

## Elektromagnetni talasi – kratak pregled sa IV termina

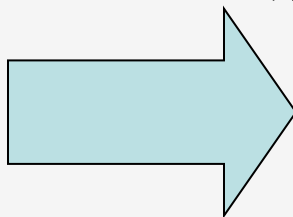
⇒ Analizom Maksvelovih jedančina za vakuum dobijaju se najvažniji podaci o EM talasima

$$\oint_l \vec{E} d\vec{l} = - \iint_s \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{S}$$

$$\oint_l \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 \varepsilon_0 \iint_s \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} d\vec{S}$$

$$\oiint_s \vec{B} d\vec{S} = 0$$

$$\oiint_s \vec{E} d\vec{S} = 0$$



$$\frac{\partial^2 E}{\partial \vec{r}^2} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 E}{\partial t^2}$$

$$\frac{\partial^2 B}{\partial \vec{r}^2} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 B}{\partial t^2}$$

$$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}}$$

⇒ Vektori E i B su međusobno normalni

⇒ napomene

a. za vrednost  $n=c/v$  je izračunata vrednost mnogo veća eksperimentalno dobijene jer je za vrednost dielektrične konstante uzeta statička vrednost

b. u supstancijalnoj sredini  $\lambda = \lambda_0/n$  ,  $v = v_0$

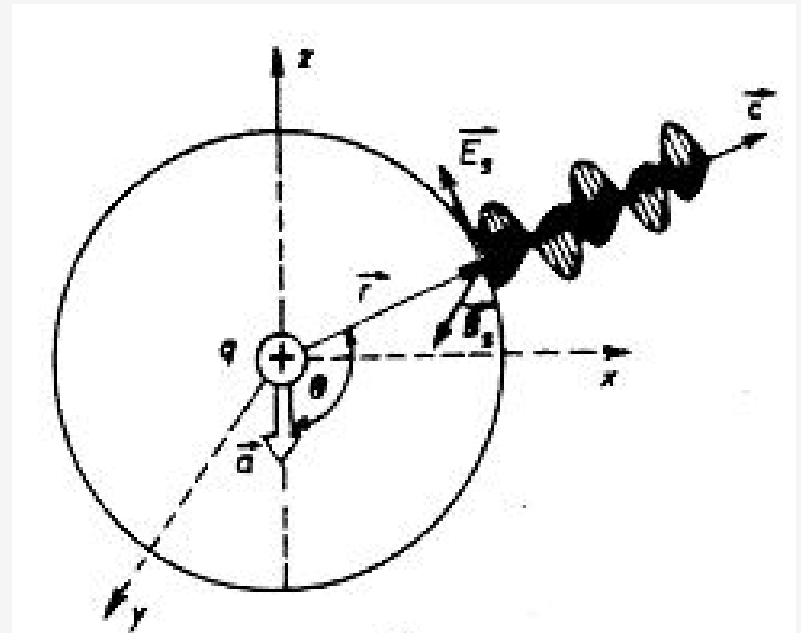
## Elektromagnetni talasi – kratak pregled sa IV termina 2

$$\mathbf{E} = c\mathbf{B}$$

$$\vec{P} = \frac{1}{\mu_0} \vec{E} \times \vec{B} = c^2 \varepsilon_0 \vec{E} \times \vec{B}$$

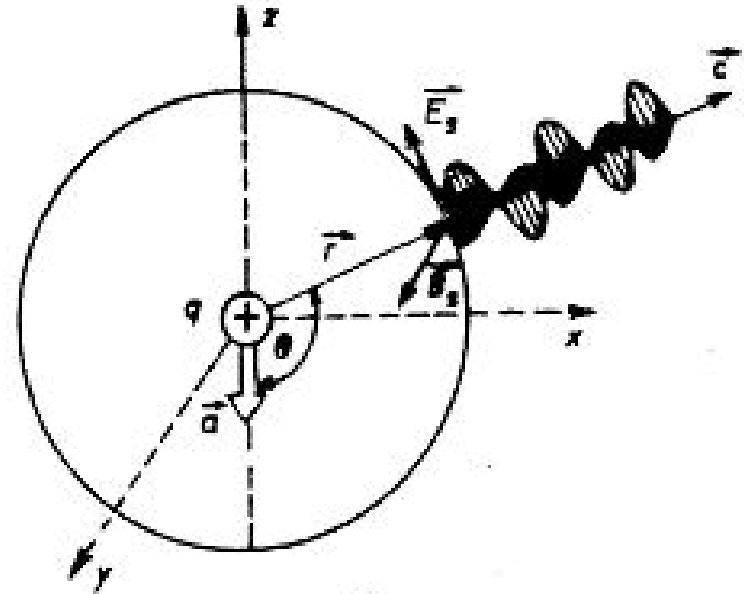
Zračenje naelektrisanog tela koje se kreće ubrzano

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q}{r^2} \vec{v} \times \vec{r}_0 + \frac{\mu_0 q}{4\pi c} \frac{d\vec{v}}{dt} \times \vec{r}_0$$



## Zračenje naelektrisanog tela koje se kreće ubrzano - *dodatak*

⇒ primer naelektrisane čestice koja osciluje duž z-ose



⇒ Za  $r \gg \lambda$  amplitude E- i B- polja su

$$E_m = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{qA\omega^2}{r} \sin\theta, \quad B_m = \frac{\mu_0}{4\pi c} \frac{qA\omega^2}{r} \sin\theta$$

## Geometrijska optika

### a. Svetlost i optički fenomeni

### b. Ogledala, sočiva i optički instrumenti

- ⇒ svetlost ima dvojnu prirodu – **talasnu i korpuskularnu**
- ⇒ korpuskularna priroda - npr. fotoelektrični efekat
- ⇒ talasna priroda - npr. difrakcija, interferencija i td.
- ⇒ komentar
- ⇒ prostiranje svetlosti se u izvesnim slučajevima može analizirati bez vodeći računa o njenoj prirodi – pristup zasnovan na pojmu **ZRAKA**
- ⇒ zrak je linija duž koje se prostire svetlosna energija, tj. EM - talas
- ⇒ u izotropnim sredinama zrak je normalan na talasni front

⇒ Geometrijska optika se zasniva na četiri eksperimentalno ustanovljena principa

I Zakon pravolinijskog prostiranja svetlosti

II Zakon nezavisnih svetlosnih zraka

III Zakon odbijanja

IV Zakon prelamanja

III i IV zakon slede iz FERMAOVOG principa (“t” se ne čita!)

## Fermaov princip

“Svetlost se uvek prostire duž puta za koje joj je potrebno minimalno vreme”.

$$dt = \frac{ndL}{c},$$

$$t = \int_1^2 \frac{ndL}{c}$$

vreme potrebno svetlosti da stigne  
iz tačke 1 u tačku 2

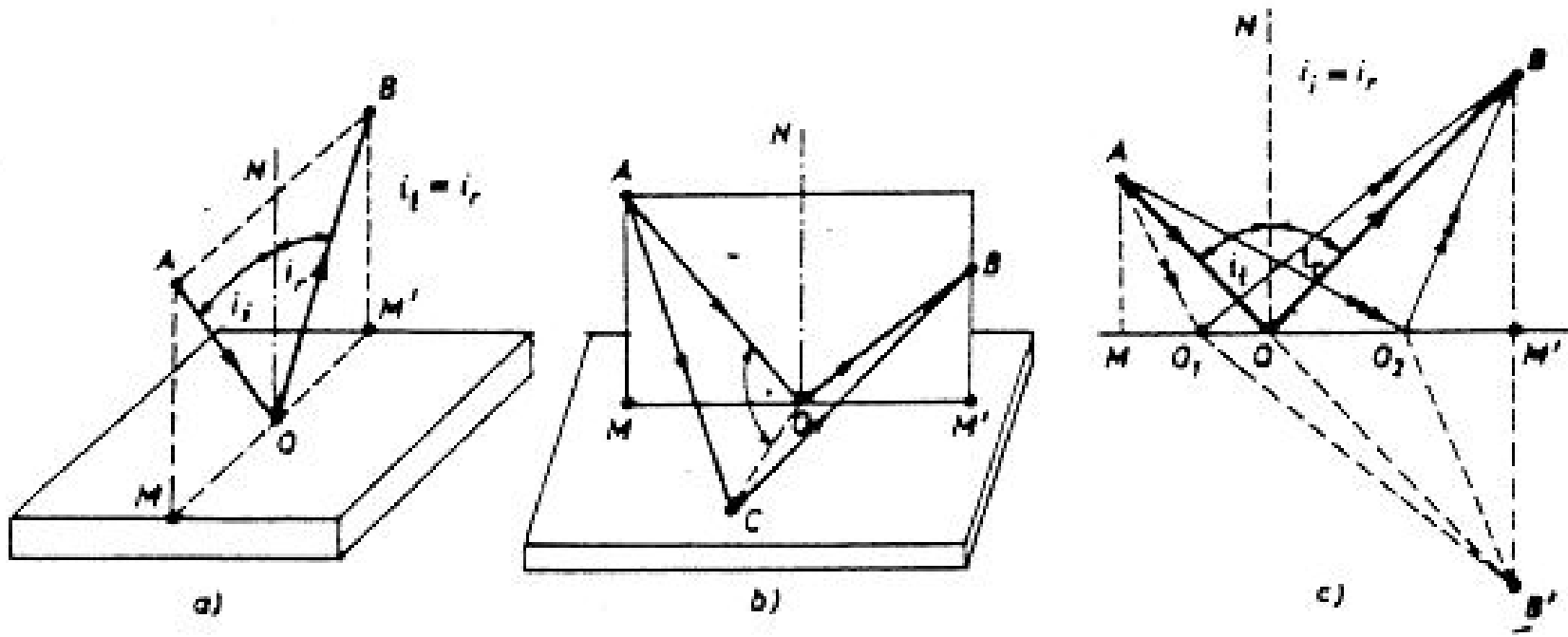
$$s = \int ndL$$

ovo vreme je minimalno kada je tzv.  
**optički put** minimalan

$$s = nL$$

za homogene sredine;  
u supstancijalnom sredinama s je uvek veće od L

## Zakon odbijanja



$$i_1 = i_2$$

**AO, normala na površinu i OB leže u istoj ravni**

⇒ komentar

### Zakon prelamanja

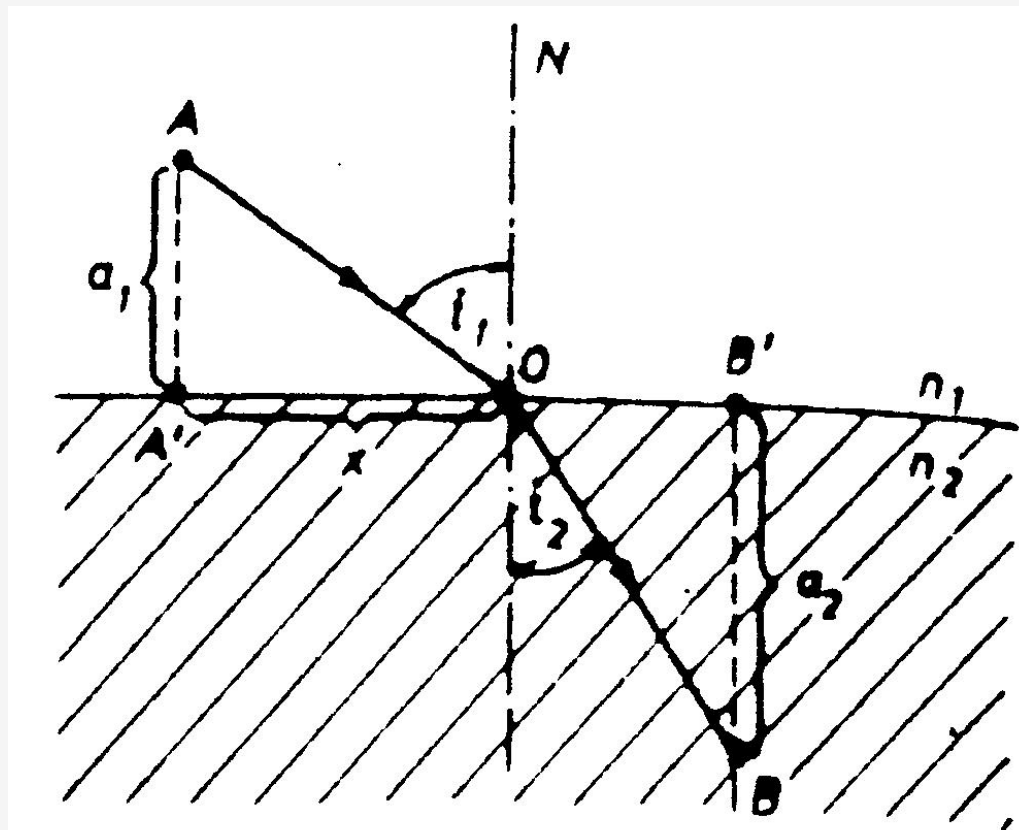
$$s = n_1 L_1 + n_2 L_2$$

$$L_1 = \sqrt{a_1^2 + x^2} \quad \text{i} \quad L_2 = \sqrt{a_2^2 + (b-x)^2}$$

$$s = n_1 \sqrt{a_1^2 + x^2} + n_2 \sqrt{a_2^2 + (b-x)^2}$$

$$\frac{ds}{dx} = \frac{n_1 x}{\sqrt{a_1^2 + x^2}} - \frac{n_2 (b-x)}{\sqrt{a_2^2 + (b-x)^2}}$$

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$$



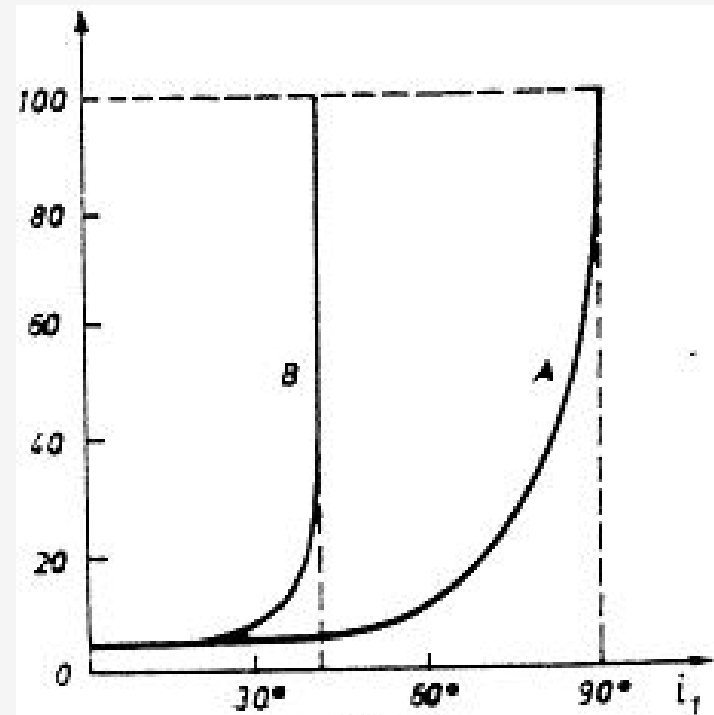
Snelijus – Dekartov zakon



## Intezitet reflektovane svetlosti

⇒ analiza izlazi iz okvira geometrijske optike

$$r = \left( \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2$$



⇒ A vazduh – staklo

⇒ B staklo - vazduh

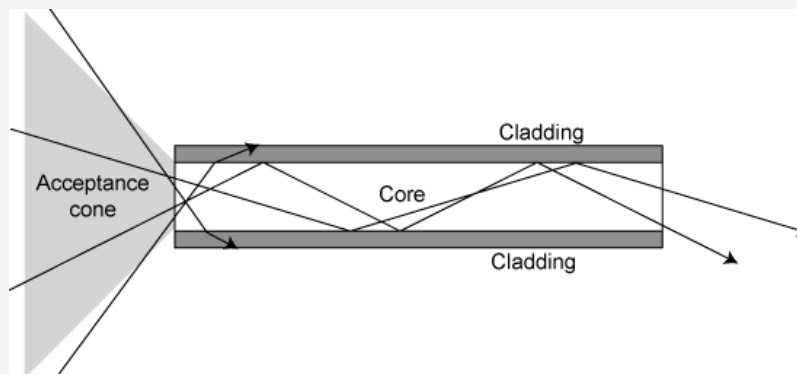
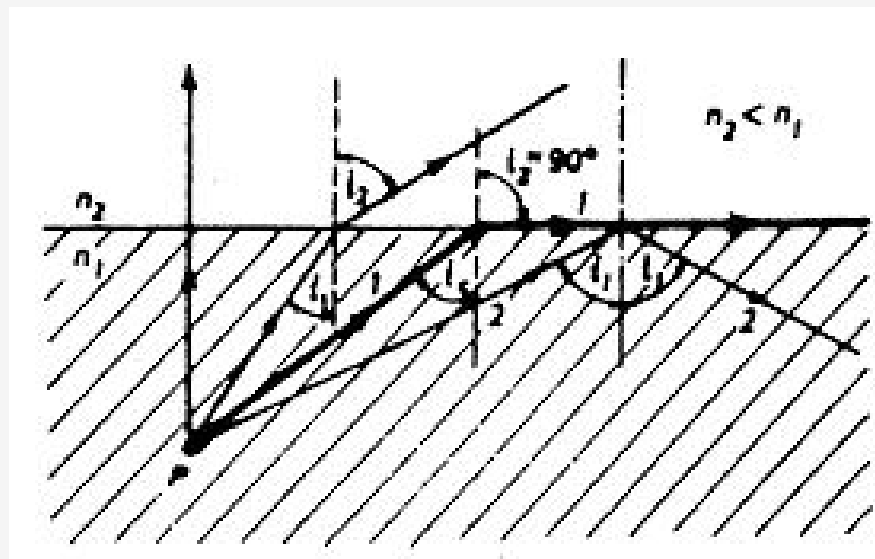
## Prelamanje i odbijanje svetlosti na ravnim graničnim površinama

Totalna unutrašnja refleksija

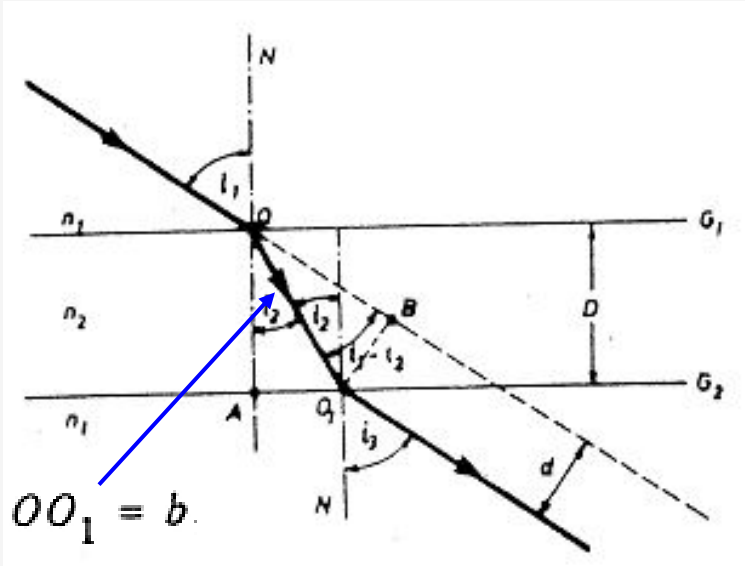
$$\sin i_2 = \frac{n_1}{n_2} \sin i_1$$

$$\sin i_c = \frac{n_2}{n_1}$$

Primer primene  
pojave totalne unutrašnje refleksije



### Prelamanje kroz planparalnu ploču



$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2 \quad \Rightarrow \quad i_1 = i_3$$

$$n_2 \sin i_2 = n_1 \sin i_3$$

$$d = b \sin (i_1 - i_2)$$

iz trougla OO<sub>1</sub>B sledi

$$b = \frac{D}{\cos i_2}$$

$$d = D \frac{\sin (i_1 - i_2)}{\cos i_2}$$

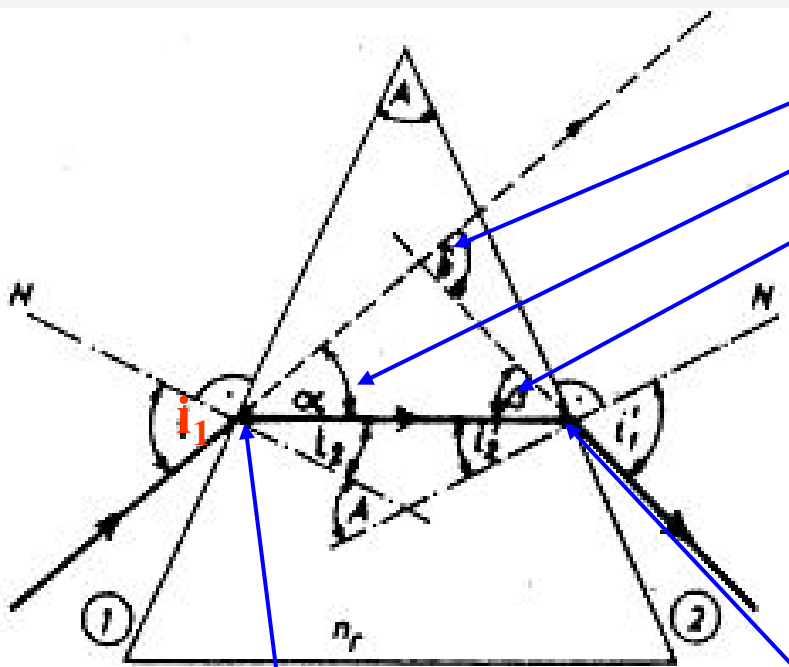
komentar

$$d = D \sin i_1 \left( 1 - \sqrt{\frac{1 - \sin^2 i_1}{n_r - \sin^2 i_1}} \right)$$

# Geometrijska optika – svetlost i optički fenomeni

## Prelamanje i odbijanje svetlosti na ravnim graničnim površinama

### Prelamanje kroz prizmu



$$\delta = \alpha + \beta$$

$$\alpha = i_1 - i_2 \quad *$$

$$\beta = i_1' - i_2' \quad *$$

$$i_2' = A - i_2 \quad **$$

$\delta$  devijacija

$$\delta = i_1 - A + i_1'$$

Snelijus – Dekartov zakon za 1

$$i_2 = \arcsin \left( \frac{\sin i_1}{n_r} \right)$$

Snelijus – Dekartov zakon za 2 i \*\*

$$i_1' = \arcsin [n_r \sin (A - i_2)]$$

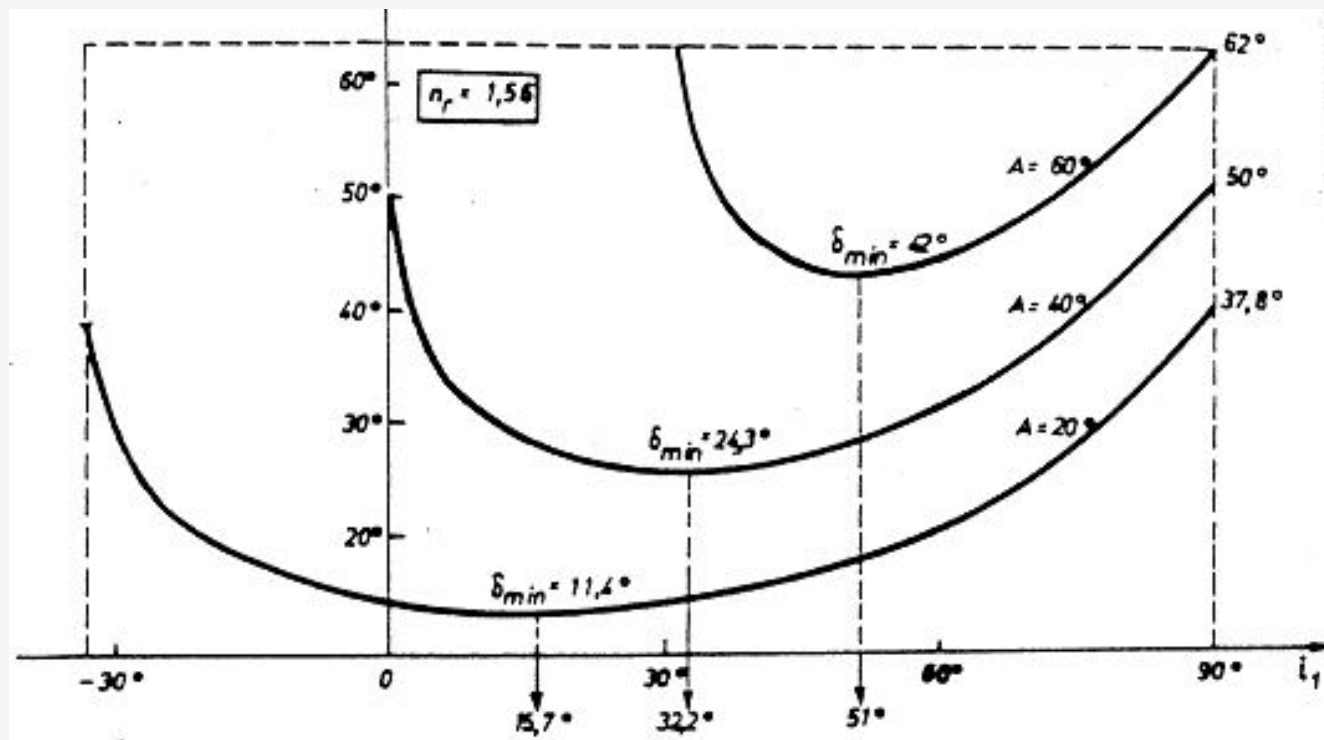
$$i_1' = \arcsin \left\{ n_r \sin \left[ A - \arcsin \left( \frac{\sin i_1}{n_r} \right) \right] \right\}$$

# Geometrijska optika – svetlost i optički fenomeni

## Prelamanje i odbijanje svetlosti na ravnim graničnim površinama

### Prelamanje kroz prizmu 2

$$\delta = i_1 - A + \arcsin \left\{ n_r \sin \left[ A - \arcsin \left( \frac{\sin i_1}{n_r} \right) \right] \right\}$$



# Geometrijska optika – svetlost i optički fenomeni

## Prelamanje i odbijanje svetlosti na ravnim graničnim površinama

Prelamanje kroz prizmu 3

$$\delta = i_1 - A + \arcsin \left\{ n_r \sin \left[ A - \arcsin \left( \frac{\sin i_1}{n_r} \right) \right] \right\}$$

$$\delta = \arcsin (n_r \sin i_2) - A + \arcsin [n_r \sin (A - i_2)]$$

⇒ nalazi se minimum ove funkcije  $\delta_{\min} = 2 \arcsin \left( n_r \sin \frac{A}{2} \right) - A$

$$n_r = \frac{\sin \frac{\delta_{\min} + A}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

iz matematike

\* unakrsni uglovi

\*\* spoljašnji uglovi

(arcsinx) = 1/((1-x<sup>2</sup>)<sup>0.5</sup>)

za malo A

$$n_r = \frac{\frac{\delta_{\min} + A}{2}}{\frac{A}{2}}$$

# Geometrijska optika – svetlost i optički fenomeni

## Prelamanje i odbijanje svetlosti na ravnim granničnim površinama

### Prelamanje kroz prizmu 4

#### Primena prizme

- ⇒ određivanje indeksa prelamanja
- ⇒ u spektrometrima

apsolutna disperziona moć supstance

$$n_F - n_C$$

relativna disperziona moć supstance

$$\varpi = \frac{n_F - n_C}{n_D - 1}$$

za plavu liniju vodonika

za žutu Na liniju

za crvenu liniju vodonika

# Geometrijska optika – svetlost i optički fenomeni

## Prelamanje i odbijanje svetlosti na ravnim granničnim površinama

### Prelamanje kroz prizmu 5

apsolutna ugaona disperzija  $\delta_F - \delta_c$

za malo  $A$  relativna disperziona moć supstance je

$$\omega = \frac{\delta_F - \delta_c}{\delta_D - 1}$$

za plavu liniju vodonika

za žutu Na liniju

za crvenu liniju vodonika



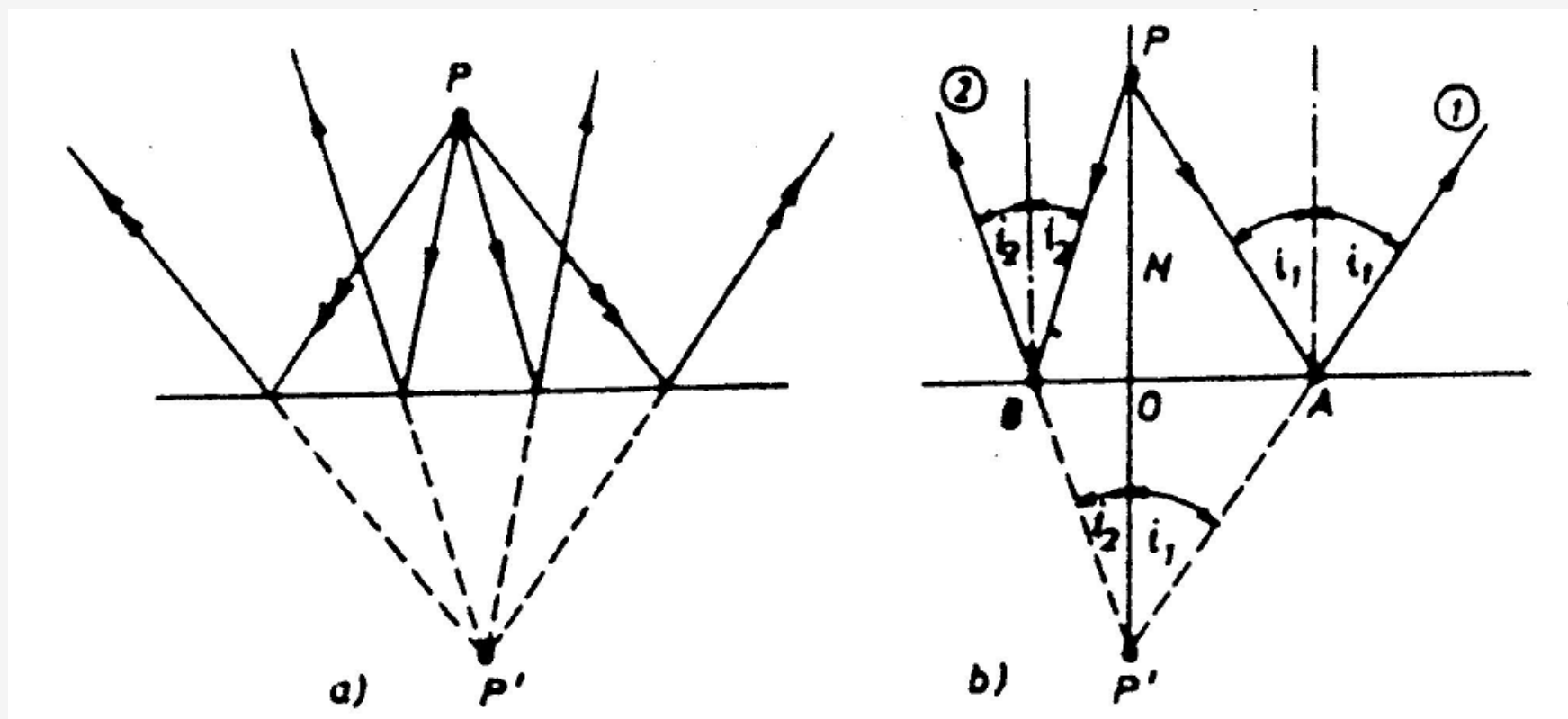
## Lik tačkastog predmeta pri refleksiji

- ⇒ zraci iz tačkastog izvora posle prolaska kroz optički sistem mogu da **konvergiraju** ili **divergiraju**
- ⇒ ako zraci **konvergiraju** mogu se seći u **jednoj ili više tačaka**
- ⇒ ovi preseki čine REALAN LIK
- ⇒ ako se zraci seku u jednoj tački lik je **stigmatičan**, u suprotnom je **astigmatičan**
- ⇒ ako zraci **divergiraju** lik je IMAGINARAN i dobija se u preseku njihovih produžetaka
- ⇒ imaginaran lik može da bude stigmatičan i astigmatičan
- ⇒ promena pravca ne zavisi od smera prostiranja zraka, tj. predmet i lik mogu da zamene uloge

## Geometrijska optika – svetlost i optički fenomeni

### Lik tačkastog predmeta pri refleksiji 2

⇒ dobija se stigmatičan imaginarni lik - KOMENTAR



## Lik tačkastog predmeta pri prelamanju na ravnoj graničnoj površini

$$b \tan i_2 = a \tan i_1 \quad *$$

Iz \* i Snelijus – Dekartovog zakona sledi

$$b = a \frac{n_2 \cos i_2}{n_1 \cos i_1}$$

$$\frac{\cos i_2}{\cos i_1} = \sqrt{\cos^2 i_1 - n_r^2 \operatorname{tg}^2 i_1}$$

**→**  $b = b(i_1)$

dobija se astigmatičan imaginarnan lik

za malo  $i_1$  važi

$$b = a \frac{n_2}{n_1}$$

