njihov polarizacioni filter je zaledljen ili raspršen po sočivu. Taj filter će se izvesno odlepiti, izgrevati ili istanjiti. To su samo neki od razloga zašto su jefline naočare su bezvredne.

Izbor sunčanih naočara je velik, pa se osim prema ukusu i ceni, pri izboru treba voditi i kvalitetom.

LITERATURA

1. Zoran Mijatović, Ljiljana Čonkić, Suzana Miljković, UV-zračenje izvori, osobine, efekti i zaštita, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad, 2002.
2. S.Stanković: FIZIKA LJUDSKOG ORGANIZMA, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad, 2006.
3. O.Klisurić, O. Barak: Fiziološka optika, Interna skripta
4. F. Skuban: Materijali u optici i sočiva Essilor, Interna skripta
5. N. Antonijević, Određivanje zaštitnog faktora preparata za zaštitu od Sunca spektroskopskom metodom, diplomski rad, Univerzitet u Novom Sadu, 2006.
6. A. Perić, Spektralne karakteristike veštačkih izvora UV zračenja - solarijumi, diplomski rad, Univerzitet u Novom Sadu, 2006.
7. M. Kirić, UV zračenje I njegova primena u ispitivanu bez razaranja, Stručni rad, DP HIP-Azotara, laboratorija KKOM, Pančevo, 2002.
8. M. Grčić, Atmosferski protokoli: Površinska temperatura, GLOBE seminar, Karlovac, 2008.
9. Mo Jalie, Ophtalmic lenses and dispensing, third edition, 2008.
10. Claire Muller, Diane de Gaudemarif, A close look at the sun's spectrum, P.d.v n° 54 –Spring/ Primavera 2006.
11. K. O'Connor, Lens standards - Do we really need them, P.d.v n° 55 – Autumn. Otoño, 2006.
12. A. Muller, H. R. Taylor, Sun protection in children and adolescents : Knowledge vs. Behaviour, P.d.v n° 56 –Spring/ Primavera 2007.
13. D. Clarkson, UV and the eye – the future unfolds, Optician JANUARY 26, 2001 No 5785 VOL 221
14. www.abet-technologies.com
15. www.stetoskop.info

16. www.static.astronomija.co.rs

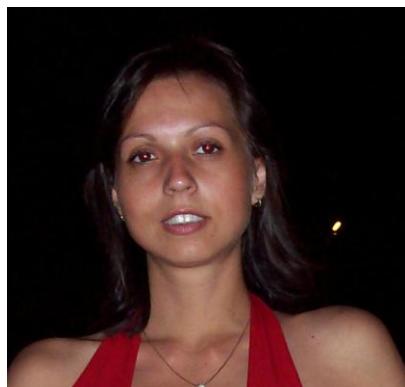
17. www.hc-sc.gc.ca

18. www.visionrx.com

19. www.associatedcontent.com

20. www.sunglassesinfo.com

BIOGRAFIJA



Rođena sam 25.03.1983. godine u Zvorniku. Pohađala sam Osnovnu školu "Mitar Trifunović- Učo" u rodnom gradu.

2001. godine završila sam Srednju medicinsku školu " 7. april " u Novom Sadu.

2002. godine upisala sam Prirodno – matematički fakultet u Novom Sadu, smer medicinska fizika.

UNIVERZITET U NOVOM SADU
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

Redni broj:

RBR

Identifikacioni broj:

IBR

Tip dokumentacije:

TD

Monografska dokumentacija

Tip zapisa:

TZ

Tekstualni štampani materijal

Vrsta rada:

VR

Diplomski rad

Autor:

AU

Jelena Perić

Mentor:

MN

Olivera Klisurić

Naslov rada:

NR

Propusna svojstva naočara zazaštitu od Sunca

u UV oblasti

srpski (latinica)

Jezik publikacije:

JP

srpski/engleski

Jezik izvoda:

JI

Srbija

Zemlja publikovanja:

ZP

Vojvodina

Uže geografsko područje:

UGP

2010

Godina:

GO

Autorski reprint

Izdavač:

IZ

Prirodno-matematički fakultet, Trg

Dositeja Obradovića 4, Novi Sad

broj poglavlja/broj strana/broj tabela/broj slika/broj

grafika/broj priloga): (7/59/6/40/14/0/)

Fizika

Mesto i adresa:

MA

Fizički opis rada:

FO

Naučna oblast:

NO

Naučna disciplina:

ND

Predmetna odrednica/ ključne reči:

PO

UV zračenje, naočare za Sunce

UDK

Čuva se:

ČU

Važna napomena:

VN

Izvod:

IZ

Biblioteka departmana za fiziku, PMF-a u Novom

Sadu

nema

U radu su prikazani apsorpcioni spektri naočara za Sunce za 50 različitih uzoraka

Datum prihvatanja teme od NN veća:

DP

Datum odbrane:

DO

Članovi komisije:

KO

Predsednik:

Dr Zoran Mijatović, redovan profesor

član:

Dr Olivera Klisurić, docent

član:

Dr Fedor Skuban, docent

UNIVERSITY OF NOVI SAD
FACULTY OF SCIENCE AND MATHEMATICS

KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number:

ANO

Identification number:

INO

Document type:

DT

Monograph publication

Type of record:

TR

Textual printed material

Content code:

CC

Final paper

Author:

AU

Jelena Peric

Mentor/comentor:

MN

Olivera Klisuric

Title:

TI

Permeability properties of sunglasses in the UV field

Language of text:

LT

Serbian (Latin)

Language of abstract:

LA

English

Country of publication:

CP

Serbia

Locality of publication:

LP

Vojvodina

Publication year:

PY

2010

Publisher:

PU

Author's reprint

Publication place:

PP

Faculty of Science and Mathematics, Trg Dositeja Obradovića 4, Novi Sad

Physical description:

PD

(chapters/peges/tables/pictures/graphics/additional lists): (7/59/6/40/14/0/)

Scientific field:

Phisics

SF

Scientific discipline:

Spektroskopy

SD

Subject/ Key words:

UV radiation, sunglasses

SKW

UC

Holding data:

HD

Library of Department of Physics, Trg Dositeja
Obradovića 4

Note:

none

N

Abstract:

AB

This paper presents the absorption spectra of
sunglasses for 50 different samples

Accepted by the Scientific Board:

ASB

Defended on:

DE

Thesis defend board:

DB

President:

Dr Zoran Mijatovic, full professor

Member:

Dr Olivera Klisuric, assistant professor

Member:

Dr Fedor Skuban, assistant professor