



UNIVERZITET U NOVOM SADU  
PRIRODNO-MATEMATI KI FAKULTET  
DEPARTMAN ZA FIZIKU



**ORE IVANJE ZAŠTITNOG FAKTORA PREPARATA ZA  
ZAŠTITU OD SUNCA SPEKTROSKOPSKOM METODOM**

**-diplomski rad-**

**Mentor:**  
**Dr Zoran Mijatovi**

**Kandidat:**  
**Nataša Antonijevi**

**Novi Sad, 2006.**

# Sadržaj

UVOD .....	1
1. SPEKTAR SUNCA I TOPLOTNI ZAKONI .....	2
1.1. Toplotno zračenje i osnovni zakoni zračenja .....	2
1.2. Sunčev spektar.....	4
2. UV ZRAČENJE.....	6
2.1. Definicija i podela UV zračenja.....	6
2.2. Doza UV zračenja i definicija UV Indeksa.....	7
2.3. Faktori koji utiču na intenzitet UV zračenja .....	9
3. DEJSTVO ULTRAVIOLETNOG ZRAČENJA NA ČOVEKA.....	10
3.1. Uticaj ultravioletnog zračenja na žive organizme .....	11
3.2. Aktivni spektar ultravioletnog zračenja .....	12
3.3. Dejstvo UV zračenja na kožu.....	14
4. ZAŠTITA OD ULTRAVIOLETNOG ZRAČENJA .....	18
4.1. Kako se zaštititi od UV zračenja? .....	18
4.2. Preparati za zaštitu kože od UV zračenja.....	19
4.3. Zaštitni faktor preparata za zaštitu od Sunčevog zračenja .....	20
4.4. Zaštitni filtri kao osnovne komponente preparata za zaštitu od Sunca .....	22
5. METODE ZA ODREĐIVANJE ZAŠTITNOG FAKTORA PREPARATA ZA ZAŠTITU OD SUNCA.....	25
5.1. <i>In vivo</i> metode .....	25
5.2. <i>In vitro</i> metode .....	26
6. OPIS MERENJA I REZULTATI .....	28
6.1. Opis aparature .....	28
6.2. Rezultati i diskusija .....	30
6.2.1. Priprema uzoraka za merenje apsorpcije rastvora preparata za zaštitu od Sunca .....	31
6.2.2. Snimanje apsorpcionih spektara preparata za zaštitu od Sunca .....	32
6.2.3. Izračunavanje zaštitnog faktora preparata za zaštitu od Sunčevog zračenja.....	34
ZAKLJUČAK.....	44
DODATAK .....	45
Tipovi kože.....	45
Šta znači zaštitni faktor na preparatima za Sunčanje? .....	45
LITERATURA .....	46
BIOGRAFIJA .....	47

## UVOD

Jedan od najpotrebnijih izvora života na Zemlji je Sunce, koje svojom toplotom i energijom održava život na našoj planeti. Prolazeći kroz atmosferu Sunčevo zračenje slabi, a od celokupnog zračenja koje dospe na Zemlju najveći uticaj na čoveka ima UV zračenje.

Efekte Sunčevog zračenja na organizam su različiti. Izlaganje UV zračenju pozitivno utiče na ljudski organizam aktivirajući zaštitne mehanizme kože i uzrokujući konverziju provitamina, 7-dehidroholesterolu u vitamin D<sub>3</sub>. Zaštitni mehanizmi imaju ograničen kapacitet, pa prevelike doze Sunčevog zračenja izazivaju negativne efekte koji narušavaju zdravlje organizma i utiču na lep izgled kože.

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 pronalaženje novih načina zaštite od ove vrste zračenja, u vidu kozmetičkih preparata koji se nanose na kožu. U sastavu ovih preparata nalaze se fizički i hemijski filtri koji apsorbuju UV zračenje.

Osnovna karakteristika preparata za zaštitu od Sunčevog zračenja je zaštitni faktor. Vrednost zaštitnog faktora istaknuta je na ambalaži preparata, a određuje vreme izlaganja UV zračenju koje ne izaziva negativne efekte na koži. Do sada su postignute visoke vrednosti zaštitnog faktora preparata i total-block preparati sa zaštitnim faktorom 50<sup>+</sup>.

Brojna vrednost zaštitnog faktora preparata određuje se različitim metodama, u *in vivo* ili *in vitro* uslovima. Najpouzdanijom metodom smatra se *in vivo* metoda, ispitivanje vrednosti zaštitnog faktora preparata na dobrovoljcima.

U ovom radu opisana je spektroskopska metoda određivanja zaštitnog faktora preparata za zaštitu od Sunčevog zračenja. Prvi deo merenja posvećen je snimanju apsorpcionih spektara rastvora četiri različite koncentracije preparata *As20* u koncentrovanom etanolu. U drugom delu merenja snimani su apsorpcioni spektri šest različitih zaštitnih preparata u UV-B i UV-A oblasti zračenja, na osnovu kojih je računata brojna vrednost zaštitnog faktora preparata.

Cilj rada je određivanje zaštitnog faktora preparata za zaštitu od Sunca spektrometrijskom metodom.

Rad se sastoji iz šest poglavlja. U prvom poglavlju govori se o spektru Sunca i toplotnim zakonima. U drugom poglavlju definisano je UV zračenje, doza i UV index. Takođe, u ovom poglavlju su navedeni i faktori koji utiču na intenzitet UV zračenja na Zemlji. Definicija aktivnog spektra UV zračenja i uticaj zračenja ovih talasnih dužina na ljudski organizam, objašnjen je u trećem poglavlju. U četvrtom poglavlju navedeni su mehanizmi zaštite kože, opisani su preparati za zaštitu od Sunčevog zračenja i osobine zaštitnih filtra koji ulaze u sastav ovih preparata. Metode određivanja zaštitnog faktora preparata opisane su u petom poglavlju. Opis merenja, dobijeni rezultati i diskusija nalaze se u šestom poglavlju.

# 1. SPEKTAR SUNCA I TOPLOTNI ZAKONI

## 1.1. Toplotno zračenje i osnovni zakoni zračenja

Svetlosni izvori, kod kojih je uzrok emisije svetlosti temperatura tela, nazivaju se toplotni izvori. Zračenje koje ovakvi svetlosni izvori emituju naziva se toplotno zračenje.

Emitujući elektromagnetno zračenje tela gube deo svoje unutrašnje energije, pa energiju zračenja možemo definisati i kao deo unutrašnje energije tela koje ono emituje. Zračenjem telo smanjuje svoju unutrašnju energiju, drugim rečima hladi se. Međutim, tela imaju sposobnost i da apsorbuju određenu količinu energije iz spoljašnje sredine. Na taj način ona povećavaju svoju unutrašnju energiju i dospevaju u stanje termodinamičke ravnoteže. Dakle, povećanje ili smanjenje temperature, odnosno toplotne energije tela zračenjem zavisi od razlike između emitovane i apsorbovane energije. Intenzitet zračenja srazmeran je temperaturi tela. Spektar elektromagnetnog zračenja koje emituje telo je funkcija talasne dužine i temperature do koje je telo zagrejano, a definisan je Plankovim zakonom.

Tela zračenjem uspostavljaju ravnotežu sa okolinom, pri čemu se energija prenosi sa jednog tela na drugo. Plank je pretpostavio da spektar izračene energije nije kontinualan, već da se prenošenje energije ostvaruje pomoću talasnih paketa zračenja koji se nazivaju kvanti. Prenosioci elektromagnetne interakcije nazivaju se fotoni i predstavljaju kvante energije pomoću kojih telo emituje elektromagnetno zračenje. Energija izračenog fotona srazmerna je frekvenciji zračenja (Relacija 1.1.)

$$\varepsilon = h\nu \quad 1.1.$$

Konstanta srazmernosti  $h$  naziva se Plankova konstanta i iznosi  $6,626 \cdot 10^{-34}$  Js. Frekvencija zračenja  $\nu$  izražava se u hercima Hz.

Telo koje emituje više energije u jedinici vremena sa jedinice površine (tj. ima veću emisionu moć) brže se hladi nego telo čija je emisiona moć manja, u istom intervalu talasnih dužina. Istovremeno, sa procesom emitovanja zračenja na određenoj talasnoj dužini, telo može da apsorbuje određenu količinu zračenja. Odnos između emisione moći tela  $R_{\lambda T}$  i apsorpcione moći tela  $a_{\lambda T}$  ne zavisi od prirode tela. Ovaj odnos je za sva tela isti i predstavlja jednu istu, univerzalnu funkciju  $f(\lambda, T)$  koja zavisi samo od talasne dužine zračenja i temperature tela do koje je ono zagrejano. Jednačina kojom je ova funkcija definisana naziva se *Kirhofov zakon*, a data je relacijom 1.2.

$$f(\lambda, T) = \frac{R_{\lambda, T}}{a_{\lambda, T}} \quad 1.2.$$

Spektar elektromagnetnog zračenja koje emituje neko telo zagrejano do određene temperature opisuje se korišćenjem modela crnog tela. Na svim talasnim dužinama apsorpciona moć apsolutno crnog tela je jednaka jedinici.

*Apsolutno crno telo* se definiše kao telo koja na svim talasnim dužinama apsorbuje kompletno zračenje koje dospeva do njegove površine. Gustina fluksa zračenja koje emituje apsolutno crno telo određuje Plankova funkcija prikazana jednačinom 1.3.

$$B(\lambda, T) = 2h\pi c^2 \lambda^{-5} (e^{hc/\lambda kT} - 1)^{-1} \quad 1.3.$$

gde je  $k$  Bolcmanova konstanta koja iznosi  $1,38 \cdot 10^{-23}$  J/K,  $h$  je Plankova konstanta, a  $c$  je brzina svetlosti u vakuumu i iznosi  $2,997925 \cdot 10^8$  m/s. Sa povećanjem temperature apsolutnog crnog tela povećava se gustina fluksa zračenja, ali se talasna dužina emitovanog zračenja smanjuje.

Integraljenjem funkcije  $B(\lambda, T)$  po celom opsegu talasnih dužina od 0 do  $\infty$  dobija se ukupna gustina fluksa zračenja apsolutnog crnog tela (jednačina 1.4.)

$$B(T) = \sigma T^4 \quad 1.4.$$

gde  $\sigma$  predstavlja konstantu i naziva se Schtepfan-Boltzmann-ova (Štefan – Bolcmanova) konstanta koja iznosi  $5,67 \cdot 10^{-8}$  W/m<sup>2</sup>K<sup>4</sup>. Ova formula je poznata pod nazivom *Schtepfan-Boltzmann-ov* (Štefan – Bolcmanov) *zakon*. Ovaj zakon predstavlja osnovu u teoriji prenosa infracrvenog zračenja i pokazuje da je ukupan fluks energije koje emituje apsolutno crno telo srazmeran četvrtom stepenu njegove apsolutne temperature.

Na kojoj talasnoj dužini će telo zagrejano do određene temperature  $T$ , izražene u kelvinima K, emitovati maksimalan fluks zračenja može se izračunati pomoću formule 1.5. koja predstavlja *Vinov zakon*:

$$\lambda_{\max} T = 2,8978 \cdot 10^{-3} \text{ Km} \quad 1.5.$$

Sa porastom temperature apsolutnog crnog tela, položaj maksimuma fluksa izračene energije pomera se ka kraćim talasnim džinama, zbog čega se ovaj zakon naziva i *Vinov zakon pomeranja*.

## 1.2. Sun ev spektar

Ukupno zračenje na Zemlji može biti različite energije, odnosno frekvencije ili talasne dužine. Ono što je zajedničko za sve oblike radijacija je njihova elektromagnetna priroda. Zračenja svih talasnih dužina zajedno čine elektromagnetni spektar. Sva tela zagrejana do određene temperature emituju elektromagnetno zračenje. Na nižim temperaturama tela emituju zračenje talasnih dužina infracrvenog dela spektra, a na višim temperaturama tela emituju zračenje vidljivog dela spektra. Emitovano zračenje ovih tela posledica je transformacije njihove unutrašnje energije u elektromagnetno zračenje, a spektar zračenja zavisi od temperature do koje je telo zagrejano.

Raspodela elektromagnetnog zračenja emitovanog sa površine Sunca koje dopire do gornjeg sloja atmosfere, u funkciji talasne dužine, naziva se *Sunčev spektar*. Optičko zračenje je potpun Sunčev spektar koji obuhvata talasne dužine 100 - 10 000 nm. Ovaj opseg talasnih dužina može se podeliti na tri oblasti:

- 100 – 400 nm Ultraljubičasta (UV) oblast
- 400 – 770 nm Vidljiva (VV) oblast
- 770 – 10 000 nm Infracrvena (IC) oblast

Ultraljubičasti deo spektra je zračenje najkraćih talasnih dužina, nevidljivih za ljudsko oko, ali sa veoma jakim hemijskim dejstvom. Radijacija iz vidljivog dela spektra ljudsko oko može da registruje. Ovaj deo spektra sastoji se od šest komponenti različitih boja: ljubičaste, plave, zelene, žute, narandžaste i crvene; poređanih od kraćih ka dužim talasnim dužinama. Zračenje talasnih dužina koje pripada infracrvenom delu optičkog spektra intenzivno emituju zagrejana tela, pa se ovaj deo spektra često naziva i toplotno zračenje. Infracrveno zračenje nema jako hemijsko dejstvo, iz čega sledi da sa porastom talasne dužine opada hemijsko dejstvo Sunčevog zračenja.

Najvažniji svetlosni izvor u prirodi je Sunce koje svojim zračenjem omogućava odigravanje svih meteoroloških i životnih procesa na Zemlji. Središnji deo Sunca čini 64% helijuma, 35% vodonika, a 1% čine teški elementi. U ovoj oblasti dešavaju se termonuklearne reakcije koje prati oslobađanje velike količine energije, a samo mali deo ove energije je dovoljan za održavanje života na našoj planeti.

U jezgri Sunca odigrava se reakcija termonuklearne fuzije koja započinje sjedinjavanjem dva protona, pri čemu nastaje tri čestice: deuterijum, pozitron i neutrino. Velika koncentracija vodonika omogućava neprekidno odigravanje ove reakcije i pored toga što je presek za ovu reakciju veoma mali.



Deuterijum, nastao u prethodnoj reakciji, odmah stupa u reakciju sa protonom i nastaje  ${}^3_2\text{He}$ , pri čemu se oslobađa energija od 5,49 MeV u vidu  $\gamma$ -kvanta.

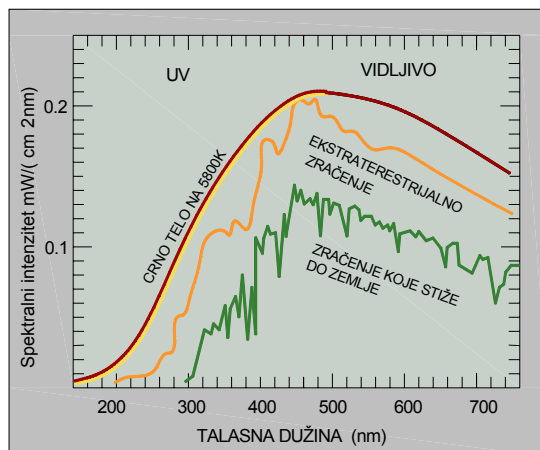


U poslednjoj reakciji se dva jezgra  ${}^3\text{He}$  jedine, a kao produkt nastaje stabilno jezgro  ${}^4\text{He}$ , dva protona i jedan  $\gamma$ -kvant.



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.

U spektralnoj raspodeli kontinualnog zračenja iz fotosfere Sunca javljaju se i diskretne spektralne linije vodonika, helijuma i dugih elemenata koji ulaze u sastav Sunca. Ova raspodela bliska je raspodeli kontinualnog zračenja koje emituje apsolutno crno telo na temperaturi od 5800 K. Sunčevo zračenje koje pada na spoljašnju površinu atmosfere naziva se ekstraterestrijalno zračenje. Spektar ovog zračenja se proteže od 0,015  $\mu\text{m}$  do 1000  $\mu\text{m}$ . Posmatrajući samo UV deo spektra ekstraterestrijalnog zračenja i njegovo dejstvo, kao dobra aproksimacija u oblasti ovih talasnih dužina može se primeniti spektar zračenja crnog tela na teperaturi od 5800 K.



**Slika 1.1.** Spektar zračenja crnog tela i spektar ekstraterestrijalnog zračenja i zračenja koje stiže do Zemlje

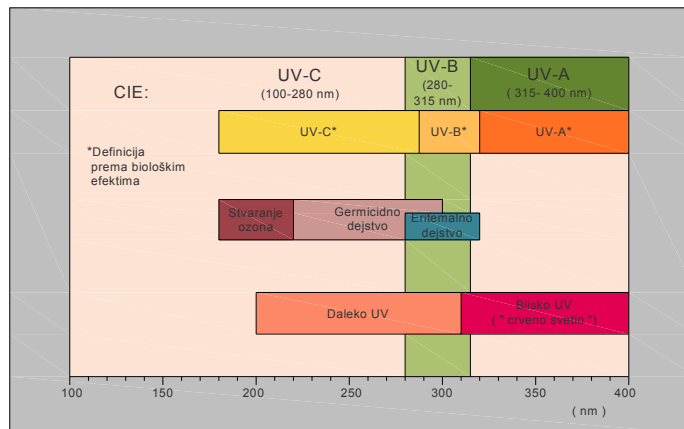
Ukupan intenzitet zračenja jednak je površini ispod krive. Apsolutno crno telo na temperaturi koja je jednaka srednjoj temperaturi Sunca emituje maksimalan intenzitet zračenja na talasnoj dužini od 518 nm. Površina ispod dela krive koja se nalazi u UV oblasti je znatna u odnosu na ukupnu površinu ispod 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  $\lambda = 290\text{--}400$  nm, 39% vidljivo (VIS) zračenje talasnih dužina  $\lambda = 400\text{--}780$  nm i 56% je infracrveno (IR) zračenje opsega talasnih dužina od 780 nm do 3000 nm. Ljudski organizam može da oseti sve tri vrste zračenja i to IR kao toplotu, VIS kao svetlost, a UV indirektno preko opekotina na koži.

## 2. UV ZRAČENJE

### 2.1. Definicija i podela UV zračenja

UV oblast obuhvata oblast najkraćih talasnih dužina optičkog dela elektromagnetnog spektra, odnosno zračenje najveće energije. Na osnovu dejstva ultraljubičastog zračenja na određene sisteme i efekata koji nastaju kao posledica ovog delovanja, postoji nekoliko podela UV zračenja.



*Slika 2.1. Podela UV spektra po različitim kriterijumima*

Prema biološkom dejstvu UV zračenje se deli na:

- UVC oblast od 180 do 290 nm
- UVB oblast od 290 do 320 nm
- UVA oblast od 320 do 400 nm

Na osnovu hemijskog delovanja ultravioleto zračenje se može podeliti na tri dela:

- 175 – 220 nm zračenje koje uzrokuje nastajanje ozona u stratosferi
- 220 – 300 nm germicidno dejstvo UV zračenja
- 280 – 320 nm eritemalna oblast UV spektra

Ultravioletni deo spektra može se podeliti i spektroskopski na:

- daleku (vakuumsku) oblast 200 – 300 nm
- blisku oblast (tamno svetlo) 300 – 400 nm



## 2.2. Doza UV zračenja i definicija UV Indeksa

S obzirom da ukupno UV zračenje koje dospeva do naše planete obuhvata oblast UV-B zračenja kojoj pripadaju talasne dužine iz intervala  $\lambda = 280\text{--}320$  nm i UV-A oblast talasnih dužina  $\lambda = 320 - 400$  nm, ukupan intenzitet odnosno ukupan fluks UV-A i UV-B zračenja dobija se integracijom fluksa zračenja u oblasti talasnih dužina 280 – 400 nm.

$$F_{UV}(\lambda) = \int_{280nm}^{400nm} F(\lambda)B(\lambda)d\lambda \quad 2.2.$$

Funkcija koja se integrirala je fluks biološki aktivnog spektra i predstavlja površinu ispod krive  $F(\lambda)B(\lambda)$ , prikazanoj na Slici 2.3. Jedinica koja se koristi za izražavanje veličine  $F_{UV}$  je  $W/m^2$ . Ova fizička jedinica se koristi za izražavanje apsolutnog intenziteta zračenja, ali u slučaju izražavanja dejstva aktivnog biološkog spektra nije pogodna za široku upotrebu. Zbog toga je bilo potrebno definisati ovu istu jedinicu tako da bi bila razumljiva za javnost i pogodna za upotrebu. Tako su se pojavljivale jedinice pod nazivom UV-B Indeks, UV Indeks Sunčevog zračenja, Indeks Crnjenja kože, itd., a uzimale su vrednosti 0-10 ili 0-100. Međutim, problem je bio što ovako definisane jedinice intenziteta UV zračenja nisu bile usklađene međusobno i kao takve nisu mogle da se koriste u javnosti.

Početak devedesetih godina definisana je univerzalna jedinica pod nazivom UV Indeks koja izražava količinu biološki aktivnog UV zračenja, a definiše se kao intenzitet zračenja od  $25 \text{ mW/m}^2$ . Znači, vrednosti od 1 UV Indeksa odgovara vrednost fluksa odnosno intenziteta UV zračenja od  $25 \text{ mW/m}^2$ . Na osnovu delovanja UV zračenja na ljudski organizam, prvenstveno na kožu, usvojena je podela UV zračenja prema intenzitetu izraženom u jedinici UV Indeks (vidi Tabelu 2.1.).

UV INDEKS	NIVO ZRAČENJA
1-3	NISKI NIVO
3-5	SREDNJI NIVO
5-7	VISOKI NIVO
7-9	VRLO VISOKI NIVO
9-	EKSTREMNO VISOKI NIVO

**Tabela 2.1. Podela intenziteta UV zračenja prema vrednosti UV Indeksa**

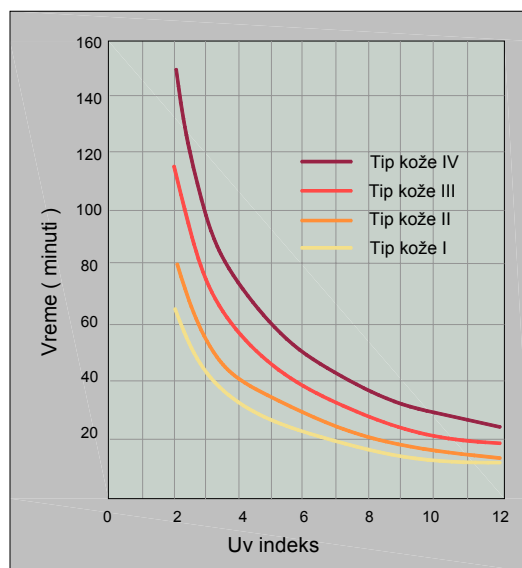
Pored intenziteta zračenja dejstvo UV zračenja na kožu zavisi i od vremena izlaganja kože zračenju. Dejstvo UV zračenja na kožu ima kumulativno svojstvo, koje se ogleda u tome da koža može da primi određenu količinu zračenja, a da pri tome njegovo dejstvo ne bude štetno. Koža počinje da crveni kada je izložena UV zračenju određeno vreme. Pojam doze zračenja u opštem slučaju predstavlja proizvod intenziteta zračenja i vremena izlaganja zračenju. Međutim, obzirom na to da intenzitet zračenja može da menja vrednost tokom vremena, doza zračenja predstavlja integral po vremenu proizvoda intenziteta zračenja i vremena izlaganja

$$Dose = \iint B(\lambda)F(\lambda)d\lambda dt \quad 2.3.$$

a izražava u jedinicama  $J/m^2$ .

Izlaganjem ljudske kože zračenju, posle određenog vremena može se primetiti crvenilo na koži. Minimalna doza UV zračenja koja izaziva crvenilo na koži, koja pre toga nije bila izlagana ovom zračenju, naziva se Minimalna Eritemska Doza (MED). Vreme potrebno da se pojavi crvenilo različito je za svaki tip kože, pa u zavisnosti od tipa kože koji se izlaže UV zračenju, vrednost od 1 MED može imati vrednost od  $200 J/m^2$  do  $450 J/m^2$ . Isti intenzitet UV zračenja najbrže izaziva crvenilo na koži tipa I, a najsporije na koži tipa IV. Tipovi kože definisani su u Dodatku.

Na Slici 2.2. je prikazana zavisnost vremena izlaganja za koje se pojavi crvenilo na koži od UV Indeksa, za četiri tipa kože. Pri dobijanju ovakvih rezultata uzima se u obzir pretpostavka da ispitanici nisu uzimali nikakve zaštitne preparate od UV zračenja pre izlaganja zračenju.



**Slika 2.2.** Vreme potrebno za pojavu crvenila kod četiri tipa kože u zavisnosti od vrednosti UV Indeksa

### 2.3. Faktori koji uti u na intenzitet UV zračenja

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

(i) *Debljina atmosfere( debljina ozonskog omotača)*

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

(ii) *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.

(iii) *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.

(iv) *Nadmorska visina*

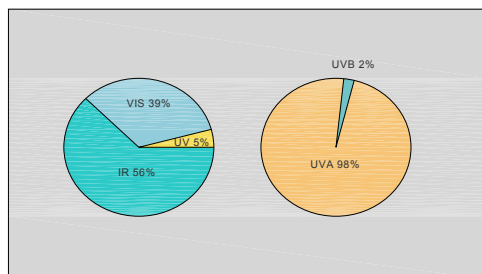
Debljina sloja apsorbira u atmosferi se smanjuje sa povećanjem nadmorske visine. Zbog toga je UV zračenje intenzivnije na mestima gde je nadmorska visina veća. To znači da je ultravioleto zračenje intenzivnije na planinama čak i tokom zimskog perioda kada Sunčeva elevacija ima mnogo manju vrednost.

Sunčevo zračenje koje dospeva na spoljašnju površinu atmosfere delom prolazi kroz atmosferu, a delom biva rasejano ili apsorbirano od strane atmosfere. Zračenje koje prolazi kroz atmosferu čini direktnu komponentu, dok zračenje koje se raseje ili apsorbuje u atmosferi čini difuznu komponentu Sunčevog zračenja. Difuzno zračenje čine UV zraci koji su interagovali sa česticama u atmosferi i bili reflektovani u svim pravcima. Ove dve komponente ukupnog UV zračenja koje pada na atmosferski omotač stižu do površine Zemlje u odnosu 1:1.

Intenzitet Sunčevog zračenja se povećava refleksijom UV zraka sa okolnih površina kao što su sneg, voda, stene, trava itd. Intenzitet reflektovanog zračenja zavisi od vrste reflektujuće površine. Na primer, trava i voda reflektuju samo oko 10 % upadnog zračenja, dok sneg i stene reflektuju i do 90% ukupne količine zračenja koje padne na površinu.

### 3. DEJSTVO ULTRAVIOLETNOG ZRAČENJA NA ČOVEKA

Ultravioletno zračenje emitovano sa Sunca nakon prolaska kroz atmosferski omotač dospeva do živog sveta na Zemlji. Najveći deo spektra čini UV-A zračenje oko 98%, samo 2% čini UV-B dok UV-C praktično ni ne dospeva do Zemljine površine (Slika 3.1)



*Slika 3.1. Ukupno zračenje koje dospeva do biosfere i podela UV zračenja*

Zračenje najkraćih talasnih dužina koje pripadaju UV-C delu spektra izaziva smrt ćelija. Sve komponente ćelije i nukleinske kiseline apsorbuju UV-C zračenje što uzrokuje narušavanje genetskih kodova. Zračenje ovih talasnih dužina ima dovoljnu energiju da pobudi najjače vezane elektrone, najbliže jezgru što uzrokuje veoma brzu degradaciju. UV-C zračenje je zračenje najveće energije iz UV spektra, ali ne dospeva do površine Zemlje jer najvećim delom biva apsorbavano od strane ozona koji se nalazi u stratosferi. Živi organizmi su ipak izloženi UV-C zračenju jer ga emituju veštački izvori kao što su fotokopir aparati, fotoštampanje, lampe koje se koriste u mikrobiološkim istraživanjima, uređaji koji se koriste u dijagnostici i u terapijske svrhe itd.

Najznačajniji deo spektra UV zračenja za živi svet na Zemlji je UV-B zračenje. Ljudski organizam ga prvenstveno oseti preko kože i očiju. U koži čoveka UV-B zračenje izaziva konverziju vitamina D<sub>3</sub>, crvenila, opekotine, stvaranje slobodnih radikala, starenje kože, karcinogenezu itd. Zračenje ove frekvencije izaziva i fotokeratitis očiju, a u mnogim slučajevima je glavni uzročnik katarakte.

UV-A zračenje je manje energije od UV-B zračenja. Domet fotona UV-A zračenja je veći što čini ovo zračenje veoma prodornim. Ovaj deo spektra UV zračenja deluje kumulativno i posledice se ne manifestuju trenutno. S obzirom da prodire najdublje u kožu, ovo zračenje može da izazove razaranje strukture DNK, stvaranje slobodnih radikala, uništavanje ćelijske membrane, pojavu fotodermatoza i fotosenzibilizaciju egzogenih i endogenih supstanci koje ulaze u sastav kože. UV-A zračenje pojačava efekte UV-B zračenja, izaziva starenje i hronična oštećenja kože i očiju, narušava rad imunološkog sistema organizma, a smatra se da je jedan od glavnih uzročnika pojave melanoma.

Posledice delovanja UV zračenja koje osete živi organizmi zavise od frekvencije i intenziteta zračenja, vremena izlaganja zračenju, kao i od imunološkog sistema samog organizma. S obzirom da je tema ovog rada određivanje zaštitnog faktora preparata za zaštitu od UV zračenja, u sledećem paragrafu biće detaljnije opisano štetno dejstvo UV zračenja na kožu.

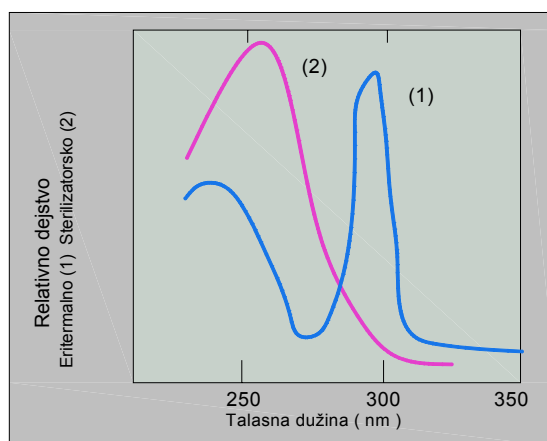
### 3.1. Uticaj ultravioletnog zračenja na žive organizme

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.

Izazivajući hemijske procese u živim organizmima, 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.

UVC 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 koje stiže do Zemlje zanemarljiva. UV zračenje talasnih dužina 260-290 nm uništava bakterije i viruse, 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.

Kompletan spektar UV zračenja i njegovo eritemsko i sterilizatorsko dejstvo prikazano je na Slici 3.2.:

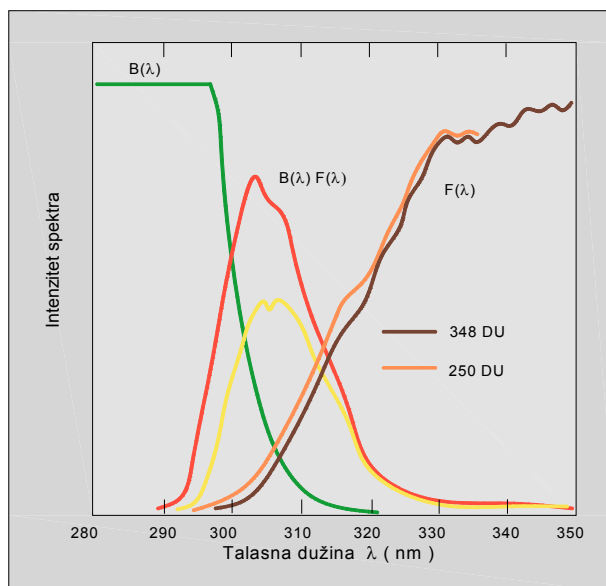


*Slika 3.2. Eritemski i sterilizatorski spektri*

### 3.2. Aktivni spektar ultravioletnog zračenja

Najveća količina zračenja koje dospeva na Zemljinu površinu je zračenje koje pripada UV-A oblasti, jer je ozonski omotač skoro sasvim transparentan za zračenje ovih talasnih dužina. Zračenje iz oblasti UV-B dela spektra se delom apsorbira u ozonskom omotaču. Sa promenom debljine ozonskog omotača dolazi do promene količine UV-B zračenja koje dospeva na Zemljinu površinu. Zračenje koje propusti ozonski omotač povećava se za 20% ako se debljina omotača smanji za 10%. Variranje intenziteta UV-B zračenja može da se desi i tokom dana ukoliko se menja debljina ozonskog omotača.

UV zračenje koje dospeva do Zemljine površine utiče na žive organizme. Da bi se pokazalo delovanje ovog spektra na žive organizme mora se uzeti u obzir i biološko delovanje zračenja ovih talasnih dužina. Biološki aktivan eritemski spektar UV zračenja dobija se kombinacijom aktivnog spektra na žive organizme i spektra kojim se živi organizmi izlažu. Biološki aktivan eritemski spektar prikazan je na Slici 3.3.:



**Slika 3.3. Biološki aktivan eritemski spektar**

Krivom  $B(\lambda)$  prikazano je delovanje UV zračenja na pojavu eritema. Zračenje iz oblasti talasnih dužina do oko 298 nm uništava žive organizme na Zemlji. Sa porastom talasne dužine UV zračenja njegovo dejstvo na živi svet se znatno smanjuje da bi već negde u okolini talasnih dužina od 320 nm biološko dejstvo ovog zračenja praktično prestalo. Ovakav oblik biološkog spektra prihvaćen je od strane CIE, a definisali su ga Mc Kinlly i Diffey 1987. godine (6) i predstavili analitički pomoću sledeće funkcije:

$$B(\lambda) = \begin{cases} 1 & \text{za } \lambda < 298nm \\ 10^{0,094(298-\lambda)} & \text{za } 298nm < \lambda < 328nm \\ 10^{0,015(139-\lambda)} & \text{za } 328nm < \lambda < 400nm \\ 0 & \text{za } \lambda > 400nm \end{cases} \quad 3.1.$$

Dejstvo UV zračenja na živi svet na Zemlji zavisi od efikasnog dejstva zračenja, ali i od spektra UV zračenja koje dospeva na Zemljinu površinu. Aktivnost UV zračenja na žive organizme postoji samo onda kada su organizmi izloženi zračenju.

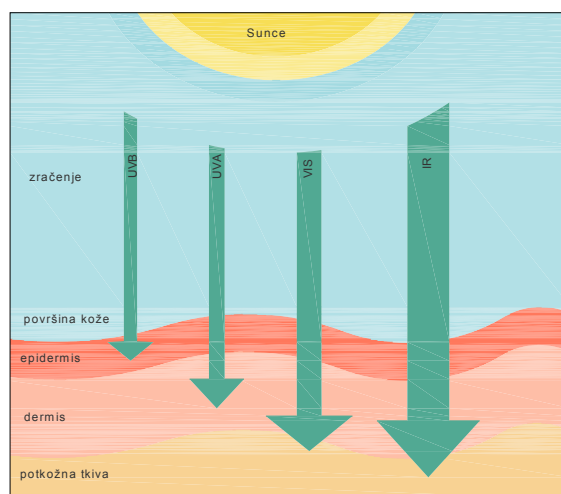
Spektar UV zračenja koje stiže do Zemlje prikazano je krivom  $F(\lambda)$ . Dve krive prikazane na slici predstavljaju funkcije za dve vrednosti debljine ozonskog omotača. Povećanjem debljine ozonskog omotača, smanjuje se količina zračenja koje dospeva na površinu Zemlje. Da bi se verno opisao aktivni spektar UV zračenja, na slici su spektri prikazani samo kvalitativno.

Aktivni biološki spektar prikazan je krivom  $B(\lambda)F(\lambda)$ , a kriva je dobijena množenjem funkcija  $F(\lambda)$  i  $B(\lambda)$ . Na slici se vidi da aktivni spektar najvećim svojim delom pokriva UV-B deo spektra i da ima maksimum negde u oblasti talasnih dužina od 300 nm do 305 nm, kao i činjenica da se sa smanjenjem debljine ozonskog omotača povećava količina zračenja u oblasti kraćih talasnih dužina. Aktivan biološki spektar UV zračenja dobijen kombinacijom dva spektra na ovaj način naziva se otežan spektar.

### 3.3. Dejstvo UV zračenja na kožu

Sunčevo zračenje koje dospeva do nivoa mora čini: ultravioletno zračenje, vidljivo zračenje i infracrveno zračenje. Najviše efekata na kožu ljudskog organizma izaziva UV zračenje koje čine talasne dužine opsega  $\lambda = 290-400$  nm. Od celokupnog UV spektra UV-B deo spektra ( $\lambda=290-320$ nm) najintenzivnije deluje na kožu putem velikog broja različitih fotohemijskih i fotobioloških efekata koji mogu biti kako pozitivni tako i negativni. Na primer, zračenje određene talasne dužine izaziva stvaranje vitamina D<sub>3</sub> u koži, ali zračenje istih talasnih dužina može izazvati i proces mutacije, starenja kože itd.

U svakodnevnom životu čovek izlaže svoju kožu Sunčevom zračenju i koža stalno prima određenu dozu UV zračenja. Deo zračenja koje pada na površinu kože se atenuira u površinskom sloju kože koji se naziva epidermis. Fotoni UV zraka interaguju sa makromolekulima, koji čine strukturu površinskog sloja kože, putem refleksije, refrakcije, transmisije, apsorpcije. Na ovaj način fotoni smanjuju svoju energiju, odnosno intenzitet upadnog UV zračenja. Stepenu atenuacije, odnosno dejstvo upadnog UV zračenja na kožu, zavisi upravo od vrste interakcije fotona sa makromolekulima, mikrobazenima vode ili ćelijskim organelama.



*Slika 3.4. Transmisija zračenja kroz kožu*

U procesu refleksije fotoni ne razmenjuju energiju sa akterima interakcije pa nema efekata UV zračenja na kožu. Kada dospeju u nehomogeno tkivo kože UV zraci se rasejavaju, menjaju pravac kretanja i njihov intenzitet se smanjuje. Fotoni gube energiju u potpunosti, napuštaju epidermis prodirući dublje u unutrašnji sloj ili se kreću ka površini kože. Zračenje za koje je epidermis transparentan dospeva do krvnih sudova i unutrašnjeg sloja kože koji se naziva dermis. Količina zračenja koje dospe do unutrašnjih slojeva kože zavisi od gusitne slojeva ćelija i koncentracije pigmenta melanina u epidermisu.

Od ukupnog Sunčevog zračenja koje dospeva na kožu najveću prodornost ima infracrveno (IR) i vidljivo (VIS) zračenje, koje prodire i do potkožnih tkiva. Na sreću, ovo zračenje nema dovoljnu energiju da izazove efekte koji negativno utiču na kožu i organizam. UV-A zračenje prodire do dermisa, dok se UV-B zračenje zadržava samo u površinskom sloju kože.



Proces apsorpcije je uzrok fotohemijjskih reakcija. Ove reakcije mogu da se dešavaju u bilo kom sloju kože u čiji sastav ulaze određene vrste molekula koji se nazivaju hromofore ili njihove podjedinice hromoforne grupe (ostaci proteina ili aminokiselina). Način na koji koža reaguje na UV zračenje direktno zavisi od koncentracije i rasporeda ovih molekula. Svaki molekul apsorbuje zračenje tačno određene talasne dužine. U sastavu epidermisa nalaze se amino-kiseline, belančevine, nukleinske kiseline, određeni pigmenti, holesterol itd. Molekuli ovih hemijjskih jedinjenja apsorbuju najviše zračenje talasnih dužina koje pripadaju UV-B delu spektra. Najaktivniji hromoforni molekul epidermisa je pigment melanin koji apsorbuje zračenje talasnih dužina 350-1200 nm što pripada UV-A, VIS, IR delu Sunčevog spektra.

U površinskom sloju epidermisa nalazi se  $\alpha$ -tokoferol koji doprinosi apsorpciji zračenja, a ima maksimum apsorpcije na  $\lambda=292$  nm. Smatra se da upravo apsorpcija zračenja od strane ovog molekula izaziva pojavu prvog crvenila na koži odnosno UV-B eritema. Transmisija zračenja do hormofora moguća je samo nakon fotohemijjske razgradnje antioksidanata u koži. Urokanska kiselina se nalazi u krajnjem perifernom delu kože. Ona predstavlja glavnu zaštitnu supstancu od Sunčevog zračenja jer njen apsorpcioni spektar obuhvata širok opseg talasnih dužina 240-300 nm kojem pripada i eritemogena oblast talasnih dužina 290-310 nm.

Strukturu unutrašnjih delova epidermisa, kao i dermisa, čine «žive ćelije». Zaštitni slojevi nalaze se u površinskim delovima kože da zračenje ne bi dospelo do ćelija unutrašnjih slojeva i na taj način izazvalo nepoželjne efekte. Ulogu apsorbera UV zračenja skoro u potpunosti preuzimaju površinski slojevi kože koji predstavljaju tzv. pasivnu zaštitu kože.

Proces apsorbovanja zračenja dešava se samo uz prisustvo svetlosti, pa se još naziva i «svetla faza» fotohemijjske reakcije. Nakon apsorpcije dešavaju se dve faze: «tamna faza» i fotobiološki procesi. Druga faza se odvija bez prisustva svetla, a način odvijanja procesa u ovoj fazi zavisi od molekulske strukture, energije fotona itd. U hemijjskim reakcijama koje se dešavaju u «tamnoj fazi» nastaju nestabilni proizvodi ali i krajnji produkti reakcije koji započinju fotobiološke procese. U poslednjoj, najsporijoj fazi, dolazi do znatnih bioloških promena u strukturi kože.

U primarnim procesima fotohemijjskih i fotofizičkih reakcija nastaju metastabilna pobuđena stanja molekula ili slobodni radikali. Ponekad dolazi i do oslobađanja elektrona ili do lančanih, fotopolimerizacionih reakcija. Slobodni radikali uništavaju molekul DNK, proteine, ćelijske membrane i na taj način nastaju novi reaktivni radikali koji dalje nastavljaju interakciju šireći se kroz kožu i organizam. Efekti ovih reakcija imaju kumulativno svojstvo, pa se posledice u organizmu osećaju tek nakon nekoliko godina i naravno manifestuju putem neželjenih efekata kao što su mutageneza, starenje, kancerogeneza itd.

Fotoreakcija se završava procesima u kojima nastajanjem stabilni proizvodi reakcije, kao što su: unakrsno vezivanje DNK i proteina, stvaranje timinskih dimera ili fotohidratacija (reakcija u kojoj dolazi do oštećenja i mutacije DNK), stvaranje fotooksidacionih proizvoda, konverzija molekula  $D_3$  u koži itd. Posledice ovih procesa izazivaju pozitivne i negativne efekte u organizmu.

Kao pozitivan efekat delovanja UV zračenja na kožu može se navesti konverzija provitamina 7-dehidroholesterolu u vitamin  $D_3$ . Aktiviranje zaštitnih mehanizama kože (zadebljanje epidermisa, proces melanogeneze u kojem nastaje tamni pigment melanin itd.) takođe predstavlja pozitivan efekat.

Proces zadebljanja epidermisa, poznat pod nazivom hiperplazija, dešava se pod dejstvom UV-B zračenja. Površinski sloj kože čine izumrle ćelije, pa UV zračenje interagujući sa ovim ćelijama ne može da izazove negativne efekte u organizmu. Povećanjem debljine epidermisa, povećava se debljina sloja kroz koji prolazi UV zračenje. Fotoni UV zraka interaguju sa ćelijama epidermisa i tako smanjuju svoju energiju. Povećanjem broja izumrlih ćelija u epidermisu koža stvara odbrambeni mehanizam kojim štiti dubinske slojeve od UV zraka velikog intenziteta. U

procesu perutanja kože organizam odbacuje izumrle ćelije, pa one ne izazivaju negativne reakcije u organizmu.

Pigment melanin predstavlja osnovnu zaštitu kože od UV zračenja, jer apsorbira ili reflektuje skoro 90% ukupnog zračenja koje dospe na površinu kože. Melanin reaguje sa slobodnim radikalima koji nastaju pod dejstvom UV zračenja, ihibira njihove lančane reakcije i tako štiti kožu od štetnih uticaja zračenja. Kao rezultat kompletnog procesa melanogeneze pod uticajem UV zračenja nastaje taman ten. Nakon nekoliko dana sunčanja koža postaje otpornija i opekotine se pojavljuju znatno kasnije. Na primer, posle tri dana sunčanja, vreme nakon kojeg se pojavljuju opekotine porođava se na deset dana.

Stepen zaštinog mehanizma kože raste sa povećanjem koncentracije pigmenta melanina u koži. Količina melanina je uslovljena naslednim osobinama. To je individualna osobina i različita je za svaki organizam. Urođena pigmentisanost se uvodi kao pojam koji definiše minimalnu količinu pigmenta koja je dovoljna da zaštiti organizam od negativnog uticaja svakodnevnih doza UV zračenja.

Pigment melanin sintetizuje se u melanocitima, jednoćelijskim razgranatim žlezdama iz bazalnog sloja kože. Bezbojni prekursor u melanozomima se, pod uticajem zračenja u fotobiološkim procesima, transformiše u žuto-smeđi pigment melanin. Poremećaji u radu melanocita ili u procesu melanogeneze manifestuju se na koži kao hiperpigmentacija, nagomilavanje pigmenta ili kao hipopigmentacija, nedostatak pigmenta. Nakon dugotrajne izloženosti UV zračenju, na primer posle sunčanja, količina pigmenta u koži je mnogo veća od uobičajene. Povećanje količine pigmenta na ovaj način naziva se stečena ili *adaptivna pigmentisanost*. Zaštitni mehanizam, u ovom slučaju, predstavlja samo nekoliko misligrama melanina više od uobičajene količine pigmenta u koži.

Povećanje količine melanina može da se desi na tri načina:

1. Trenutno tamnjenje obezbeđuje zaštitu odmah i tokom dejstva zračenja. Ovaj proces dešava se pod uticajem zračenja talasnih dužina iz opsega 300-660 nm (UV-A i VIS deo spektra). Reakcije fotooksidacije odigravaju se u površinskim delovima kože, pigment tamni i maksimalna boja se postiže već nakon prvog sata izlaganja kože UV zračenju.
2. Odloženo tamnjenje kože uzrokuje delovanje UV-B zračenja. Fotohemijska oksidacija odigrava se u bazalnom sloju gde se nalaze melanozomi koji sadrže redukovani, bezbojni pigment iz kojeg nastaje melanin. Vreme tamnjenja kože dešava se tek nakon deset sati, jer je potrebno određeno vreme da se oksidisani pigment prenese do površine kože. Boja kože stečena na ovaj način traje oko sedam dana, što predstavlja vreme za koje je potrebno da se uklone izumrle ćelije sa površine kože.
3. Nove količine pigmenta nastaju u procesu melanogeneze. Ovaj proces naziva se pravo tamnjenje ili indirektna pigmentacija. Fotoreakcije se odvijaju u melanozomima pod dejstvom UV-B zračenja talasnih dužina manjih od 320 nm. Proces melanogeneze započinje tek nakon dva dana od početka sunčanja, a maksimum proizvodnje melanina postiže se tek nakon dve do tri nedelje. Ovaj proces svakako predstavlja veliki rizik za kožu jer postoji mogućost stvaranja velikog broja slobodnih radikala kao proizvoda reakcija.

Navedeni mehanizmi zaštite kože od UV zračenja omogućavaju skoro potpuno zaustavljanje zračenja talasnih dužina ispod 315 nm u površinskom sloju kože. Deo zračenja koji dospeva do bazalnog sloja epidermisa i dermisa uzrokuje fotobiološke procese koji mogu imati kako pozitivne tako i negativne efekte na kožu i celokupan ljudki organizam.

EFEKTI	UV-B 290-320 nm	UV-A	
		UV-A-1 320-340 nm	UV-A-2 340-400 nm
POZITIVNI			
melanogenaza	++	+	+
sinteza vitamina D3	++	-	-
NEGATIVNI			
opekotine	++	+	-
oštećenje DNK	++	+	-
rak kože	++	+	-
fotostarenje	++	+	-
oštećenje imunološkog sistema	++	+	-
fotosenzibilizacije	-	+	++
fotodermatoze	++	+	++

**Tabela 3.1.** Pozitivni i negativni efekti na koži izazvani dejstvom UV zračenja

## 4. ZAŠTITA OD ULTRAVIOLETNOG ZRAČENJA

### 4.1. Kako se zaštititi od UV zračenja?

Ultravioletno zračenje može da ima veoma štetno dejstvo na ljudski organizam bilo da potiče od veštačkih izvora ili od Sunca. Ljudi često svojom voljom izlažu organizam UV zračenju, putem sunčanja na plažama ili u solarijumima i na taj način svesno ili nesvesno uzrokuju štetne efekte u organizmu.

Najbolji način zaštite od negativnog uticaja UV zračenja koje potiče od veštačkih izvora je izbegavanje izlaganja tom zračenju ili korišćenje uputstva o zaštiti od zračenja. U solarijumima, na primer, osobe koje se izlažu zračenju nikada nisu u potpunosti sigurne u ispravnost uređaja pa je najbolji način zaštite ne izlaganje UV zračenju na ovaj način. Za one osobe koje se profesionalno izlažu UV zračenju iz veštačkih izvora veoma je bitno da se pridržavaju uputstva za zaštitu u radu.

Sunce je prirodan izvor UV zračenja i kompletna ljudska populacija izlaže se neminovno ovoj vrsti zračenja. Iz tog razloga potrebno je da javnost na pravilan način bude obaveštena o svim osobinama UV zračenja, mogućim negativnim posledicama kao i o merama zaštite od strane vladinih i nevladinih organizacija. Informacije koje se distribuiraju u javnost moraju da sadrže validne i pouzdane podatke o intenzitetu UV zračenja, koji su izmereni u centrima za monitoring UV zračenja. Obaveštavanje javnosti o intenzitetu UV zračenja i o merama zaštite koje bi trebalo preduzeti ostvaruje se preko medija, u saradnji sa centrima za monitoring UV zračenja i u skladu sa preporukama zdravstvenih organizacija.

Kada je javnost dovoljno edukovana i obaveštena o negativnim uticajima UV zračenja i merama zaštite, osobe lično odlučuju o tome da li i na koji način će izlagati svoj organizam UV zračenju i da li će primeniti zaštitne mere. Organi koji se najviše izlažu i kod kojih su efekti UV zračenja od medicinske važnosti su koža i oči. Lice, vrat i ruke su najviše vremena i najčešće izloženi UV zračenju, pa je na ovim delovima ljudskog tela najveća verovatoća pojavljivanja nemelanomskog tipa raka kože. Posledice negativnog delovanja UV zraka mogu biti akutnog ili hroničnog tipa. Crvenilo kože i snežno slepilo su akutna oboljenja čiji je uzrok UV zračenje. Kao primer hroničnih efekata negativnog uticaja UV zračenja može se navesti svako oboljenje uzrokovano slabljenjem imunološkog sistema organizma.

Korišćenjem naočara sa zaštitnim filtrima zaštita očiju od štetnih uticaja UV zračenja je najefikasnija. Stakla zaštitnih naočara treba da sadrže apsorbere vidljivog i ultraljubičastog dela spektra. U pojedinim situacijama oči su, pored direktnog UV zračenja koje potiče od Sunca, izložene i difuznom zračenju koje je reflektovano sa okolnih površina kao što je na primer sneg. U takvim slučajevima poželjno je koristiti naočare koje imaju zaštitu i sa strane.

Koža se odećom najbolje štiti od UV zračenja. Na delove kože koji se ne mogu pokriti odećom primenjuju se preparati za zaštitu od Sunčevog zračenja. U sastavu ovih preparata nalaze se fizički ili hemijski filtri koji imaju sposobnost apsorpcije UV zračenja u oblasti talasnih dužina iz UV-B i UV-A dela spektra.

## 4.2. Preparati za zaštitu kože od UV zračenja

Utvrđeno je da prekomerno izlaganje UV zračenju uzrokuje štetne efekte na koži od kojih su najdrastičnija maligna obojenja. Čovek mnogo vremena provodi na otvorenom (boravak u prirodi, različite profesije i sportovi na otvorenom itd.) pri čemu u velikoj meri biva izložen UV zračenju. Zbog toga je bilo neophodno pronalaženje preparata koji bi u dovoljnoj meri zaštitili ljudski organizam, prvenstveno kožu od štetnog uticaja UV zračenja. Poslednjih decenija upravo iz ovih razloga farmaceutska i kozmetička industrija vrlo intenzivno razvijaju preparate koji bi omogućili najefikasniju zaštitu od UV zračenja. Postoje dve vrste zaštitnih preparata: „unutrašnji” i „spoljašnji” (inside-outside protection, engl.).

Oralna sredstva zaštite od UV zračenja su preparati koji deluju na organizam „iznutra”. Iako je ovo najjednostavniji način zaštite od ultravioletnog zračenja, ovi preparati nisu pokazali zadovoljavajuće zaštitne efekte. Međutim, iako preparati ovog tipa nisu dovoljni poželjno ih je koristiti kao dodatnu ili preventivnu zaštitu. U tu svrhu koriste se preparati na bazi kombinacija vitamina E, vitamina C, minerala kao što su Se, Zn, Cu, Fe, β-karoten i drugi.

Preparati za zaštitu od UV zračenja koji imaju „spoljašnje” dejstvo predstavljaju složene kozmetičke proizvode koji imaju ulogu zaštitnog mehanizma. Istovremeno ovi preparati sadrže supstance koje neguju, hrane i održavaju kožu vlažnom i kvalitetnom. Što se tiče izrade preparata za zaštitu kože od Sunčevog zračenja potrebno je ispuniti određene zahteve:

- širok spektar zaštite
- minimalan iritacioni potencijal (minimalne količine konzervanasa, parfema, antioksidanasa itd. u sastavu preparata)
- da sadrži komponente koje vlaže, hrane i neguju kožu
- netoksičnost
- mogućnost brzog i lakog nanošenja na kožu
- vodootpornost, substativnost sa kožom i fotostabilnost
- neisparljiv i da ne boji odeću
- odgovarajuća cena na tržištu kako bi bio dostupan što većem broju ljudi.

### 4.3. Zaštitni faktor preparata za zaštitu od Sun evog zra enja

Osnovna osobina preparata za zaštitu od Sunca je zaštitni faktor (Sun Protection Factor, SPF, engl.). SPF se definiše kao broj koji pokazuje koliko puta duže čovek može biti izložen dejstvu UV zračenja uz primenu zaštitnog preparata nego bez njega, a da pri tome ne dođe do pojave prvog vidljivog crvenila na koži. Zaštitni faktor predstavlja odnos vrednosti minimalne eritemske doze (MED) za zaštićenu i nezaštićenu kožu (8). MED može da se izrazi kao vreme izlaganja (FDA-SAD i SAA-Australija) ili kao doza zračenja koja izaziva teško uočljivu reakciju 20-28-og sata nakon izlaganja UV zračenju (DIN-Nemačka) (9).

Vrednost zaštitnog faktora naznačena je na ambalaži preparata. Pored vrednosti zaštitnog faktora na ambalaži je naznačen i deo spektra UV zračenja na koji se SPF odnosi. SPF na svim preparatima predstavlja faktor zaštite od UV-B zračenja, a kod onih koji sadrže i UV-A filter na ambalaži je naznačeno zvezdicom ili nekim drugim oznakama. Često se koristi i termin „širok spektar zaštite” (broad band protection, engl.) kada preparat sadrži i UV-B i UV-A filter.

Kada zračenje pada na zaštitni filter, fotoni stupaju u interakciju sa česticama preparata, pri čemu dolazi do apsorpcije, refleksije ili rasejanja upadnog zračenja. 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 Lambert-Beerov-og zakona. Ovaj zakon je jedan od osnovnih zakona fizike i može se predstaviti sledećom formulom:

$$\frac{I_{\lambda}}{I_{0\lambda}} = 10^{-E_{\lambda}dc} \quad 4.1.$$

gde je:

$I_{\lambda}$  - intenzitet propuštenog zračenja na određenoj talasnoj dužini

$I_{0\lambda}$  - intenzitet upadnog zračenja na određenoj talasnoj dužini

$E$  - koeficijent ekstinkcije za dati zaštitni filter na određenoj talasnoj dužini

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

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

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

Prethodna jednačina se može primeniti samo na zračenje jedne talasne dužine odnosno na monohromatsku svetlost.

Apsorpcija preparata definisana je pod pretpostavkom da je intenzitet reflektovanog i rasejanog zračenja mnogo manjeg intenziteta od intenziteta zračenja koje je apsorbovano i može zanemariti (Relacija 4.2.)

$$A = 1 - \frac{I_{\lambda}}{I_{0\lambda}} \quad 4.2.$$

Formula na osnovu koje se teorijski može izračunati zaštitni faktor (SPF) za jednu određenu talasnu dužinu data je Relacijom 4.3.:

$$SPF_{\lambda} = 10^{15A_{\lambda}} \quad 4.3.$$

gde  $A$  predstavlja apsorpciju 0,1 g/l rastvora zaštitnog preparata u etanolu, na dužini putanje od 1 cm.

Množenjem SPF za svaku talasnu dužinu sa faktorom koji predstavlja aktivan biološki spektar UV zračenja (kombinacija sunčevog spektra na površini Zemlje i eritemskog spektra (7)) i integraljenjem po svim talasnim dužinama UV-B i UV-A spektra, dobija se ukupna teorijska vrednost SPF za ceo spektar UV zračenja koji dospeva do biosfere. Formula pomoću koje se izračunava zaštitni faktor na ovaj način data je Relacijom 44.

$$SPF = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} SPF_{\lambda} F(\lambda) B(\lambda) d\lambda \quad 4.4.$$

Vrednosti izmerene apsorpcije i zaštitnog faktora izračunatog na ovaj način razlikuju se od realnih vrednosti zbog značajnog uticaja različitih faktora. Najbitniji faktori koji dovode do odstupanja od Lamber-Beer-ov zakona su:

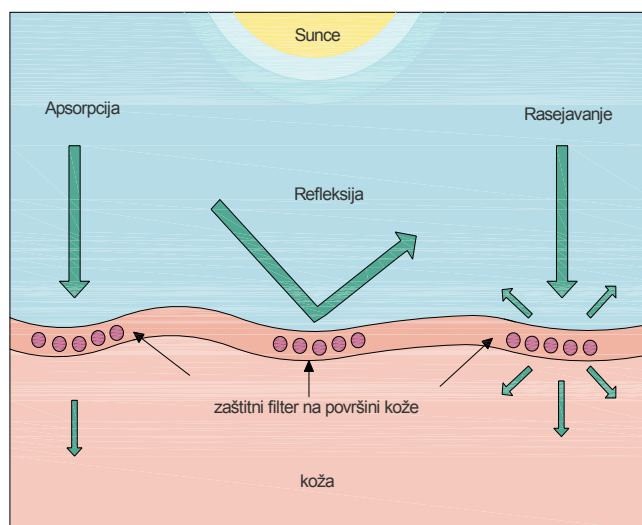
- narušavanje linearnosti zbog visokih koncentracija filtera u tankom filmu koji se nanosi na kožu
- neravnomerna rasprostranjenost filtera u filmu preparata koji je nanešen na kožu
- neravnomerna raspodela preparata nanešenog na kožu
- debljina filma (ova veličina figuriše u eksponencijalnoj funkciji kao promenljiva, pa male promene debljine filma imaju velik efekat)
- pojačanje efekata štetnog dejstva zračenja na kožu zbog uticaj drugih talasnih dužina van UV-B i UV-A spektra ne može se uzeti u obzir jer je Lamber-Beer-ov zakon definisan samo za monohromatsko zračenje
- uticaj podloge na transmisiju zračenja kroz preparat
- uticaj različitih oblika eritemskog spektra (za svaki tip kože je ovaj spektar drugačiji)
- neravnine na površini kože

Poslednji faktor u najvećoj meri utiče na odstupanja praktično dobijenih rezultata od teorijski izračunatih vrednosti. Kada se na kožu nanese 1,5 mg/cm<sup>2</sup> preparata, čak i do 45% doze se nakuplja u udubljenjima kože. U slučajevima kada se koriste preparati koji sadrže i isparljive komponente, na primer vodu u koncentraciji 50% i više, u udubljenjima kože se zadržava i do 100% doze. Znači, faktori na koje treba obratiti pažnju kada je reč o zaštitnim osobinama preparata na koži i određivanju SPF metodama *in vivo* su:

- debljina i uniformnost filma,
- podloga, prisustvo kristala ili kapi filtera u površinskim slojevima,
- emisioni spektar izvora zračenja
- individualni delujući eritemski spektar
- kvalitet i površinski profil kože
- temperatura okoline

#### 4.4. Zaštitni filtri kao osnovne komponente preparata za zaštitu od Sunca

Osnovne komponente koje ulaze u sastav preparata za zaštitu od UV zračenja su zaštitni filtri koji imaju sposobnost apsorpcije, refleksije ili rasejanja zraka iz UV dela spektra. Interakcija čestica zaštitnih filtara sa UV zračenjem koje dospeva na površinu kože prikazana je na Slici 4.1. Schwartz i Peck su 1947. godine prvi objavili da preparati koji sadrže supstance kao što je pigment u obliku tečnosti, krema ili pudera, imaju sposobnost da spreče ili potpuno uklone štetno delovanje UV zračenja (5). Istovremeno, ove supstance štite kožu od opekotina i nastanka tamnog tena. Kao najefikasniji pigmenti koji ulaze u sastav zaštitnih preparata pokazali su se ZnO, TiO<sub>2</sub> i kalamini. Kao što je već pomenuto, visoke koncentracije pigmenta izazivaju efekat make up-a (bojenje kože) pa su dugo vremena ove supstance nisu koristile u preparatima. Prvi preparat sa mikroniziranim česticama TiO<sub>2</sub> koje su imale sposobnost rasejavanja i refleksije zračenja određenih talasnih dužina pojavio se na tržištu 1988. godine.



Slika 4.1. Dejstvo supstanci za zaštitu od UV zračenja

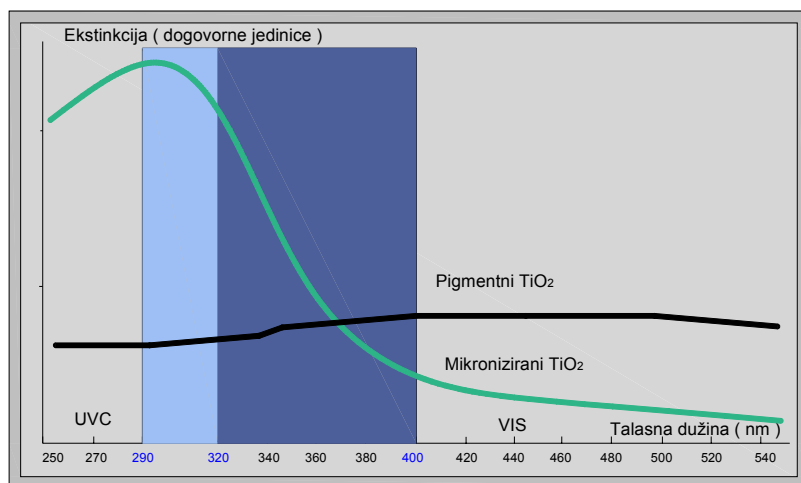
Čestice pigmenta koje ulaze u sastav preparata za zaštitu od Sunčevog zračenja stupaju u interakcije sa UV zračenjem onih talasnih dužina koje najviše štete koži. Interakcija se odvija u površinskim slojevima kože koje prekrivaju izumrle ćelije, pa UV zračenje pri ovakvim interakcijama ne može da deluje štetno na kožu. Zaštitni filtri odnose se na zaštitni deo celog UV-B dela spektra i mali deo UV-A dela spektra ultravioletnog zračenja i nazivaju se filtri širokog spektra.

Podela zaštitnih filtara je izvršena prema načinu delovanja na kožu odnosno prema vrsti interakcije sa fotonima UV zraka. Prema ovakvoj podeli filtri se dele na fizičke ili mehaničke i hemijske ili UV apsorbere.

1. Fizički ili mehanički filtri interaguju sa zračenjem koje pada na površinu kože putem reakcije rasejanja, apsorpcije ili refleksije. Fizički filtri su neselektivni što znači da stupaju u interakcije sa fotonima svih energija odnosno sa zračenjem svih talasnih dužina. Ovoj vrsti zaštitnih filtara pripadaju neorganska hemijska jedinjenja, najčešće



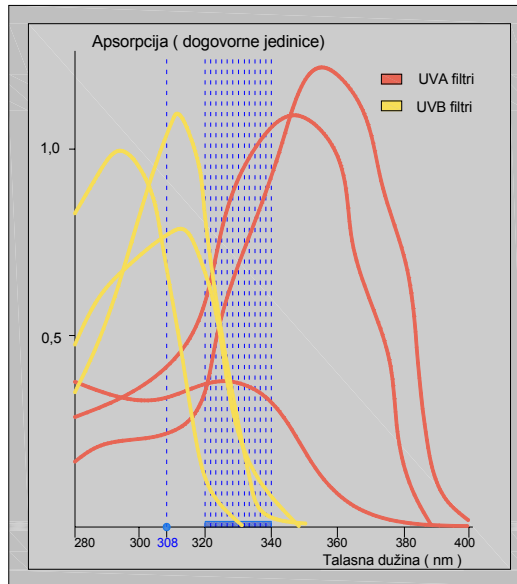
oksidi, sulfati metala kao što su  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZnO}$ , silikati itd. Preparati mogu da sadrže veliku količinu ovih supstanci s obzirom da ovi filtri nemaju štetno dejstvo po ljudski organizam. Međutim, visoke koncentracije ovih jedinjenja u preparatima izaziva efekat mejk-apa (make-up efect, engl.) tj. bojenje kože, pa se godinama izbegavala primena ovih filtra u kremama za sunčanje. Zbog pojave ovakvog negativnog efekta počela je upotreba mikroniziranih, ultrafinskih pigmentata koji ne interaguju sa VIS zračenjem (ne pojavljuje se vidljiv trag na koži) ali efikasno štite kožu od UV zračenja. Zbog osobine da stvaraju agregate i aglomerate, ovako usitnjene čestice pigmentata se oblažu organskim ili neorganskim materijama.



*Slika 4.2. Spektar dejstva  $\text{TiO}_2$*

Hemijski filtri ili UV apsorberi su složena hemijska jedinjenja koja interaguju sa UV zračenjem iz UV-B dela spektra ( $\lambda = 308 \text{ nm}$ ) i UV-A oblasti ( $\lambda = 320 - 340 \text{ nm}$ ). Zračenje ovih talasnih dužina izaziva najviše negativnih efekata na koži. Upravo zbog toga se ove vrste filtera koriste u preparatima za zaštitu od Sunčevog zračenja. Najčešće korišćeni hemijski filtri u preparatima su: Etilheksil metoksicinamat, Etilheksil Triazon, Oktokrilen, Oktil Metoksicinamat, Oksibenzon, Dietilheksilfenol Metoksifenil Triazin itd. (15). U interakciji ove supstance menjaju svoju strukturu, a fotoni UV zraka smanjuju svoju energiju odnosno povećavaju talasnu dužinu. Dobijeno zračenje je sada deo IR spektra koje prodirući kroz površinski sloj samo zagreva kožu i daleko je manje štetno od UV zračenja. Promene strukture hemijskih filtera može da izazove alergijske i fotosenzibilizacione reakcije u koži koje bi se mogle ubrojati u negativne efekte koje izazivaju preparati. Preparati za zaštitu od UV zračenja su najčešće smeša više hemijskih ili hemijskih i fizičkih filtera da bi se postigla što veća vrednost zaštitnog faktora (SPF). Pored zaštitnih filtera zaštitni preparati sadrže i druge sastojke koji povećavaju zaštitni mehanizam, doprinose kvalitetu i zdravlju kože:

- Jedinjenja sa antioksidansima (komponente koje sprečavaju negativne efekte izazvane dejstvom slobodnih radikala)
- Prirodne vlažeće faktore (Natural Moisturizing Factor, engl.), gel Aloe Vera i druge supstance koje održavaju elastičnost i mekoću kože
- Sredstva koja prilikom nanošenja formiraju tanki film na površini kože i time ublažavaju ili potpuno sprečavaju iritaciju kože.



*Slika 4.3. Apsorpcioni spektri nekih hemijskih filtara*

## 5. METODE ZA ODREĐIVANJE ZAŠTITNOG FAKTORA PREPARATA ZA ZAŠTITU OD SUNCA

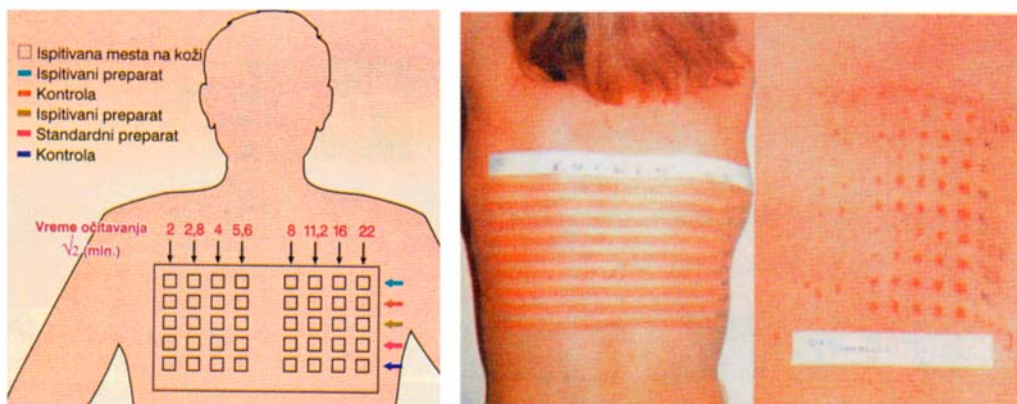
Ispitivanja efikasnosti preparata za zaštitu od UV zračenja i merenje vrednosti zaštitnog faktora ovih preparata vrši se različitim metodama koje se mogu svrstati u dve velike grupacije: metode koje se vrše u *in vitro* ili u *in vivo* uslovima.

Sve vrste testiranja kojima se određuje vrednost zaštitnog faktora dele se na četiri osnovne grupe (7):

1. instrumentalne metode
2. model sistemi
3. animalni sistemi i
4. testovi na dobrovoljcima

### 5.1. *In vivo* metode

Metoda koja se pokazala kao najpouzdanija je odeđivanje SPF *in vivo*, na dobrovoljcima koju je prvi predložio Schultz (Šulc) 1956. (5). Sada se ova vrsta testova obavlja prema propisima koja su odredile odgovarajuće institucije u različitim državama: Federal Drug Administration (FDA) SAD-a, German Standards Organisation, The Standard Association of Australia (SAA) itd. Kod svih metoda ove vrste definisan je broj dobrovoljaca sa određenim tipom kože koja nije prethodno oštećena ili imala bilo kakve reakcije na Sunčevo zračenje. Pored ovih uslova potrebno je utvrditi i tačno vreme izlaganja, debljinu sloja preparata koji se nanosi na kožu, raspodelu intenziteta zračenja po talasnim dužinama, način izračunavanja vrednosti zaštitnog faktora na osnovu dobijenih rezultata merenja itd.(9). Kod svih ovih metoda se na koži dobrovoljaca obeležavaju mesta koja će biti izlagana UV zračenju. Nakon izlaganja zračenju određeno vreme, određuje se MED. Zatim se ceo postupak ponavlja ali se na dato mesto pre izlaganja zračenju nanese zaštitni preparat. Vrednost zaštitnog faktora primenjenog preparata dobija se kao odnos vrednosti MED za nezaštićenu i zaštićenu kožu (Slika 5.1.)



Slika 5.1. Ilustracija određivanja SPF *in vivo* metodom

Različitim metodama dobijaju se različite brojne vrednosti SPF što dovodi potrošače u nedoumicu (10,11). Od 1996. godine, prema preporuci i zahtevima 6-og Amandmana na kozmetičke preporuke (6<sup>th</sup> Amendment to the Cosmetic Derivate), počinje da se primenjuje metod određivanja vrednosti zaštitnog faktora koji je objedinio i ujednačio sve metode i načine testiranja prema FDA i evropskim propisima.. Ovaj univerzalni metod ponuđen je od strane Organa evropske kozmetičke industrije, COLIPA (12,13). Zbog brojnih komplikacija (visoka cena, komplikovan rad itd.) ova metoda se koristi kao referentna metoda koja daje konačnu potvrdu rezultata dobijenih na osnovu drugih testiranja.

Testiranja na životinjama obavljaju se na miševima i zamorcima. Rezultate dobijene ovim putem potrebno je korigovati za određeni faktor kojim se koriguje razlika između epidermisa date životinje i čoveka. Danas ova istraživanja više nemaju čestu primenu zbog etičkih razloga i protivljenja različitih organizacija za zaštitu životinjskih prava.

## 5.2. *In vitro* metode

*In vitro* metode se koriste u fazama formulisanja i prekliničkim ispitivanjima. Ove metode imaju najveću primenu u određivanju efikasnosti novih UV-filtara ili drugih vrsta apsorbera UV zračenja, koji mogu da budu i komponente u nosačima-podlogama (14). Kod primene metoda u *in vitro* uslovima neophodno je poznavati koncentraciju i karakteristike supstance koja se koristi kao apsorber, fizičko-hemijska svojstva materijala, prisustvo drugih komponenata itd. da bi uticaj ovih faktora na tačnost dobijenih rezultata bio minimalan.

Testovima *in vivo* dobijaju se pouzdani rezultati što se tiče efikasnosti i delovanja zaštitnih preparata, ali etički problemi predstavljaju veliku prepreku kada je reč o primeni ovih metoda. Zbog toga su veliku prednost u primeni dobile metode određivanja SPF koja se ne vrše na živim bićima i podstaknuta je sve veća primena standardne *in vitro* metode za preliminarno određivanje vrednosti zaštitnog faktora preparata. Koliko će rezultati dobijeni testiranjem u *in vitro* uslovima odstupati od rezultata dobijenih *in vivo* metodama zavisi od vrste testiranja.

1. Metode koje su najpre korišćene u ispitivanjima apsorpcionih karakteristika materijala su *spektroskopske metode*. U ispitivanjima zaštitnog faktora preparata određuje se apsorpcioni spektar rastvora ili gotovog preparata u UV oblasti spektrofotometrijskom metodom (7).  
Ovaj način testiranja ima nekoliko prednosti u odnosu na druge metode određivanja SPF, na primer: kontrolisani uslovi, brzo i tačno merenje, jednostavna aparatura i sl. Međutim, testiranjem na ovaj način, ispitivani preparat se ne postavlja u uslove koji su isti kao u realnim situacijama zbog čega vrednosti zaštitnog faktora dobijeni ovom metodom odstupaju od onih koji su dobijeni drugim metodama.  
Spektrofotometrijska metoda je svakako najefikasnija i najviše korišćena metoda u ispitivanjima efikasnosti neispitvanih preparata, novih formulacija. Ova metoda je naročito pogodna kada se rezultati o ispitivanoj supstanci porede sa podacima supstance sličnog sastava i poznatog zaštitnog faktora.
2. Drugi tip *in vitro* metoda su tzv. *model sistemi*. Kod ovih testova se koriste specijalne membrane, kao simulatori ljudske kože na koje se nanosi tanak sloj ispitivanog

preparata i snima se apsorpciona karakteristika za UV deo spektra. Na osnovu dobijenih podataka o apsorpciji izračunava se zaštitni faktor datog preparata. Ovakav način testiranja odigrava se u realnijim uslovima nego spektrofotometrijska metoda, ali ipak postoje određeni nedostaci zbog kojih se razlikuju rezultati dobijeni ovom i *in vivo* metodom. Najveći problem u realizaciji ove metode je napraviti membranu od materijala koji poseduje osobine slične ljudskoj koži (na primer, njena površina ne sme biti potpuno glatka već mora imati neravnine kao koža). Metodom model sistema moguće je odrediti zaštitni efekat preparata kao i fizičke filtre koji igraju ulogu apsorbera s tim što treba napomenuti da se dobijaju realniji rezultati ako se koristi integratorska sfera koja obračunava i rasejano zračenje (7). Problemi u realizovanju membrane rešeni su upotrebom izolovanog epidermisa miša, a kasnije i ljudske kože, a postignuti su rezultati veoma bliski onim koji su dobijeni *in vivo* metodama.

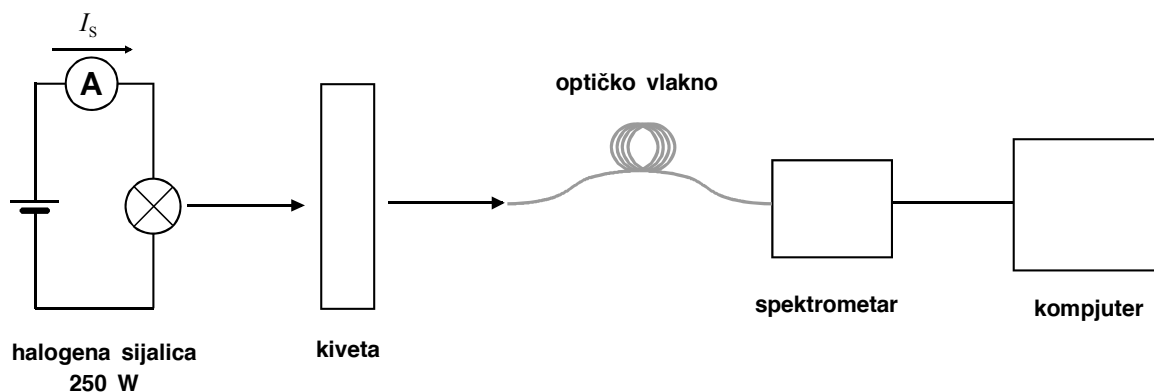
Metoda kojom se dobijaju najrealniji rezultati, kada je reč o metodama određivanja SPF *in vitro*, je metoda Diffey-Robson-a (6). U ovoj metodi se koristi uzorak Transpore<sup>(R)</sup> trake kao simulatora humane kože, koja se izlaže UV zračenju sa i bez nanetog zaštitnog preparata. Pomoću spektrofotometra snima se oblik spektralne raspodele zračenja dobijen transmisijom UV zračenja kroz traku sa i bez aplikovanog preparata za zaštitu od Sunca. Izvori zračenja koji se koriste u ovoj metodi emituju kompletan kontinualni spektar UV zračenja ( $\lambda = 290-400$  nm).

Industrijska kompanija Sellers-Carpenter razvila je Optometrics SPF Analyzer SPF-290, Optometrics inc. USA koji omogućava efikasno određivanje vrednosti zaštitnog faktora *in vitro*. Ovaj aparat je vrlo jednostavan, ima mogućnost efikasne obrade velikog broja uzoraka i rezultata čije su vrednosti veoma bliske vrednostima dobijenim *in vivo* metodama. Zbog svoje praktičnosti, preciznosti i jednostavnog načina rukovanja, ovaj analizator zauzima vodeće mesto kada je reč o njegovoj primeni, naročito u farmaceutskoj industriji kada je potrebno brzo i lako odrediti efikasnost novih formulacija i supstanci koje se koriste za zaštitu od Sunčevog zračenja.

## 6. OPIS MERENJA I REZULTATI

### 6.1. Opis aparature

Na Slici 6.1. šematski je prikazana aparatura koja je korišćena za merenje apsorpcionog spektra preparata za zaštitu od Sunčevog zračenja.

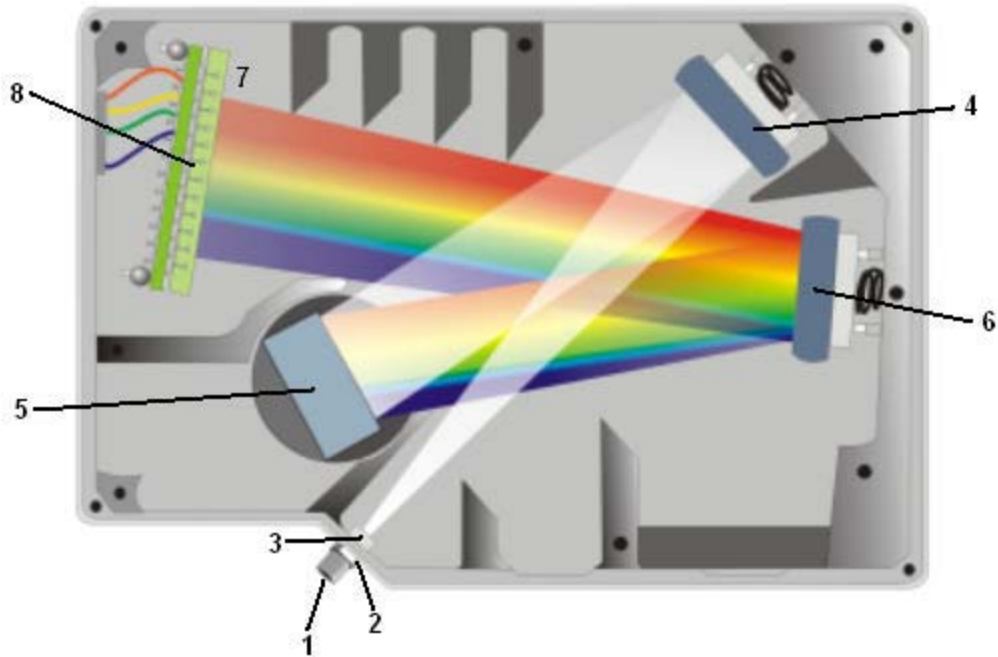


*Slika 6.1. Šema aparature*

Kao izvor ultravioletnog zračenja korišćena je halogena sijalica snage 250W kroz koju protiče struja jačine  $I_s = 10,5$  A. Za male vrednosti promene jačine struje  $I_s$  variranje vrednosti intenziteta emitovanog zračenja sijalice je znatno. Zbog toga je bilo potrebno podesiti jačinu struje uvek na istu vrednost. Takođe, zbog promene otpornosti vlakna sijalice sa temperaturom, pre svakog merenja sijalica je bila uključena oko 15 min radi postizanja stabilizacije struje i temperature tj. otpornosti vlakna.

UV zračenje koje emituje sijalica pada na kivetu sa rastvorom uzorka. Sa zadnje strane kivete nalazi se sonda optičkog kabla, kojom se registruje UV zračenje propušteno kroz kivetu sa uzorkom. Drugi kraj optičkog vlakna povezan je sa spektrometrom.

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 6.2.



*Slika 6.2. Optička šema spektrometra Oceans Optics HR2000*

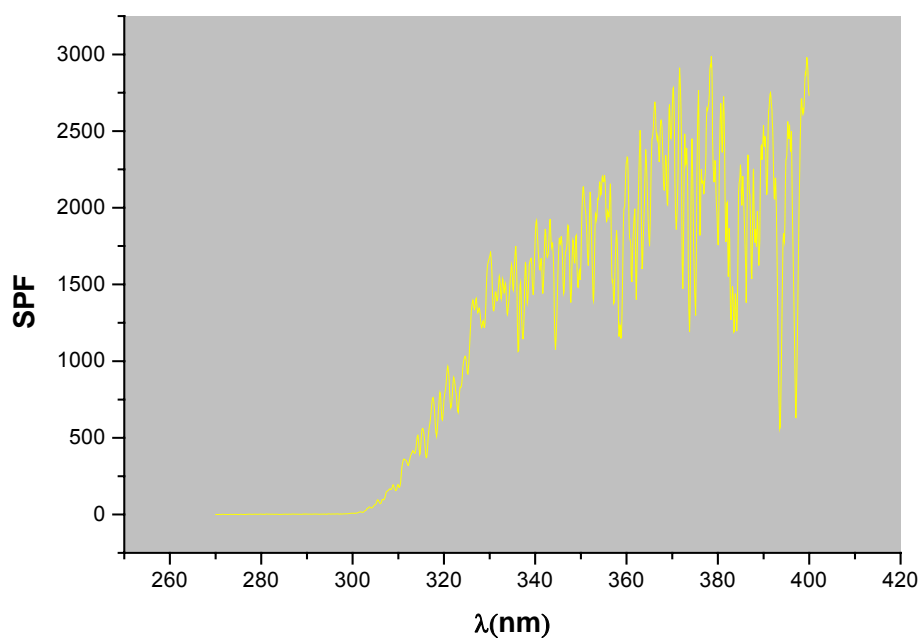
1. SMA konektor pomoću kojeg se priključuje optički kabl
2. Pukotina (ulazna apertura)
3. Filter
4. Kolimatorsko ogledalo
5. Difrakciona rešetka
6. Fokusrajuće ogledalo
7. Sabirna sočiva
8. CCD detektor

Optički kabl se pomoću SMA konektora priključuje na spektrometar. Svetlost prolazi kroz ulaznu pukotinu širine  $10\ \mu\text{m}$ . 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  $14\ \mu\text{m} \times 200\ \mu\text{m}$ . Rezolucija A/D konverzije je 12 bita. Program OOIBase32 omogućava podešavanje vremena integracije. Produžavanjem vremena integracije povećava se osetljivost detektora. U eksperimentu je vreme integracije birano tako da A/D konvertor sa 4096 nivoa pokrije ceo UV spektar.

## 6.2. Rezultati i diskusija

Za merenje apsorpcionog spektra rastvora preparata za zaštitu od Sunca korišćena je spektroskopska metoda. Merenja su se sastojala iz dva dela. U prvom delu snimani su apsorpcioni spektri za različite koncentracije rastvorenog preparata za zaštitu od Sunčevog zračenja u etanolu. Na osnovu snimljenih spektara razmatrana je zavisnost apsorpcija u UV delu spektra u zavisnosti od koncentracije rastvora. U drugoj etapi računat je zaštitni faktor preparata za zaštitu od Sunca na osnovu izmerenih apsorpcionih spektara jednog procentnog rastvora ovih preparata u etanolu.

U oba slučaja pri izračunavanju apsorpcije korišćen je Sunčev spektar prikazan na Grafiku 6.1.



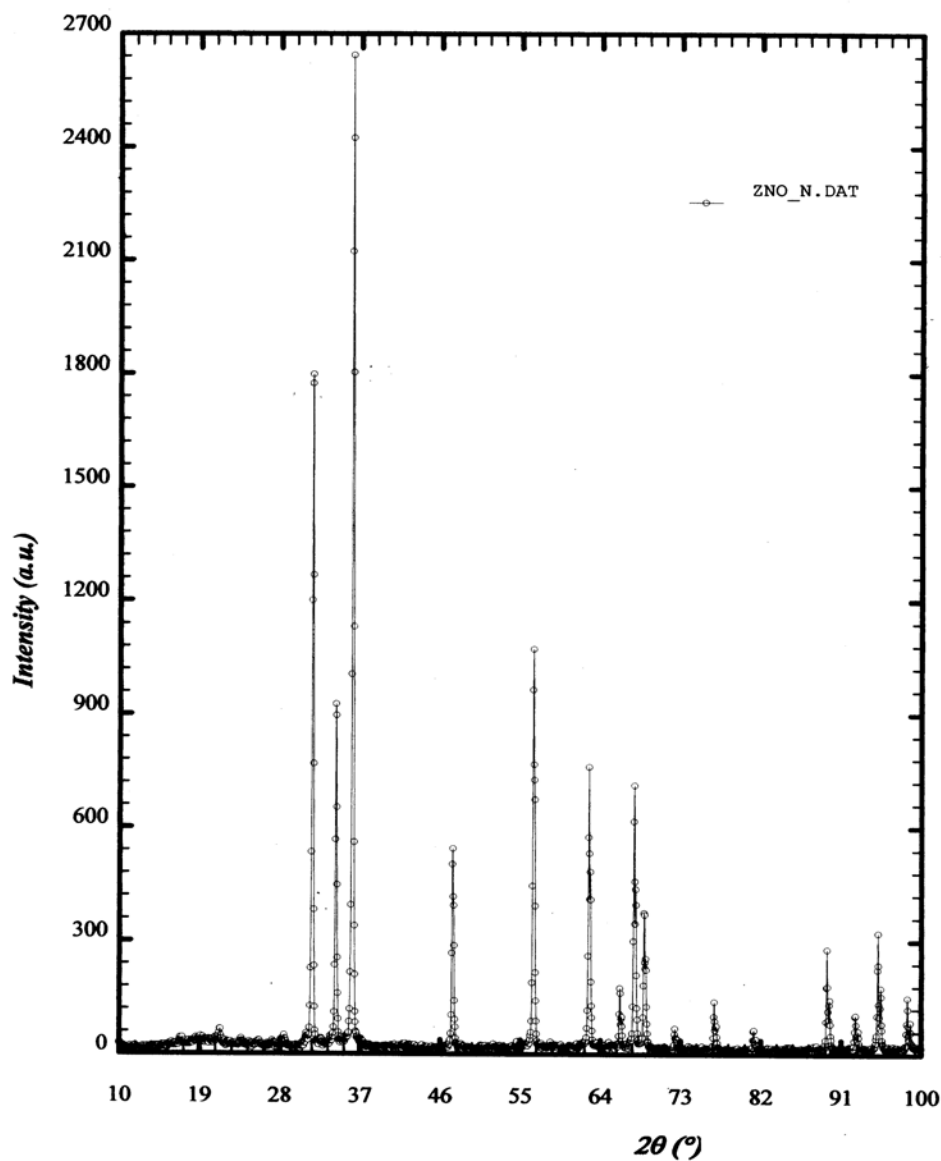
**Grafik 6.1.** Sunčev spektar

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



### 6.2.1. Priprema uzoraka za merenje apsorpcije rastvora preparata za zaštitu od Sunca

Rastvori različitih koncentracija pravljjeni su mešanjem preparata i etanola u određenom odnosu. Masa preparata merena je analitičkom vagom, a zatim mešana u bočici sa određenom zapreminaskom masom 95%-nog etanola. Ovako dobijeni rastvori zagrevani su do približno 80 °C da bi se postigla što veća rastvorljivost preparata. Zatim su rastvori ponovo mešani i ostavljeni da se hlade na sobnoj temperaturi. Nerastvorljive komponente iz rastvora eliminisane su propuštanjem rastvora kroz filter papir. Rengenostруктурnom analizom koja je izvršena u Institutu za nuklearna ispitivanja VINČA, potvrđeno je prisustvo fizičkog filtera ZnO u talogu preparata As 20 (Grafik 6.2.).



Grafik 6.2.

Na osnovu izvršene analize taloga preparata As20 i činjenice da se neorganska jedinjenja ne rastvaraju u organskim rastvaračima, prepostavili smo prisustvo fizičkog filtra u talogu preparata NIVEA20, NIVEA25, Carroten16 i Carroten 36.

Nakon filtriranja rastvor je sipan u kivetu unutrašnjih dimenzija 10 mm x10 mm i visine 44 mm, a zatim je sniman apsorpcioni spektar.

### 6.2.2. Snimanje apsorpcionih spektara preparata za zaštitu od Sunca

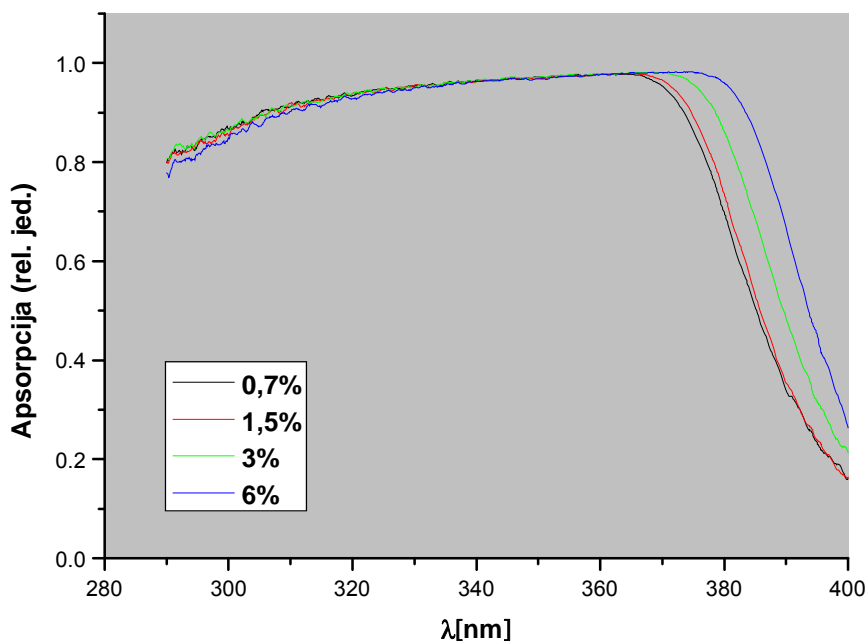
U prvom delu eksperimenta mereni su apsorpcioni spektre preparata *As20* za četiri koncentracije rastvorenog preparata u etanolu: 0,7 %, 1,5 %, 3 % i 6 % rastvorene supstance u etanolu.

Apsorpcija je izračunata na osnovu izraza za Lambert-Beer-ov zakon (izrazi 4.1. i 4.2.), gde  $I_{0\lambda}$  predstavlja intenzitet propuštenog zračenja kroz etanol u kiveti, a  $I_{\lambda}$  intenzitet propuštenog zračenja kroz rastvor preparata u etanolu. U oba slučaja intenziteti su snimani pod istim uslovima.

Izračunata vrednost  $\frac{I_{\lambda}}{I_{0\lambda}}$  predstavlja transparentiju datog preparata, za određenu talasnu dužinu

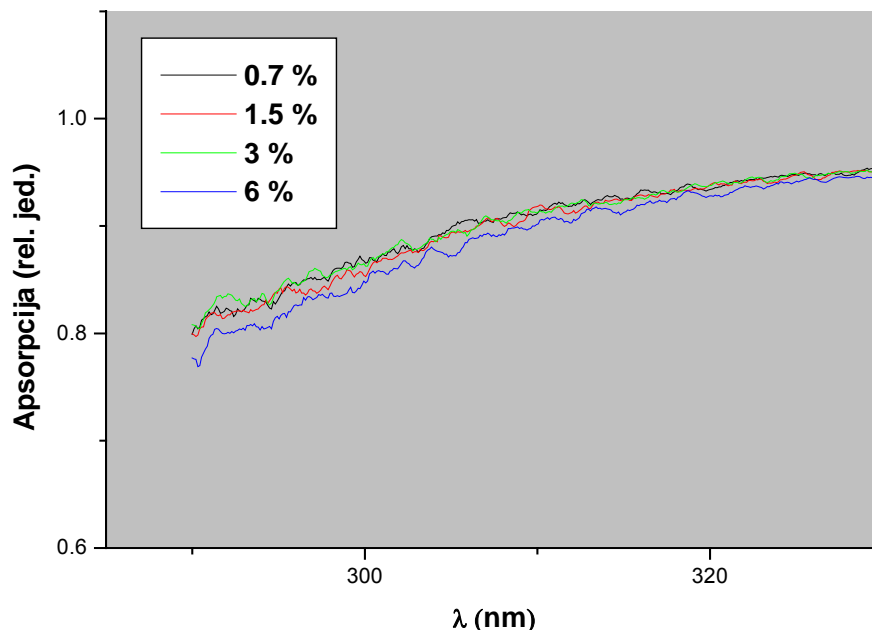
zračenja. Apsorpcija preparata se dobija oduzimanjem vrednosti transparentije od jedinice, pri čemu se podrazumeva pretpostavka da su intenzitet reflektovanog i rasejanog zračenja mnogo manji od intenziteta apsorbovanog i transparentnog zračenja i mogu se zanemariti.

Na osnovu dobijenih rezultata formira se apsorpcioni spektar za svaku koncentraciju rastvorenog preparata u etanolu. Apsorpcioni spektri za sve četiri vrednosti koncentracije rastvora za ceo UV spektar prikazane su na Grafiku 6.3.



**Grafik 6.3.** Apsorpcioni spektri preparata AS20 za četiri različite koncentracije rastvorenog preparata u etanolu u celom UV spektru

Snimljeni spektri pokazuju da apsorpcija preparata AS20 jednako raste za sve četiri koncentracije preparata do 370 nm. Preko ove vrednosti talasne dužine apsorpcione krive se razdvajaju, a granica maksimuma apsorpcije pomera se ka dužim talasnim dužinama. Za koncentracije 0,7%, 1,5% rastvorenog preparata apsorpcione krive se približno isto ponašaju i apsorpcija ovih rastvora počinje da opada na talasnoj dužini od oko 370 nm. Apсорpcija 3%-nog rastvora raste do približno 375 nm, dok apsorpciona kriva apsorpcije 6%-nog rastvora dostiže svoj maksimum na talasnoj dužini od 380 nm. Sve četiri apsorpcione krive veoma brzo opadaju iznad 380 nm i na 400 nm dostižu vrednosti veoma bliske nuli.



**Grafik 6.4.** Apsorpcioni spektri preparata AS20 za četiri različite koncentracije rastvorenog preparata u etanolu u UV-B delu Sunčevog spektra

S obzirom da je za nas najinteresantniji UV-B deo spektra, prikazali smo date apsorpcije preparata za ovaj deo spektra na Grafiku 6.4. Kao što grafik pokazuje krive apsorpcije se ne poklapaju u potpunosti. Veličine međusobnih odstupanja linija su male i neznatne, reda veličine greške. Zbog toga se primećena odstupanja krivih apsorpcije mogu zanemariti.

### 6.2.3. Izračunavanje zaštitnog faktora preparata za zaštitu od Sunčevog zračenja

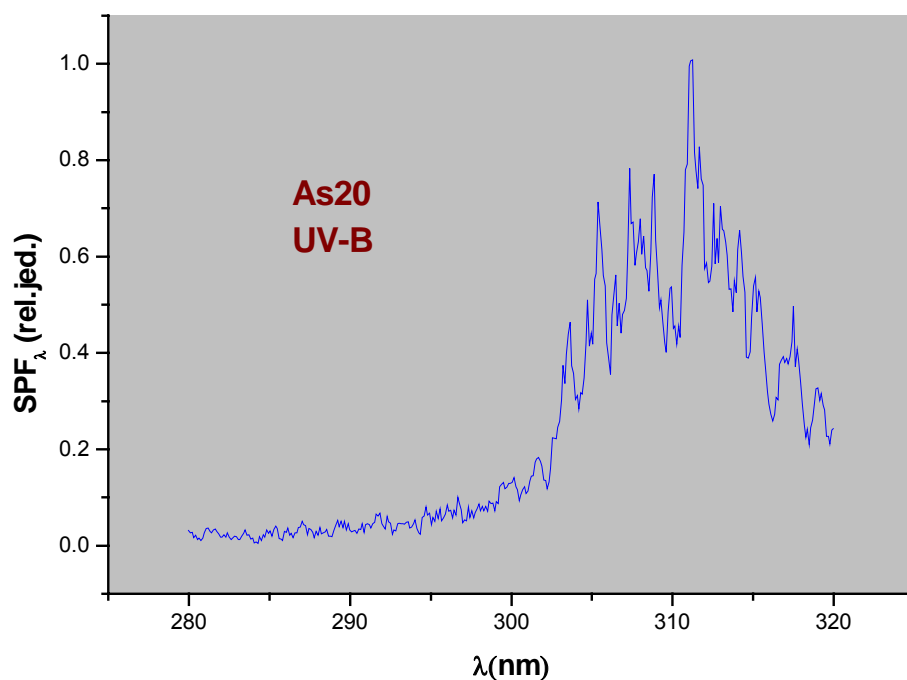
Zaštitni faktor preparata računat je na osnovu relacija 4.3. i 4.4. Vrednost apsorpcije  $A$  koja figuriše u ovoj relaciji dobijena je snimanjem apsorpcionih spektara 1%-nog rastvora datih preparata u etanolu. Merenja su izvršena za šest različitih preparata. Svaki od preparata sadrži aktivne supstance u vidu fizičkih i hemijskih filtara koje apsorbuju UV zračenje. Osobine i vrste ovih hemijskih jedinjenja opisana su u poglavlju 4.4. U Tabeli 6.1. navedeni su preparati korišćeni u eksperimentu i njihovi aktivni sastojci.

<i>Naziv preparata</i>	<i>Aktivne supstance</i>
<i>As 20</i>	Cink-oksidi Etilheksil metoksicinamat Poligliceril-2 Dipolihidroksistearat Cetearil Isononat
<i>NIVEA Sprej15</i>	Etilheksil metoksicinamat Etilheksilfenol Metoksifenil Triazin Dietilheksil Butamido Triazon Gliceril stearat Etilheksil Triazon
<i>NIVEA 20</i>	Titan(IV)-oksidi Etilheksilpenol Metoksifenil Triazin Etilheksil Triazon Gliceril stearat Cetil alkohol
<i>NIVEA 25</i>	Titan(IV)-oksidi Etilheksilfenol Metoksifenil Triazin Etilheksil Triazon Gliceril stearat Cetil alkohol
<i>Carroten 16</i>	
<i>Carroten 36</i>	

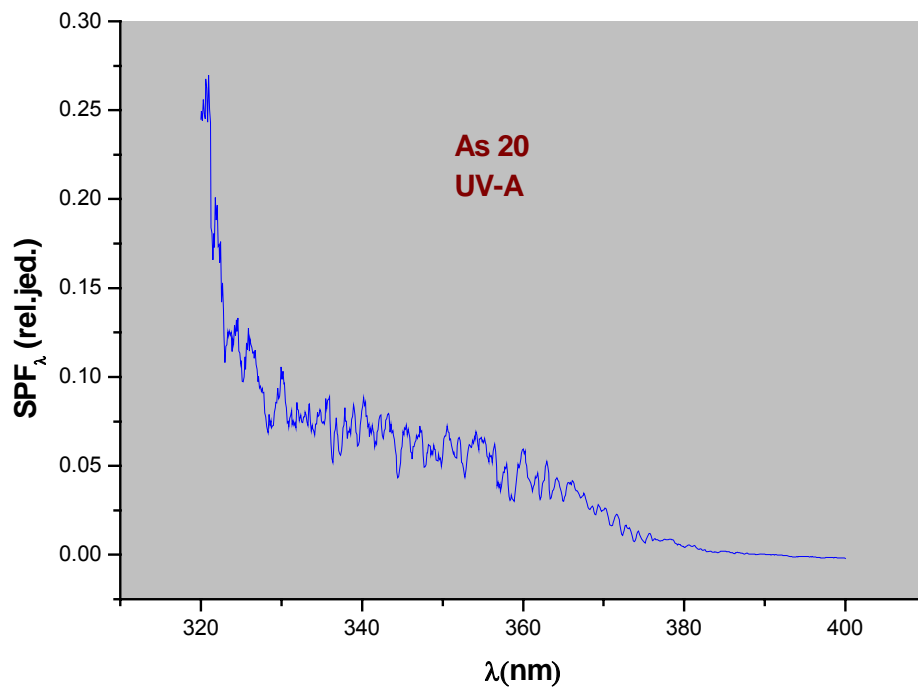
Tabela 6.1.

U Tabeli 6.1. vidimo da se u sastavu svih preparata proizvođača *NIVEA* nalaze hemijski filtri: Etilheksil metoksicinamat, Etilheksilfenol Metoksifenil Triazin, Dietilheksil, Butamido Triazon, Gliceril stearat, Etilheksil Triazon. Preparat *NIVEA Sprej15* ne sadrži fizičke filtre. Kod preparata u obliku mleka za sunčanje u sastav preparata ulazi i fizički filter  $TiO_2$ . Preparat u obliku spreja sadrži samo hemijske filtre, takođe Etilheksil metoksicinamat. Mereni preparat proizvođača *As* je obliku mleka za sunčanje. Od hemijskih filtra ovaj preparat sadrži Etilheksil metoksicinamat, Poligliceril-2 Dipolihidroksistearat, Cetearil Isononat, a od fizičkih filtra  $ZnO$ . Za preparate *Carroten* proizvođača *Park*, nisu poznate aktivne supstance zbog čega su dva mesta u Tabeli 6.1. prazna.

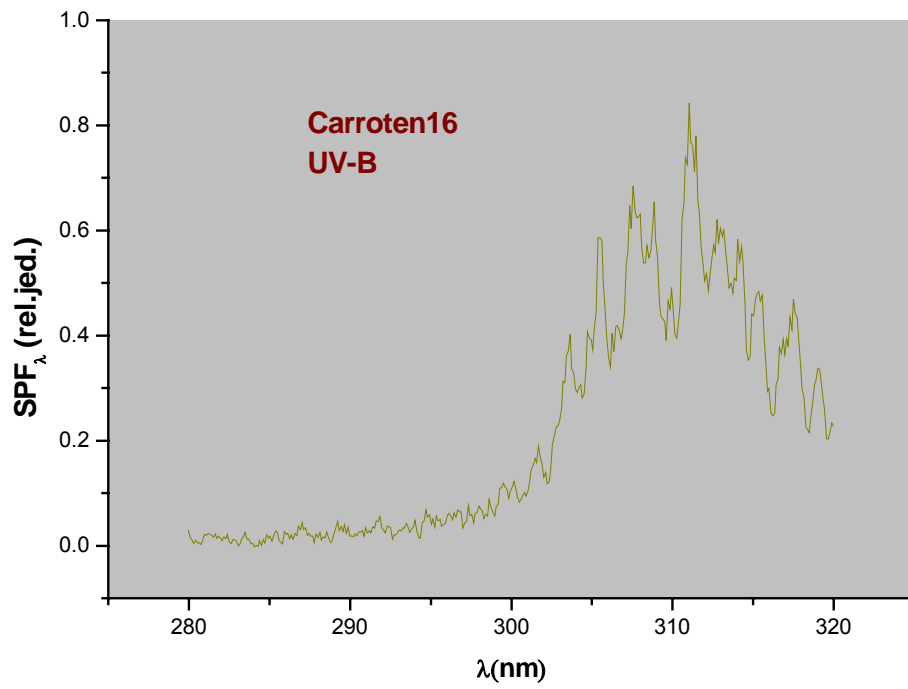
Za svaki od šest navedenih preparata snimljeni apsorpcioni spektri podeljeni su na UV-A i UV-B oblast. Zaštitni faktor preparata izračunat je za ceo UV spektar i za svaku od ove dve oblasti posebno. Na Grafiku 6.5.–6.16. prikazana je zavisnost  $SPF_\lambda$  od talasne dužine zračenja.



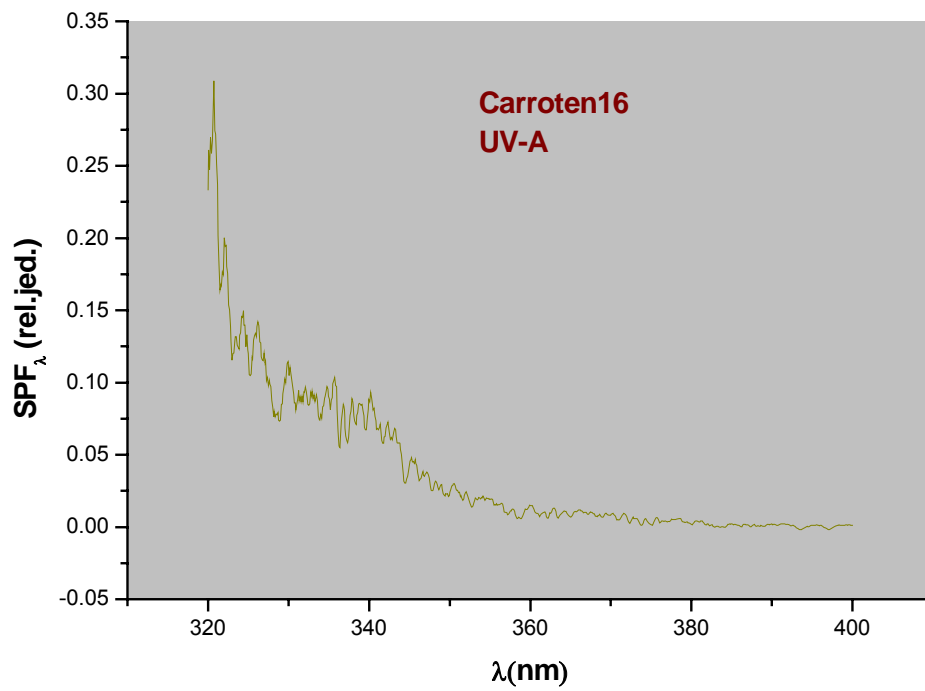
Grafik 6.5.



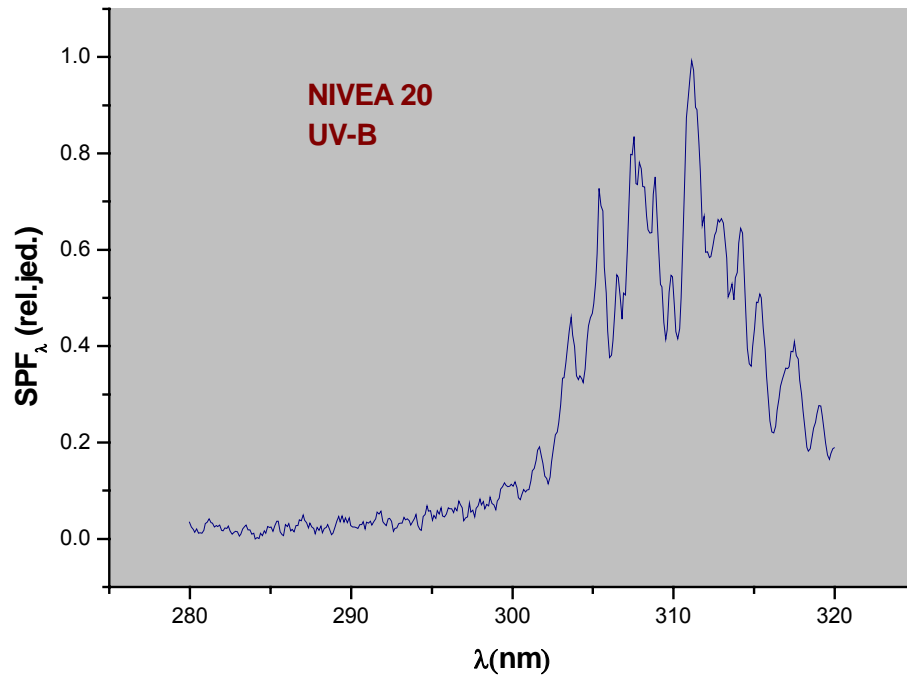
*Grafik 6.6.*



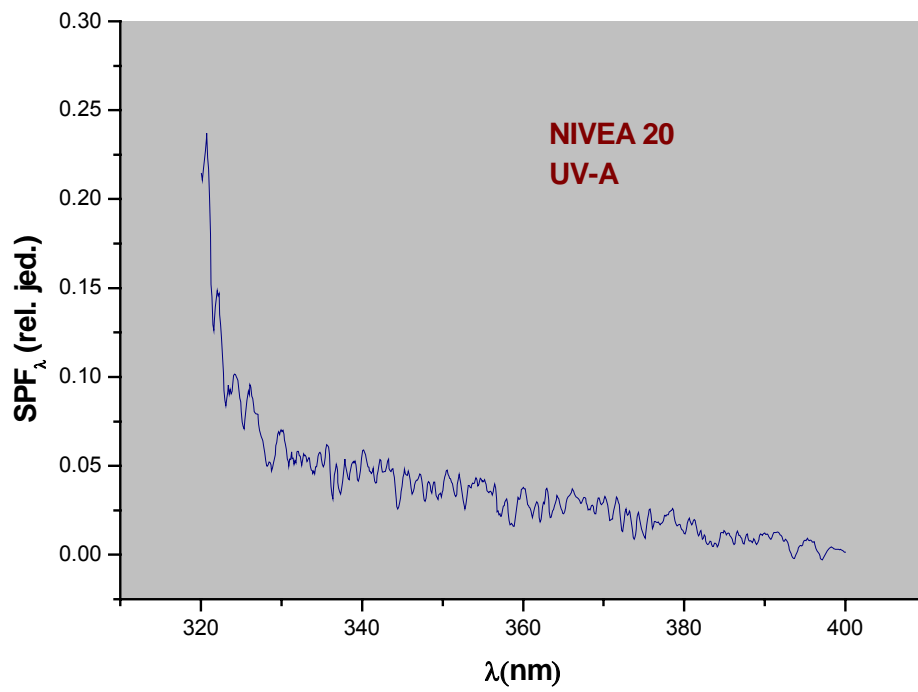
*Grafik 6.7.*



*Grafik 6.8.*

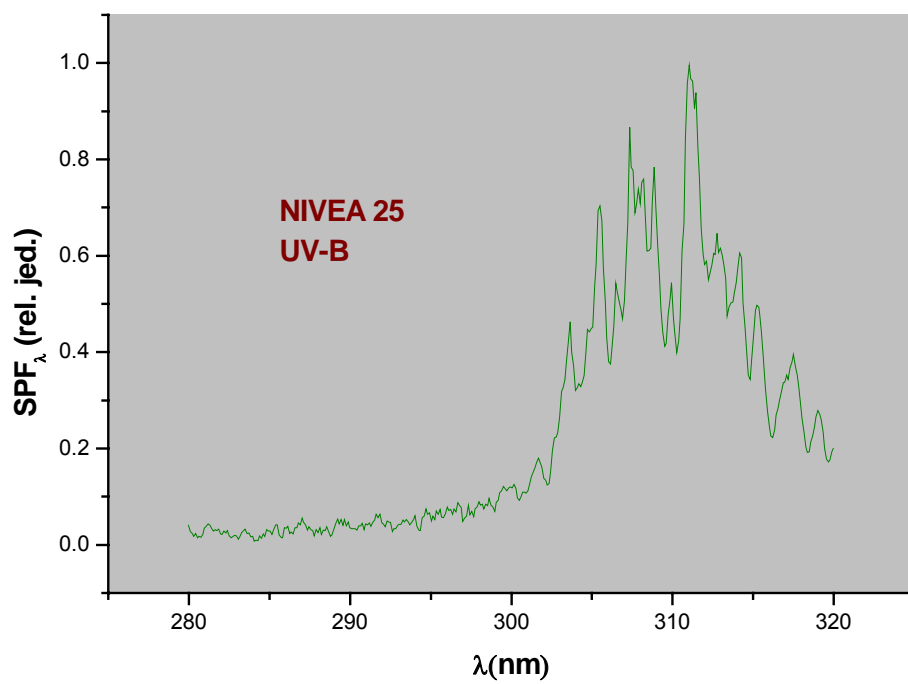


*Grafik 6.9.*

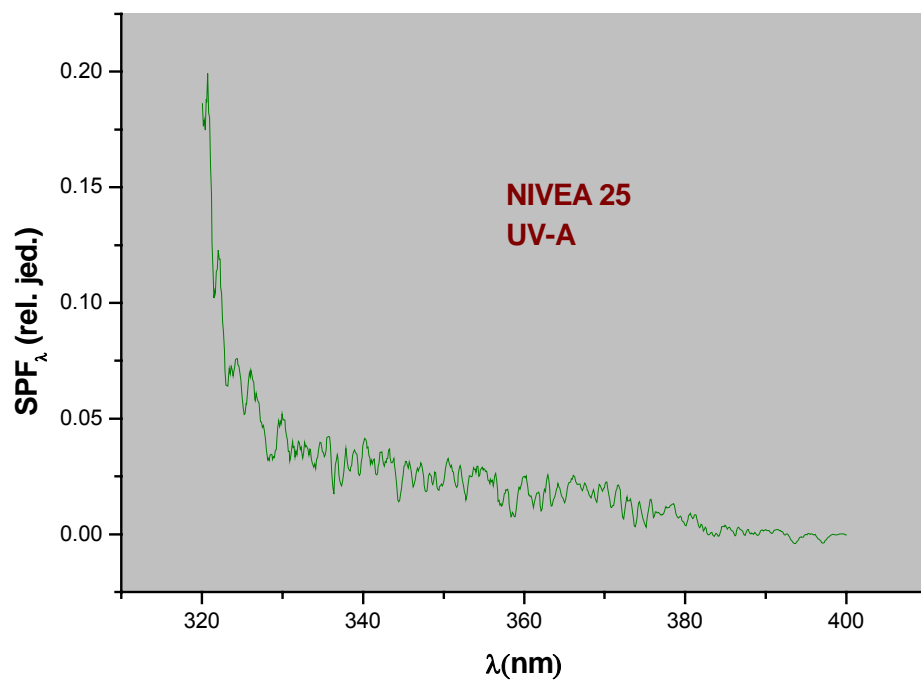


*Grafik 6.10.*

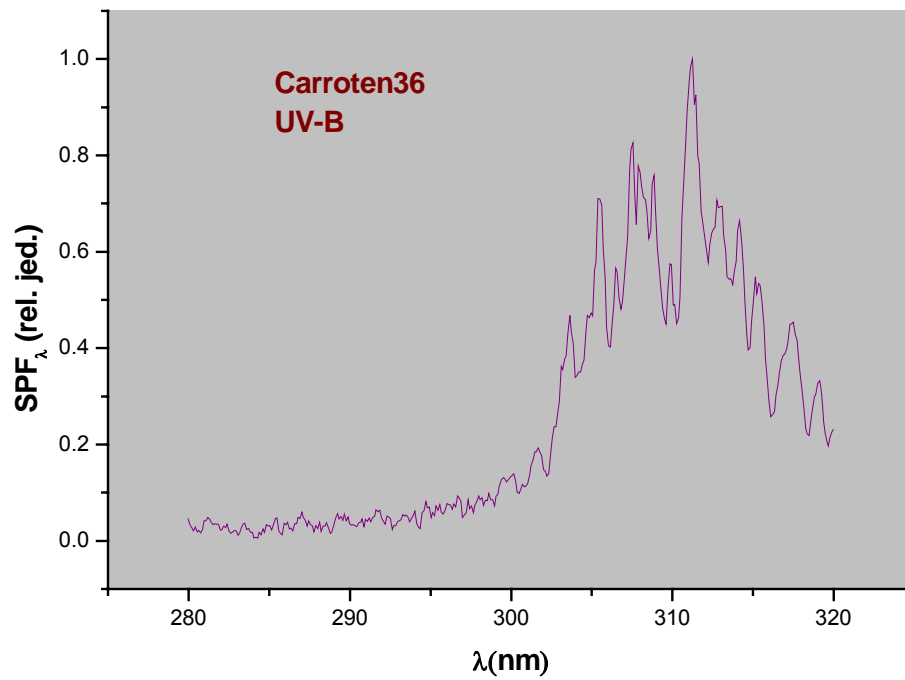




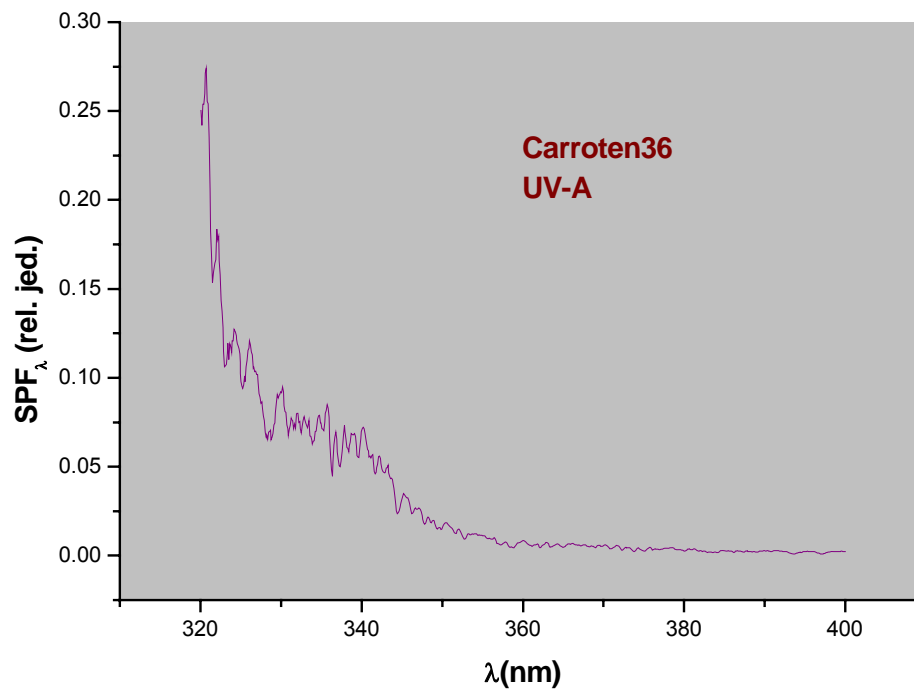
*Grafik 6.11.*



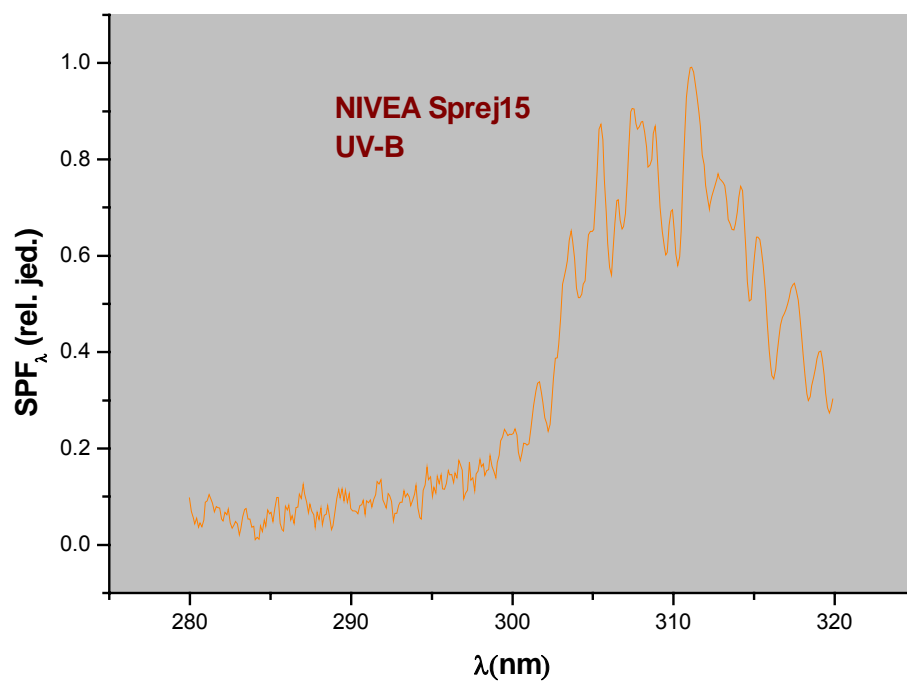
*Grafik 6.12.*



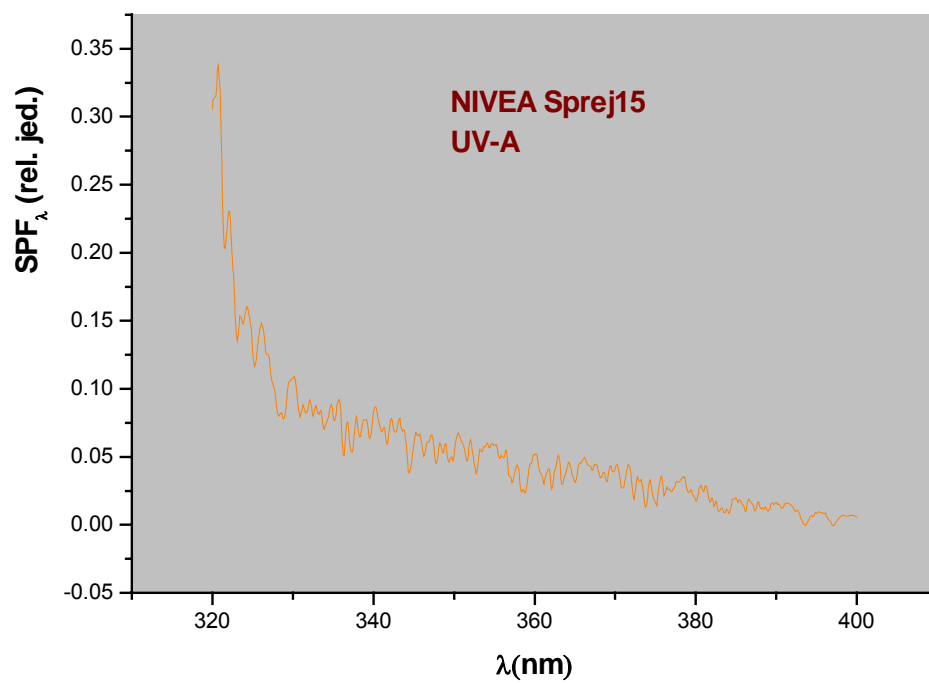
*Grafik 6.13.*



*Grafik 6.14.*



*Grafik 6.15.*



*Grafik 6.16.*

Prikazane karakteristike pokazuju da ispitivani preparati najviše ispoljavaju apsorpcione osobine u UV-B i u bliskoj UV-A oblasti zračenja. Širina krive na polovini visine kod svih izmerenih preparata je približno 10 nm. Maksimumi apsorpcionih karakteristika preparata nalaze se u okolini  $\lambda=311$  nm odnosno u sredini UV-B oblasti zračenja Sunca.

Izračunate vrednosti zaštitnog faktora (Relacija 4.4.) za šest preparata korišćenih u eksperimentu prikazane su u Tabeli 6.2. SPF predstavlja zaštitni faktor koji je obeležen na ambalaži preparata.  $SPF^{exp}$  je vrednost izračunatog SPF-a za ceo UV spektar. Uz svaku eksperimentalno dobijenu vrednost navedena je i merna nesigurnost računata na osnovu relacije 6.2.

U Tabeli 6.2. su takođe prikazane brojne vrednosti  $SPF^{exp}$  za UV-B i UV-A deo spektra Sunčevog zračenja.

NAZIV PREPARATA	SPF	$SPF^{exp}$	$SPF^{exp}_{UVB}$	$SPF^{exp}_{UVA}$	RELATIVNO ODSUPANJE [%]
<i>As20</i>	20	13.41(22)	9.65247	3.76437	- 49.07
<i>NIVEASprej15</i>	15	18.2 (20)	13.46008	4.41562	+ 21.61
<i>NIVEA20</i>	20	12.4 (25)	9.54448	2.9332	- 60.27
<i>NIVEA25</i>	25	11.4 (28)	9.5355	1.92517	- 54.15
<i>Carroten16</i>	16	11.7(20)	8.70004	3.06094	- 26.49
<i>Carroten36</i>	36	22.5(24)	17.99093	4.51371	- 37.49

Tabela 6.2.

Rezultati u Tabeli 6.2. pokazuju da se izračunate vrednosti datih preparata  $SPF^{exp}$  ne poklapaju sa vrednostima SPF-a navedenih od strane proizvođača. Interesantno je da su za sve preparate, osim preparata *NIVEA Sprej15*, dobijene manje vrednosti zaštitnog faktora. S obzirom na odsustvo fizičkih filtra u analiziranim rastvorima (Grafik 6.2.), apsorpcija UV zračenja rastvora je manja od apsorpcije preparata. Samim tim za brojnu vrednost zaštitnog faktora dobijena je manja vrednost.

Iako je potvrđeno da u merenim rastvorima nije bilo fizičkih filtra, izračunate vrednosti zaštitnog faktora su ipak vrlo visoke. Relativno velike eksperimentalno dobijene vrednosti zaštitnog faktora potvrđuju prisustvo hemijskih filtara u rastvorima preparata. Ove supstance imaju znatne apsorpcione karakteristike u UV oblasti zračenja, pa utiču na povećanje vrednosti zaštitnog faktora preparata. Samo za preparat u obliku spreja dobijena je veća vrednost zaštitnog faktora. Preparat *NIVEA Sprej15* potpuno se rastvorio u etanolu, što znači da u sastav ovog preparata ulaze samo hemijski fitri rastvorljivi u organskom rastvaraču. S obzirom da su u analiziranom rastvoru ovog

preparata prisustvovala sve supstance koje igraju ulogu apsorbera UV zračenja, za  $SPF^{exp}$  ovog preparata je dobijena nešto veća vrednost od SPF.

Jedan od mogućih razloga za odstupanje izmerenih vrednosti SPF od vrednosti navedenih od strane proizvođača, je oblik korišćenog Sunčevog spektra. U ovom radu je korišćen snimljeni spektar Sunčevog zračenja koji se može razlikovati od spektra korišćenog u drugim merenjima.

Greška merenja odnosi se na ceo UV spektar i računata je na osnovu zakona o propagaciji greške (Relacija 6.1.).

$$\Delta^2 SPF = \left( \frac{\partial SPF}{\partial I_0} \right)^2 \Delta^2 I_0 + \left( \frac{\partial SPF}{\partial I} \right)^2 \Delta^2 I \quad 6.1.$$

Konačna formula prikazana je Relacijom 6.2. Za  $I$ ,  $I_0$  uzete su srednje vrednosti intenziteta propuštenog zračenja na celom UV spektru, a za mernu nesigurnost ovih veličina procenjena je vrednost  $\Delta I = 1.5$ . Veličine  $\lambda_2$  i  $\lambda_1$  određuju oblast zračenja talasnih dužina UV spektra za koju je računat zaštitni faktor preparata.

$$\Delta^2 SPF = (15 \ln 10)^2 \left[ \left( \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \frac{10^{15(1 - \frac{I_\lambda}{I_{0\lambda}})}}{I_{0\lambda}} d\lambda \right)^2 (\Delta I_\lambda)^2 + \left( \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} 10^{15(1 - \frac{I_\lambda}{I_{0\lambda}})} \frac{I_\lambda}{I_{0\lambda}^2} d\lambda \right)^2 (\Delta I_{0\lambda})^2 \right] \quad 6.2.$$

Intenzitet upadnog zračenja  $I_{0\lambda}$  ima mnogo veću vrednost od intenziteta propuštenog zračenja  $I_\lambda$ . Zbog toga je drugi član u prethodnoj relaciji koji sadrži množitelj  $\frac{I_\lambda}{I_{0\lambda}^2}$  veoma mali u odnosu na prvi član i ne utiče mnogo na red veličine greške.

Izračunate vrednosti  $\Delta SPF$  date su u Tabeli 6.2. Pored apsolutne greške merenja zaštitnog faktora preparata u Tabeli 6.2. prikazane su i vrednosti relativnog odstupanja zaštitnog faktora izračunatog spektrometrijskom metodom u odnosu na vrednosti SPF istaknute na ambalaži preparata. Relativna greška izražena je u procentima.

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da se ova metoda može koristiti za određivanje zaštitnog faktora preparata za zaštitu od UV zračenja, ali treba obratiti pažnju na vrstu rastvarača u kojem se rastvara mereni preparat. Kada se u eksperimentu analizira apsorpcija preparata koji sadrži samo hemijske filtre onda se može koristiti i organski rastvarač. Međutim, ako se snima apsorpcioni spektar preparata koji pored hemijskih sadrži i fizičke filtre u vidu neorganskih jedinjenja, kao rastvarač je poželjno koristiti neorgansko jedinjenje.

Što se tiče analiziranja apsorpcionih karakteristika preparata za zaštitu od sunčevog zračenja, opisana spektrometrijska metoda se najviše primenjuje u ispitivanjima apsorpcionih osobina novih, neispitanih preparata.

## ZAKLJU AK

U ovom radu snimani su apsorpcioni spektri preparata za zaštitu od Sunca. U tu svrhu korišćen je spektrometar Oceans Optics HR2000, pomoću kojeg je meren intenzitet propuštenog zračenja kroz rastvor ispitivanog preparata u UV oblasti zračenja. Kao izvor UV zračenja korišćena je halogena sijalica snage 250 W. Apsorpcija merenih uzoraka računata je na osnovu Lambert-Beerovog zakona. Biloški aktivan spektar kojim se izlaže uzorak dobijen je množenjem eritemskog i Sunčevog spektra. Eritemski spektar je unapred dat, a Sunčev spektar je sniman pomoću spektrometra Oceans Optics HR2000. Na osnovu dobijenih rezultata formirani su apsorpcioni spektri.

Prvi deo merenja odnosio se na određivanje apsorpcionih osobina preparata *As 20*. Apsorpcija je merena za 0,7%, 1,5%, 3% i 6% rastvorenog preparata u koncentrovanom etanolu. Za svaki od navedenih uzoraka apsorpcioni spektar pokriva UV-B i UV-A oblast zračenja. Međusobnim poređenjem krivih apsorpcije može se primetiti da za sve četiri koncentracije apsorpcija raste do 370 nm. Iznad ovih talasnih dužina krive se razdvajaju, a sa povećanjem koncentracije maksimi krivih pomeraju se ka dužim talasnim dužinama. Apsorpcija sva četiri uzorka nakon 380 nm veoma brzo opada, da bi već na 400 nm dostigla vrednost jednaku nuli. Rezultati snimanja apsorpcionih spektara preparata za zaštitu od UV zračenja *As20* za četiri različite koncentracije preparata u rastvoru, pokazuju da ovaj preparat poseduje izuzetna apsorpciona svojstva u oblasti ultravioletnog zračenja.

U drugom delu ovog rada računat je zaštitni faktor preparata za zaštitu od Sunca na osnovu snimljenih intenziteta propuštenog zračenja kroz 1%-tni rastvor preparata u koncentrovanom etanolu. Zaštitni faktor je računat za svaku talasnu dužinu posebno, a zatim je formirana zavisnost zaštitnog faktora od talasne dužine. Integraljenjem dobijene krive po talasnim dužinama određenog opsega određena je brojna vrednost zaštitnog faktora za UV-A, UV-B ili kompletnu UV oblast zračenja. Merenja su izvršena za šest uzoraka preparata, domaćih i stranih proizvođača. Kod svih merenih preparata, osim preparata u obliku spreja, primećen je talog u rastvoru. Rengenoststrukturnom analizom taloga preparata *As20* potvrđeno je prisustvo fizičkog filtra, ZnO. Brojne vrednosti zaštitnog faktora dobijene u ovom radu pokazuju odstupanja od poznatih vrednosti navedenih od strane proizvođača. Zbog odsustva fizičkog filtra u analiziranim rastvorima preparata u obliku mleka brojna vrednost zaštitnog faktora merenih preparata je manja od vrednosti zaštitnog faktora date od strane proizvođača. Za preparat u obliku spreja dobijena je veća vrednost zaštitnog faktora čime je potvrđeno prisustvo svih hemijskih filtara u analiziranom rastvoru. Na relativno odstupanje vrednosti zaštitnih faktora utiče i oblik Sunčevog spektra korišćen u izračunavanju zaštitnog faktora, koji se razlikuje od Sunčevog spektra korišćenog u drugim merenjima.

Na osnovu rezultata dobijenih u ovom radu može se zaključiti da se opisanom spektrometrijskom metodom može odrediti brojna vrednost zaštitnog faktora preparata. Spektrometrijska metoda ipak ima najveću primenu u ispitivanjima novih farmaceutskih preparata čije apsorpcione osobine nisu poznate.

## DODATAK

### Tipovi kože

1975. godine konvencijom je određeno šest tipova kože. Podela je izvršena prema načinu i brzini reakcije na Sunčevo zračenje:

- tip I , keltski tip kože: lako gori, nikada ne tamni. Svetle oči, beo ten sa pegama. Načešće zastupljen u Kanadi i na krajnjem severu Evrope
- tip II, germanski tip kože: lako gori, vrlo malo tamni. Oči plave, smeđe ili boje lešnika, kosa riđa ili svetla, a ten svetao.
- tip III, srednjoevropski, kavkaski tip kože: umereno gori, postepeno i ravnomerno tamni, ne mnogo. Ten je srednje svetao.
- tip IV, mediteranski, mongolski, orijentalni ili hispano tip kože: minimalno gori i uvek dobro tamni do srednje tamne nijanse. Koža je svetla ili umereno tamna, oči i kosa su tamnosmeđe boje.
- tip V, hispano, indijanski (Američki i istočni Indijanci) tip kože: retko gori, dobro tamni do tamnobraon nijanse. Neosunčana koža je vrlo tamna.
- tip VI, crni (afrički i američki crnci, austrlijski i južnoindijski Aboridžini): koža nikad ne gori, ima veliku količinu pigmenta , potpuno je crna i bez sunčanja.

Postoji trideset pet nijansi crne, a samo sedam nijansi bele kože. Boju kože određuju količina, veličina, oblik i raspored granula u kojima se nalazi pigment melanin (tzv. melanozomi). U koži crnaca nalaze se veći i brojniji melanozomi nego kod belaca, što omoućava četiri puta veću sintezu melanina nego kod belaca. Međutim, u najtamnijoj koži Afričkih crnaca nalazi se samo nekoliko stotina miligrama više melanina nego u najsvetlijoj koži ljudi iz severne Evrope. Svaka koža sadrži dve vrste melanina: eumelanin i feomelanin. Zastupljenost jednog od ova dva pigmenta, stepen oksidacije i raspored određuju nijansu boje kože.

### Šta zna i zaštitni faktor na preparatima za Sun anje?

Delovanje zaštitnih prepata na kožu je individualno. Da bi se preparati za zaštitu od Sunčevog zračenja pravilno koristili potrebno je znati vreme za koje koža pojedinca pocrveni kada je izložena UV zračenju podnevnog Sunca. Množenjem ovog vremena izlaganja sa brojnomo vrednošću zaštitnog faktora, koja je označena na ambalaži preparata, svaki pojedinac može izračunati koliko dugo je njegova koža zaštićena preparatom određenog zaštitnog faktora. Što je koža osetljivija, brže gori na Suncu, pa je poželjno da osobe sa ovim tipom kože koriste preparate sa visokim zaštitnim faktorom (SPF 20 i više).

## LITERATURA

1. Zoran Mijatović, Ljiljana Čonkić, Suzana Miljković, UV-zračenje izvori, osobine, efekti i zaštita, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad ( 2002.)
2. Darko Kapor, Predavanja na predmetu Zračenje u atmosferi (IV/V semestar, za smer: diplomirani fizičar-meteorolog)
3. Škola "Mladi fizičari", knjiga XXII, Нашето Сонце, Institut za fiziku, Prirodno matematički fakultet, Skoplje (1996.)
4. Suzana Miljković, Ispitivanje zaštitnog efekta titan-dioksida u emulzijama V/U, in vitro, magistarski rad, Univerzitet u Beogradu (1997.)
5. P.Alexander, Ultrafine titanium dioxide makes the grade, *Manufacturing Chemist* 21 (1991.)
6. B.L. Diffey, J. Robson, A new substrate to measure sunscreen protection factors throught the ultraviolet spectrum. *J. Soc. Cosmet. Chem.* 40, 127-133 (1998.)
7. M. Stockdale, Sun Protection factors, *Int. J. Cosm. Sci.* 7, 235 (1985.)
8. M. Vivirito, Photoprotection against UV-light: An overview. *DCI*, 32 (1989.)
9. G.H. Pittet, Human test methods for determining SPFs. *DCI*, 24 (1988.)
10. G. Gibbs, Raising the stakes. *SPC*, 27 (1995.)
11. Anon., A safe tan is still the aim of most consumers. *CTMS* , 16 (1995.)
12. J. Ferguson, COLIPA unifies SPF testing. *SPC*, 40 (1995.)
13. Anon, Bringing european SPF tests up to standard. *CTMS*, 20 (1995.)
14. V. Gordon, SPF evaluation via in vitro methodology, *DCI*, 30 (1992.)
15. B. Herzog, Prediction of Sun Protection Factors by Calculation of Transmissions with a Calibrated Step Film Model, *Ciba Speciality Chemicals Inc.*, 5, 23 (????).
16. [www.oceansoptics.com](http://www.oceansoptics.com)
17. [www.zdravzivot.net](http://www.zdravzivot.net)
18. [www.medicinenet.com](http://www.medicinenet.com)



## BIOGRAFIJA

Rođena sam 05.07.1980. u Novom Sadu. Pohađala sam osnovnu školu „Prva vojvođanska brigada” u Novom Sadu. Godine 1994. godine upisala sam Gimnaziju „Jovan Jovanović-Zmaj” u Novom Sadu. Po završetku gimnazije, 1999. godine, upisala sam Prirodno-matematički fakultet, na Univerzitetu u Novom Sadu. Odlučila sam se za fiziku, smer diplomirani fizičar. U februaru 2006. godine položila sam sve ispite predviđene planom i programom.



UNIVERZITET U NOVOM SADU  
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

*Redni broj:*

**RBR**

*Identifikacioni broj:*

**IBR**

*Tip dokumentacije:*

Monografska dokumentacija

**TD**

*Tip zapisa:*

Tekstualni štampani materijal

**TZ**

*Vrsta rada:*

Diplomski rad

**VR**

*Autor:*

Nataša Antonijević, 422/99

**AU**

*Mentor:*

Dr Zoran Mijatović, redovan profesor

**MN**

*Naslov rada:*

Određivanje zaštitnog faktora preparata za zaštitu od Sunca  
spektroskopskom metodom  
srpski (latinica)

**NR**

*Jezik publikacije:*

**JP**

*Jezik izvoda:*

srpski/engleski

**JI**

*Zemlja publikovanja:*

Srbija

**ZP**

*Uže geografsko područje:*

Vojvodina

**UGP**

*Godina:*

2006.

**GO**

*Izdavač:*

Autorski reprint

**IZ**

*Mesto i adresa:*

Prirodno-matematički fakultet, Trg Dositeja Obradovića 4, Novi Sad

**MA**

*Fizički opis rada:*

(9/49/4/5/24/1)

**FO**

*Naučna oblast:*

Fizika

**NO**

*Naučna disciplina:*

Spektroskopija

**ND**

*Predmetna odrednica/ ključne reči:*

UV zračenje, SPF, UV zaštita

**PO**

**UDK**

*Čuva se:*

Biblioteka departmana za fiziku, PMF-a u Novom Sadu

**U**

*Važna napomena:*

Nema

**VN**

*Izvod:*

U radu su snimljeni apsorpcioni spektri rastvora preparata za zaštitu od UV zračenja. Na osnovu merenih spektara izračunat je zaštitni faktor preparata za zaštitu od sunčevog zračenja. Dobijeni rezultati pokazuju slaganje sa brojnom vrednošću zaštitnog faktora datog od strane proizvođača.

**IZ**

*Datum prihvatanja teme od NN veća:*

**DP**

*Datum odbrane:*

**DO**

*Članovi komisije:*

**KO**

*Predsednik:*

*član:*

*član:*

Dr Miroslav Vesković, redovan profesor

Dr Radomir Kobilarov, redovan profesor

De Zoran Mijatović, redovan profesor

UNIVERSITY OF NOVI SAD  
FACULTY OF SCIENCE AND MATHEMATICS

KEY WORDS DOCUMENTATION

*Accession number:*

**ANO**

*Identification number:*

**INO**

*Document type:*

Monograph publication

**DT**

*Type of record:*

Textual printed material

**TR**

*Content code:*

Final paper

**CC**

*Author:*

Nataša Antonijević, 422/99

**AU**

*Mentor/comentor:*

Dr Zoran Mijatović, redovan profesor

**MN**

*Title:*

Determination of Sun Protected Factor by the spectroscopic method

**TI**

*Language of text:*

Serbian (Latin)

**LT**

*Language of abstract:*

English

**LA**

*Country of publication:*

Serbia

**CP**

*Locality of publication:*

Vojvodina

**LP**

*Publication year:*

2005

**PY**

*Publisher:*

Author's reprint

**PU**

*Publication place:*

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

**PP**

*Physical description:*

(9/49/4/5/24/1)

**PD**

*Scientific field:*

Physics

**SF**

*Scientific discipline:*

Spectroscopy

**SD**

*Subject/ Key words:*

UV radiation, SPF, UV protection

**SKW**

**UC**

*Holding data:*

Library of Department of Physics, Trg Dositeja Obradovića 4

**HD**

*Note:*

none

**N**

*Abstract:*

In this work the absorption spectra of solution of sunscreen cremes were recorded. Using these spectra SPF were determined. The determined values show good agreement with the values given by producer.

**AB**

*Accepted by the Scientific Board:*

**ASB**

*Defended on:*

**DE**

*Thesis defend board:*

**DB**

*President:*

Dr Miroslav Vesković, full professor

*Member:*

Dr Radomir Kobilarov,

*Member:*

Dr Zoran Mijatović, full professor