



UNIVERZITET U NOVOM SADU
PRIRODNO-MATEMATIČKI
FAKULTET
DEPARTMAN ZA FIZIKU



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ

ПРИМЉЕНО:	30. 09. 2008
ОРГАНИЗ.ЈЕД.	БРОЈ
0603	9 1347

**Obrada nastavne teme
«OPTIČKE POJAVE U ATMOSFERI»
za srednje škole**

- Diplomski rad -

Mentor

prof. dr Dušanka Obadović

Kandidat:

Nataša Miljenović

Novi Sad, 2008.

Zahvaljujem se svojoj majci i sestri i svim priateljima, kao i profesorima Prirodno-matematičkog fakulteta na ukazanoj podršci.

Takođe se zahvaljujem i profesorki Dušanki Obadović na strpljenju i ukazanom poverenju.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	2
2. ISTORIJAT: O POSMATRANJU OPTIČKIH POJAVA.....	3
3. TEORIJSKI DEO.....	7
3.1. KARAKTERISTIKE ATMOSFERE.....	7
3.2. OSOBINE SVETLOSTI.....	13
3.3. FIZIČKO OBJAŠNJENJE OPTIČKIH POJAVA U ATMOSFERI.....	23
4. OBRADA NASTAVNE TEME «OPTIČKE POJAVE U ATMOSFERI.....	33
4.1. OBRADA NASTAVNE JEDINICE «BOJE NEBA, DUGA I FATAMORGANA».....	33
4.2. OBRADA NASTAVNE JEDINICE «POMRAČENJE SUNCA I MESECA I HALO EFEKAT».....	35
4.3. OBRADA NASTAVNE JEDINICE «POLARNA SVETLOST».....	36
5. DEMONSTRACIONI OGLEDI.....	37
5.1. DEMONSTRACIONI OGLEDI NASTAVNE JEDINICE «BOJE NEBA, DUGA I FATAMORGANA».....	37
5.2. DEMONSTRACIONI OGLEDI NASTAVNE JEDINICE «POMRAČENJE SUNCA I MESECA I HALO EFEKAT».....	40
6. ZAKLJUČAK.....	41
Literatura.....	42
Biografija.....	43



1. UVOD

Optičke pojave u atmosferi su, oduvek, privlačile pažnju ljudi. Stare civilizacije su ih smatrali kao znakove koje šalju bogovi i, uglavnom, su imale negativno značenje. Razvojem nauke, civilizacije, otkrićem teleskopa i drugih optičkih instrumenata, usledila su objašnjenja ovih pojava.

Za razumevanje optičkih pojava u atmosferi potrebno je poznavati osnovne zakone optike. Optika ili nauka o svetlosti je oblast fizike u kojoj se proučavaju osobine svetlosti i njena dejstvo sa materijalnom sredinom kao i promene koje se usled toga dešavaju. Tako se boje neba objašnjavaju zakonima prelamanja svetlosti i difuznog odbijanja, duga se objašnjava disperzijom i totalnom refleksijom.

Da bi objašnjenje optičkih pojava bilo potpuno treba uvesti i neke osnovne pojmove o atmosferi. Potrebno je znati šta je atmosfera, od čega se sastoji i koje su njene osobine.

Sklop zakona optike i osobina atmosfere daju razumljive opise optičkih pojava u atmosferi.

Ovaj rad sadži nekoliko poglavlja. U njima se govori o istoriji razvoja optike, zatim o karakteristikama atmosfere, o osobinama svetlosti, kao i o optičkim pojavama u atmosferi.

Rad takođe sadrži i obradu nastavne teme «Optičke pojave u atmosferi», kao i demonstracione oglede iz gore pomenute teme.

2. ISTORIJAT: O POSMATRANJU OPTIČKIH POJAVA

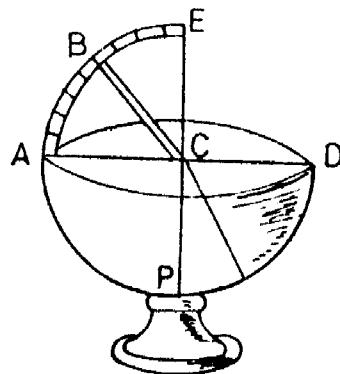
Optika je, prvo bitno, nastala kao pokušaj da se odgovori na pitanje zašto je čovek u stanju da vidi predmete koji ga okružuju. Odgovor na ovo pitanje pokušali su da daju stari Grci i na taj način su postavili prve naučne osnove optike.

Odgovori su se sastojali od tri mogućnosti. Prva mogućnost je ta, da između predmeta i oka prolazi neki fluid. Taj fluid ističe od predmeta ka oku, ili fluid polazi od oka ka posmatraču, ili pak da se oba fluida susreću. Druga mogućnost je da se svetlost sastoji od atoma, a treća je ta da je reč o poremećaju koji se prostire kroz sredinu. Već se ovde naslučuje "borba" između naučnika koji zastupaju čestičnu prirodu svetlosti i naučnika koji zastupaju talasnu prirodu svetlosti. Ova "borba" će pratiti celu istoriju razvoja optike.

Bila su zastupljena mišljenja da izvesna tela, u određenim uslovima, predstavljaju izvore svetlosti, koja dospevši u naše oko izazivaju osećaj viđenja. Druga tela postaju vidljiva zahvaljujući tome što apsorbuju svetlost, ili menjaju pravac njenog prostiranja. Tako se reč "svetlost" počela upotrebljavati za označavanje ona objektivne pojave izvan nas, koja, dejstvujući na naše oko izaziva subjektivni osećaj viđenja.

Naučnici stare Grčke su, kao osnovno svojstvo svetlosti, isticali pravolinjsko prostiranje svetlosti u homogenoj sredini i zakon refleksije. Ovim zakonima bavili su se Euklid, Arhimed, Heron i Ptolomej.

Za Ptolomeja vezuje se i čunjenica da je napravio i prvi instrument u istoriji fizike, namenjen eksperimentalnom merenju. Ovaj instrument služio je za određivanje uglova upadanja i prelamanja.



Slika 1 – Ptolomejev instrument

Pored ovih zakona, Grci su se bavili i bojama. Tako je hipoteza pitagorejaca bila ta da se sve kombinuje od bele, crne, crvene i žute boje. Aristotel je govorio da su sve boje izvedene iz Sunčeve svetlosti i da su njen sastavni deo. Takođe, objašnjava i dugu gde kaže:

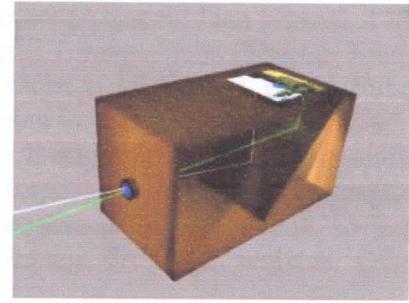
- duga nastaje odbijanjem Sunčevih zraka od oblaka
- oblak tretira kao celinu i na uzima u obzir interakciju sa kapljicama
- oblik objašnjava "polusfernim modelom". U centru polusfere je posmatrač, a na njoj je oblak. Pojava duge uslovljena je odnosom između udaljenosti Sunce-oblak, prema udaljenosti oblak-posmatrač. Ta udaljenost je ista za sva mesta.

Razvoj optike nastavili su Arapi. Znali su da se pomoću staklenih sočiva mogu smanjivati ili povećavati likovi predmeta. Jedan od istaknutih naučnika tog vremena je Alhazen (Abū Alī al-Hasan ibn al-Hasan ibn al-Haytham, 965 – 1039). U svojoj Optici piše o

svetlosti i oku i uvodi fiziološke termine koji se i danas koriste(iris, retina). Pored ovoga, piše i o optičkim iluzijama, o odbijanju zraka i formiraju slike u ravnim, sferskim, konusnim i cilindričnim ogledalima. Uvodi i nove elemente u tretiranju odbijanja i prelamanja, gde govori o brzini svetlosti i smatra je konačnom. Na osnovu svojih istraživanja pravi prvi optički instrument, lupu.

Nakon ovih sjajnih otkrića, dolazi do prekida istraživanja. Taj period u istoriji nazvan je mračni srednji vek. Svaka ideja koja je bila u suprotnosti sa strogim učenjem crkve, je kažnjavana, mnogo puta najsurovijim sredstvima. Ali, i u ovom periodu imamo značajan napredak. Značajni naučnici tog doba bili su Rodžer Bejkon (Roger Bacon, 1214–1294) i Đanbatista Dela Porta (Giambattista della Porta, 1535 – 1615). Bejkon uvodi fundamentalni koncept fokusa izučavajući sferna ogledala. Za ime Porta vezuje se tzv. mračna komora (camera obscura). U mračnoj komori dobija se obrnuta slika predmeta što predstavlja direktni dokaz pravolinjskog prostiranja svetlosti. Za ovaj period vezuje se još jedno značajno otkriće. Krajem XIII i početkom XIV veka pronađene su naočari. U početku su postojale samo naočari za dalekovide, dok se naočare za kratkovide pojavljuju, prvi put u XVI veku.

Završetkom srednjeg veka dolazi do progresa u svim oblastima ljudskog interesovanja, pa tako i u nauci. U XVII veku Vilebrord Snel (Willebrord Snell, 1591-1625) je, verovatno, prvi našao zakon prelamanja, ali svoje beleške nikad nije objavio. 1630. godine René Dekart (René Descartes, 1596-1650) matematičkim putem izvodi zakon prelamanja. Ovaj zakon je danas poznat pod imenom Snel-Dekartov zakon.



Slika 2 – Mračna komora

Dekart je smatrao da je svetlost struja brzih čestica. Nasuprot ovom gledištu Robert Huk (Robert Hooke, 1636-1703) je tvrdio da je svetlost zasnivana na treperenju. Ova ideja potiče od toga što u stvarnosti postoji odstupanja od pravolinjskog prostiranja svetlosti. Te pojave poznate su pod imenom interferencija i difrakcija. Tako se u ovom periodu stvaraju dve teorije o prirodi svetlosti.

Prva od njih je emisiona ili korpuskularna teorija (lat. corpusculum = telašce, zrnce). Ovu teoriju zasnovao je Isak Njutn (Isaac Newton, 1642-1727), 1669. godine. On je pretpostavio da se svetlost sastoji od vrlo sitnih materijalnih čestica. Korpuskule su elastične, a kroz prostor se kreću pravolinjski velikom brzinom. Kada ove čestice udružuju u oko izazivaju osećaj vida.

Rastavljanje bele svetlosti u boje duge, Njutn objašnjava na ovaj način. Svaka boja ima česticu određene mase. Zbog toga, pri propuštanju bele svetlosti kroz prizmu, gravitacija će jače delovati na čestice veće mase, pa će one jače skretati od svoje putanje. Tako će se izdvajati razne boje i prelameće se pod različitim uglom. Pošto se ljubičasti zraci najjače lome, prema ovoj teoriji, oni se sastoje od najvećih čestica. Na taj način, Njutn je uspeo da objasni odbijanje, prelamanje i rasipanje svetlosti. Nadostatak ove teorije je bilo to, što nije mogla da objasni pojavu interferencije i difrakcije.

Nasuprot ovoj teoriji Kristijan Hajgens (Christiaan Huygens, 1629-1697) postavlja talasnu ili undulacionu teoriju (lat. undulatus=talasast). Osnovna postavka ove teorije je ta da je svetlost talasna pojava. Hajgens kaže da svetlost nastaje tako što svetlosni izvori stavljuju u talasno kretanje jedno tanano, nedeljivo i nemjerljivo sredstvo kojim je ispunjen ceo vazionski prostor, odnosno etar. Dakle, smatrano je da se svetlost prostire kroz etar kao talasno kretanje u svim pravcima velikom brzinom. Tako Hajgens postavlja svoj princip koji kaže da se

svetlosni talas širi tako da svaka tačka neke talasne površine, odnosno glavnog talasa postaje izvor jednog novog talasa, odnosno, elementarnog talasa.

Razlaganje bele svetlosti na dugine boje objašnjava talasnim dužinama svetlosti. Smatralo se da se svetlost sastoji iz svetlosnih zrakova različitih talasnih dužina. Stoga, kad se zraci bele svetlosti međusobno razlože pomoću prizme vidimo svetlost duginih boja. Zraci različitih talasnih dužina lome se kroz prizmu pod različitim uglom. Zraci crvene boje skreću najmanje, a zraci ljubičaste najviše. I ova teorija uspela je da objasni zakone prelamanja i odbijanja, ali i još jedne pojave koja se nije mogla drugačije objasniti, pojavu dvojnog prelamanja.

Savijanje svetlosti oko rubova nekog predmeta, ili difrakciju uočio je Frančesko Grimaldi (Francesco M Grimaldi, 1613-1663) još 1665. godine, ali značaj njegovih zapažanja tada nije bio shvaćen. Tek 1815. godine Avgustin Frenel (Augustin Jean Fresnel, 1788-1827) daje objašnjenje ove pojave. 1827. godine eksperimenti Tomasa Janga (Thomas Joung, 1773-1829) o interferenciji i kasnija merenja brzine svetlosti u tečnostima Leona Fukoa (Jean Bernard Léon Foucault, 1819-1868) potvrdili su talasnu teoriju svetlosti.

U ovoj teoriji ostalo je nerešeno pitanje da li su svetlosni talasi longitudinalni ili tresverzalni. Hajgens, a isto tako Frenel i Jang su pretpostavili da je svetlost longitudinalan talas. Takva je prirodna svetlost. Ona se jednakom ponaša u svim pravcima, to jest ona je nepolarizovana. U nekim slučajevima, svetlost pokazuje drugačija svojstva. Ova pojava naziva se polarizacija.

Potvrda polarizacije je pojava dvojnog prelamanja kod kristala islandskog kalcita. Za ovu pojavu znao je Hajgens. Iz kalcita izlaze dva prelomljena zraka i ponašaju se drugačije nego upadni zrak, ali nije mogao da utvrdi uzrok ove pojave. Tek 1808. godine Luj Etijen Malus (Etienne-Louis Malus; 1775 - 1812) je dokazao da je uzrok polarizacija.

Sledeći veliki korak napred u teoriji svetlosti bio je rad Džemsa Klerka Maksvela (James Clerk Maxwell, 1831-1897). 1873. godine Maksvel je pokazao da oscilujuće električno kolo treba da izrači elektromagnetne talase. Brzina prostiranja talasa može da bude izračunata iz čisto električnih i magnetnih merenja i pokazalo se da je vrlo približna 3×10^8 m/sec. To je bilo ravno izmerenoj brzini prostiranja svetlosti. Dokaz da je svetlost elektromagnetno zračenje male talasne dužine izgledao je nesumnjiv. 1888. godine Hajnrih Herc (Heinrich Rudolf Hertz, 1857-1894) uspeo je da proizvede talase malih talasnih dužina, danas poznati kao mikro-talasi, koji su, nesumnjivo elektromagnetsnog porekla i imaju sve osobine svetlosnih talasa. Mogu biti odbijeni, prelomljeni, polarizovani. Ovo je predstavljalo "triumf" talasne optike.

Međutim, uočena je pojava da svetlost koja pada na površinu provodnika iz njega izbacuje elektrone. Ova pojava je poznata pod imenom fotoelektrični efekat i nije se mogla objasniti talasnom teorijom. Albert Ajnštajn (Albert Einstein, 1879-1955) 1905. godine proširuje ideju koju je pet godina pre predložio Maks Plank (Karl Ernst Ludwig Marx Planck, 1858-1947). Plank je postavio da je energija svetlosnog snopa koncentrisana u male pakete, tj. fotone. Trag talasne slike zadržan je u tome što foton ima učestanost (frekvenciju) i što je njegova energija proporcionalna njegovoj učestanosti. Milliken (Robert Andrews Millikan, 1868-1953) je ovu hipotezu eksperimentalno potvrdio.

Još jedna potvrda fotonske prirode svetlosti je Komptonov efekat. A. H. Kompton (Arthur Holly Compton, 1892-1962) uspeo je da odredi kretanje fotona i jednog elektrona, kako pre, tako i posle "sudara" među njima i našao je da se oni ponašaju kao materijalna tela koji imaju kinetičku energiju i impuls i pri tome ove veličine ostaju sačuvane ili konzervisane. Ove dve pojave zahtevale su povratak korpuskularnoj teoriji svetlosti.

Sve ove pojave predstavljaju dokaz da je svetlost istovremeno i talasnog i čestičnog karaktera. Činjenica koja i danas važi je ta, da je priroda svetlosti dualistička. Pojave prostiranja svetlosti mogu se bolje objasniti elektromagnetsnom teorijom svetlosti, dok

Diplomski rad

uzajamno dejstvo svetlosti sa materijom u procesima apsorpcije i emisije se bolje objašnjavaju korpuskularnom teorijom.

3.TEORIJSKI DEO

3.1. KARAKTERISTIKE ATMOSFERE

Vazduh koji opkoljava planetu Zemlju naziva se atmosfera. To je smeša gasova od kojih su neki u stalnom, a neki u promenljivom odnosu. 78.08 % čini azot, kiseonika ima nešto manje od 20.95 %. Oko 0.55 % čini argon, a u neznatnim količinama ima vodonika, helijuma, kriptona i drugih gasova. U promenljivim količinama sreću se vodena para, ozon (poseban oblik kiseonika), ugljen-dioksid i radon. U donjim slojevima, uz Zemljinu površinu, nalaze se čestice neorganskog porekla, kao što su čestice soli i čadi. Zgusnute čestice čadi vidimo u obliku dima, a daljnjim zgušnjavanjem nastaju oblaci prašine i prljavštine. Pored ovih čestica, javljaju se i čestice organskog porekla, mikrobi i polen.

Reč atmosfera potiče od grčkih reči **atmo**'s što znači para i **sphaira** što znači kugla. Debljina atmosfere nije podjednaka. Pojam atmosfere proširuje se i na druga nebeska tela, kao što su Sunce i sve veće planete. Prostor atmosfere odlikuje se delovanjem Zemljinog magnetnog polja i Sunčevog vetra. Tako je nastao jajolik prostor atmosfere, tupom stranom okrenut Suncu. Tamo dubina vazdušnog okeana iznosi oko 600.000 km, a na suprotnoj strani, zavisno od aktivnosti Sunca, od oko 300.000 km do oko 600.000 km. Dalje od toga proteže se međuplanetarni prostor. S obzirom na život koji se odvija na dnu atmosfere, na pritisak i promene temperature sa visinom, razlikujemo nekoliko slojeva atmosfere. Ti slojevi odozdo naviše su: troposfera, stratosfera, mezosfera i egzosfera.

Troposfera (grčki *tropos*=okret i *sphaira*=kugla) je za sloj vazduha koji se proteže od površine Zemlje do visine od 8 km do 17 km. Iznad polova taj sloj je niži, a iznad područja ekvatora viši. Razlog ovoj pojavi je rotacija Zemlje oko njene ose i tada na vazduh deluje centrifugalna sila. Ali, na ovo deluje i različito zagrevanje vazduha nad polovima i u području ekvatora. Toplige mase vazduha iznad ekvatora postaju ređe, pa struje u vis, a hladniji vazduh polarnih krajeva je gušći, pa ostaje bliže uz Zemljinu površinu. Troposferu čini oko 70 % svih gasova od kojih se sastoji vazduh. Stoga se tu odvija život, a događaju se gotovo sve vremenske promene. Tu nastaju oblaci, vetrovi, vodoravna i uspravna strujanja vazduha. Temperatura postepeno opada sa visinom i na granici troposfere se kreće između -50°C i -85°C.

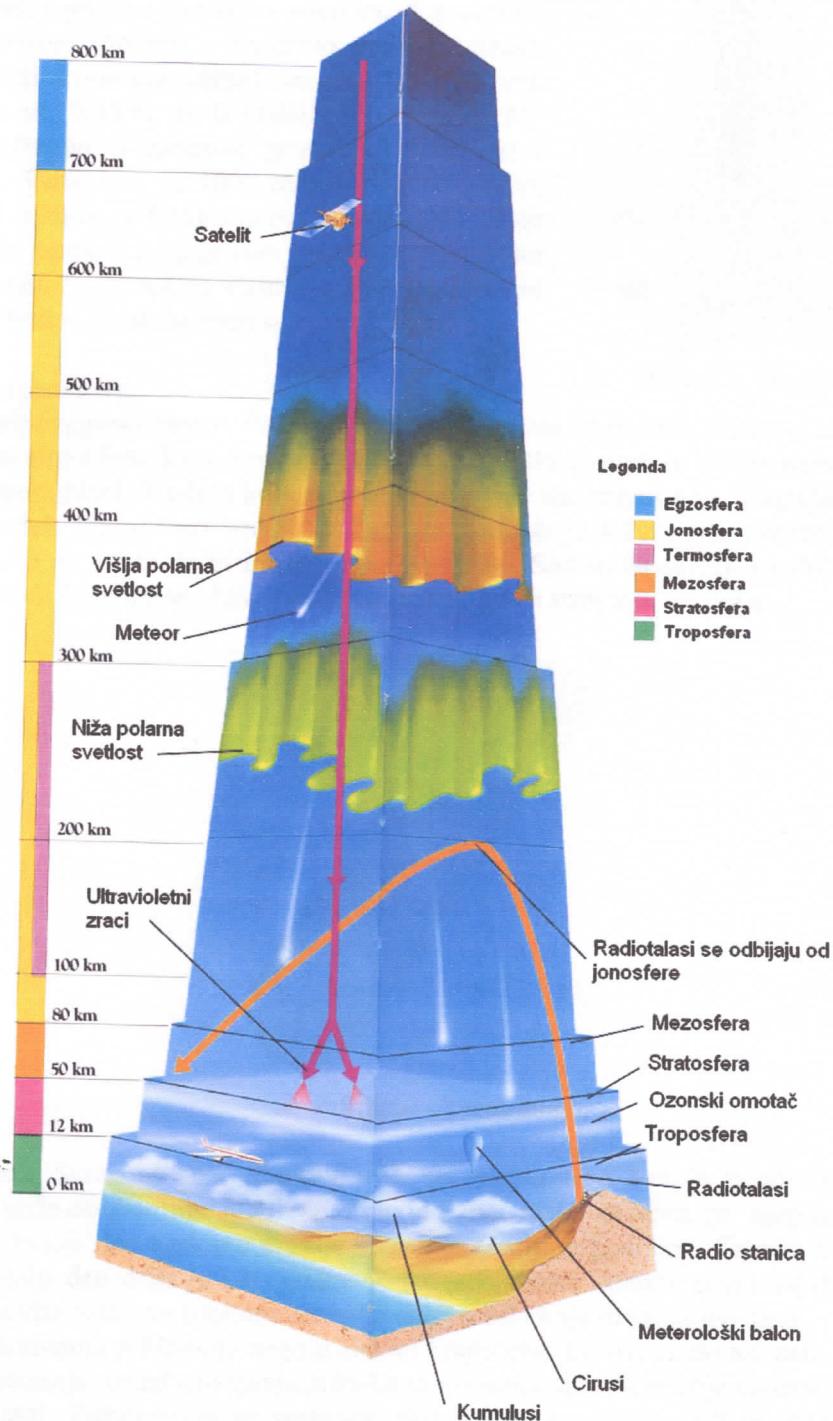
Stratosfera (latinski *stratum*=sloj i grčki *sphaira*=kugla) se protaže od troposfere do visine od tridesetak kilometara. U njoj se nalazi gotovo 30 % vazdušnih masa. Na gornjoj granici stratosfere svetle sedefasti oblaci. U tom delu stratosfere temperature su oko -50°C. U srednjem delu nalazi se mnogo kiseonika. Kad ga Sunce obasjava kiseonik prelazi u ozon, tako da taj deo stratosfere postaje topao sa temperaturom iznad 0°C. Ovaj sloj ozona štiti Zemlju od štetnog zračenja. Iako je vazduh u gornjem delu stratosfere veoma redak, u njemu se javljaju vetrovi ogromne brzine.

Mezosfera (grčki *mesos*=srednji i *sphaira*) se proteže od 40 km do 80 km u visinu. U njoj vladaju niske temperature, mestimično i do -110°C. U gornjem delu mezofere javlja se polarna svetlost.

Iznad mezofere je **termosfera ili ionosfera** (grčki *termos*=vruć; *ion*=ono što se kreće). Ona seže i do 800 km u vis. Ovaj sloj je dobio ime po tome što u njemu temperatura raste sa visinom i po jonima koji se tu nalaze. Joni su nanelektrisani delovi molekula gasova vazduha. Nastaju zbog zračenja Sunca i u sudarima molekula vazduha sa zračenjem koje dolazi iz svemira. Donji slojevi termosfere odbijaju radio-talase nazad prema Zemlji i tu njihovu osobinu koristimo za prenos radio-poruka na velike udaljenosti na Zemlji. Termosfera nas štiti od nepoželjnog Sunčevog i kosmičkog zračenja, kao i od meteora koji upadaju u atmosferu i tu izgaraju. Gornji slojevi termosfere sadrže tako razređen vazduh, da

su njegovi molekuli mnogostruko razmagnuti, nego u donjim gušćim slojevima. Tu se, retko, zapažaju srebrnasti oblaci, koji, verovatno, nastaju od svemirske prašine.

Egzosfera (grčki exo=napolju i sphaira) je spoljašnji sloj atmosfere i nalazi se između termosfere i svemirskog prostora. Molekuli vazduha u ovoj sferi su mađusobno veoma udaljeni i u svom kretanju odlaze u međuplanetarni prostor.

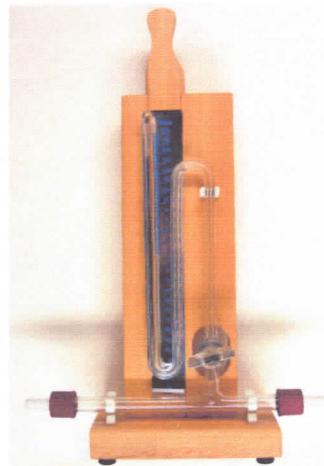


Slika 3 – Podela atmosfere

Vazdušni pritisak

Vazduh koji obavlja Zemlju ima masu.

Njegova masa iznosi oko 10^{15} tona. Masa Zemlje i masa vazduha međusobno se privlače. Zbog toga, vazduh neprestano prijanja uz Zemlju. Zato je vazduh težak i pritiska Zemljinu površinu. I u samom vazduhu postoji pritisak. Izmereno je da vazduh pritiska svaki kvadratni centimetar Zemlje na nivou mora silom od 10,33 N. To je približno 10^5 N/m^2 ili 10^5 Pa . U izveštajima o vremenu govori se o barima i milibarima. Jedan bar, ili 1000 milibara je; približno, 10^5 Pa . Taj pritisak se smatra normalnim. Čovek ga ne oseća, jer je pritisak u njegovom organizmu približan ovoj vrednosti. Sa porastom visine pritisak vazduha se smanjuje. Pritisak vazduha meri se barometrom.



Slika 4 – Barometar

Temperatura

Zemlju zagreva Sunce. Pošto je vazduh sastavljen od gasova, Sunčevi zraci dosta lako prolaze kroz atmosferu. Ipak, sva toplota ne stigne do tla. Delom se odbija nazad u vasionu, a deo apsorbuju oblaci. Toplota koja stigne do površine tla, zagreva ga. Zagrejana površina tla zagreva vazduh neposredno iznad tla. Zagrejan vazduh je lakši pa se podiže. Istovremeno, svežiji vazduh se spušta da bi zauzeo njegovo mesto. Sad se taj svežiji vazduh zagreva, pa i on postaje lakši i podiže se. Tako se obrazuju vertikalna strujanja vazduha.



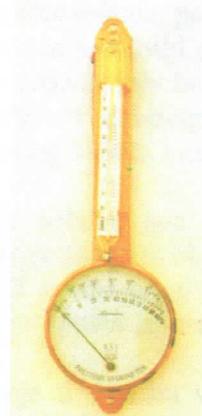
Slika6 - Termometar

Položaj Sunca na nebu direktno utiče na temperaturu. Leti je Sunce visoko, pa veći deo toplote stiže do Zemljine površine. Zimi je Sunce nisko na nebu, pa njegovi zraci padaju koso i zato manji deo toplotne energije stiže do Zemljine površine. Zato je leto toplije od zime. Najtopliji deo dana je oko podneva, jer tada Sunce dostiže svoju najvišu tačku i na Zemlju stiže više Sunčeve toplotne energije nego u bilo koje drugo doba dana.

U planinama je hladnije nego u niskim krajevima. Do ovoga dolazi zato što se vazduh prilikom podizanja, usled smanjenja pritiska sa visinom, širi. Za širenje on troši svoju toplotu i tako se hlađi. Temperatura se smanjuje oko $0,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ na svakih 100 m povećanja visine. Temperatura se meri različitim termometrima.

Vlažnost vazduha

Pritisak vazduha menja se kada vazduh primi u sebe neku količinu vodene pare. Vodena para je manje gustine od vazduha, pa mu smanjuje gustinu. Zato je u vazduhu koji sadrži mnogo vodene pare pritisak niži. Za takav vazduh kažemo da je vlažan. Količina vodene pare u vazduhu nije stalna. Zagrejan vazduh može primiti veću količinu vodene pare, nego hladan vazduh. Kada vazduh na nekoj temperaturi ne može više da primi vodenu paru kažemo da je zasićen. Odnos između stvarne ili absolutne količine vodene pare, koju vazduh ima pri nekoj temperaturi i maksimalne količine, koju bi uz tu temperaturu vazduh mogao primiti nazivamo relativnom vlažnošću vazduha. Nju merimo instrumentom koji se zove higrometar



Slika 6 – Higrometar

Vetar

Atmosfera planete uvek se kreće, a kretanje vazduha je vetar. Ponekad se vazduh kreće sporo, stvarajući slab vetar. Ponekad se kreće brzo i tako stvara oluje i uragane. Blag ili žestok, vetar počinje na isti način. Kad se Sunce kreće, zagreva neke delove kopna i mora više od drugih. Zagrejan vazduh iznad ovih toplih mesta lakši je od okolnog vazduha i počinje da se diže. Na drugim mestima hladan vazduh se spušta, jer je teži. **Vetar** nastaje tamo gde postoji razlika u temperaturi i pritisku vazduha, uvek duvajući od visokog ka niskom pritisku. I samo kretanje Zemlje oko njene ose utiče na pravac vetrova. Zbog ove rotacije vetrovi na severnoj hemisferi skreću u desno, a na južnoj hemisferi uлево.

Jaki vetrovi poznatiji su kao tajfuni na Tihom okeanu, ili kao tropski cikloni, odnosno, uragani. Naleti ovog vetra dostižu udare i do 360 km/h. Uragani počinju kao male grmljavinske oluje iznad toplih tropskih okeana. Ako je voda dovoljno topla, preko 24 °C, nekoliko oluja može da se grupiše zajedno i da se vrlože kao jedna, podržane jakim visinskim vetrovima. Uskoro, one se usmeravaju ka zapadu preko okeana i sa toplim vlažnim vazduhom vrte se u sve tešnjim krugovima. Središta oluje, ili oko, može biti prko 300km, a vetrovi gola olujna sila. Kako se kreće ka zapadu dobija energiju od tople vode koju usisava. Vremenom oluja dostiže obalu okeana, oko se skuplja na 50 km. a vetrovi fijući uraganskom snagom.



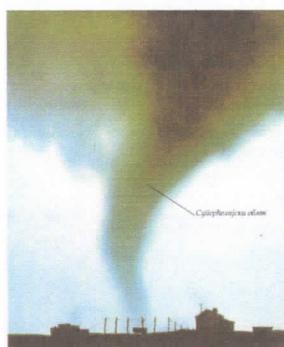
Slika 7-Satelitska slika tajfuna

Slika 7 pokazuje satelitske slike tajfuna uz nad Tihog okeana. Počinje kada voda isparava iznad ogromnih oblasti okeana u vrelim, tropskim danima što proizvodi kumulonimbusne oblake i trake grmljavinskih oluja (1). Postepeno se razvija vrtlog oblaka i rastuća oluja (2). Vetrovi postaju jači i okreću se oko jednog središta (3). Središte oluje, ili

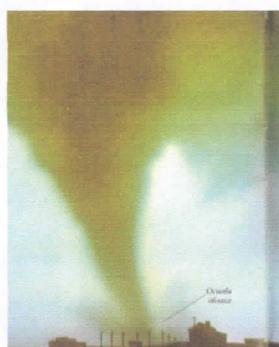
oko, se razvija upravo unutar prstena najrazornijih i orkanskih vetrova (4). Kada takva oluja pređe preko kopna, ili hladnih mora, gubi izvor energije i vetrovi naglo prestaju (5).

Vrtložni vetrovi su poznatiji pod imenima tvister, tornado. Gde god da udare ostavljaju trag nepovratne štete. Pričinjavaju pustoš za samo nekoliko minuta, podižeći ljude, automobile, zgrade visoko u vazduh, a zatim ih bacajući na tlo. Meteorološki uređaji retko prežive da bi nam rekli kakvi su, zaista, uslovi u tornadu. Verovatno duvaju brzinom preko 400 km/h, dok je pritisak u središtu nekoliko stotina milibara niži od lokalnog. Ovo stvara vrstu levka ili vrtlog. Tornado se spušta iz ogromnog grmljavinskog oblaka i može se javiti svagde gde se grmljavinska oluja javlja.

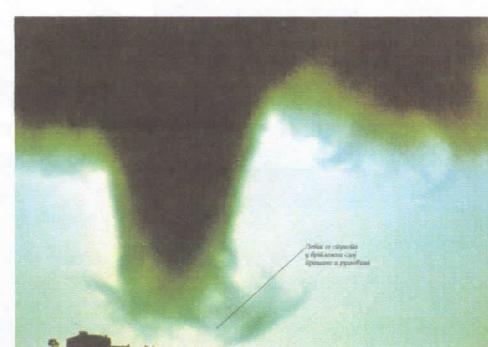
1. Tornado počinje duboko unutar ogromnih grmljavinskih oblaka, gde stub toplog vazduha koji se penje, vrtloži usled visinskih vetrova koji struje kroz vrh oblaka. Kad je vazduh usisan u ovaj kovitlajući stub ili mezociklon, vrtloži veoma brzo, pružajući se hiljadama metara gore i dole kroz oblak, sa levkom koji se spušta iz osnove oblaka (slika 8).
2. Ubrzo nakon što levak dodirne tlo, ogromna uzlazna struja u središtu vrti prašinu, ruševine, automobile i ljude i podiže ih visoko u nebo. Debla drveća i drugi objekti postaju smrtonosna oružja kada ih divlji vetrovi bacaju kroz vazduh. Tornado uništava veoma precizno kuće na putanji i ostavlja nedirnute one koje su samo nekoliko metara izvan putanje (slika 9).
3. Na trenutak levak se odiže od tla i kuće ispod njega su sigurne. Međutim, u svakom trenutku vrtlog može opet da se spusti. To je veliki tornado i unutar njega nema jedan već više vrtloga, svaki se obrće oko ivice glavnog vrtloga (slika 10).



Slika 8



Slika 9



Slika 10

Instrument za merenje brzine vetra zove se anemometar.

Snaga vetra izražava se Boforovom skalom:

- | | |
|---------------------------|--------------------|
| 0) mirno vreme, bez vetra | 7) vrlo jak veter |
| 1) lak povetarac | 8) olujni veter |
| 2) povetarac | 9) oluja |
| 3) slab veter | 10) žestoka oluja |
| 4) umeren veter | 11) orkanska oluja |
| 5) umereno jak veter | 12) uragan |
| 6) jak veter | |

Oblaci

Prilikom vertikalnog kretanja vazduha, pritisak se smanjuje, te se vazduh širi. Prilikom širenja vazduh odaje toplotu, pa se stoga hlađi. Tada vazduh ne može više da sadrži onoliko vodene pare kao na početku. Višak vodene pare se kondenzuje na čvrstim česticama,

obrazujući sitne kapljice vode. One lebde u vazduhu. Milioni takvih kapljica formiranih na nekom mestu predstavljaju oblak.

U meteorologiji oblaci se svrstavaju u porodice u zavisnosti od njihovog oblika i visine. Imamo tri glavna oblika oblaka: slojeviti (stratusi), vlaknasti (cirusti) i gomilasti (kumulusi). Razni oblici mogu nastati kombinovanjem i nekim promenama ovih glavnih oblika. Oblici zavise i od visine. Prema visini oblaci se dele na visoke (iznad 6000 m), srednje (između 3000 m i 6000 m) i niske (ispod 3000 m).

Razne vrste oblaka



Slika 11 - Nimbostratus



Slika 12 - Stratus



Slika 13 - Kumulonimbus



Slika 14 - Kumulus



Slika 15 - Stratokumulus



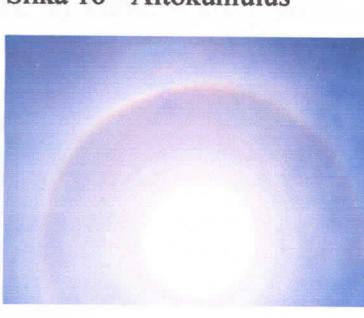
Slika 16 - Altokumulus



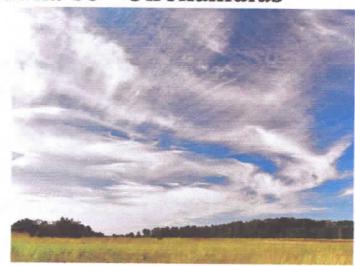
Slika 17 - Altostratus



Slika 18 - Cirokumulus



Slika 19 - Cirostratus



Slika 20 - Cirrus

3.2. OSOBINE SVETLOSTI

Osobine svetlosti su:

- pravolinijsko prostiranje svetlosti
- odbijanje svetlosti ili refleksija
- prelamanje svetlosti ili refrakcija
- totalna refleksija
- disperzija.

Ove osobine mogu se objasniti geometrijskom optikom ili optikom zrakova, odnosno, za osnovu nam služi zrak svetlosti.

Međutim, neke pojave se ne mogu objasniti na gore pomenuti način. Te pojave su:

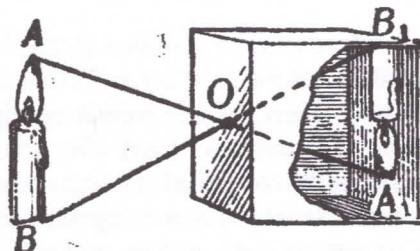
- interferencija
- difrakcija
- polarizacija.

Ove pojave se objašnjavaju fizičkom optikom ili talasnom optikom. Fizička optika obuhvata i geometrijsku optiku, jer zakoni geometrijske optike su posledica nauke o talasima.

Pravolinijsko prostiranje svetlosti

Ovu osobinu svetlosti videli smo mnogo puta. Na primer, kada Sunčevi zraci ulaze u zamračenu sobu kroz male otvore prozorskih zastora, onda se na sitnim zrnima prašine u sobi ocrtavaju pravolinijski svetlosni zraci. Kad neki oblak zakrili Sunce, onda se pored ivica oblaka zapažaju Sunčevi zraci ili snopovi zrakova. Ove svetlosne zrake zapažamo tek kada oni padaju na prašinu ili druge čestice neke neprovidne materije, koja odbija svetlost.

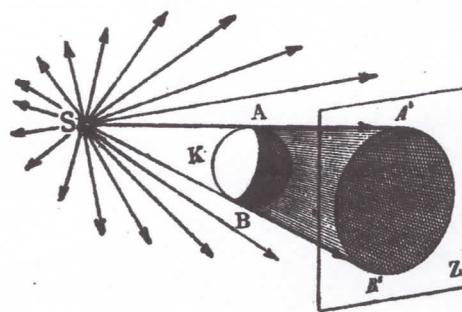
Jedna od posledica pravolinijskog prostiranja svetlosti je pojava obrnutih likova u **mračnoj komori**. Mračnom komorom nazivamo mračnu sobu ili kutiju u kojoj svetlosni zraci mogu da prođu kroz mali otvor na jednom boku.



Slika 21

Iz krajnjih tačaka **A** i **B** sa tela polazi bezbroj zrakova u svim pravcima, ali samo zraci između **AA₁** i **BB₁** mogu proći kroz otvor **O**. Pošto se zraci prostiru pravim linijama na suprotnom boku svetla tačka **A₁** će biti lik tačke **A**, a tačka **B₁** lik tačke **B**. Između njih leže i ostale tačke koje odgovaraju tačkama predmeta **AB**, pa će njegov lik biti obrnut u komori.

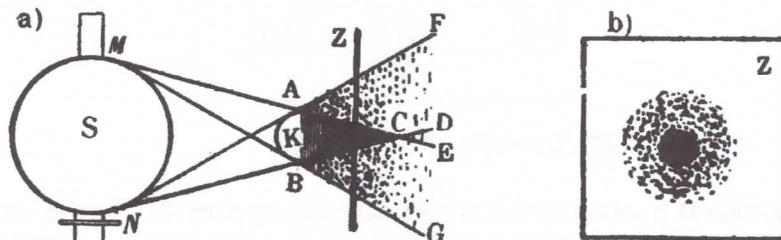
Još jedna posledica pravolinijskog prostiranja svetlosti su **senke**. Kad su neprovidna tela osvetljena sa jedne strane, onda u prostor na suprotnoj strani ne prodire svetlosni zraci, pa kažemo da je to senka tela. Taj prostor ogrničen je površinom koju čine svetlosni zraci koji dodiruju ivice tela.



Slika 22-Senka

Slika 22 pokazuje senku kugle i njen izgled na zaklonu Z kad svetlost dolazi iz svetle tačke S . Tačka S naziva se tačkasti izvor svetlosti, što znači da su dimenzije izvora male u poređenju sa ostalim razdaljinama koje se pojavljuju. Senka ima izgled zarubljene kupe sa temenom u tački S .

Ako izvor nije dovoljno mali da bismo mogli da ga smatramo tačkom, senka se sastoji iz dva dela. Za konstrukciju senke pomenute kugle uzimamo dve krajnje tačke M i N svetlosnog izvora S .



Slika 23-Senka

Iz ovih tačaka polazi bezbroj zrakova, pa one, svaka za sebe, daju senku kugle. Tački M odgovara senka u prostoru $ABGE$, a tački N , senka $ABDF$. Ove dve senke se sekut i daju zajedničku senku ABC , u koju ne dopiru nikakvi zraci. Ovu tamniju senku zovemo jezgom senke. U prostor $ABGF$ dopiru neki zraci svetlosnog izvora. Taj prostor oko jezgra senke zovemo polusenkom. Ona postepeno prolazi u osvetljen prostor. Ako zaklon približavamo kugli, jezgro senke je sve veće i oštrije, dok se polusenka smanjuje i postepeno gubi.

Jedna zanimljivost je Broken spekar. Ova pojava se događa u visokim planinama, kada senke planinara padnu na oblake. Tada je Sunce u niskom položaju iza planinara. Ova svetlosna pojava dobila je ime prema planini Broken u Nemačkoj.

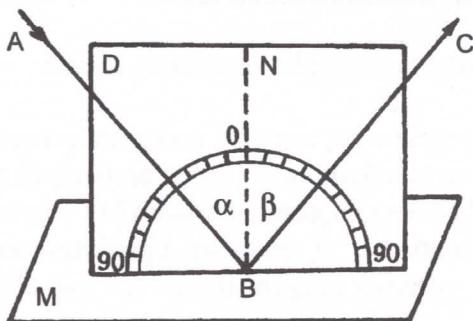


Slika 24-Broken spektar

Odbijanje svetlosti

Na granici dve sredine različitih gustina, talasi se delom vraćaju u sredinu iz koje dolaze, odnosno, odbijaju se ili reflektuju. Na primer, kada svetlost pada na ogledalo pod nekim uglom na zaklonu se javlja odsev, odnosno, svetla površina. Ako ogledalo nagnjemo zapazićemo da se odsev pomera, što znači da ogledalo odbija svetlost tako da je upućuje uvek u nekom određenom pravcu. Odbijanje svetlosti sa glatkih površina (ogledalo, staklo, uglačane metalne površine, površine mirne vode), zove se pravilnim ili ogledalskim odbijanjem.

Međutim, ako umesto ogledala postavimo neki predmet hraptave površine (dasku, papir) ne javlja se odsev, jer se sa takvih površina svetlosni zraci odbijaju rasturajući se na sve strane. Ovakvo odbijanje nazivamo difuznim odbijanjem ili rasturanjem svetlosti.



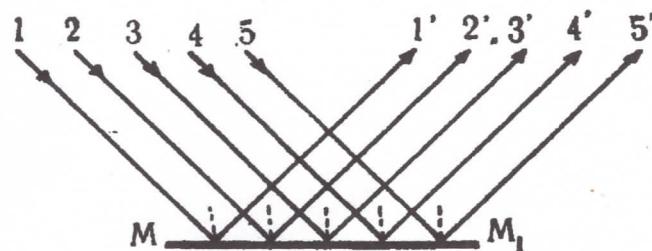
Slika 25-Odbijanje svetlosti

Pustimo da zrak AB pada na ogledalo M . Na belom kartonu D nacrtan je polukrug sa podeocima u lučnim stepenima i normala BN povučena iz centra B polukruga. Na kartonu vidimo svetao trag upadnog zraka AB i odbijenog zraka BC . Zamišljenu normalu BN nazivamo upadnom normalom. Ugao između upadnog zraka i upadne normale zovemo upadnim uglom (α), a ugao između upadne normale i odbijenog zraka, odbojnim uglom (β). Ako izmerimo ta dva ugla, uverićemo se da je odbojni ugao jednak upadnom uglu.

Činjenica je da se svetao trag upadnog i odbojnog ugla nalazi u istoj ravni sa upadnom normalom. Na osnovu ovoga utvđujemo zakon odbijanja ili refleksije:

Pri odbijanju svetlosti uvek je odbojni ugao jednak upadnom ugлу, upadni i odbijeni zrak leže u istoj ravni sa upadnom normalom.

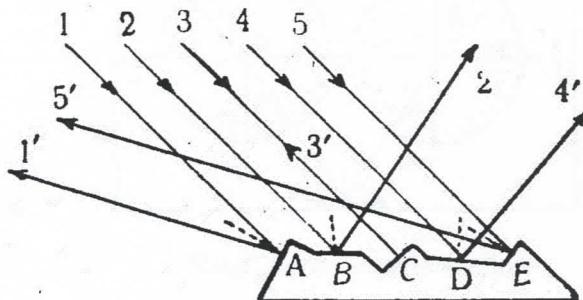
Pogledajmo sliku 26. Na slici vidimo snop paralelnih zraka koji padaju na ogledalo. Imajući u vidu zakon odbijanja svetlosti možemo za pojedini upadni zrak $1, 2, 3, 4, 5$ odrediti i odgovarajući odbijeni zrak $1', 2', 3', 4', 5'$, i vidimo da su i ovi odbijeni zraci, takođe međusobno paralelni.



Slika 26-Ogledalsko odbijanje svetlosti



Kod hrapavih površina nikad se odbijeni snop svetlosnih zraka na može upraviti u jednom određenom smeru, niti ostati paralelan, nego se rastura na sve strane. To se dešava zato što se hrapava površina sastoji iz bezbroj sićušnih ravni u obliku ispupčenja ili udubljenja postavljenih u raznim položajima.



Slika 27-Difuzno odbijanje svetlosti

Na slici 27 vidimo hrapavu površinu i na nju pada snop paralelnih zrakova **1,2,3,4,5**. Svaki od tih upadnih zrakova će pasti na jednu malu površinu i svaki za sebe će se, po zakonu odbijanja, odbiti u drugom pravcu. Odbijeni zraci imaju pravce **1',2',3',4', i 5'**.

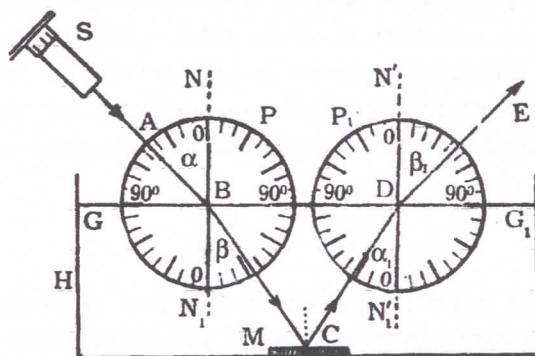
Zahvaljujući difuznom odbijanju moguće je da dnevna svetlost, kao i svetlost veštačkih izvora, osvetljava tela oko nas i da ih, stoga, i vidimo.

Prelamanje svetlosti

Već smo videli da na granici dve sredine različitih gustina talasi odbijaju, ali delom se prostiru u drugu sredinu, ako za to postoji mogućnost. Međutim, pri prelazu u tu drugu sredinu uvek na graničnoj površini nastaje skretanje talasa sa prvobitnog pravca, to jest nastaje pojava **prelamanja ili refrakcija**.

Ako Sunčev zrak padne na površinu mirne vode on se delom odbije, a većim delom se kroz nju prostire. Svetlosni zrak prostire se u istom pravcu u vodi samo ako na njenu površinu pada normalno. Međutim, ako pada ukoso svetlosni zrak u vodi će promeniti svoj pravac. Mi tada kađemo da je on prelomljen. Isto važi i kada zrak prelazi iz vode u vazduh. Zato nam dubina bistre vode izgleda manja.

Ova pojava je posledica brzina svetlosnih talasa u različitim sredinama. Što je sredina optički gušća, brzina svetlosnih talasa je manja i obratno. Znači, prelamanje svetlosti nastaje pri prelazu svetlosti iz optički ređe u optički gušću sredinu i obratno. Ovo je najpodesnije ispitati pri prelazu svetlosti iz vazduha, kao optički ređe sredine, u vodu, kao optički gušću sredinu.



Slika 28-Prelamanje svetlosti

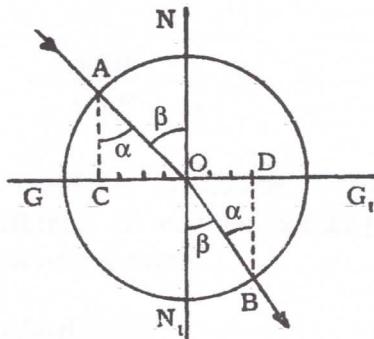
Ispunimo stakleni sud vodom do nivoa GG_1 . Ako iz svetiljke za paralelne zrake S pustimo zrak AB , da pada koso na graničnu površinu vode i vazduha, zapažamo da je zrak u pogodenoj tački B prelomljen i prostire se u pravcu BC . U tački B povučemo normalu NN_1 . Ta normala zove se upadna normala.

Ugao α između upadne normale i upadnog zraka naziva se upadni ugao. Ugao β između upadne normale i prelomljenog zraka zovemo prelomnim uglom. U ovom slučaju je prelomni ugao manji od upadnog ugla, odnosno, $\alpha > \beta$. To znači da je svetlosni zrak na graničnoj površini promenio svoj pravac prostiranja bliže upadnoj normali, to jest, kažemo da se prelomio ka normali.

Ako u dno suda postavimo ravno ogledalo M , tako da na njega pada prelomljeni zrak BC , on će se odbiti od ogledala pravcem CD . Ovaj svetlosni zrak prelazi iz vode u vazduh i u tački D , koja se nalazi na površini vode, mora se prelomiti, ali će zrak sada imati pravac DE . Zrak CD se sada naziva upadni zrak i sa upadnom normalom gradi upadni ugao α_1 , dok je prelomni zrak DE i sa normalom gradi prelomni ugao β_1 . Sada je $\beta_1 > \alpha_1$ i kažemo da se pri prelazu iz vode u vazduh, svetlosni zrak prelomio od normale.

Odavde vidimo da je $\alpha = \beta_1$ i $\beta = \alpha_1$, što znači da će se svetlosni zrak, koji se posle prelamanja uputi iz vode u vazduh pod upadnim uglom koji je jednak prelomnom uglu, pri njegovom prelazu iz vazduha u vodu, prostirati pod istim uglom, ali u drugom pravcu.

Iz ovoga zaključujemo da svakom upadnom uglu odgovara izvazni prelomni ugao. Kad povećavamo upadni ugao, povećavamo i prelomni. Ako menjamo upadni ugao menjamo i prelomni. To znači, da se upadni i prelomljeni zrak nalaze u istoj ravni sa upadnom normalom, što predstavlja prvi zakon prelamanja svetlosti



Slika 29-Prelamanje svetlosti

Neka pravac GG_1 predstavlja granicu između vazduha i vode. Iz tačke O povucimo normalu NN_1 na graničnu površinu. Oko tačke O opišemo krug proizvoljnog prečnika. Opisani krug seći će upadni zrak AO u tački A , a prelomljeni zrak OB u tački B . Ako iz ovih tačaka povučemo normale na graničnu površinu dobićemo odcečke OC i OD . To su projekcije jednakih dužina upadnog i prelomljenog zraka. Iz odnosa brojnih vrednosti dužina ta dva odsečka dobijamo:

$$\frac{CO}{OD} = n \quad (1)$$

Ovaj odnos, za dve iste sredine, ima stalnu vrednost. Broj n je stalni broj, koji određuje jačinu prelamanja za dve određene sredine i naziva se indeks prelamanja.

Da bismo odredili vezu između upadnog ugla, prelomnog ugla i indeksa prelamanja, pretpostavimo da je poluprečnik kruga jednak jedinici, to jest, $AO=OB=1$. Sa slike vidimo da je:

$$\sin \alpha = \frac{OC}{OA} = \frac{OC}{1} = OC, \quad (2)$$

$$\sin \beta = \frac{OD}{OB} = \frac{OD}{1} = OD, \quad (3)$$

gde je α upadni ugao, a β prelomni ugao. Na osnovu jednačine (1), dobijamo:

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \quad (4)$$

Ovaj zakon naziva se Snel-Dekartov zakon. Prema izloženom možemo reći:

1. **Upadni zrak, prelomni zrak i normala na graničnu površinu nalaze se u istoj ravni.**
2. **Odnos sinusa upadnog ugla i sinusa prelomnog ugla, odnosno indeks prelamanja je konstantan za dve određene sredine kroz koje prolazi svetlost i zavisi samo od prirode obe sredine.**

Ovo pokazuje da su zakoni prelamanja svetlosti istovetni sa zakonima prelamanja talasa. Kod prelamanja talasa, indeks prelamanja, za dve sredine u kojima se prostire talas, jednak je odnosu brzina prostiranja talasa u tim sredinama. Stoga, Snel-Dekartov zakon možemo napisati u obliku:

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_1}{c_2} \quad (5)$$

gde su c_1 i c_2 brzine svetlosti u različitim sredinama. Vrednost indeksa prelamanja je pozitivna vrednost i uvek veća od jedinice. Za vakuum indeks prelamanja je jednak jedinici, a svaka druga sredina je optički gušća od vakuma.

Atmosfersko prelamanje svetlosti

Znamo da je brzina svetlosti u svim materijalnim sredinama manja od brzine svetlosti u praznom prostoru, a u gasovima brzina opada kada gustina raste. Gustina Zemljine atmosfere je najveća na Zemljinoj površini i opada sa povećanjem visine. Zbog toga svaki svetlosni zrak koji dolazi sa Sunca ili neke druge zvezde ide koso naniže, lomi se sve više ka

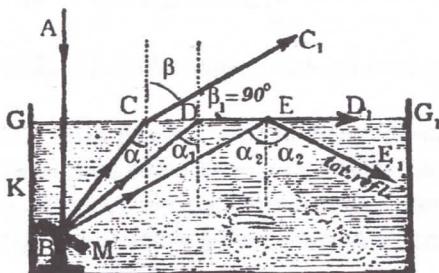
normali, odnosno ka površini Zemlje. Stoga, Sunce nećemo videti na njegovom pravom mestu, nego u produženju prelomljenog zraka u poslednjem prizemnom sloju atmosfere.

Zbog toga zvezde vidimo uvek na višem položaju, no što su u stvari, i to utoliko više, ukoliko su one bliže horizontu. Izdizanje zvezde iznosi $34'$. Zato nam Sunce i Mesec pri horizontu izgledaju spljošteni odozdo naviše, jer im je donja ivica zbog jače refrakcije više izdignuta nego donja, a horizontalni presek ostaje isti.

Zbog ove refrakcije vidimo Sunce i Mesec na horizontu pre nego što se u stvari pojave i vidimo ih na horizontu posle njihovog stvarnog zalaska.

Totalna refleksija

Pošto se pri prelazu iz gušće u ređu sredinu svetlosni zrak lomi od normale, i to utoliko više, ukoliko je njegov upadni ugao veći, svetlosni zrak može preći u ređu sredinu samo ako je prelomni ugao manji od 90^0 .



Slika 30-Totalna refleksija

Imamo stakleni sud **K** ispunjen vodom. U dnu suda postavljen je stativ, na kojem se nalazi ravno ogledalo. Stativom menjamo nagib ovog ogledala. Ako pustimo zrak **AB** da pada normalno na nivo vode u sudu, tako da pada na sredinu ogledala, onda će odbijeni zrak **BC** padati na graničnu površinu pod upadnim uglom α i preći će u vazduh. Pri tome prelomljeni zrak prostiraće se pravcem **CC₁** i prelomni ugao β će biti veći od upadnog ugla.

Menjanjem nagiba ogledala odbijeni zrak će na graničnu površinu padati sve kosije i kosije. Upadni ugao će biti sve veći i veći, a samim tim će rasti i prelomni ugao. Uvek će postojati jedan zrak **BD**, čijem upadnom uglu α_1 , odgovara prelomni ugao β_1 čija je vrednost 90^0 . Prelomljeni zrak **DD₁** se tada prostire uzduž granične površine. Povećanjem upadnog ugla, prelomljeni zrak više ne može preći u vazduh, nego se odbija od granične površine nazad u vodu pod istim uglom, pod kojim je i došao na graničnu površinu.

Ovaj odbijeni zrak je svetlij, nego bilo koji prelomljeni zrak. Ovo se dešava zato što je zrak **EE₁** potpuno odbijen ili totalno reflektovan od granične površine.

Najveći upadni ugao (α_g), za koji je prelomni ugao 90^0 naziva se **granični ugao**. Ovaj ugao ima različitu vrednost koja zavisi od prirode sredine. Ako je upadni ugao veći od graničnog ugla, svetlosni zrak se odbija od granične površine, a ova pojava se naziva **totalna refleksija svetlosti**.

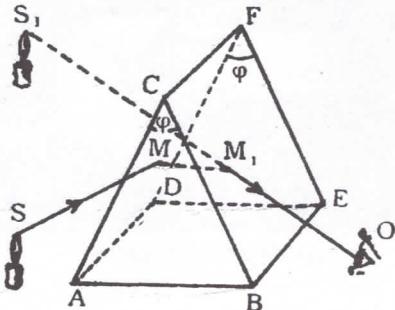
Veza između indeksa prelamanja i graničnogугла je:

$$\sin \alpha_g = \frac{1}{n} \quad (6)$$

Granična površina u ovoj pojavi ima izgled ogledala.

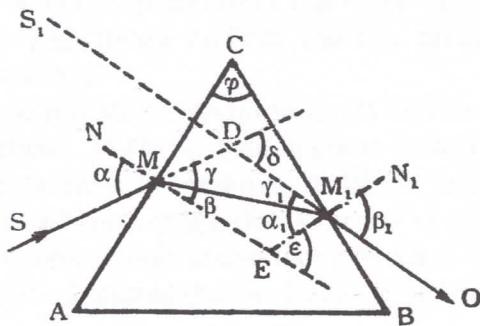
Prelamanje svetlosti kroz prizmu

Svako providno telo ogrničeno dvema ravnim površinama koje grade izvestan ugao nazivamo optičkom prizmom. Glavni presek je ravnokraki trougao. Dve strane kroz koje prolaze svetlosni zraci su prelomne površine. Ivica po kojoj se sekut prelomne ivice nazivamo prelomnom ivicom, a ugao između njih je prelomni ugao.



Slika 31-Prelamanje svetlosti kroz prizmu

Posmatranjem predmeta kroz prizmu vidimo imaginare likove koji su pomereni u odnosu na predmet. Ako je prelomna ivica okrenuta naviše lik predmeta je pomeren nešto više u odnosu na predmet i obratno. Propuštanjem bele svetlosti kroz prizmu likovi su obojeni duginim bojama, jer složenu svetlost prizma rasipa u raznobojne zrake.



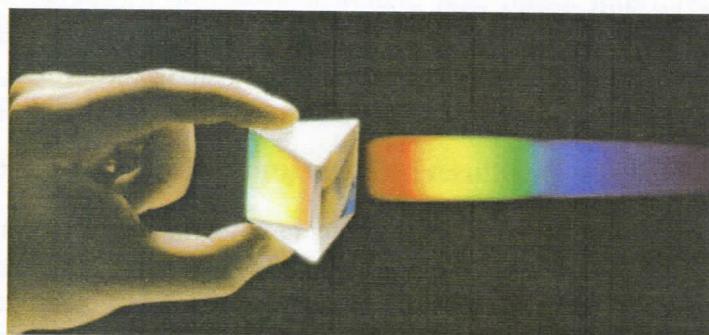
Slika 32-Prelamanje svetlosti kroz prizmu

Posmatrajmo prelamanje svetlosnih zrakova u ravni crteža kroz glavni presek ABC . Kraci AC i BC predstavljaju prelomne površine, C je prelomna ivica, a φ je prelomni ugao. Svetlosni zrak SM ide iz vazduha i u tački M ulazi u prizmu, prelama se ka normali i ide kroz prizmu pravcem MM_1 . Taj zrak na drugoj prelomnoj površini BC izlazi iz prizme u vazduh, prelama se od normale i ide pravcem M_1O . Kad oko primi ovaj zrak, produžava ga unazad i vidi uobražen lik S_1 koji je podignut iznad predmeta, jer je zrak M_1O skrenuo ka debljem kraju prizme. Svetlosni zrak pri izlazu iz prizme skrenuo je sa svog prvočitnog pravca za neki ugao. Taj ugao zove se ugao skretanja ili **devijacioni ugao**.

Disperzija

Kad posmatramo kapljice rose na Sunčevu svetlosti, zapažamo da iz njih izlaze obojeni zraci dugih boja. Likove predmeta, koje posmatramo kroz optičku prizmu, vidimo pomerene, a na rubovima obojene bojama duge. Ove boje vidimo i kod drugih providnih tela obasjanih kako Sunčevom tako i bilo kojom belom svetlošću. Ovu pojavu obojene svetlosti

koja nastaje obasjavanjem providnih tela belom svetlošću nazivamo rasipanjem ili **disperzijom svetlosti**.



Slika 33-Disperzija

Propuštanjem bele svetlosti kroz optičku prizmu vidi se sedam boja koje čine **spektar**. Te boje idu od crvene, preko narandžaste, žute, zelene, plave, modre, do ljubičaste. Svetlosni zraci koji odgovaraju pojedinim bojama svetlosti lome se usled čega se razilaze. Ovi zraci postepeno prelaze jedni u druge. To znači da Sunčeva svetlost nije jednostavna, nego se sastoji od zraka raznih boja.

Zraci svih spektralnih boja, koji se nalaze u beloj svetlosti padaju na prizmu pod istim uglom, ali iz nje izlaze pod različitim prelomnim uglovima. To znači da se zraci različitih boja razločito prelamanju, to jest, imaju različiti indeksi prelamanja. On raste idući od crvenog ka ljubičastom delu spektra.

Pošto je svetlost talasne prirode utvrđeno je da do talasne dužine, tj. broja treptaja u sekundi zavisi boja neke svetlosti. Pošto se bela svetlost sastoji od raznobojnih svetlosnih zrakova, izlazi da je ona sastavljena iz zrakova različitih talasnih dužina. Kod vidljive svetlosti talasna dužina opada, a broj treptaja (frekvencija) se povećava idući od crvene ka ljubičastoj boji. Talasna dužina crvene boje iznosi oko 770 nm, a ljubičaste oko 400 nm.

Indeks prelamanja zavisi od talasne dužine. Pošto se brzina svetlosti u nekoj supstanci određuje kao:

$$c = \nu \cdot \lambda \quad (7)$$

a indeks prelamanja kao:

$$n = \frac{c_0}{c} \quad (8)$$

dobijamo:

$$n = \frac{c_0}{\nu \cdot \lambda} \quad (9)$$

Ovo znači da, što je talasna dužina svetlosti veća, indeks prelamanja date sredine je manji i obratno. Zato talasna dužina svetlosti opada od crvenog ka ljubičastom delu spektra.

Svetlost koja je sastavljena iz raznobojnih zrakova, različitog indeksa prelamanja nazivamo **heterogenom** ili **polihromatskom svetlošću**. Svetlost koja se sastoji od zrakova jedne boje, istog indeksa prelamanja nazivamo **homogenom** ili **monohromatskom svetlošću**. Ovu svetlost ne možemo razložiti na prostije boje.

Ako se spektar propusti kroz sabirno sočivo nastaje bela svetlost.

Interferencija

Interferencija je pojava da se dva talasa, kad deluju u istoj tački neke sredine slažu u rezultujući talas po principu superpozicije. Najjednostavnija interferencija je kada se slažu dva talasa iste frekvencije i amplitude.

Određenim načinima dva talasa, koji polaze iz istog ili različitih izvora, se mogu dovesti na neko mesto gde će se susresti. Da li će se oni, usled interferencije, međusobno pojačati, oslabiti ili poništiti, zavisi od razlike dužine njihovih puteva l_1 i l_2 , koje su pojedinačno prešli od izvora do mesta susreta, to jest, mesta interferencije. Ako je na tom mestu putna razlika $\Delta = l_1 - l_2$ između posmatrana dva talasa, gde je $l_1 > l_2$ i iznosi ceo broj z talasnih dužina λ , odnosno, ako je $\Delta = z\lambda$, onda će se rezultujući talas maksimalno pojačati. Ako je putna razlika jednaka nekom neparnom broju polovina talasne dužine, odnosno ako je $\Delta = (2z \pm 1)\frac{\lambda}{2}$, gde je z bilo koji ceo broj, onda će rezultujući talas maksimalno oslabiti ili se poništiti. Posledica ove pojave su tamne i svetle pruge na zastoru.

Interferenciju može da proizvede bilo šta što razlaže svetlost u talase koji mogu da se sabiraju ili poništavaju. Difrakcione rešetke, mehurići sapunice, kompakt diskovi, čak i krila leptira mogu da proizvedu interferencione šare.

Difrakcija

Ako između tačkastog izvora svetlosti i zaklona postavimo neki neprovidni predmet, ivice tog predmeta bacaće oštru senku na zaklon. To je posledica pravolinijskog prostiranja svetlosti. Ako taj predmet ima oštре ivice (žilet, nož) ili je vrlo uzan (tanka žica, dlaka) zapažamo odstupanje od ove osobine. Ovu pojavu nazivamo savijanje ili difrakcija svetlosti.

Ako pogledamo senku takvih predmeta videćemo «savijanje» oko njegovih ivica. Tada se pojavljaju, naizmenično, svetle i tamne pruge.

Razlog što u senci svih predmeta ne vidimo ovu pojavu je to što većina svetlosnih izvora nije tačkasta. Difrakciju možemo videti propuštanjem svetlosti kroz uske otvore.

Na osnovu izloženog možemo reći da: pod savijanjem ili difrakcijom svetlosti podrazumevamo pojavu odstupanja svetlosti od pravolinijskog prostiranja, koja nastaje pri prolazu svetlosti kroz vrlo uzane otvore na zaklonima ili pored vrlo uzanih zaklona i tela čije se dimenzije ne razlikuju mnogo od talasne dužine svetlosti.

Polarizacija

Prirodna svetlost se ponaša jednakom u svim pravcima. Ona je nepolarizovana.

Poznata je pojava dvojnog prelamanja kod kristala islandskog kalcita. To znači da imamo dva prelomljena zraka koji izlaze iz kristala i ponašaju se drugačije nego upadni zrak. Pri obrtanju ovog kristala vidimo dve slike koje menjaju svoju jačinu i pod izvesnim okolnostima jedna slika iščezava. Ova svetlost se ne ponaša kao prirodna - nepolarizovana. Možemo reći da je svetlost talasno kretanje sa transverzalnim oscilacijama. Kod prirodne ili nepolarizovane svetlosti oscilacije se vrše u svim pravcima normalnim na pravac njenog prostiranja. Pojava da se kod svetlosti, pod izvesnim pogodbama, od svih mogućih njenih oscilacija zadrže oscilacije samo u jednom određenom pravcu zove se polarizacija svetlosti.

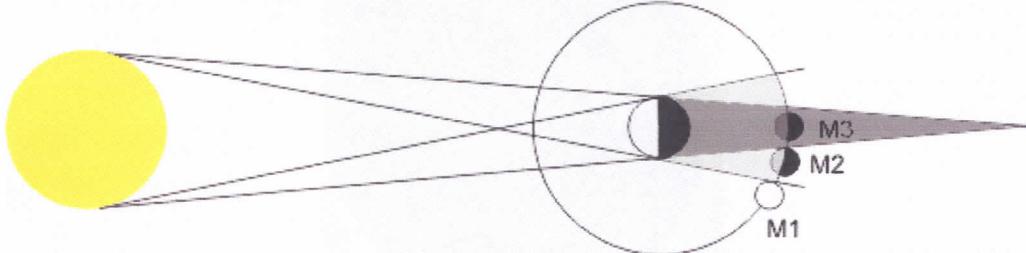
3.3. FIZIČKO OBJAŠNJENJE OPTIČKIH POJAVA U ATMOSFERI

Specifične osobine svetlosti su razlog nastajanja optičkih pojava u atmosferi.

Pomračenje Sunca i Meseca

Na osnovu onoga što znamo o senci, možemo razumeti neke pojave u vasioni. Obrtanjem Zemlje oko njene ose nastaje dan i noć. Pošto se Zemlja obrne za 24 sata, to će u tom vremenu, pojedina mesta na njoj biti u senci, kada nisu okrenuta prema Suncu, a biće osvetljena kada su okrenuta prema Suncu.

Zalaženjem Meseca u senku Zemlje nastaje pomračenje Meseca, a zalaženjem Zemlje u Mesečevu senku nastaje pomračenje Sunca.



Slika 34-Pomračenje Meseca

Pomračenje Meseca može nastati samo kada je Mesec pun, jer tada se Zemlja nalazi između njega i Sunca i to, ako Mesec prođe kroz senku Zemlje. Pomračenje Sunca može nastupiti za vreme mladog Meseca, jer se tada on nalazi između Zemlje i Sunca, i to ako njegova senka dodirne Zemlju.

Prema tome izgleda da bi ova pomračenja trebala da budu u toku svakih mesec dana. Tako bi i bilo da je ravan u kojoj se obrće Mesec oko Zemlje od zapada prema istoku, bila u ravni ekliptike, odnosno u ravni u kojoj se u istom smeru obrće Zemlja oko Sunca. Ali, ravan u kojoj se obrće Mesec oko Zemlje je nagnuta prema ravni ekliptike pod uglom oko $5^{\circ}30'$. Tada Mesečeva putanja seče ravan ekliptike u dvema tačkama, odnosno čvorovima. Čvor gde Mesec prelazi u prostor iznad ekliptike je ulazni čvor, a onaj u kome Mesec prelazi u prostor ispod ekliptike je izlazni čvor. Prava koja spaja oba čvora je čvorna linija.

Pomračenje Sunca i Meseca može nastati samo kad Mesec prolazi kroz ulazni, tj. izlazni čvor, ili je blizu njih, odnosno, u vremenu kada se čvorna linija nalazi na istoj pravoj u kojoj leže centri Sunca i Zemlje. Čvorovi nisu stalne tačke, nego se retrogradno kreću po ekliptici.

U jednom određenom periodu može nastupiti određeni broj pomračenja, pa se u narednom periodu sve ponavlja na isti način i istim redom.



Slika 35-Delimično pomračenje Meseca

Pomračenje Meseca ređe nastaje, zato što je njegov poluprečnik mali, pa stoga ne može uvek proći kroz senku Zemlje, jer ta senka je u obliku kupe, čiji se preseci smanjuju u

pravcu prostiranja senke. Ako Mesec prođe kroz polusenk Zemlje pomračenje se ne zapaža na Zemljji, Ako jedan deo Meseca uđe u jezgro Zemljine senke nastaje **parcijalno** ili **delimično pomračenje**. Ako Mesec sav zađe u jezgro Zemljine senke nastaje **totalno** ili **potpuno pomračenje**. Pri ovakvom pomračenju Mesec ne iščezava potpuno nego dobije zatvoreno crvenu boju. To se dešava zato što se Sunčevi zraci lome pri prolazu kroz Zemljinu atmosferu i tako dospevaju u senku Zemlje i slabo osvetljavaju Mesec. Međutim, od bele Sunčeve svetlosti, kao mešavine duginih boja atmosfera najviše zadržava plave zrake, tako da u konus senke propušta samo crvene zrake.



Slika 36-Potpuno pomračenje Sunce

Pomračenje Meseca započinje sa istočne strane. Njegovo prolaska kroz celu Zemljinu senku može trajati više od tri časa, dok totalno pomračenje može trajati više od jednog časa.

I pomračenje Sunca može biti trostrano.

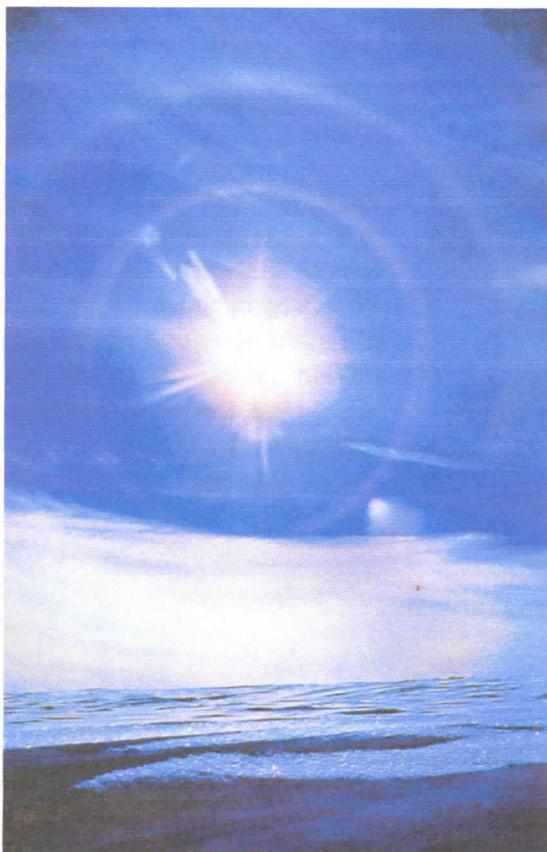
Ako jezgro Mesečeve senke dodirne jedan deo Zemljine površine, tu se uopšte ne vidi Sunce pa nastaje **totalno** ili **potpuno pomračenje Sunca**. Sa mesta na koje padne Mesečeva polusenka, vidi se jedan deo Sunca, dok se ostali deo ne vidi, pa kažemo da je nastalo **parcijalno** ili **delimično pomračenje**. Ako se centar Zemlje nalazi na pravoj koja spaja centre Sunca i Meseca, ali da je Mesec od Zemlje toliko udaljen, da jezgro Mesečeve senke ne dodiruje Zemljinu površinu, onda nastaje **prstenasto pomračenje**. Tada vidimo unutrašnji deo Sunčeve ploče koji je taman, a oko njega se vidi svetao prsten.

Totalno pomračenje Sunca za jedno isti mesto na Zemlji je retka pojava i događa se tek u razmaku od nekoliko stoljeća. Na osnovu teorije o kretanju Meseca i Zemlje, pomračenja Sunca i Meseca mogu se unapred predvideti sa tačnošću od desetog dela sekunde.

Sva ova pomračenja nastaju zbog toga što se daljina Meseca od Zemlje menja. U položaju najmanje udaljenosti (perigeju) Mesečeva senka može dodirnuti površinu Zemlje, dok u položaju najveće udaljenosti (apogeju) ne može. Isto tako za ove pojave važnu ulogu ima i udaljenje Meseca od ravni ekliptike, tj. latituda.

«Halo» efekat

Svetli prsten u duginim bojama koji često okružuje Mesec, a ređe Sunce, nazivamo «halo» efekat. Unutrašnja strana ovog prstena udaljena je do Meseca za 22^0 , a ređe za 46^0 . Dugine boje raspoređene su tako da je crvena u unutrašnjosti prstena, a ljubičasta na njegovoj periferiji. Ova pojava nastaje usled prelamanja svetlosnih zrakova kroz male ledene kristale, koji u obliku pravilnih šestostranih prizama lebde u paperjastim oblacima na velikoj visini. Pošto najmanji ugao skretanja za te kristale iznosi 22^0 , oko posmatrača primiče prelomljene zrake samo za uglove veće od 22^0 u odnosu na Mesec i Sunce, dok za manje uglove neće primiti tako da će prostor između posmatranog nebeskog tela i unutrašnje strane prstena izgledati taman. Crveni zraci pri prelamanju manje skreću i nalaze se stoga u unutrašnjoj strani, dok ljubičasti traci više skreću i nalaze se na spoljašnjoj strani prstena.



Slika 37-«Halo» efekat

Halo oko Meseca i Sunca naročito se lepo vidi u polarnim krajevima, gde je atmosfera vrlo često ispunjena sitnim ledenim iglicama. U umerenim krajevima češće se vidi halo oko Meseca, a ređe oko Sunca, jer ječe Sunčeva svetlost sprečava da vidimo slabije osvetljen halo efekat.

Plava boja neba

U vazduhu ima uvek sitnih delića vode i čvrstih tela, čija veličina može biti manja od $0,3 \mu\text{m}$. Na tim delićima nastaje difuzno odbijanje svetlosti. Sa sitnih delića u vazduhu rasejavaju se zraci malih talasnih dužina, odnosno zraci plave i ljubičaste boje, dok zraci crvene i žute boje obilaze te čestice, čije su dimenzije manje od njihove talasne dužine. Smeša plavih i ljubičastih zrakova daje plavu boju nebu.

Teorijskim razmatranjem utvrđeno da je intenzitet rasejane svetlosti obrnutoproporcionalan četvrtom stepenu talasne dužine svetlosti i zavisi od ugla pod kojim zraci padaju. Ova pojava se naziva **Rejlijevo rasejanje**.

Rasejanje svetlosti se događa i na molekulima gasova, iz čije se smeše sastoji atmosfera. Za avijatičare koji lete na velikim visinama, gde je vazduh vrlo razređen, nebo ima tamnu boju.

Jutarnje i večernje rumenilo neba

Pri izlasku i zalasku Sunca, Sunčevi zraci prelaze duži put kroz prizemne slojeve atmosfere, nego u ostalim delovima dana. Prizemni slojevi vazduha sadrže više prašine, dima i magle nego slojevi iznad njih. Na tim delićima nastaje odbijanje zraka i to onih sa kraćim talasnim dužinama, dakle, plavih. Prema tome, do očiju dospevaju uglavnom zraci većih talasnih dužina, dakle, crveni i žuti zraci, pa nam zato u prizemlju nebo izgleda rumeno. Rumeno Sunce vidimo i kada ga posmatramo kroz dim fabričkih dimnjaka.



Slika 38-Sutan i zora

Duga

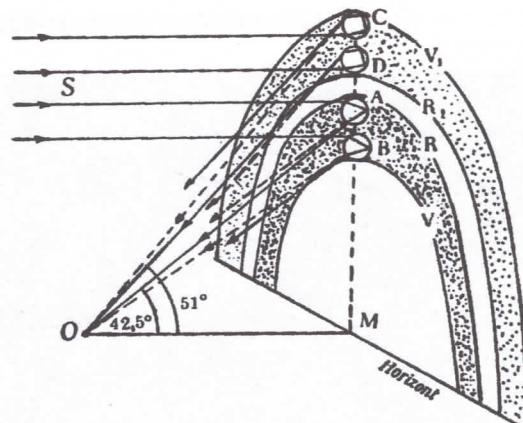
Dugom nazivamo obojeni kružni luk sa nizom spektralnih boja. Vidimo je na nebu pokrivenom tamnim oblacima iz kojih pada kiša ispred nas, kada Sunce sija sa suprotne strane. Javlja se u obliku kružnog luka čije se središte nalazi na pravoj koja iz središta Sunca prolazi kroz oko posmatrača. Od položaja Sunca zavisi gde će se nalaziti središte ovog luka. Ako se Sunce nalazi na horizontu, duga ima oblik potpunog polukruga, znači, ima najveću dužinu.



Slika 39-Duga

Ukoliko je Sunce na većoj visini iznad horizonta, utoliko je duga kraća, to jest ima manji luk. Ako se Sunce nalazi više od 42° iznad horizonta, dugu uopšta ne vidimo, jer se nalazi ispod horizonta.

Boje su poređane kao kod Sunčevog spektra u nizu od crvene do ljubičaste. Crvenu boju vidimo na spoljašnjem rubu luka, a ljubičastu na unutrašnjem. Iznad primarne duge, često se može naći i sekundarna duga sa obrnutim redom boja. Boje ove duge su blede.



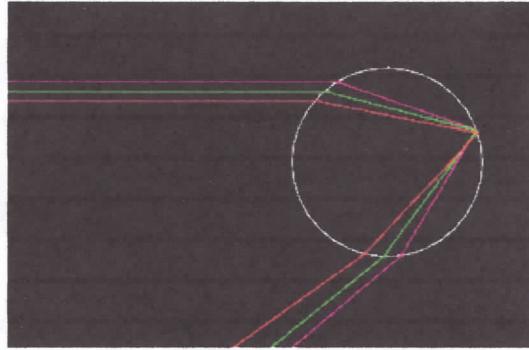
Slika 40-Kružni luk duge

Uzmimo dve kišne kapljice **A** i **B**, koje leže na vertikali **AM** povučene kroz središte **M** primarne duge, od kojih se gornja nalazi na spoljašnjem rubu luka, a donja na unutrašnjem rubu. Merenja su pokazala da crveni zraci **AO** iz gornje kapljice dolaze u oko posmatrača pod uglom **AOM** koji iznosi $42,5^{\circ}$, a ljubičasti **BO** iz donje kapljice pod uglom **BOM** od $40,5^{\circ}$. Prema tome, širina glavne duge **AB** merena od posmatrača **O** iznosi 2° . Obrtanjem trougla **AMO** oko prave **OM** kao osovine, tačka **A** menja samo svoje mesto, ugao **AOM** ostaje isti. Stoga, svi položaji tačke **A** leže na luku opisanom iz središta **M** sa poluprečnikom **AM**. Prema tome, zaključujemo da sa svih kišnih kapljica, koje leže na istom luku, u naše oko dopiru zraci iste boje, u ovom slučaju crvene. To važi i za ostale kapljice kiše koje se nalaze ispod

kapljice A . Stoga je razumljivo da traka svake pojedine boje kod duge mora imati oblik kružnog luka.

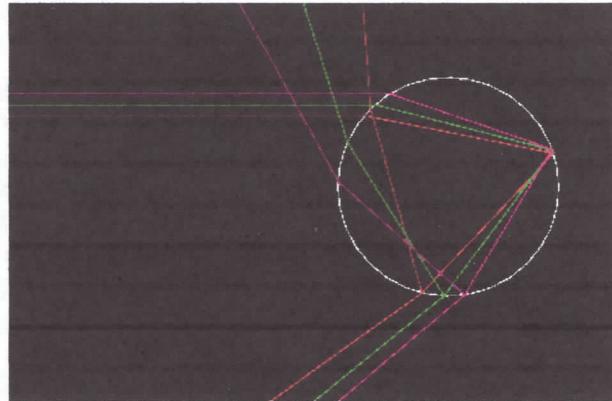
Za sekundarnu dugu utvrđeno je da je posmatrač može videti kad zraci sa kišnih kapljica, koje se nalaze na njenom unutrašnjem rubu, crveni zraci, dospevaju u njegovo oko pod uglom DOM koji iznosi 51^0

Da bismo razumeli pojavu primarne i sekundarne duge posmatrajmo dve kuglice K_1 i K_2 , koje predstavljaju dve kapljice kiše, između mnogobrojnih kapljica na koje pada snop paralelenih zrakova Sunčeve bele svetlosti. Pod pogodbom minimalnog skretanja svetlosti u tim vodenim kapljicama nastaje disperzija svetlosti pri ulasku u njih.



Slika 41-Kapljica K_1

Usled totalne refleksije koja se dešava u unutrašnjosti kapljice, prostiranje zraka pojedinih spektralnih boja je takvo, da se pri izlasku u vazduh lome i ređaju od crvenih ka ljubičastim zracima. U produženju ovih zrakova vidi se primarna duga sa crvenom bojom na spoljašnjem rubu i ljubičastom na unutrašnjem rubu.



Slika 42-Kapljica K_2

Pri ulasku Sunčeve bele svetlosti u kapljicu kiše K_2 takođe nastaje disperzija svetlosti, ali se sada zraci pojedinih boja u unutrašnjosti kapljice dva puta potpuno odbiju pod pogodbom minimalnog skretanja, tako da se pri izlasku u vazduh zraci lome i ređaju u nizu od ljubičastim ka crvenim. Stoga u produženju ovih zrakova unazad posmatrač vidi sekundarnu dugu sa redom boja u kome se ljubičasta nalazi na spoljašnjem luku, a crvena na unutrašnjem luku.

Sekundarna duga je znatno bleđa od primarne jer svetlost u kapljicama kiše jače oslabi usled toga što se dva puta u njima reflektovala, to jest, deo zraka se prelama i čini primarnu dugu, a deo se još jednom reflektuje i čini sekundarnu dugu. Širina duge zavisi od veličine kapljica kiše.

U dugi boje nisu potpuno odvojene jedna od druge, nego zalaže jedna u drugu i mešaju se. Ovo nastaje zbog toga što Sunce nije tačasti izvor svetlosti.

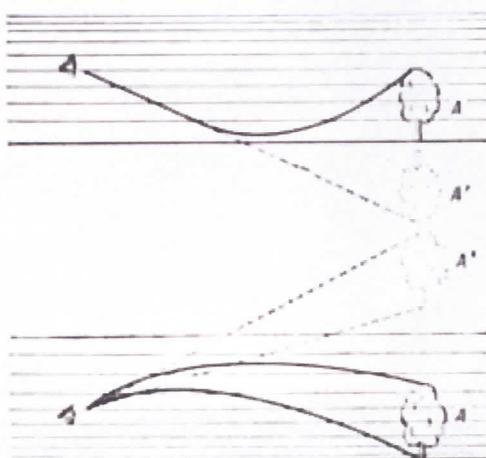
Fatamorgana

Na prelamanju svetlosti i totalnoj refleksiji zasnivaju se neke pojave u atmosferi, usled čega se na izvesnim mestima vide obrnuti likovi predmeta kao u ogledalu, i to ili na zemlji ili u vazduhu. Ova pojava naziva se fatamorgana.



Slika 43-Fatamorgana

U tropskim predelima, kada je vreme tiho, donji slojevi vazduha, kao toplijih redi su, od slojeva iznad njih, pa zbog toga pod uslovima potrebnim za pojavu totalne refleksije, svetlosni zraci, koji dolaze od udaljenih predmeta, mogu se totalno reflektovati na granici nekog ređeg sloja. Kad totalno reflektovani zraci stignu u oko posmatrača, onda u presecima njihovih produženja unazad, posmatrač vidi imaginaran lik predmeta obrnuto, kao da se predmet ogleda u vodi. Naime, iz tačke A predmeta AB polazi bezbroj zraka u svim pravcima, ali radi uprošćenosti posmatramo jedan svetlosni zrak, koji se prostire kroz vazduh pod velikim nagibom prema nižim i sve ređim slojevima vazduha. Usled toga svetlosni zrak će se stalno lomiti od normale pri prelazu iz pojedinih gušćih slojeva u ređe, pa stoga zrak pada sve kosije na sledeće slojeve. Ako pri tome na granici dva sloja upadni ugao postane veći od graničnog ugla, nastaje totalna refleksija. Totalno reflektovani zrak tada se prostire natrag u gušće slojeve vazduha lomeći se ka normali. Takvih totalno reflektovanih zrakova koji dolaze sa povoljnog graničnog sloja ima mnogo, jer iz tačke A polazi, kako smo već rekli, veliki broj zrakova. Totalno reflektovani zraci rasprostiru se od granične površine između slojeva vazduha divergentno i stoga posmatrač iz O vidi lik tačke A u preseku njihovih produženja unazad, tj. vidi lik u tački A_1 . Razume se da posmatrač može u nekim slučajevima istovremeno videti i sam predmet AB u njegovom pravom položaju, jer u oko posmatrača stižu i oni svetlosni zraci koji nisu pretrpeli totalnu refleksiju.



Slika 44-Gornja i donja fatamorgana

Ovaj primer odnosi se na pojavu **donje fatamorgane**.

Međutim, u hladnim predelima, i to iznad morske površine, mogu nastati pojave **gornja fatamorgana**. Naime, iznad morske površine mogu se ponekad nalaziti znatno gušći slojevi vazduha od najbližih viših slojeva. Ako od predmeta *A* koji je duboko položen, idu zraci naviše vrlo koso, lomiće se oni sve više od normale ukoliko dolaze u ređe slojeve. Dakle, zraci će dolaziti sve kosije na granične površine sledećih slojeva dok ne padnu pod uglom većim od graničnog, a tada će se od tog višeg a ređeg sloja vazduha potpuno odbiti naniže. Kad posmatračevo oko u tački *O* primi ove zrake, vidi obrnutu sliku *A₁* u vazduhu.



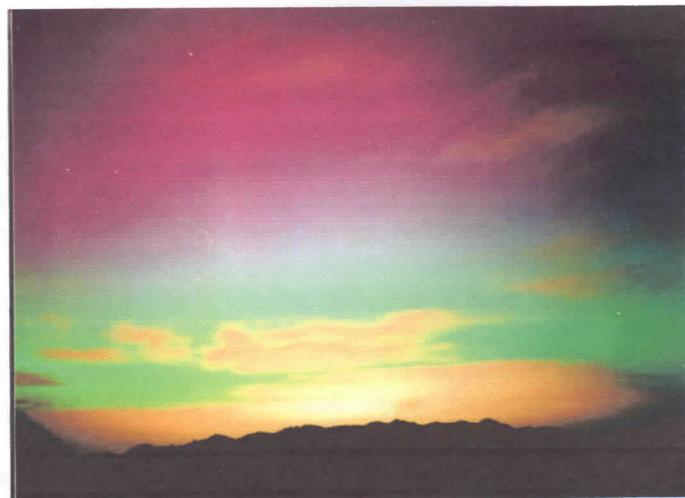
Slika 45-Donja fatamorgana



Slika 46-Gornja fatamorgana

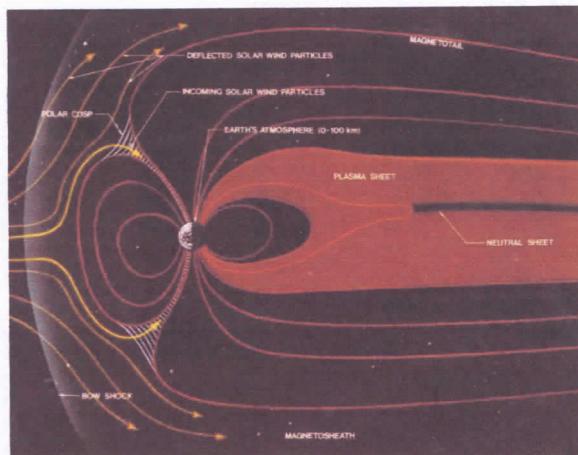
Polarna svetlost

Polarna svetlost (latinski aurora polaris) je svetljenje noćnog neba, obično u polarnim krajevima. Na severu se naziva aurora borealis, a kada se javi na Južnom polu naziva se aurora australis. Pošto su obe aurore istog porekla, ovu pojavu naučnici nazivaju "polarna aura", odnosno severna zora. Ovo ime nastalo je od utiska koji se stiče pri pojavi aurore, posebno gledano iz Evrope-na severnom horizontu se ukazuje crvenkasta svetlost kao na istoku u zoru, pred izlazak Sunca.



Slika 47-Polarna svetlost

Aurora se javlja kao "difuzno svetljenje", ili kao "zavesa" koja se širi u pravcu istok-zapad. Ponekad se obrazuju "mirni lukovi", a nekada se svetlost neprakidno menja na nebu i to je aktivna aurora



Slika 48-Nastanak polarne svetlosti

Pored atmosfere Zemlju okuržuju i pojasevi nanelektrisanih čestica. Te čestice su, uglavnom, elektroni, protoni i neka atomska jezgra. Sunce, pored zračenja, emituje i nanelektrisane čestice koje čine Sunčev vetar. Kada stignu u blizinu Zemlje, na njih počne da deluje Zemljino magnetno polje i na taj način ih zarobi. One su tada prisiljene da stalno osciluju između severnog i južnog magnetnog pola.

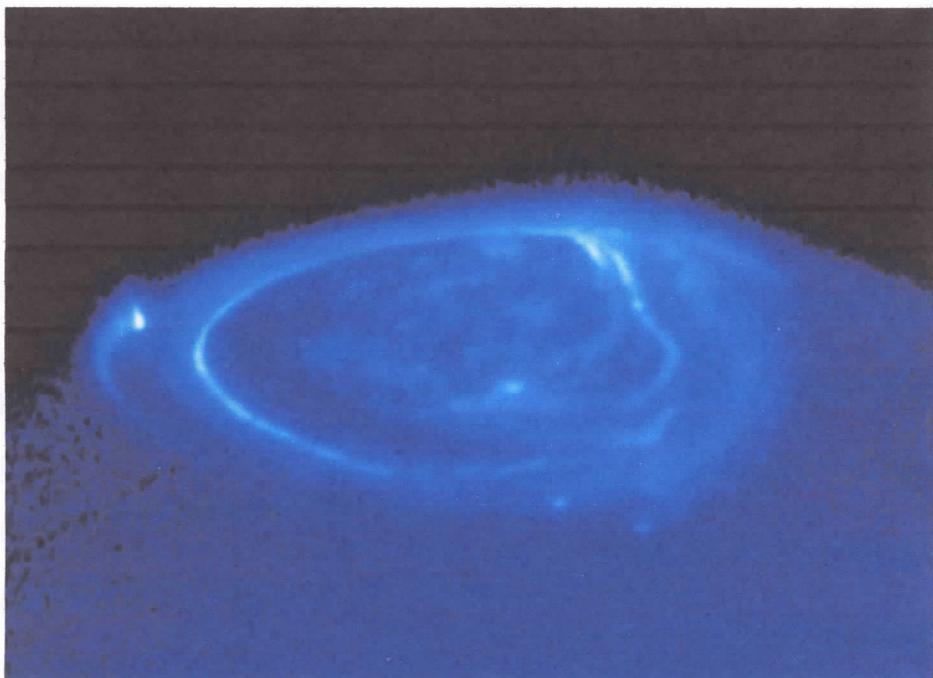
Kad je Sunčeva aktivnost pojačana ili dođe do erupcije na Suncu, do Zemljine površine dospe veći broj nanelektrisanih čestica koje, tada, poremete već postojeće.

Nanelektrisane čestice se tada kreću u pravcu linija magnetnog polja, pa im je zbog oblika linija u polarnim oblastima tu najlakše da stignu u niže slojeve atmosfere. Pristigle čestice sudsaraju se sa atomima gasa atmosfere, pobuduju ih i gas počinje da svetli. Tako nastaje polarna svetlost. Javlja se na mestima gde je gas dovoljno redak da čestice mogu kroz njega da prolaze, ali i dovoljno gust da može da dođe do dovoljnog broja sudara čestica sa atomima gasa. To su najčešće visine između 100 km i 250 km, ali polarna svetlost se može javiti i na visinama od 1000 km. Na tim visinama nalazi se sloj atmosfere, a to je jonosfera.

Deo misterije koja obavlja prirodni fenomen polarne svetlosti koja svojim treperavim svetlucanjem oduševljava posmatrače je rasvetljen. Naučnici su uspeli da objasne šta izaziva treperenje aurore. Eksplozije magnetne energije, na putu između Zemlje i Meseca izazivaju iznenadno blještanje polarne svetlosti oba. Linije Zemljinog magnetnog polja prostiru se daleko u pravcu Sunca i preuzimaju energiju od solarnih vetrova. Istraživači ističu da kada se dve linije magnetnog polja približe, zbog energije koju sadrže dostiže se kritična tačka. Tada se magnetna energija pretvara u kinetičku uz oslobođanje topline, što izaziva treperenje aurore.

Polarna svetlost se javlja u raznim oblicima, a boje koje se javljaju su zelena, tamno plava, crvena, ružičasta ili beličasta.

Aurora je opažena i Jupiteru i Saturnu. To su planete čija su magnetna polja mnogo snažnija od Zemljinog. pokreće ih Sunčev vetar. Jupiterovi sateliti, posebno Io, takođe uzrokuju snažne aurore koje se javljaju zbog električnih struja duž silnica magnetnog polja između rotirajuće planete i njenog satelita koji kruži oko nje (dinamo učinak). Io koji ima aktivni vulkanizam i jonsferu, je snažan izvor polarne svetlosti, a njegove struje emituju i radio-talase.



Slika 49-Polarna svetlost na Jupiteru

4. OBRADA NASTAVNE TEME «OPTIČKE POJAVE U ATMOSFERI»

Za objašnjenje optičkih pojava u atmosferi, potrebno predznanje učenika je dobeo poznavanje osnovnih zakona optike.

Predviđa se obrada sledećih nastavnih jedinica:

- *Boje neba, duga i fatamorgana,*
- *Pomračenje Sunca i Meseca i Halo efekat,*
- *Polarna svetlost.*

4.1. Obrada nastavne jedinice «BOJE NEBA, DUGA I FATAMORGANA»

Uvodni deo časa:

:

- Pitanje: Šta je difuzno odbijanje svetlosti?
- Očekivani odgovor: Difuzno odbijanje svetlosti je odbijanje svetlosti od hrapavih površina.
- Pitanje: Šta je prelamanje svetlosti?
- Očekivani odgovor: Prelamanje svetlosti je promena pravca svetlosnog zraka pri prelazu iz jedne sredine u drugu.
- Pitanje: Šta nastaje propuštanjem bele svetlosti kroz prizmu?
- Očekivani odgovor: Propuštanjem bele svetlosti kroz prizmu nastaje disperzija svetlosti.
- Pitanje: Zraci koje boje se najjače prelamaju?
- Očekivani odgovor: Najjače se prelамaju zraci crvene boje?
- Pitanje: Kako nastaje totalna refleksija?
- Očekivani odgovor: Totalna refleksija nastaje kada svetlosni zrak pada na graničnu površinu pod uglom većim od graničnog.

Glavni deo časa:

Teorijska obrada nastavne jedinice.

Eksperimentalni deo:

1. **Boje neba**
2. **Duga**
3. **Kako možeš oduvati svetlost?**

Završni deo časa:

- Pitanje: Zraci kojih talasnih dužina se difuzno odbijaju od sitnih delića u atmosferi?
- Očekivani odgovor: To su zraci malih talasnih dužina, odnosno, zraci plave i ljubičaste boje
- Pitanje: Šta se dešava sa zracima crvene ili narandžaste boje?
- Očekivani odgovor: Ovi zraci zaobilaze ove čestice, jer je njihova talasna dužina veća od veličine ovih čestica
- Pitanje: Kom zakonu se podvrgava jačina rasturene svetlosti?
- Očekivani odgovor: Podvrgava se Rejlejevom zakonu.

- Pitanje: Kakvog je oblika duga?
- Očekivani odgovor: Duga je oblika kružnog luka.
- Pitanje: Pod kojim uglom se vidi primarna, a pod kojim sekundarna duga?
- Očekivani odgovor: Primarna duga se vidi pod uglom manjim od 42° , a sekundarna pod uglom manjim od 51° .
- Pitanje: Kako su poređane boje kod primarne duge?
- Očekivani odgovor: U primarnoj dugi crvena boja se nalazi na spoljašnjem rubu, a ljubičasta na unutrašnjem rubu.
- Pitanje: Koliko puta se svetlost prelomi, a koliko puta totalno odbije u kaoljici pri stvaranju glavne duge?
- Očekivani odgovor: Svetlost se dva puta prelomi, a jednom potpuno odbije.
- Pitanje: Usled čega se stvaraju spektralne boje kod duge?
- Očekivani odgovor: Usled disperzije svetlosti.
- Pitanje: Pomoću kojih osobina svetlosti se objašnjava fatamorgana?
- Očekivani odgovor: Pomoću prelamanja svetlosti i totalne refleksije.
- Pitanje: Kako se lomi zrak pri prelazu iz gušćih slojeva u ređe, a kako obrnuto?
- Očekivani odgovor: Pri prelazu iz gušćih slojeva u ređe zrak se lomi od normale, a obrnuto ka normali
- Pitanje: Kada će se zrak totalno reflektovati?
- Očekivani odgovor: Kada upadni ugao postane veći od graničnog.
- Pitanje: Kako se prostiru totalno reflektovani zraci?
- Očekivani odgovor: Prostiru se divergentno.

4.2. Obrada nastavne jedinice «POMRAČENJE SUNCA I MESECA I HALO EFEKAT»

Uvodni deo časa

- Pitanje: Kako se prostire svetlost?
- Očekivani odgovor: Svetlost se prostire pravolinijski.
- Pitanje: Koje su posledice ove osobine?
- Očekivani odgovor: Posledice su: pojava obrnutog lika u mračnoj komori i pojava senke.
- Pitanje: Šta nastaje prouprštanjem bele svetlosti kroz prizmu?
- Očekivani odgovor: Nastaje spektar.
- Pitanje: Zraci koje boje se najmanje lome, a koje boje najviše?
- Očekivani odgovor: Najmanje se lome zraci crvene boje, a najviše zraci ljubičaste.
- Pitanje: Od čega se sastoji senka predmeta, ako izvor svetlosti nije tačkast?
- Očekivani odgovor: Senka se tada sastoji od jezgra senke i polusenke.

Glavni deo časa:

Teorijska obrada nastavne jedinice.

Eksperimentalni deo:

1. Pomračenje Sunca i Meseca

Završni deo časa

- Pitanje: Usled čega nastaje pomračenje Meseca?
- Očekivani odgovor: Zalaženjem Meseca u senku Zemlje.
- Pitanje: Kada se dešavaju pomračenja?
- Očekivani odgovor: Pomračenje Sunca nastaje za vreme mladog Meseca, a pomračenje Meseca ua vreme punog Meseca.
- Pitanje: Zašto je Mesec crven pri potpunom pomračenju?
- Očekivani odgovor: Zato što Sunčevi koji se prelamaju u Zemljinoj atmosferi padaju na Mesec
- Pitanje: Šta je halo?
- Očekivani odgovor: Svetli prsten koji okružuje Mesec i obojen je dugim bojama.

4.3. Obrada nastavne jedinice «POLARNA SVETLOST»

Uvodni deo časa:

- Pitanje: Šta je magnetno polje?
- Očekivani odgovor: Magnetno polje je polje koje se stvara oko namagnetisanih tela.
- Pitanje: Da li se magnetno polje može stvoriti i oko nekih drugih tela?
- Očekivani odgovor: Može da se stvori i oko nanelektrisanih tela u pokretu.
- Pitanje: Da li nebeska tela poseduju magnetno polje?
- Očekivani odgovor: Da.

Glavni deo časa:

Teorijska obrada nastavne jedinice.

Završni deo časa:

- Pitanje: Šta je polarna svetlost i gde se javlja?
- Očekivani odgovor: Polarna svetlost je svetljenje noćnog neba i javlja se na polovima.
- Pitanje: Šta još okružuje Zemlju, pored atmosfere?
- Očekivani odgovor: Pored atmosfere Zemlju okružuje i pojas nanelektrisanih čestica.
- Pitanje: Pored magnetnog polja Zemlje, šta je još potrebno da bi se pojavila polarna svetlost
- Očekivani odgovor: Potrebne su čestice koje emituje Sunce, koje nazivamo Sunčevim vjetrom.
- Pitanje: Kako se kreću nanelektrisane čestice?
- Očekivani odgovor: Kreću se u pravcu magnetnog polja .
- Pitanje: U kom sloju atmosfere se javlja polarna svetlost?
- Očekivani odgovor: Javlja se u jonsferi.
- Pitanje: Šta se dešava u jonsferi, pa stvara polarnu svetlost?
- Očekivani odgovor: Nanelektrisane čestice se sudaraju sa atomima gase atmosfere i pobuđuju ih i gas svetli.

5. DEMONSTRACIONI OGLEDI

5.1.DEMONSTRACIONI OGLEDI NASTAVNE JEDINICE «BOJE NEBA I DUGA»

5.1.1.Eksperiment plavog neba

CILJ:

Zapaziti uslove koji postoje u atmosferi i uslove koji stvaraju plavu boju neba

POTREBNO PREDZNANJE:

Svetlosni izvor

Difuzno odbijanje svetlosti

Prelamanje svetlosti

Disperzija

FORMIRANJE GRUPA

Podela učenika u grupe metodom slučajnog uzaka. Učenici se dele u grupe tako što uzimaju lističe na kojima su ispisana slova N,E,B,O. Oni koji su izvukli isto slovo čine jednu grupu. Grupe N i B izvodiće eksperiment “Zašto je nebo plavo”, ali samo dok ne dobiju plavu boju tečnosti, dok grupe E i O izvode isti eksperiment dok ne dobiju crvenkastu boju.

POTREBAN MATERIJAL:

- lampa
- providna plastična boca od dve litre
- mleko
- voda

PRIPREMA EKSPERIMENTA:

Tri četvrtine boce od dve litre napuni vodom i postavi lampu tako da osvetljava bocu sa strane.

Dodaj kašičicu mleka u vodu.

Šta vidiš? Nastavi da dodaješ mleko dok ne zapaziš da se plava svetlost širi iz smeše do tvojih očiju.

Kad zapaziš plavu svetlost, dodaj još mleka u bocu sve dok se plava boja ne izgubi i ne pojavi narandžasta ili crvena.

OBJAŠNJENJE:

Isto kao u atmosferi, smeša najviše rasejava talasne dužine svetlosti koje odgovaraju plavoj boji- daleko više od ostalih. To je razlog zbog kog je nebo plavo. Pri izlasku Sunca rasejanje zavisi od ugla pod kojim se Sunce nalazi. Ovo dovodi do crvene ili narandžaste boje u atmosferi

ZAKLJUČAK:

U atmosferi se nalaze sitni delići vode i čvrstih tela veličine 300 nm. Na njima se Sunčeva svetlost difuzno reflektuje. Sa ovih čestica se rasejavaju zraci malih talasnih dužina, odnosno, zraci plave i ljubičaste boje.

5.1.2. Napravi dugu

CILJ:

Stvoriti uslove potrebne za postanak duge

POTREBNO PREDZNANJE:

Prelamanje svetlosti

Disperzija

Totalna refleksija

POTREBAN MATERIJAL:

- čaša vode
- list belog papira
- Sunce ili stona lampa

IZVOĐENJE EKSPERIMENTA:

Napuni čašu do vrha vodom.

Stavi čašu sa vodom na sto tako da je pola čaše na stolu, a pola van njega.

Proveri da li Sunce ili lampa obasjava čašu.

Potom stavi list belog papira na pod.

Podešavaj položaj papira i čaše dok se duga ne formira na papiru.

OBJAŠNJENJE:

Zašto se to događa? Bela Sunčeva svetlost može se razložiti na mnogo boja. To su: crvena, narandžasta, žuta, zelena, plava, indigo plava i ljubičasta. Kada svetlost prolazi kroz vodu razlaže se na boje koje možeš da vidiš u dugi.

ZAKLJUČAK:

Pošto se Sunčeva svetlost sastoji od zraka različitih talasnih dužina, odnosno, različitih boja, disperzijom, prelamanjem svetlosti i totalnom refleksijom u kapljicama kiše nastaje duga.

5.1.3. Kako možeš «oduvati» svetlost

CILJ:

Stvoriti uslove za nastanak fatamorgane

POTREBNO PREDZNANJE:

Totalna refleksija

Prelamanje svetlosti

Zavisnost indeksa prelamanja od temperature

POTREBAN MATERIJAL

- He-Ne laser ili laser pointer
- rešo
- ravna metalna ploča (10 cm x 10 cm x 0,5 cm)
- Bunzenov plamenik za zagrevanje metalne ploče
- gumica za kosu

PRIPREMA EKSPERIMENTA

U dobro zamraćenoj sobi postavi se laser, tako da laserski zrak bude paralelen površini zagrejane ploče rešoa. Laserski zrak treba da je tako usmeren da pada na svetao zid koji se nalazi približno 3 m iza ploče. Da bi se laserski zrak usmerio u željenom pravcu, laser se postavi na stativ. Ako se upotrebljava laser pointer koji uobičajeno ima jedan taster, taster se može fiksirati guminom. Ako ploča rešoa nema ravnomerno zagrevanje postavi se preko nje metalna ploča, pri čemu se mora paziti da ne dođe do nekontrolisane refleksije laserskog zraka od metalne ploče. Ukoliko nemate rešo, može se metalna ploča zagrevati Bunzenovim plamenikom.

Ako se dune preko zagrejane ploče, laserski zrak će praktično biti "oduvan" od ploče. Posmatrajte svetu tačku zraka na zidu, za vreme dok neka druga osoba duva. Mora se voditi računa da osoba koja duva ne стоји blizu ivice metalne ploče.

OBJAŠNJENJE

Zagrejan vazduh na određenoj visini iznad ploče ima istu temperaturu i istu optičku gustinu. Laserski zrak se kreće po pravoj liniji duž metalne površine. Kad se duva preko ploče obrazuje se tanak temperaturni sloj u kom vazdušna stuga opada. Hladan sloj ima veći indeks prelamanja od toplog, te nastaje gradijent indeksa prelamanja. U optičkoj anizotropnoj sredini svetlost skreće od prvobitnog pravca, što se manifestuje pomeranjem svetle tačke, koju obrazuje laserski zrak na zidu, na gore.

ZAKLJUČAK:

Zagrejan vazduh na nekoj visini ima istu temperaturu i optičku gustinu. Kad se vazduh greje ili hlađi obrazuje se temperaturni sloj u kom se vazdušna struja podiže ili opada. Hladan sloj ima veći indeks prelamanja od toplog, te nastaje gradijent indeksa prelamanja.

5.2.DEMONSTRACIONI OGLED NASTAVNE JEDINICE «POMRAČENJE SUNCA I MESECA I «HALO» EFEKAT»

5.2.1.Pomračenje Sunca i Meseca

CILJ:

Zapaziti uslove za nastanak pomračenja Sunca i Meseca

POTREBNO PREDZNANJE:

Svetlosni izvor

Svetlosni zrak

Tačkasti izvor svetlosti

POTREBAN MATERIJAL:

- Fudbalska lopta
- Teniska lopta
- Baterijska lampa ili sveća
- Klupa
- Papir

IZVOĐENJE EKSPERIMENTA:

Na klupu postaviti baterijsku lampu, fudbalsku loptu i tenisku loptu, tako da su u istom pravcu. Uključiti lampu i pomerati tenisku loptu u taman ili polutaman prostor iza fudbalske lopte. Zatim postaviti tenisku loptu ispred fudbalske i posmatrati šta se dešava.

OBJAŠNJENJE:

Kada se svetlost baterijske lampe usmeri ka loptama, tako da mala lopta (Mesec) bude u senci ili polusenci veće (Zemlja) nastaje potpuno ili delimično pomračenje Meseca. Ako se teniska lopta postavi ispred fudbalske, dolazi do potpunog ili delimičnog pomračenja Sunca.

ZAKLJUČAK:

Pomračenje Sunca nastaje kada se Mesec nalazi između Sunca i Zemlje, a pomračenje Meseca kada se Mesec nađe iza Zemlje, to jest, kada se nalazi u njenoj senci ili polusenci. Ova prirodna pojava je posledica pravolinjskog prostiranja svetlosti.

6.ZAKLJUČAK

Upoznavanje učenika sa osnovnim osnovnim pojmovima, pojavama i zakonima u oblasti optike počinje u prvom razredu osnovne škole. Najčešće se koriste klasične metode za obradu i utvrđivanje gradiva koje ne povezuju stečeno znanje sa praktičnom primenom i svakodnevnim životom.

Nastavna tema «Optičke pojave u atmosferi» može se obraditi u trećem razredu srednje škole kroz nastavne jedinice: Boje neba i duga, Pomračenje Sunca i Meseca i halo, Fatamorgana i polarna svetlost.

Za lakše sagledavanje pojava i uočavanje zakonitosti, neophodno je korišćenje adekvatnih, zanimljivih i jednostavnih ogleda, tako da učenici kroz individualni rad, razmišljanje i logičko zaključivanje usvoje predmetno gradivo.

Za obradu nastavne teme korišćeni su sledeći ogledi:

- Eksperiment plavog neba
- Napravi dugu
- Pomračenje Sunca i Meseca
- Kako možeš «oduvati» svetlost.

Upotreбом demonstracionih ogleda časovi fizike postaju interesantniji, a gradivo razumljivije i primenljivo .

Literatura:

- Milorad Mlađenović, Mirko Jakšić, *Istorija klasične fizike za učenike srednjih škola*, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, Zavod za udžbenike Novi Sad.
- S. E. Friš, A. V. Timorjeva, *Kurs opšte fizike, Knjiga III, Optika i atomska fizika*, Zavod za udžbenike, Beograd, 1970. godine
- D. M. Ivanović, V. M. Vučić *Fizika II, Elektromagnetika i optika*, Naučna knjiga, Beograd, 1971. godine
- Ž. Ćulum, *Fizika IV, Optika*, Naučna knjiga, Beograd, 1966. godine
- Dr Dušanka Ž. Obadović, *Jednostavni eksperimenti u nastavi fizike*, skripta, Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet, Departman za fiziku, Novi Sad, 2006. godine
- Enciklopedija za djecu i omladinu, *Svijet oko nas*, Školska knjiga, Zagreb, 1986. godine
- Enciklopedija sveznanja, *Vremenske prilike*, Politikin zabavnik, Knjiga komerc, Beograd, 2006. godine
- Enciklopedija sveznanja, *Svetlost*, Politikin zabavnik, Knjiga komerc, Beograd, 2006. godine
- Riznica znanja za mlade, Jugoslavija, Beograd, 1978. godine
- Dušanka Ž. Obadović, Milica Pavkov-Hrvojević, Maja Stojanović, *Jednostavni ogledi u fizici za osmi razred osnovne škole*, Zavod za udžbenike, Beograd, 2007. godine

Biografija:



Rođena 15. oktobra 1984. godine u Ogulinu, Republika Hrvatska. 1992. godine se selimo u Kisač, opština Novi Sad, gde završavam osnovnu školu «Ljudevit Šur». Nakon završene osnovne škole, upisujem gimnaziju društveno-jezičkog smera «Isidora Sekulić» u Novom Sadu. Gimnaziju završavam 2003. godine i tada upisujem Prirodno-matematički fakultet, na departamnu za fiziku.



UNIVERZITET U NOVOM SADU
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

Redni broj:

RBR

Identifikacioni broj:

IBR

Tip dokumentacije:

TD

Tip zapisa:

TZ

Vrsta rada:

VR

Autor:

AU

Mentor:

MN

Naslov rada:

NR

Jezik publikacije:

JP

Jezik izvoda:

JI

Zemlja publikovanja:

ZP

Uže geografsko područje:

UGP

Godina:

GO

Izdavač:

IZ

Mesto i adresa:

MA

Fizički opis rada:

FO

Naučna oblast:

NO

Naučna disciplina:

ND

Predmetna odrednica/ ključne reči:

PO

UDK

Čuva se:

ČU

Važna napomena:

VN

Izvod:

IZ

Monografska dokumentacija

Tekstualni štampani materijal

Diplomski rad

Nataša Miljenović

Dr. Dušanka Obadović

Obrada nastavne teme «Optičke pojave u atmosferi» za srednje škole

srpski (latinica)

srpski/engleski

Srbija

Vojvodina

2008.

Autorski reprint

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

4/43/0/0/49/0/0

Fizika

Demonstracioni eksperiment u nastavi

Duga, , fatamorgana, boje neba, polarna svetlost

Biblioteka departmana za fiziku, PMF-a u Novom Sadu

Nema

U radu je prikazana obrada nastavne teme: «Optičke pojave u atmosferi», i objašnjenja ovih pojava kao i pripreme za nastavu fizike u kojima se prezentuju navedene pojave

Datum prihvatanja teme od NN veća: 29.9.2008.
DP
Datum odbrane: 3.10. 2008.
DO
Članovi komisije:
KO
Predsednik: Dr.. Srđan Rakić ,docent.
član: Dr.Dušanka Obadović , redovni prof.
član: Dr. Milica Pavkov-Hrvojević, vanredni 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 Miljenović
AU
Mentor/comentor: Dr. Dušanka Obadović, full professor
MN
Title: Treatment of teaching “Optical phenomena in atmosphere” in High School
TI
Language of text: Serbian (Latin)
LT
Language of abstract: English
LA
Country of publication: Serbia
CP
Locality of publication: Vojvodina
LP
Publication year: 2008
PY
Publisher: Author's reprint
PU
Publication place: Faculty of Science and Mathematics, Trg Dositeja Obradovića 4, Novi Sad
PP
Physical description: 4/43/0/0/49/0/0
PD
Scientific field: Physics
SF
Scientific discipline: Demonstrative experiments in teaching
SD
Subject/ Key words: Rainbow,fatamorgana, sky coloures, aurora polaris

SKW

UC

Holding data:

Library of Department of Physics, Trg Dositeja Obradovića 4

HD

Note:

none

N

Abstract:

The author describes optical phenomena and represent preparations for teaching of physics describing these phenomena

AB

Accepted by the Scientific Board:

29.9.2008

ASB

Defended on:

3.10.2008.

DE

Thesis defend board:

DB

President:

Srđan Rakić, PhD, asisstant professor

Member:

Dušanka Obadović, PhD, full professor

Member:

Milica Pavkov-Hrvojević, associated professor