

GEOMETRIJSKA OPTIKA

- 1. Osnovni zakoni geometrijske optike*
- 2. Hajgensov princip*
- 3. Zakon refleksije (odbijanja) svetlosti*
- 4. Zakon refrakcije (prelamanja) svetlosti*
- 5. Disperzija (razlaganje) svetlosti*





1. OSNOVNI ZAKONI GEOMETRIJSKE OPTIKE

1. Zakon pravolinijskog prostiranja svetlosti

U homogenim sredinama zraci se prostiru duž pravih linija (zakon ne važi kada svetlost nailazi na male otvore i prepreke, tada se primenjuju zakoni talasne optike).

2. Zakon nezavisnog prostiranja svetlosnih zraka

Svetlosni zraci ne utiču jedni na druge u mestima njihovog ukrštanja (ovo ne važi za laserske zrake).

3. Zakon odbijanja (refleksije) svetlosnih talasa

4. Zakon prelamanja (refrakcije) svetlosnih talasa



2. HAJGENSOV PRINCIP O PROSTIRANJU TALASA (1678. GOD.)



*Kristijan Hajgens
1625-1695*

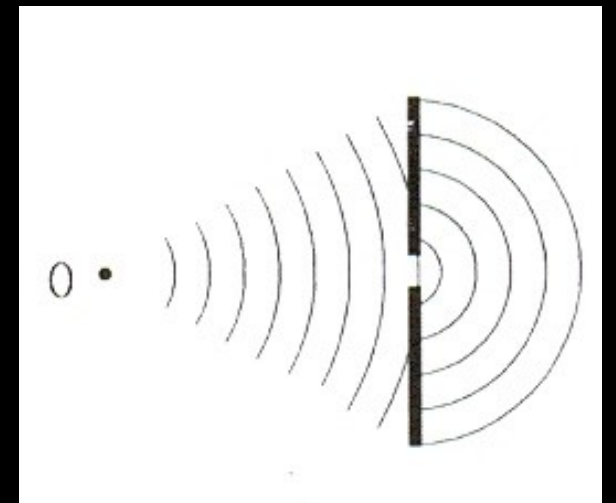
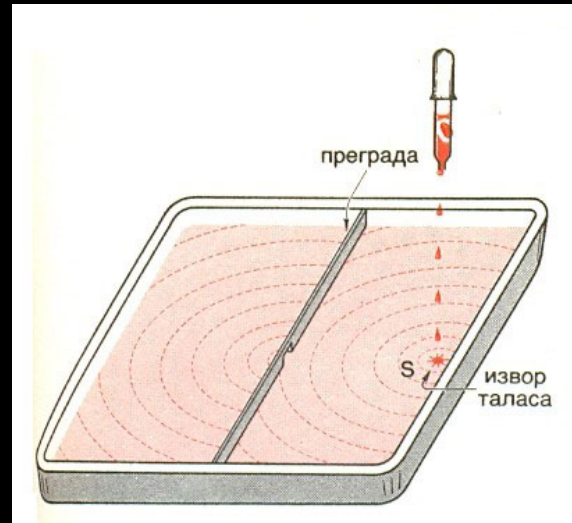
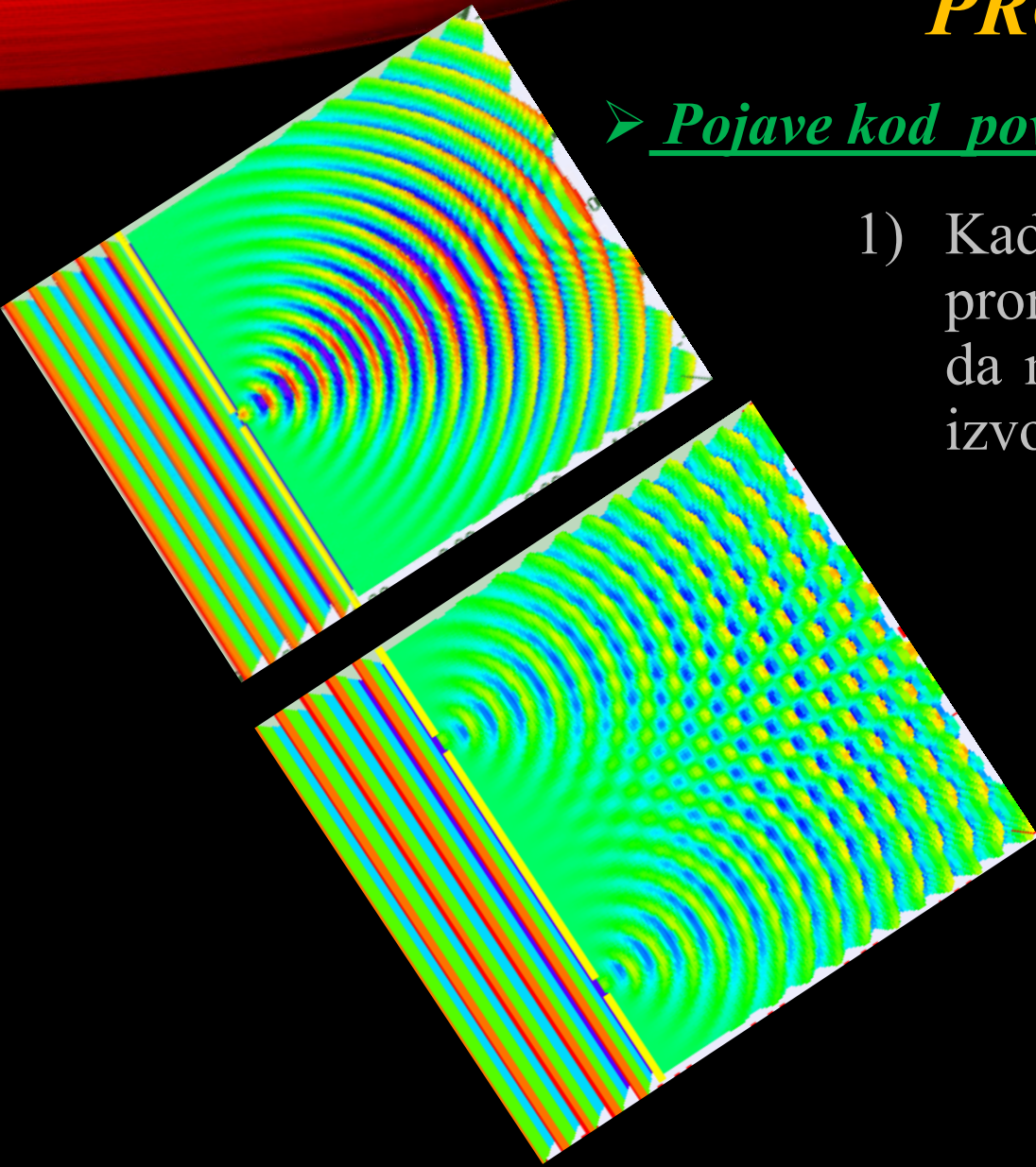
- *Holandanin, astronom, matematičar i teorijski fizičar.*
- *Otkrio je 1655. Saturnov prsten i jedan njegov satelit.*
- *Konstruisao je časovnik sa klatnom.*
- *Objasnio je način prostiranja svetlosti svojim principom i pokazao da svetlost stvara talase kao i kamen bačen u vodu.*



2. HAJGENSOV PRINCIP O PROSTIRANJU TALASA (1678. GOD.)

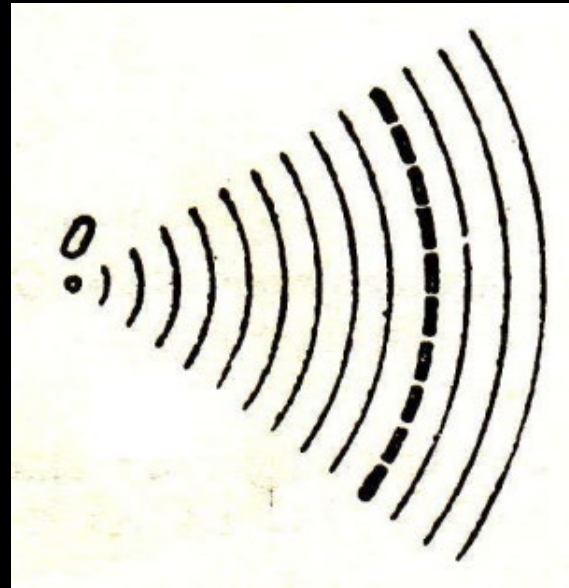
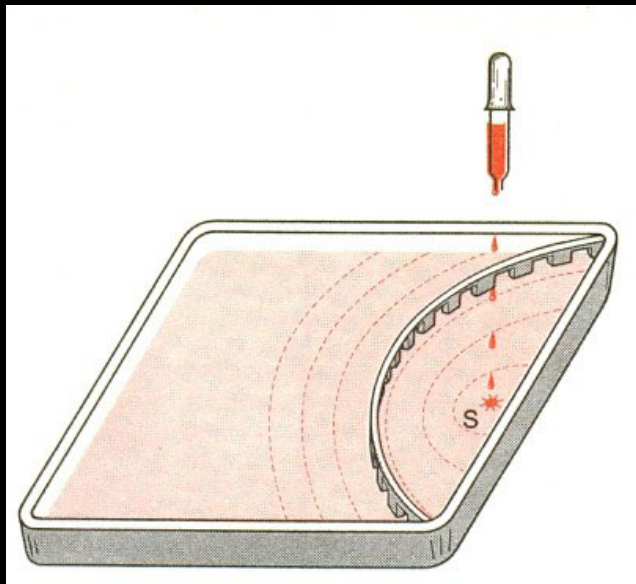
➤ Pojave kod površinskih talasa na vodi

- 1) Kad se na put talasa postavi neka prepreka sa uzanim prorezom, talas će se iza otvora širiti po krugovima kao da mu je početak u samom otvoru. Otvor se ponaša kao izvor talasa.



2. HAJGENSOV PRINCIP (1678. GOD.)

2) Ako je prepreka savijena u krug (sa centrom u O) i na njoj ima mnogo uskih otvora, talas će se i posle prepreke širiti kao da nje nema.



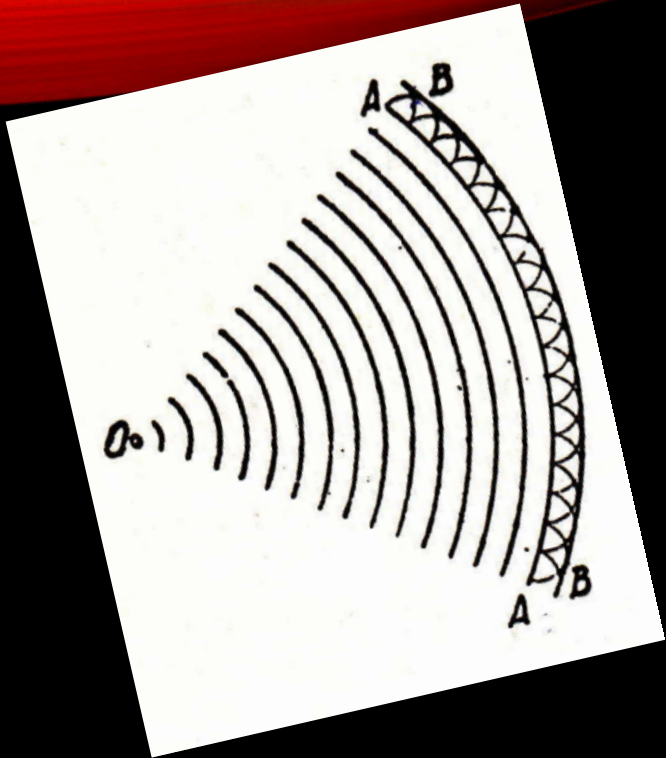
Hajgensov princip

- Svaki delić elastične sredine u koji dopire neki talas može se smatrati izvorom novog talasa.
- Svaka tačka pogođena talasom postaje izvor novih elementarnih talasa.

➤ Makroskopski talas koji se vidi je rezultat kretanja ogromnog broja elementarnih talasa.

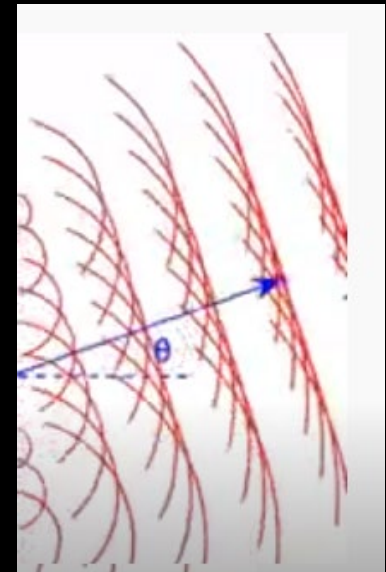
2. HAJGENSOV PRINCIP (1678. GOD.)

Objašnjenje



- Površinski talas se širi iz tačke O (slika).
- Neka je krug AA pogođen talasom u jednom trenutku. Sve čestice na tom krugu postaju izvori novog talasa, pa će se oko tačaka ovog kruga formirati veoma mnogo elementarnih talasa.
- Svi ti elementarni talasi neće biti u fazi, pa će se usled slaganja (interferencije) delimično poništavati.

- Međutim, po krugu BB, koji tangira sve elementarne talase, svi elementarni talasi će biti u istoj fazi.
- Doći će do njihovog sabiranja, odnosno neće se javiti nikakvo poništavanje.
- Po krugu BB će se širiti rezultujući talas kao da polazi iz tačke O.



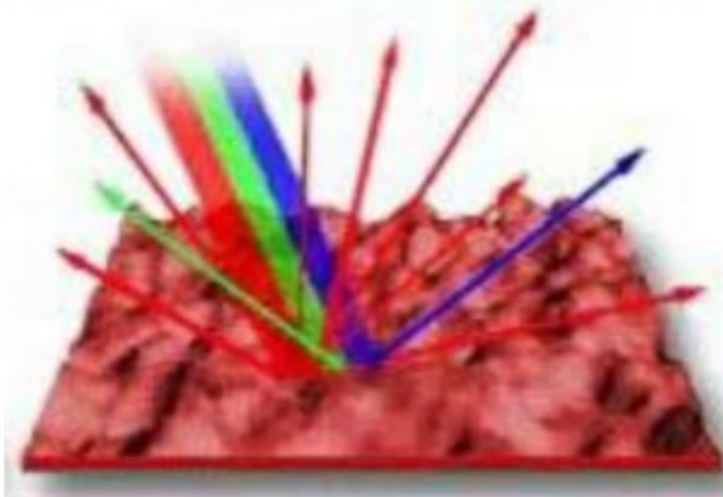
3. ZAKON REFLEKSIJE (ODBIJANJA) SVETLOSTI

- Refleksija svetlosti tj. elektromagnetnih talasa, se javlja na granici između dve različite sredine.

Ogledalska refleksija



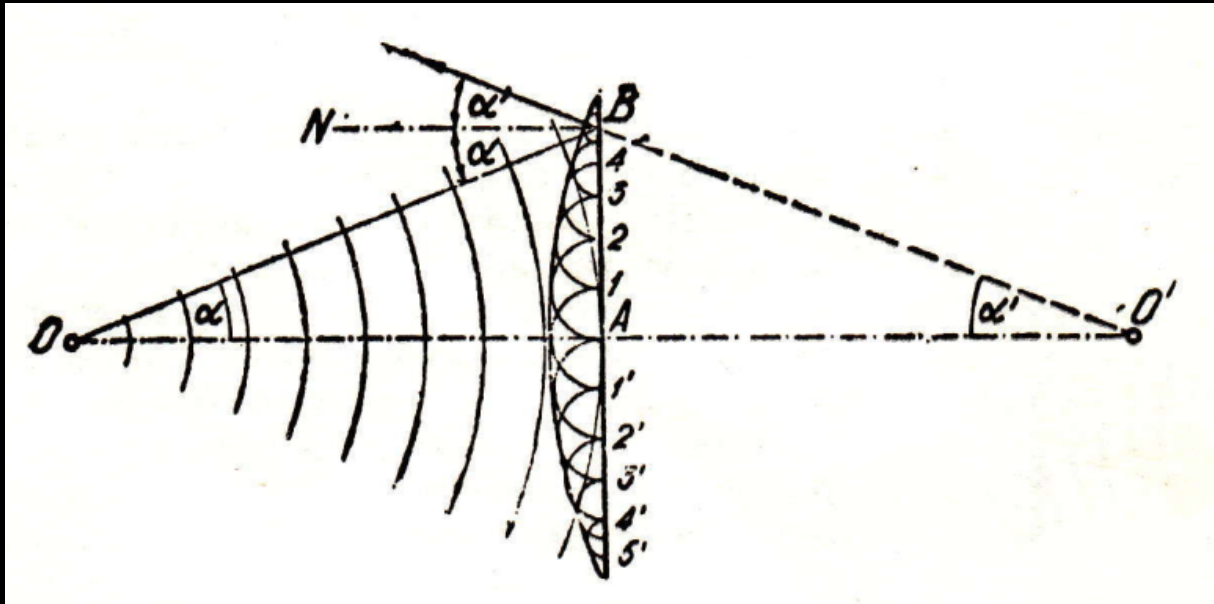
Difuzna refleksija



** Obavezno dopuniti teorijskim delom lab. vežbe!!!*

3. ZAKON REFLEKSIJE (ODBIJANJA) SVETLOSTI

➤ Objašnjava se na isti način kao i u slučaju mehaničkih talasa, Hajgensovim principom.



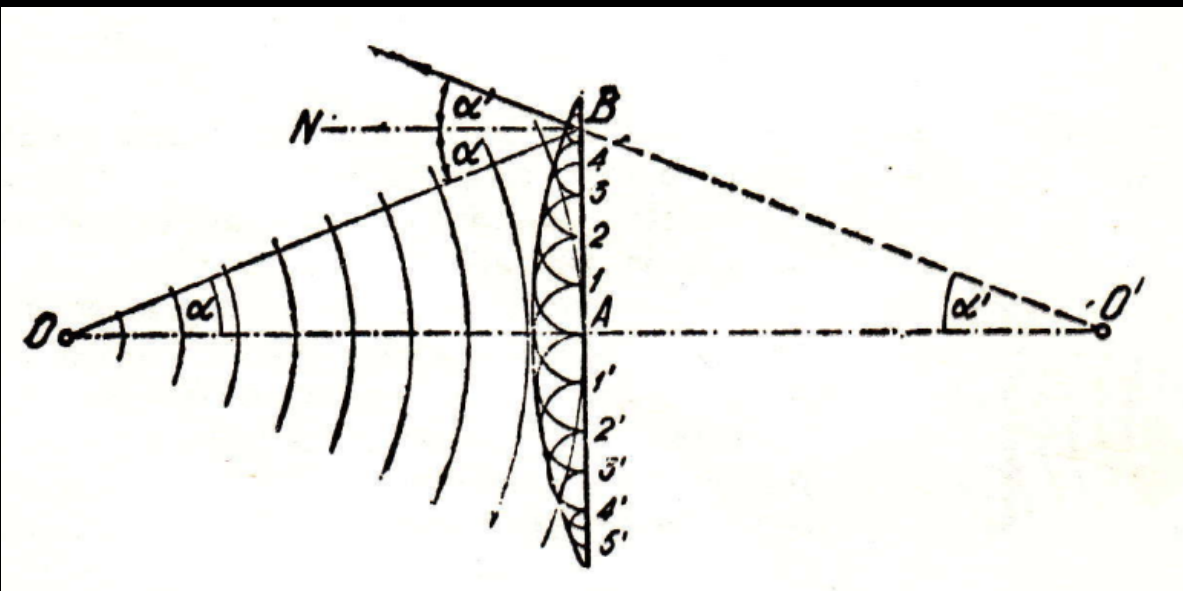
➤ Postavi se ravna prepreka od koje će se odbijati talas koji polazi iz tačke O.

➤ Talas pogađa najpre tačku A, koja prva postaje izvor novog talasa, pa se oko nje formira elementarni talas.

➤ Posle tačke A sukcesivno bivaju pogođene tačke 1-1', 2-2' i td. oko kojih se formiraju elementarni talasi, ali sa zakašnjenjem koje je sve veće ukoliko su tačke dalje od tačke A. Oni će imati manji prečnik ukoliko su tačke oko kojih se formiraju dalje od tačke A.

3. ZAKON REFLEKSIJE (ODBIJANJA) SVETLOSTI

- Po krugu koji tangira sve elementarne talase javiće se rezultujući talas koji će izgledati kao da dolazi iz tačke O', koja stoji simetrično prema tački O u odnosu na ravan prepreke.
- Na ovaj način će se odbijeni talac širiti po krugovima sa centrom u O'.



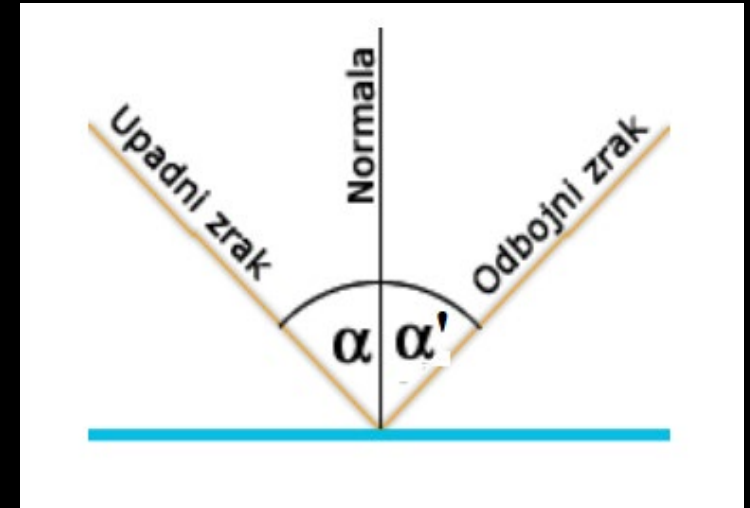
- Zrak OB će se odbiti u pravcu koji odgovara zraku koji kao da polazi iz tačke O'.
- Iz podudarnosti trouglova OAB i O'AB (to su pravougli trouglovi sa jednakim stranicama) je:

$$\alpha = \alpha'$$

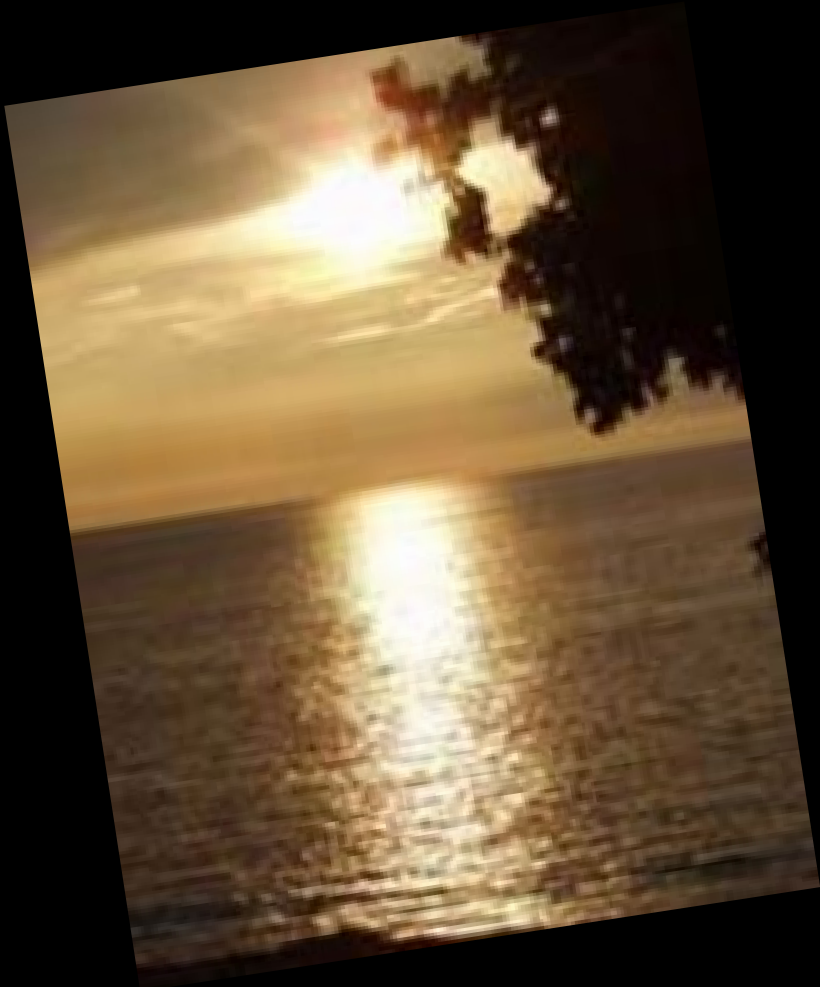
3. ZAKON REFLEKSIJE (ODBIJANJA) SVETLOSTI

Zakon refleksije

- Upadni ugao jednak je odbojnom uglu pri čemu upadni zrak, normala i odbojni zrak leže u istoj ravni.



$$\alpha = \alpha'$$



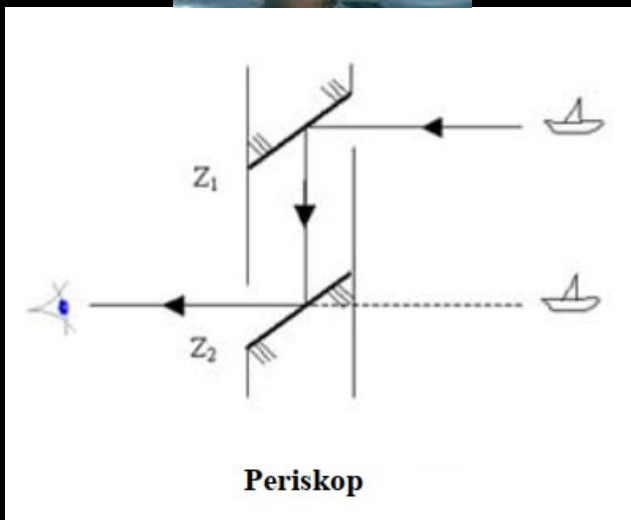
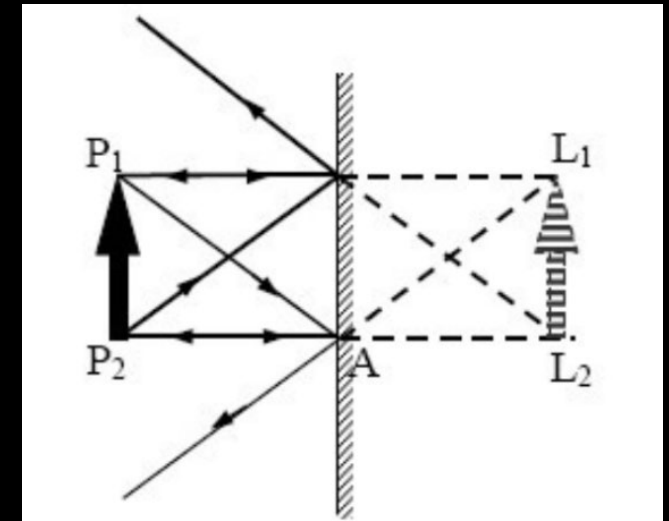
3. ZAKON REFLEKSIJE (ODBIJANJA) SVETLOSTI



➤ Ravne površine koje odbijaju najveći deo upadne svetlosti predstavljaju ravna ogledala.

- Kod ravnih ogledala lik je:
 - * uspravan,
 - * iste veličine kao predmet,
 - * imaginaran i
 - * simetričan predmetu u odnosu na ogledalo (podjednako udaljen od ogledala kao predmet).

➤ Npr. mirna površina vode, staklo, ogledalo...

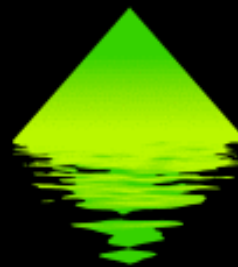


4. ZAKON REFRAKCIJE (PRELAMANJA) SVETLOSTI

➤ Ako talas pređe u sredinu sa drugačijim optičkim osobinama promeniće se njegova brzina i talasna dužina, a zbog toga i pravac prostiranja. U tom slučaju se talas prelomio na graničnoj površini između te dve sredine.

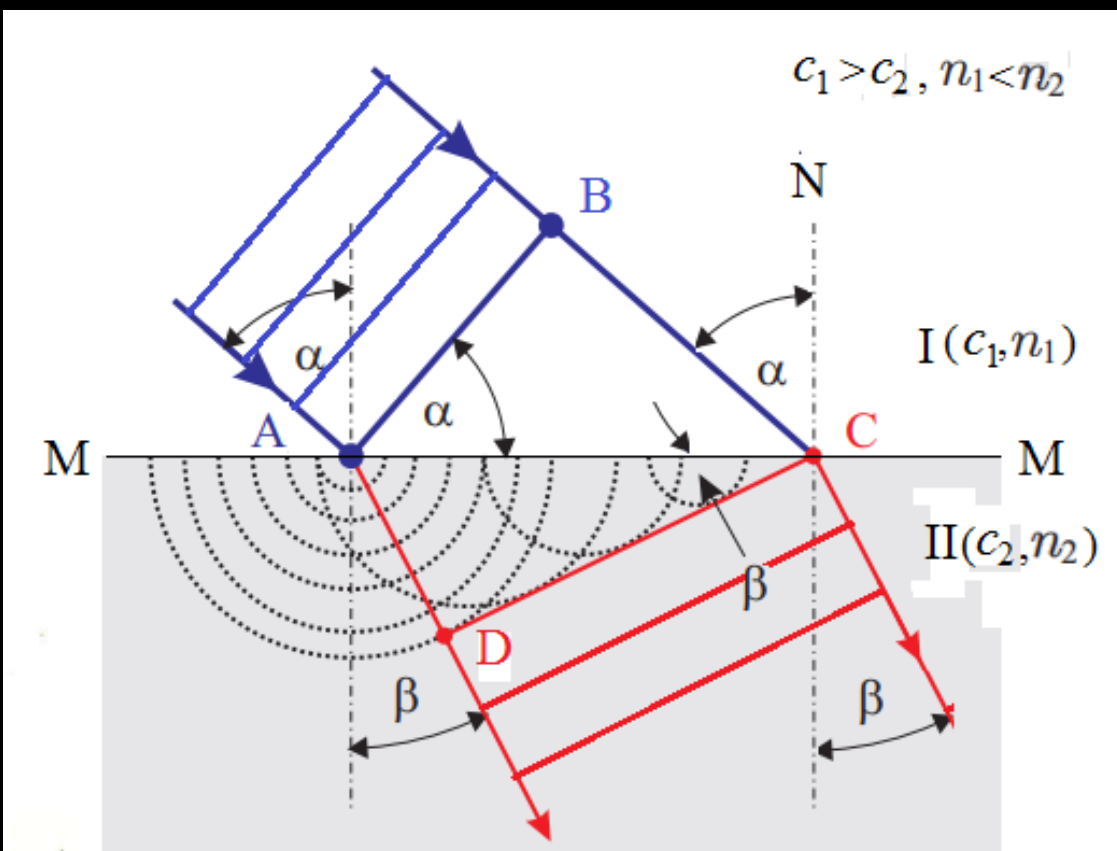


➤ Prelamanje talasa je pojava savijanja talasa, odstupanje od pravolinijskog prostiranja.



4. ZAKON REFRAKCIJE (PRELAMANJA) SVETLOSTI

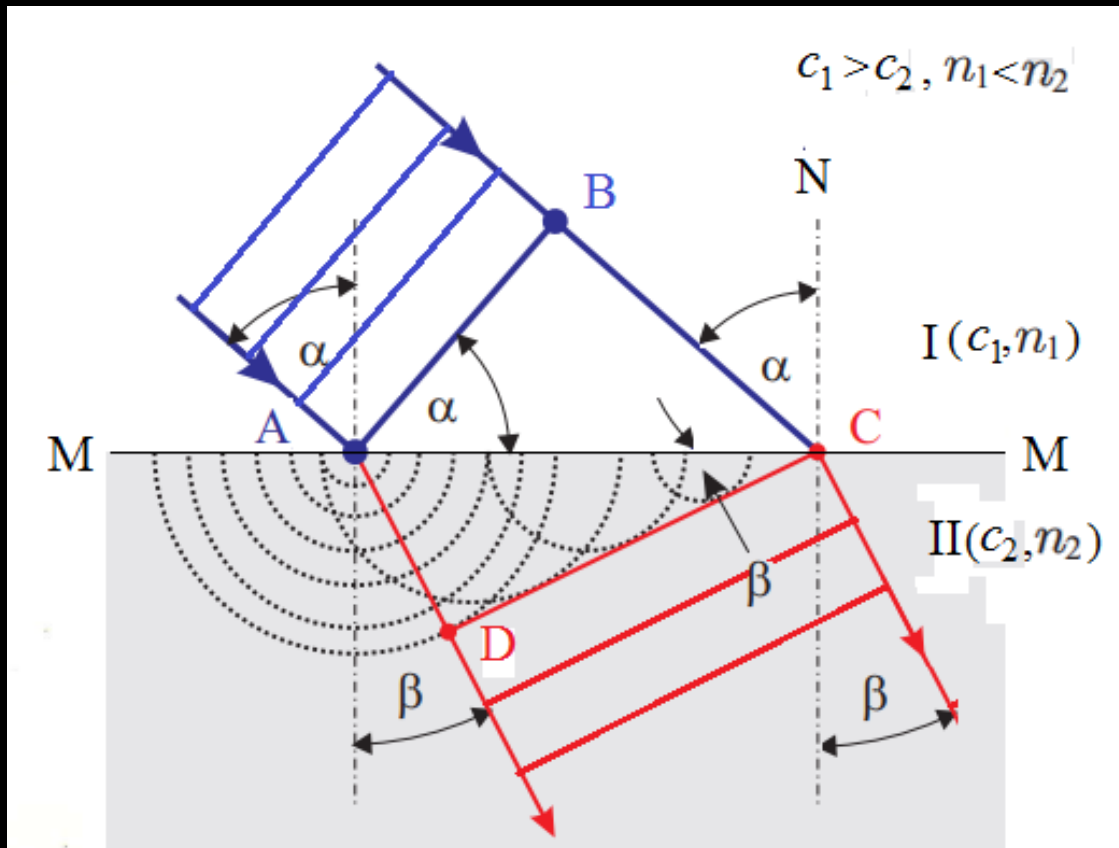
➤ Objašnjava se na isti način kao i u slučaju mehaničkih talasa, Hajgensovim principom.



➤ Talas koji dolazi iz velike daljine širi se po liniji koja se može smatrati pravom (AB) i koja se zove talasni front. On pada pod upadnim uglom $0^\circ < \alpha < 90^\circ$ na graničnu površ MM između dve sredine. Neka je pri tom $c_1 > c_2$.

➤ Talasni front AB nailazi na graničnu površinu MM pa po Hajgensovom principu svaka tačka na ovoj površini postaje izvor elementarnog talasa.

4. ZAKON REFRAKCIJE (PRELAMANJA) SVETLOSTI



➤ Talasni front AB najpre pogada tačku A granične površine, a zatim postupno ostale tačke do C.

➤ Kako je brzina prostiranja talasa u drugoj sredini manja, za vreme τ , dok talas u sredini I pređe rastojanje \overline{BC} dotle će u sredini II preći put \overline{AD} .

$$\tau = \frac{\overline{BC}}{c_1} = \frac{\overline{AD}}{c_2} \quad (1)$$

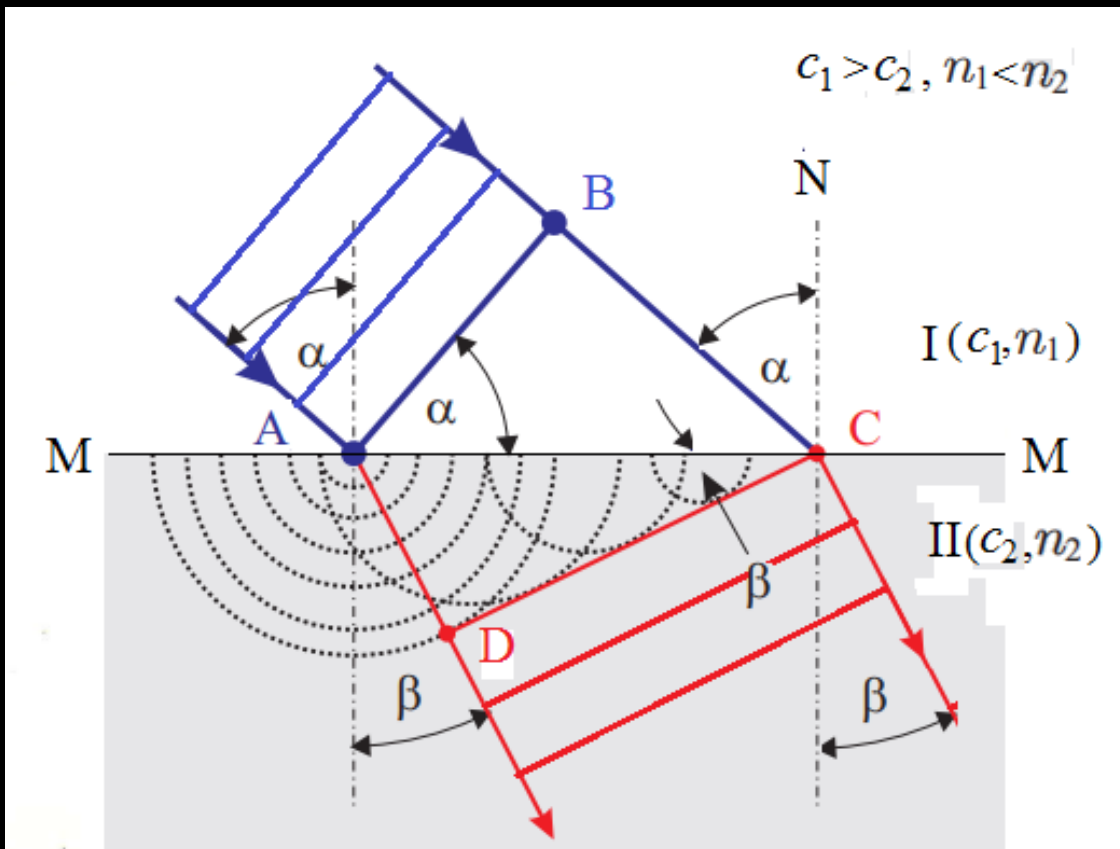
➤ Ostale tačke na duži \overline{AC} biće utoliko kasnije pogođene talasnim frontom ukoliko su dalje od A.

➤ Elementarni talasi iz ovih tačaka će se proširiti na manje rastojanje ukoliko su kasnije pogođene, tako da će talas u posmatranom trenutku tek početi da se formira oko tačke C.

4. ZAKON REFRAKCIJE (PRELAMANJA) SVETLOSTI

➤ Na pravoj \overline{DC} , koja tangira sve elementarne talase, svi ovi talasi biće u istoj fazi.

➤ Doći će do slaganja talasa (interferencije) i na duži DC će se javiti novi talasni front u II sredini.



➤ Vidi se da će talasni front promeniti pravac pri prelasku u drugu sredinu, odnosno javice se prelamanje talasa.

➤ Iz pravouglanih trouglova ABC i ADC i jednačine (1) je:

$$\Rightarrow \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\overline{BC}}{\overline{AC}} = \frac{\overline{BC}}{\overline{AD}} = \frac{c_1 \tau}{c_2 \tau} = \frac{c_1}{c_2} = \frac{n_2}{n_1} = n_{2,1} = n$$

4. ZAKON REFRAKCIJE (PRELAMANJA) SVETLOSTI

Zakon prelamanja svetlosti (Snelijus - Dekartov zakon)

➤ Kada svetlost pada na graničnu površinu dve transparentne (providne) sredine važi:

1) da je odnos sinusa upadnog ugla α i sinusa prelomnog ugla β jednak odnosu brzina prostiranja svetlosti kroz prvu sredinu i drugu sredinu (c_1 i c_2), jednak odnosu apsolutnih indeksa prelamanja druge i prve sredine (n_2 i n_1), odnosno jednak konstantom broju $n_{2,1}$, relativnom indeksu prelamanja druge i prve sredine:

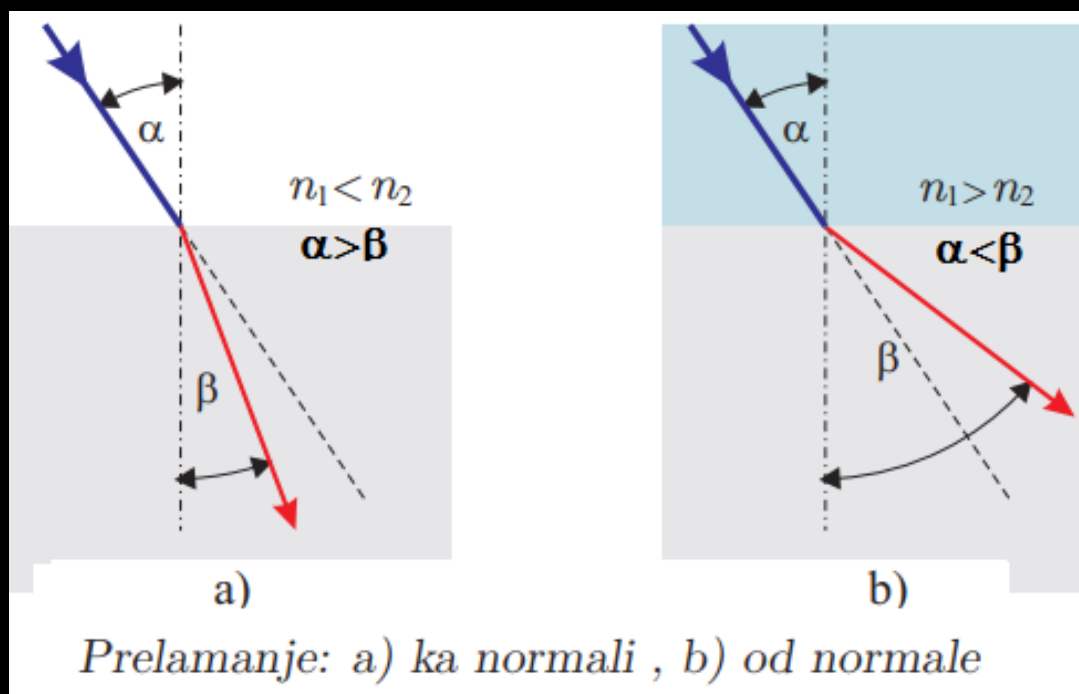
$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{c_1}{c_2} = \frac{n_2}{n_1} = n_{2,1}$$

2) da upadni zrak, prelomni zrak i normala na graničnu površinu između dve sredine leže u istoj ravni.

4. ZAKON REFRAKCIJE (PRELAMANJA) SVETLOSTI

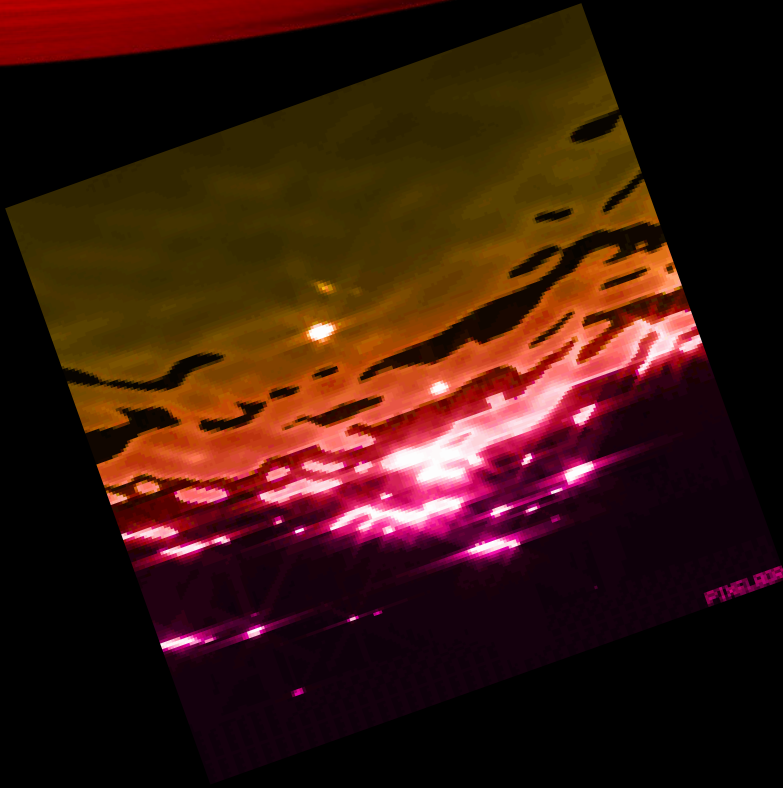
Zakon prelamanja svetlosti (Snelijus - Dekartov zakon)

➤ Kad talas prelazi u sredinu u kojoj ima manju brzinu prostiranja (veću optičku gustinu) on se lomi ka normali ($\alpha > \beta$) i suprotno: kad talas prelazi u sredinu u kojoj ima veću brzinu prostiranja (manju optičku gustinu) on se lomi od normale ($\alpha < \beta$).



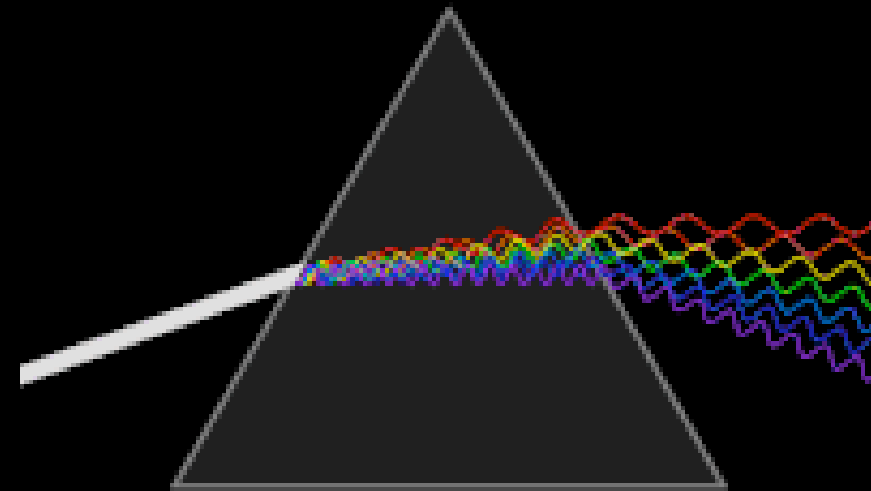
** Totalnu
refleksiju
pogledati u
teorijskom delu
lab. vežbe!!!*

5. DISPERSIJA (RAZLAGANJE) SVETLOSTI



➤ Kada složena svetlost – polihromatska (skup svetlosti različitih talasnih dužina) naiđe na sredinu koja je prelama ona se razlaže na razne boje. Ova pojava se zove disperzija svetlosti. Skup boja polihromatske svetlosti zove se spektar.

➤ Pri prelamanju monohromatske svetlosti, svetlosti iste talasne dužine, javlja se samo jedan zrak.



5. DISPERSIJA (RAZLAGANJE) SVETLOSTI

➤ Disperzija svetlosti je pojava uslovljena zavisnošću indeksa prelamanja od talasne dužine:

$$n = f(\lambda_0)$$

λ_0 je talasna dužina svetlosti u vakuumu.

➤ Ako se posmatra prostiranje bele svetlosti iz vakuuma (ili vazduha), brzinom c_0 kroz neku providnu sredinu, brzinom c , onda važi zakon prelamanja svetlosti.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_0}{c} = n$$

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_0}{c} = \frac{\lambda_0 \nu}{\lambda \nu} = \frac{\lambda_0}{\lambda} = \frac{n_2}{n_1} = n_2 = n$$

➤ Kako je $c = \lambda \nu$, tada je:

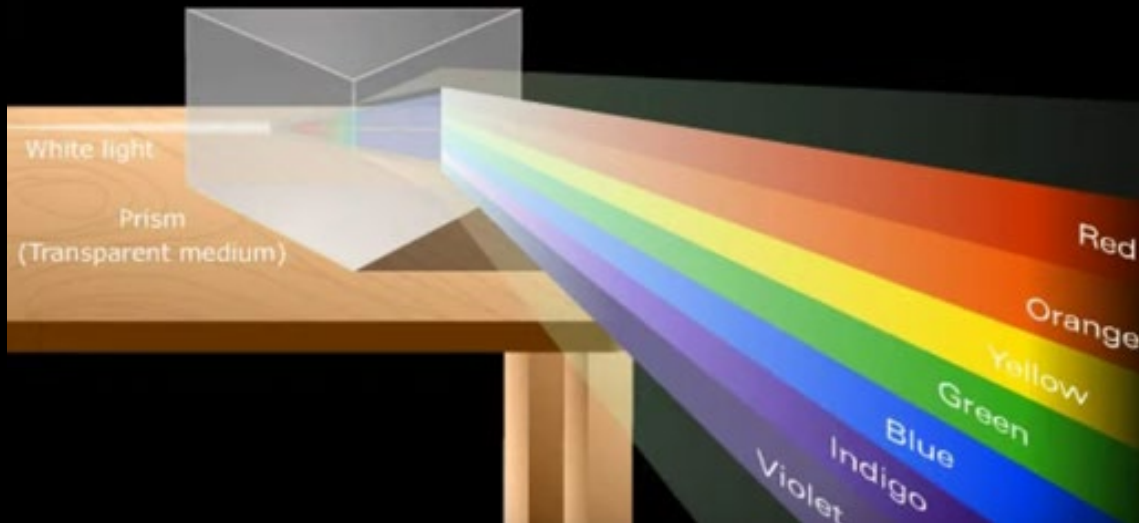
➤ Apsolutni indeks prelamanja neke providne sredine zavisi od talasne dužine svetlosti koja u nju naiđe.

➤ Apsolutni indeks prelamanja neke providne sredine je upravo srazmeran talasnoj dužini svetlosti u vakuumu (ili vazduhu) a obrnuto srazmeran talasnoj dužini svetlosti u toj sredini.

5. DISPERZIJA (RAZLAGANJE) SVETLOSTI

➤ Disperziju sunčeve bele svetlosti eksperimentalno je pokazao Njutn 1672. god.

➤ Za ovaj eksperiment Njutn je koristio snop sunčevih zraka koji su prolazili kroz kružni otvor na prozorskom staklu. Postavio je prizmu ispod otvora i na zidu uočio umesto svetlog kruga spektar sunčeve, bele, svetlosti koga su činile 7 osnovnih boja.



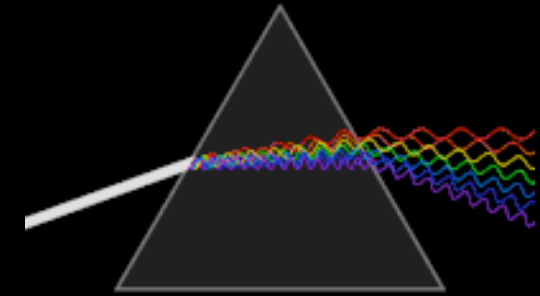
Boja	Talasna dužina	Frekvencija	Energija fotona
Ljubičata	380–450 nm	680–790 THz	2.95–3.10 eV
Zatvor. plava	450–485 nm	620–680 THz	2.64–2.75 eV
Otvoreno plava	485–500 nm	600–620 THz	2.48–2.52 eV
Zelena	500–565 nm	530–600 THz	2.25–2.34 eV
Žuta	565–590 nm	510–530 THz	2.10–2.17 eV
Narandžasta	590–625 nm	480–510 THz	2.00–2.10 eV
Crvena	625–740 nm	405–480 THz	1.65–2.00 eV

5. DISPERZIJA (RAZLAGANJE) SVETLOSTI

Eksperimentalno je utvrđeno da:

* najmanje skreće crvena svetlost, ima najveću talasnu dužinu tj. najmanju frekvenciju pa samim tim i najmanji indeks prelamanja a

* najviše skreće ljubičasta svetlost.



➤ Ugao skretanja crvene svetlosti δ_c je najmanji a ljubičaste, δ_{lj} , je najveći.

➤ Ugaona disperzija, δ_d , predstavlja razliku uglova skretanja ljubičaste i crvene svetlosti:



$$\delta_d = \delta_{lj} - \delta_c$$

5. DISPERZIJA (RAZLAGANJE) SVETLOSTI

- Ako se na put razložene bele svetlosti na određeni način postavi druga prizma iz nje će izlaziti bela svetlost odnosno ista svetlost koju je prva prizma razložila.



ODREĐIVANJE INDEKSA PRELAMANJA PROVIDNIH TEČNIH TELA POMOĆU TOTALNE REFLEKSIJE

Teorijski deo

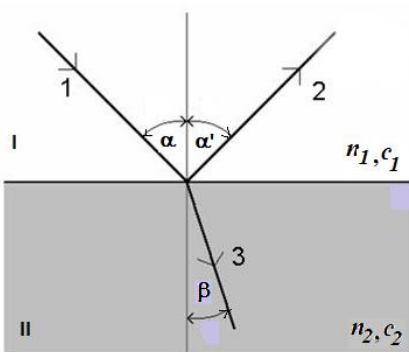
Svetlost je elektromagnetni talas (samim tim i transverzalni) čija brzina zavisi od električnih i magnetnih osobina sredine kroz koju se prostire. Ljudsko oko može da registruje talasne dužine svetlosti u opsegu od 380 nm do 760 nm. Svetlost se može prostirati kroz sve sredine uključujući i vakuum. Brzina svetlosti u vakuumu je najveća i iznosi $3 \cdot 10^8$ m/s. U svim ostalim sredinama svetlost se prostire manjom brzinom. Brzina svetlosti u nekoj sredini zavisi od njene talasne dužine. Kada je talasna dužina svetlosti mnogo manja od dimenzija objekta, zakoni kojima se opisuje kretanje svetlosti mogu se formulisati preko geometrijskih zakona koji su osnova geometrijske optike.

Osnovni zakoni geometrijske optike su:

1. zakon pravolinijskog prostiranja svetlosti: u homogenim sredinama zraci se prostiru duž pravih linija (zakon ne važi kada svetlost nailazi na male otvore i prepreke, tada se primenjuju zakoni talasne optike),
2. zakon nezavisnog prostiranja svetlosnih zraka: svetlosni zraci ne utiču jedni na druge u mestima njihovog ukrštanja (ovo ne važi za laserske zrake),
3. zakon odbijanja (refleksije) svetlosti i
4. zakon prelamanja (refrakcije) svetlosti.

Pre formulisanja trećeg i četvrtog zakona neophodno je uvesti neke pojmove.

Kada se svetlost prostire iz jedne ka drugoj sredini, na graničnoj površini između te dve sredine deo svetlosti se odbija (reflektuje), a deo se prelama u drugu sredinu (slika 1.). Prilikom svakog odbijanja svetlosti upadni i odbijeni zrak se prostiru kroz istu sredinu, dok kod prelamanja prelomni zrak menja sredinu prostiranja..



Slika 1. Odbijanje i prelamanje svetlosti.

Svetlost koja pada na graničnu površinu između dve sredine predstavlja se upadnim zrakom (zrak (1) na slici) a odbijena svetlost se predstavlja odbojnim (reflektovanim) zrakom (zrak (2) na slici). Svetlost koja je prešla u drugu sredinu se predstavlja prelomnim zrakom (zrak (3) na slici). Uglovi predstavljeni na slici su: 1) upadni ugao α (to je ugao između upadnog zraka svetlosti i normale na graničnu površinu dve sredine), 2) odbojni ugao α' (to je ugao između odbojnog zraka svetlosti i normale na graničnu površinu dve sredine) i 3) prelomni ugao β (to je ugao između prelomnog zraka svetlosti i normale na graničnu površinu dve sredine).

Fizička veličina koja karakteriše optičku gustinu neke sredine zove se **apsolutni indeks prelamanja** te sredine (n). To je bez dimenzionalna veličina i definiše se odnosom brzine svetlosti u vakuumu (c_0) i brzine svetlosti u datoj sredini (c):

$$n = \frac{c_0}{c} \quad (1)$$

Ako su n_1 i n_2 apsolutni indeksi prelamanja dveju sredina i ako je $n_1 > n_2$, onda je sredina sa indeksom prelamanja n_1 optički gušća, odnosno sa indeksom n_2 optički ređa. Ako su apsolutni indeksi prelamanja dveju sredina jednaki, onda su te dve sredine jednakih optičkih gustina. Odnos apsolutnih indeksa prelamanja prve i druge sredine ($n_{1,2}$), odnosno druge i prve sredine ($n_{2,1}$), zove se **relativni indeks prelamanja** ovih dveju sredina.

$$n_{1,2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\frac{c_0}{c_1}}{\frac{c_0}{c_2}} = \frac{c_2}{c_1}; \quad n_{2,1} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\frac{c_0}{c_2}}{\frac{c_0}{c_1}} = \frac{c_1}{c_2} \quad (2)$$

Dakle: *apsolutni indeksi prelamanja dveju sredina obrnuto su proporcionalni brzinama svetlosti u tim sredinama* (optički gušća sredina je ona u kojoj je brzina prostiranja svetlosti manja i obrnuto). Iz relacije (2) dobija se odnos:

$$n_{1,2} = \frac{1}{n_{2,1}} \quad (3)$$

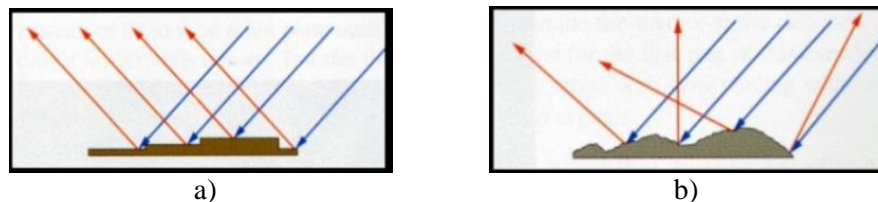
tj. *relativni indeks prelamanja prve i druge sredine jednak je recipročnoj vrednosti relativnog indeksa prelamanja druge i prve sredine.*

a) Zakon odbijanja (refleksije) svetlosti (talasa)

Zakon odbijanja (refleksije) svetlosti glasi: Kada svetlost naiđe na površinu koja je odbija (to je granica između dve optički različite sredine), onda je upadni ugao jednak odbojnom uglu ($\alpha = \alpha'$) pri čemu upadni zrak, normala i odbojni zrak leže u istoj ravni. Prilikom svakog odbijanja svetlosti upadni i odbijeni zrak se prostiru kroz istu sredinu.

Odbijanje svetlosti na nekoj površini može biti (slika 2.):

- 1) ogledalsko (javlja se na ravnim i glatkim površinama i tada snop reflektovanih zraka posle odbijanja ostaje paralelan) i
- 2) difuzno (javlja se na neravnim, hrapavim površinama kod koje se reflektovani zraci odbijaju u svim pravcima u prostoru).



Slika 2. Odbijanje svetlosti: a) ogledalsko i b) difuzno.

b) Zakon prelamanja (refrakcije) svetlosti (talasa)

Prelamanje svetlosti je pojava promene pravca kretanja svetlosti (ili neke druge vrste talasa) usled promene brzine svetlosti (talasa). Događa se na graničnim površinama između dve sredine različitih optičkih gustina, onda kada upadni ugao svetlosti ima vrednosti različite od 0° (za ove vrednosti upadnog ugla svetlost nastavlja prostiranje kroz drugu sredinu bez promene pravca prostiranja).

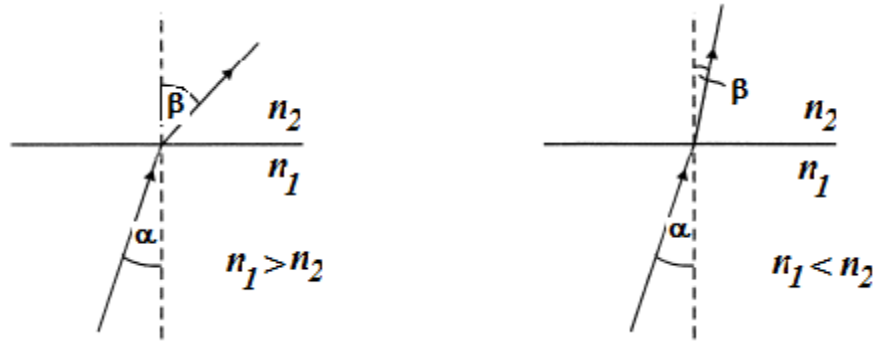
Zakon prelamanja svetlosti (Snelijus - Dekartov zakon) glasi: kada svetlost pada na graničnu površinu dve transparentne (providne) sredine (kao na slici 1.) važi:

- 1) da je odnos sinusa upadnog ugla α i sinusa prelomnog ugla β jednak odnosu brzina prostiranja svetlosti kroz prvu sredinu i drugu sredinu (c_1 i c_2), jednak odnosu apsolutnih indeksa prelamanja druge i prve sredine (n_2 i n_1), odnosno jednak konstantom broju $n_{2,1}$, relativnom indeksu prelamanja druge i prve sredine:

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{c_1}{c_2} = \frac{n_2}{n_1} = n_{2,1} \quad (4)$$

2) da upadni zrak, prelomni zrak i normala na graničnu površinu između dve sredine leže u istoj ravni.

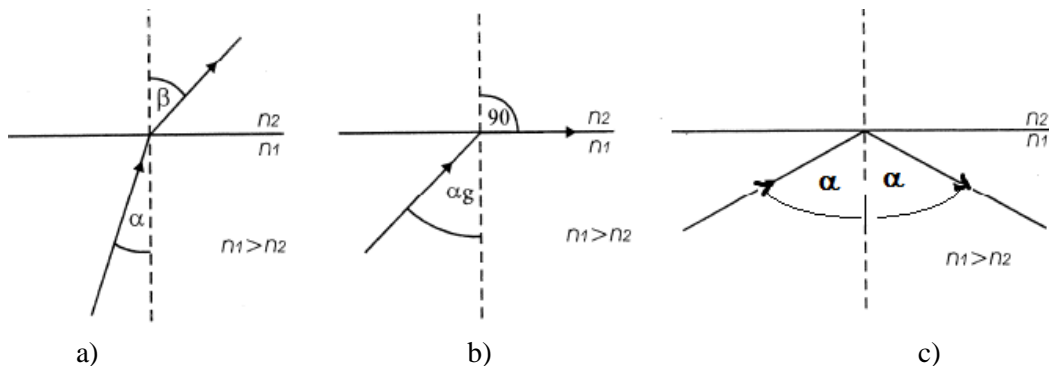
Ovaj zakon može da se formuliše i na sledeći način: kad talas prelazi u sredinu u kojoj ima manju brzinu prostiranja (veću optičku gustinu) on se lomi ka normali ($\alpha > \beta$) i suprotno: kad talas prelazi u sredinu u kojoj ima veću brzinu prostiranja (manju optičku gustinu) on se lomi od normalaei ($\alpha < \beta$) (slika 3.).



Slika 3. Prelamanje svetlosti.

c) Totalna refleksija

Totalna refleksija nastaje kada se svetlost prostire iz optički gušće ka optički ređoj sredini i na graničnu površinu između te dve sredine pada pod upadnim uglom α koji je veći od graničnog ugla totalne refleksije α_g . Tada se svetlosni zrak odbija od granične površine između te dve sredine i vraća u sredinu iz koje je krenuo. Pri tom je odbojni ugao jednak upadnom uglu (slika 4 c)). α_g je granični ugao totalne refleksije i to je onaj upadni ugao svetlosti čiji je prelomni ugao 90° (slika 4 b)). Ukoliko svetlost pada na ovu graničnu površinu pod upadnim uglom α koji je manji od α_g nastaje prelamanje svetlosti (slika 4 a)).



Slika 4. Totalna refleksija.

Granični ugao totalne refleksije se određuje na osnovu relacije (4), u kojoj je prelomni ugao $\beta=90^\circ$:

$$\frac{\sin\alpha_g}{\sin 90^\circ} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \sin\alpha_g = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \alpha_g = \arcsin \frac{n_2}{n_1} \quad (5)$$

Dakle, granični ugao totalne refleksije je jednak arcsin količnika apsolutnih indeksa prelamanja druge i prve sredine. Ako je ređa sredina vazduh ($n_2 \approx 1$), onda je :

$$\sin \alpha_g = \frac{1}{n_1} \Rightarrow \alpha_g = \arcsin \frac{1}{n_1} \quad (6)$$

Iz ovih relacija se može izračunati i apsolutni indeks prelamanja optički gušće sredine:

$$n_1 = \frac{n_2}{\sin \alpha_g} \quad (7)$$

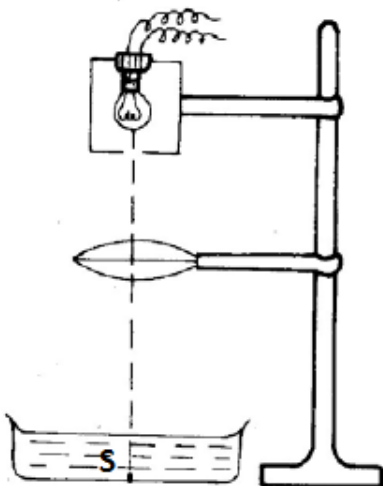
Za slučaj da je druga sredina vazduh:

$$n_1 = \frac{1}{\sin \alpha_g} \quad (8)$$

Apsolutni indeks prelamanja optički gušće sredine, kada je druga sredina vazduh, jednak je recipročnoj vrednosti sinusa graničnog ugla totalne refleksije.

3.2 Kako eksperimentalno odrediti indeks prelamanja?

Za određivanje apsolutnog indeksa prelamanja vode pomoću totalne refleksije koristi se uređaj prikazan na slici 5.

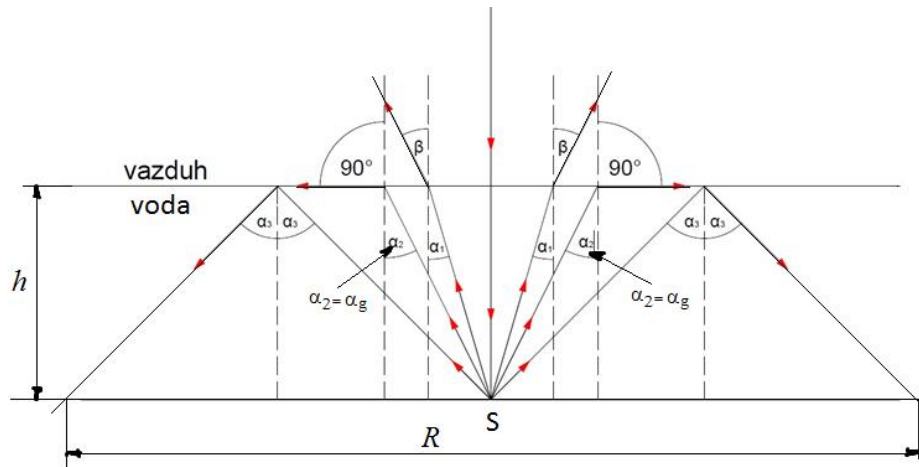


Slika 5. Aparatura.

Kao svetlosni izvor služi sijalica snage 20W. Ona se nalazi u kutiji na čijem je dnu mali otvor prečnika 1mm. U plići sud, sipa se voda i izmeri njena dubina h .

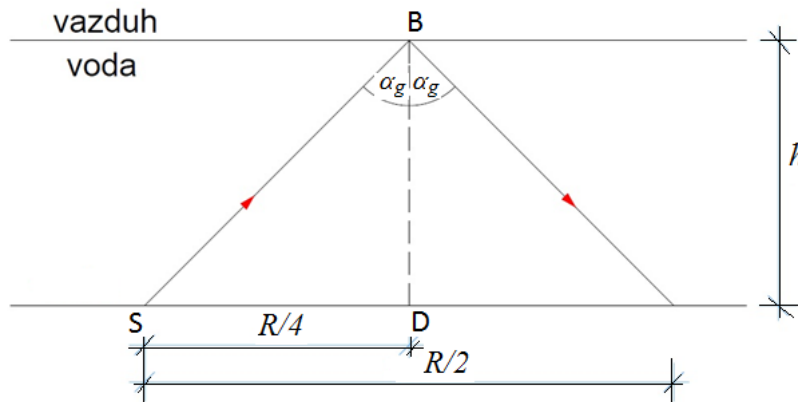
Uključi se sijalica i uzani snop svetlosti prolazi kroz otvor na kutiji, pada na sabirno sočivo kroz koje se prelama. Takav konvergentan svetlosni snop pada na graničnu površinu vazduh - voda pod upadnim uglom 0° tako da nastavlja prostiranje kroz vodu (ne menjajući pravac i smer prostiranja). Snop svetlosti pogađa dno suda u tačku S, koja predstavlja lik usijane niti sijalice. Pomerajući sočivo duž stativa gore - dole dobiće se oštar lik usijane niti. U tački S zraci se difuzno odbijaju i sada se prostiru iz optički gušće sredine - vode, ka

optički ređoj sredini - vazduhu. Dakle ispunjen je uslov za pojavu totalne refleksije (do koje može i ne mora doći). Svi svetlosni zraci koji padaju na graničnu površinu voda - vazduh pod: 1) upadnim uglom α_1 manjim od α_g se prelamaju i nastavljaju prostiranje kroz vazduh, 2) upadnim uglom α_2 jednakim α_g se prelamaju pod uglom od 90° i nastavljaju prostiranje duž granične površine voda - vazduh i 3) upadnim uglom α_3 većim od α_g se totalno reflektuju i nastavljaju prostiranje kroz vodu (slika 6.). Kao rezultat totalne refleksije svetlosti od granične površine vode - vazduh na dnu suda se obrazuje svetao prsten unutar koga ostaje tamno kružno polje prečnika R koji se meri.



Slika 6. Prikaz prelamanja i refleksije svetlosnih zraka na graničnoj površini voda - vazduh: a) upadni uglovi svetlosti: $\alpha_1 < \alpha_g$, $\alpha_2 = \alpha_g$, $\alpha_3 > \alpha_g$, b) R - prečnik kružnog prstena i c) h - dubina vode.

I malim povećanjem upadnog ugla iznad vrednosti α_g upadni zrak se totalno reflektuje od granične površine, pod istim uglom pod kojim je pao na nju. Očitavanjem tog ugla, koji se može smatrati približno jednak graničnom, moguće je odrediti indeks prelamanja date sredine (slika 7.).



Slika 7. Totalna refleksija.

Indeks prelamanja vode se izračunava prema jednačini (8). Iz ΔSBD sa slike 7. se izračunava $\sin \alpha_g$:

$$\sin \alpha_g = \frac{SD}{SB} = \frac{SD}{\sqrt{SD^2 + BD^2}} = \frac{\frac{R}{4}}{\sqrt{\left(\frac{R}{4}\right)^2 + h^2}} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + 16h^2}}$$

Odavde je apsolutni indeks prelamanja optički gušće sredine - vode:

$$n_1 = \frac{1}{\sin \alpha_g} = \frac{\sqrt{R^2 + 16h^2}}{R} \quad (9)$$

Merenje debljine sloja vode h i prečnika R kružnog prstena vrši se 3 puta i izračunavaju se: n_{1i} ($i=1,2,3$), prema jednačini (9).