

# FIZIKA – 1. PPZ

## Fotometrija

- Dio optike koji se bavi mjerenjem svjetlosnih veličina, svjetlosni tok, jakost izvora svjetlosti i osvjetljenje površine.
- SVJETLOSNI TOK ,  $\Phi$  , [ lm ]  $\rightarrow$  lumen
  - o je svjetlosna energija koju izvor zrači u jedinici vremena.
- JAKOST SVJETLOSNOG IZVORA,  $I$  , [cd]  $\rightarrow$  kandela
  - o Je svjetlosni tok koji izvor emitira u jedinični prostorni kut

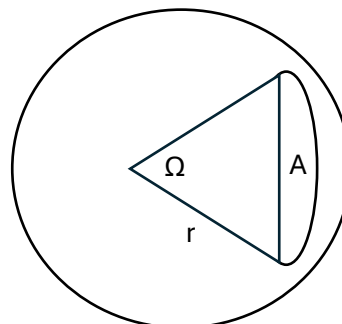
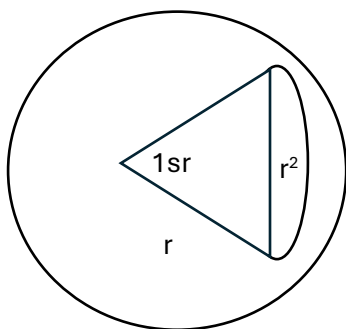
$$I = \frac{\Phi}{\Omega}$$

Veličina prostornog kuta [sr]  $\rightarrow$  steradian

$$\Omega = \frac{A}{r^2}$$

$\Omega = 4\pi \text{sr} \rightarrow$  puni prostorni kut

$A = 4r^2\pi \rightarrow$  površina čitave kugle



- Osvjetljenje/iluminacija,  $E [lx] \rightarrow$  luks

$$E = \frac{\phi}{A}$$

$$E = \frac{I \cdot \cos \alpha}{r^2} \rightarrow \text{Lambertov zakon}$$

**ZAD 1.** Žarulja svjetlosne jakosti 16 cd stvara na zastoru udaljenu 0,5 m jednaku osvijetlenost kao neka druga žarulja nepoznate svjetlosne jakosti koja je od zastora udaljena 2 m. Kolika je svjetlosna jakost druge žarulje ako svjetlost iz žarulja upada okomito na zastor?

$$I_1 = 16cd$$

$$l_1 = 0.5m$$

$$l_2 = 2m$$

$$\cos \alpha = 1$$


---

$$I_2 = ?$$

$$E_1 = E_2 = \frac{I_1 \cdot \cos \alpha}{r_1^2} = 64lx$$

$$E_2 = \frac{I_2 \cdot \cos \alpha}{r_2^2} == > I_2 = E \cdot r_2^2 = 256cd$$

**ZAD 2.** Dva izvora svjetlosti jakosti 10 cd i 40 cd daju na nekom zastoru jednaku osvijetljenost. Kako se odnose udaljenosti izvora od zastora?

$$I_1 = 10 \text{ cd}$$

$$I_2 = 40 \text{ cd}$$

---

$$E_1 = E_2$$

$$E = \frac{(I * \cos \varphi)}{r^2}$$

$$\frac{I_1}{r_1^2} = \frac{I_2}{r_2^2}$$

$$\frac{10 \text{ cd}}{r_1^2} = \frac{40 \text{ cd}}{r_2^2}$$

$$10 r_2^2 = 40 r_1^2 / : 10$$

$$r_2^2 = 4 r_1^2 / : r_1$$

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{1}{4} / \sqrt{\quad}$$

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{1}{2}$$

### ZAD 3. Koliki ukupni svjetlosni tok emitira izvor jakosti 200 cd?

Kolika je osvijetljenost površine koja se nalazi na udaljenosti od 5m od izvora? Uzmite da svjetlost upada okomito na površinu.

$$I = 200 \text{ cd}$$

$$r = 5 \text{ m}$$

$$E = ?$$

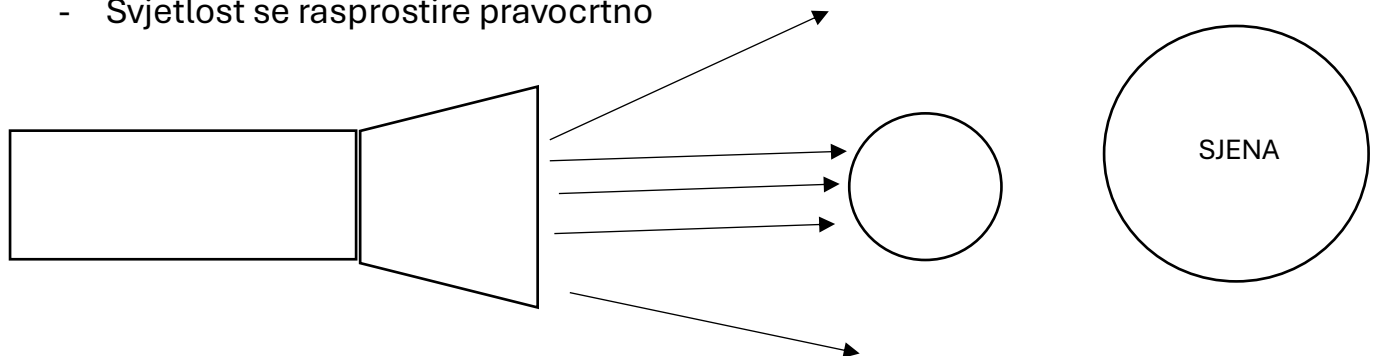
$$\phi = ?$$

$$E = \frac{I}{r^2} = 8 \text{ lx}$$

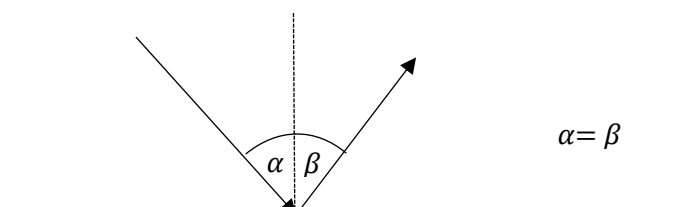
$$\phi = I \cdot \Omega = 200 \cdot 4\pi = 2513,2 \text{ lm}$$

### Geometrijska optika

- Svjetlost se rasprostire pravocrtno



- Ravno zrcalo je glatka neprozirna ploha koja odbija zrake svjetlosti
- Zakon odbijanja (refleksije)



- Difuzna ( raspršena ) svjetlost – nepravilna refleksija svjetlosti
- Slika u ravnom zrcalu je simetrična, virtualna, uspravna, jednake veličine kao predmet i jednako udaljena od zrcala.

## ZAD 1.

$y \Rightarrow$  visina predmeta

$y' \Rightarrow$  visina slike

$x$  = udalj. predmeta od zrcala

$x'$  = udalj. slike od zrcala

$$y = 3\text{cm}$$

$$x' = 10\text{cm}$$

$$x = 2\text{m} = 200\text{cm}$$

$$y' = ?$$


---

$$\frac{y}{x} = \frac{y'}{x'}$$

$$\frac{3}{200} = \frac{y'}{x'}$$

$$200y' = 30 \quad / : 200$$

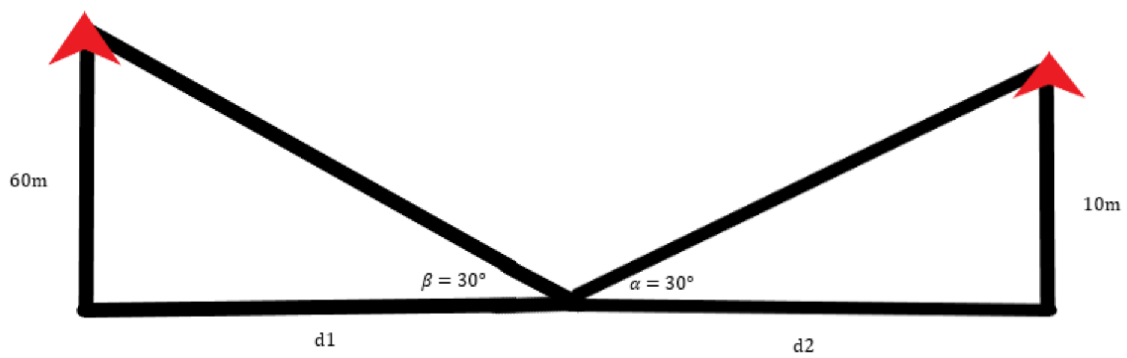
$$y = 0,15\text{cm}$$

## ZAD 3.

$$y' = 60\text{m}$$

$$y = 10\text{m}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

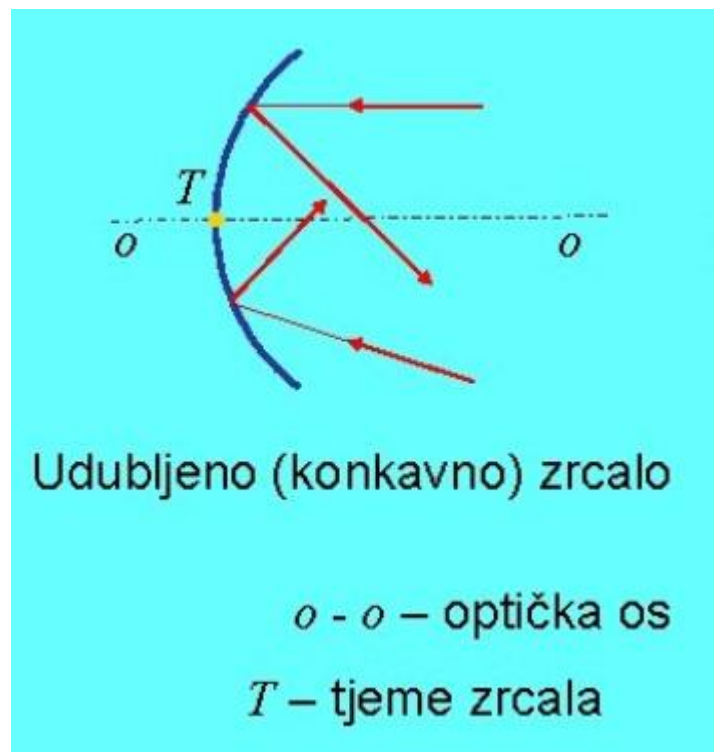
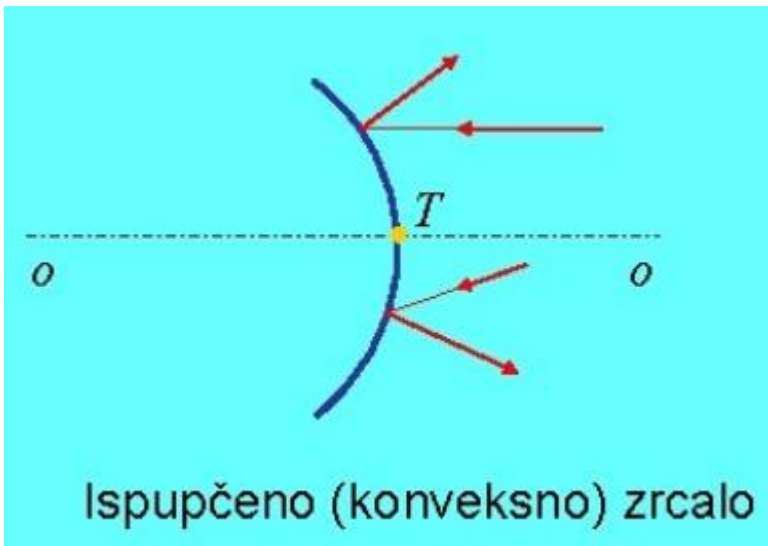


$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{60}{d_1}$$

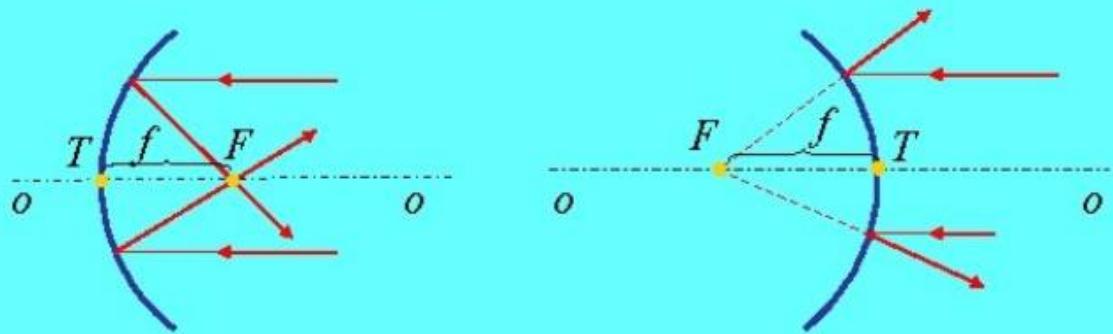
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{60}{d_2}$$

$$d = d_1 + d_2 = 121,2m$$

## Sferna zrcala

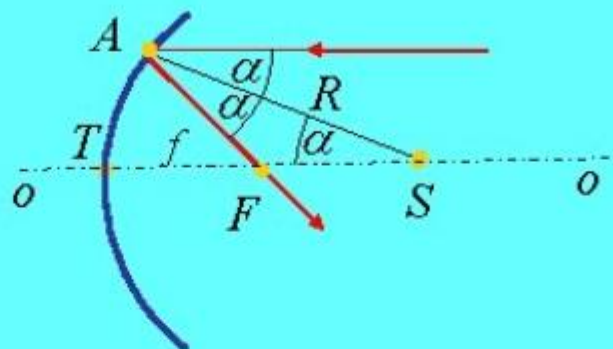


## Žarište i žarišna daljina sfernih zrcala



$F$  – žarište (fokus) zrcala

$f$  - žarišna (fokalna) daljina



$$|AF| = |FS|$$

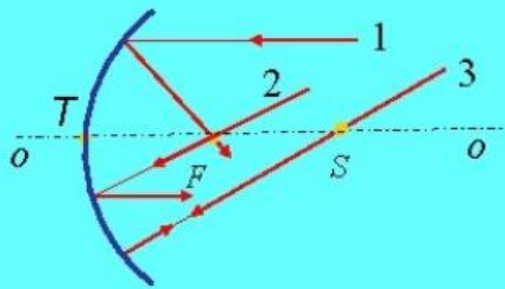
Za paraaksijalne zrake vrijedi:

$$|AF| \approx |TF| \text{ odnosno } |TF| \approx |FS|$$

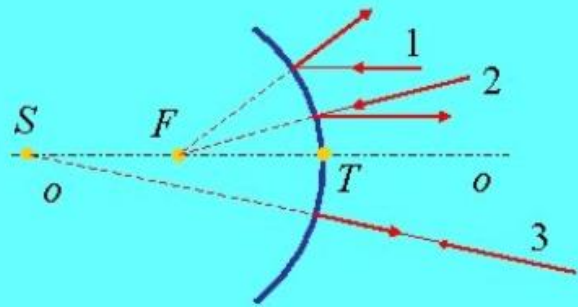
$$f = \frac{R}{2}$$

## Karakteristične zrake

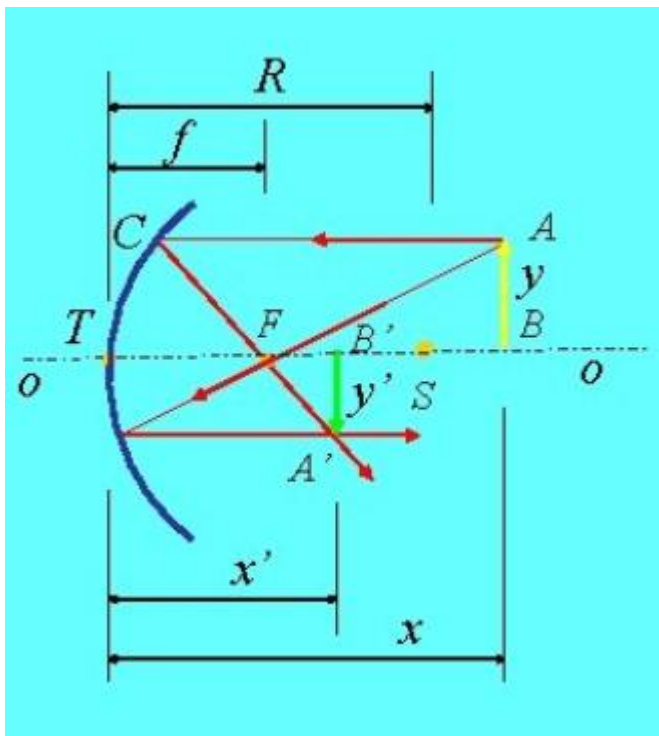
Konkavno zrcalo



Konveksno zrcalo



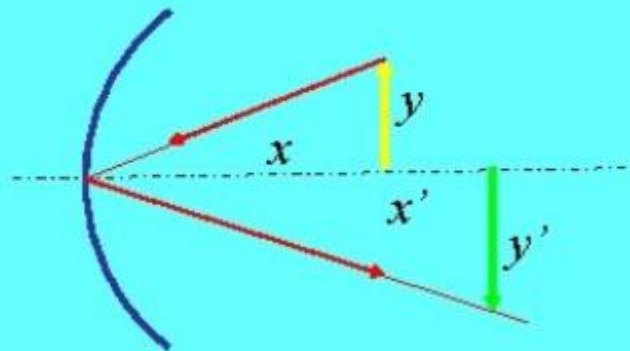
## Konkavno sferno zrcalo



$$\frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{x'} - \text{jednadžba zrcala}$$



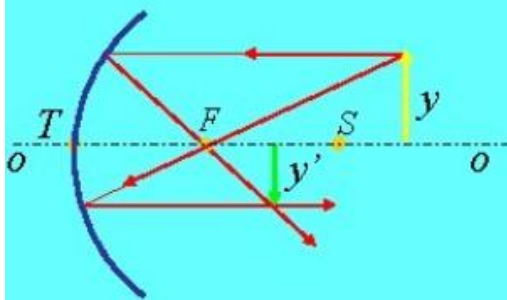
## Linearno povečanje zrcala



$$m = \frac{y'}{y} = -\frac{x'}{x}$$

## Vrste slika

1.



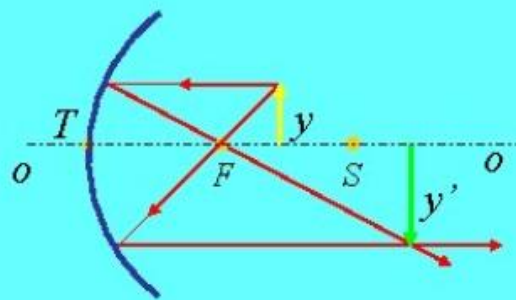
Realna ( $x' > 0$ )

Umanjena

Obrnuta ( $y' < 0$ ,  $m < 0$ )

$x > R$ ,  $f < x' < R$

2.

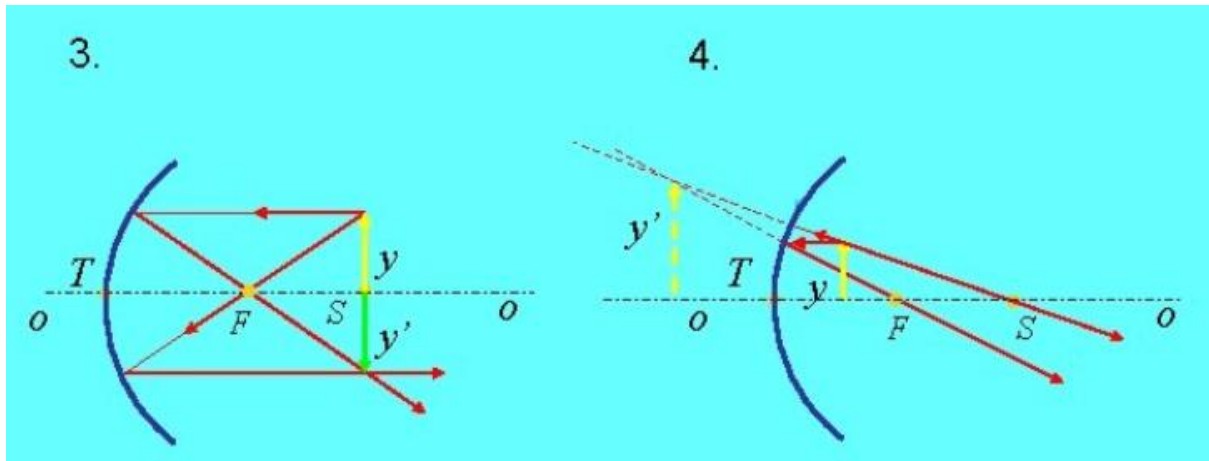


Realna ( $x' > 0$ )

uvećana

Obrnuta ( $y' < 0$ ,  $m < 0$ )

$F < x < R$ ,  $x' > R$



Realna ( $x' > 0$ )

Veličinom jednaka predmetu

Obrnuta ( $y' < 0, m < 0$ )

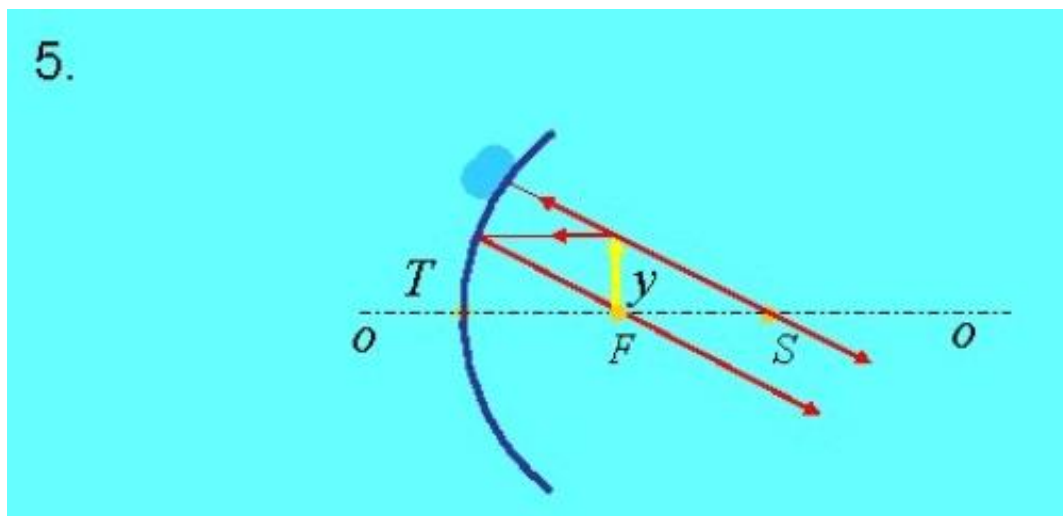
$X = R, x' = R$

Virtualna ( $x' < 0$ )

Uvećana

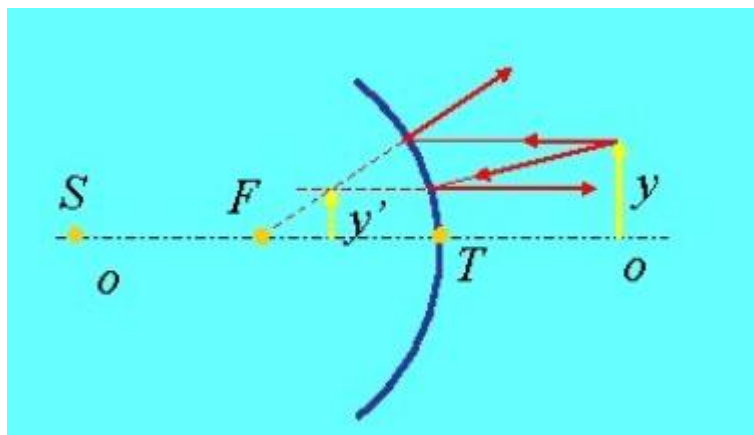
uspravna ( $y' > 0, m > 0$ )

$x < f, x' < 0$



$X = f, x' \rightarrow \infty$

## Konveksno sferno zrcalo



Slika je uvijek virtualna ,  $x' < 0$  , uspravna i umanjena

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{x'}$$

Negativnu vrijednost uvrštavamo u jednadžbu za udaljenost virtualne slike  $(-x')$  ,  $(-f)$

**ZAD 1.** Predmet visok 4 cm nalazi se 10 cm ispred konkavnog sfernog zrcala polumjera zakrivljenosti 60 cm. Odredite računski i grafički položaj i veličinu slike. Je li slika realna ili virtualna, obrnuta ili uspravna?

$$y = 4cm$$

$$x = 10cm$$

$$R = 60cm$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{x'}$$

$$F = \frac{R}{2} = 30cm$$

$$-\frac{1}{x'} = \frac{1}{x} - \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{x'} = -\frac{2}{30}$$

$$x' = 15\text{cm}$$

$$\frac{y'}{y} = \frac{x'}{x}$$

$$10y' = 60/:10$$

$$y' = 6\text{cm}$$

**ZAD 2.** U retrovizoru oblika konveksnog zrcala vidi se slika automobila koji je udaljen 100 m od tjemena zrcala. Koliko je linearno povećanje ako je polumjer zakrivljenosti zrcala 10 m<sup>2</sup>

$$x = 100\text{m}$$

$$R = 10\text{m}$$

---


$$F = -R / 2$$

$$f = -5\text{m}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{x'}$$

$$\frac{1}{x'} = -\frac{21}{100}$$

$$x' = -4.76$$

$$m = -\frac{x'}{x} = 0,0476$$

**ZAD 3.** Na koju udaljenost od konveksnog sfernog zrcala treba postaviti predmet da njegova slika bude 1 m udaljena od zrcala? Polumjer zakrivljenosti zrcala iznosi 2,5 m.

$$x' = -1m$$

$$R = 2,5m$$

---

$$f = -1,25m$$

$$x = ?$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{x'}$$

$$\frac{1}{x} = \frac{1}{-1,25} - \frac{1}{-1}$$

$$\frac{1}{x} = \frac{1}{5}$$

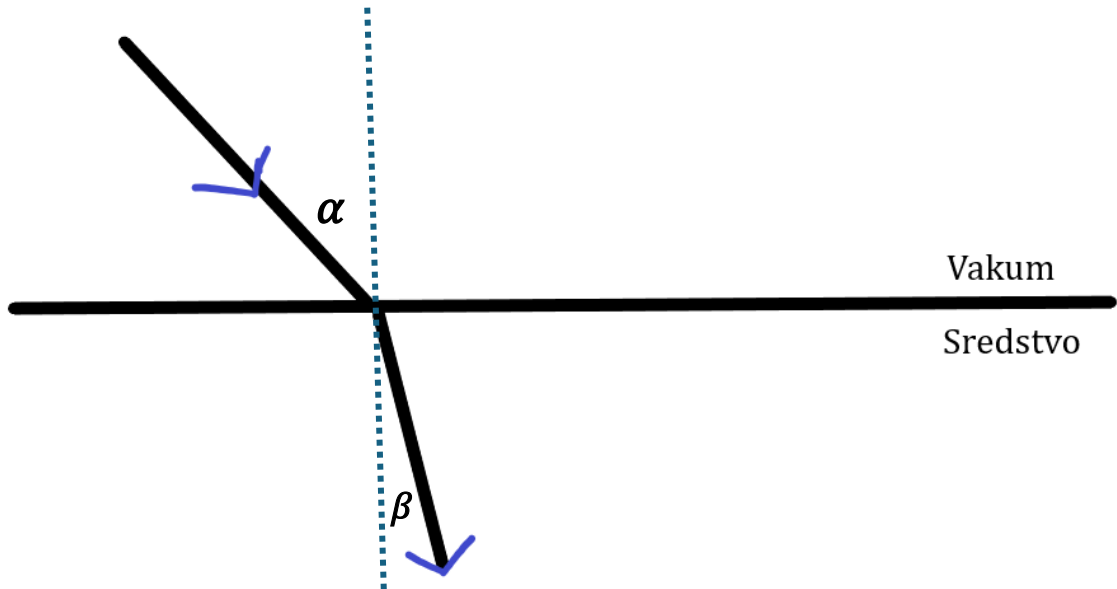
$$x = 5m$$

## Lom ( refrakcija ) svjetlosti

Dioptar je granica dvaju optičkih sredstava

- Indeks loma, n

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



$$n = \frac{c}{v}$$

C -> brzina svjetlosti u vakumu

Ako svjetlost ide iz optički rjeđeg u optički gušće sredstvo, lomi se prema okomici  $\alpha > \beta$

$$n_{21} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_1}{n_2}$$

$n_{21}$  -> relativan indeks loma

Snelliusov zakon - omjer sinusa kutova

Povećamo li kut upadanja, poveća se i kut loma. Ako kuta upadanja povećamo, opažamo da svjetlost ne prelazi u drugo sredstvo, nego se u potpunosti odbija, to je potpuna refleksija.

Zakoni geometrijske optike :

1. Zakon pravocrtnog širenja svjetlosti
2. Zakon neovisnosti svjetlosnih snopova
3. Zakon odbijanja
4. Zakon loma

**ZAD 1.** Svjetlosna zraka upada iz vakuuma na staklo indeksa loma 1,52, pri čemu se djelomično lomi, a djelomično reflektira. Ako je kut upadanja  $81^\circ$ , koliki je kut:

- a) loma
- b) između odbijene i lomljene zrake
- c) između upadne i lomljene zrake?

$$n = 1,52$$

$$\alpha = 81^\circ$$

---

$$a) \beta = ?$$

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

$$\sin \beta = 40,5^\circ$$

$$b) \gamma = 180^\circ - 81^\circ - 40,5^\circ = 58,5^\circ$$

$$c) \delta = 180^\circ - 81^\circ + 40,5^\circ = 139,5^\circ$$

**ZAD 2.** Svjetlost iz vakuumu upada na ravnu staklenu ploču pod kutom upada od  $32^\circ$  i lomi se pod kutom od  $21^\circ$ .

Izračunajte:

a) brzinu svjetlosti u staklenoj ploči ako je njezin iznos u vakuumu

$$3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

b) granični kut totalne refleksije za staklenu ploču.

$$\alpha = 32^\circ$$

$$\beta = 21^\circ$$

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

---

a)

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

$$n = 1,47$$

$$v = \frac{c}{n} = 20297$$

$$b) \sin \alpha_g = \frac{1}{n} = 42^\circ 51' 54''$$