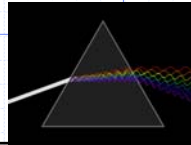


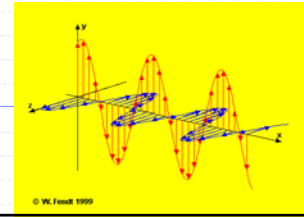
## Optika

- ◆ Spektar elektromagnetnog talasa (AP 369-370).
- ◆ Odbijanje i prelamanje svetlosti.
- ◆ Prelamanje kroz planparalelnu ploču i prizmu (AP406-408).
- ◆ Totalna refleksija (Ap408-410).
- ◆ Disperzija (AP 380-382).
- ◆ Optička ogledala (AP396-405).
- ◆ Optička sočiva (AP412-423).
- ◆ Optički instrumenti (AP423-430).



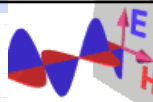
## Optika

- ◆ Spektar elektromagnetnog talasa.
  - Promenljiva električna i magnetna polja povezana su načelom indukcije.
  - Svako vremenski promenljivo električno polje proizvodi vremenski promenljivo magnetno polje – **magnetnoelektrična indukcija**.
  - Svako vremenski promenljivo magnetno polje proizvodi vremenski promenljivo električno polje – **elektromagnetna indukcija**.



## Optika

- ◆ Spektar elektromagnetnog talasa.
  - Ako se magnetno polje menja u vremenu, ta pojava u svojoj okolini izaziva pojavu vremenski promenljivog električnog polja. Tako promenljivo električno polje u svojoj okolini izaziva pojavu promenljivog magnetnog polja.
  - Javlja se lančani proces uzajamnog stvaranja dva vremenski promenljiva polja odnosno elektromagnetnog talasa.
  - Polja se karakterišu vektorima jačine električnog i magnetnog polja koji mogu da menjaju pravac ali su uvek uzajamno normalni.
  - Smer kretanja talasa se određuje desnom rukom: ako se prstima sledi kraći put od E do H palac pokazuje smer talasa.



## Optika

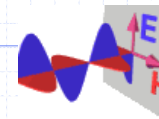
- ◆ Spektar elektromagnetnog talasa.
  - Elektromagnetni talasi se prostiru brzinom koja zavisi od dielektričnih i magnetnih osobina sredine:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\mu}} \quad \text{gde je } \epsilon \text{ dielektrična konstanta sredine a } \mu \text{ permabilitnost sredine} \quad c = 300000 \text{ km/s vakuuum}$$

- Vektori jačine električnog i magnetnog polja su međusobno upravni a odnos njihovih amplituda određen je karakterističnom impedansom sredine:

$$\frac{E}{H} = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} = Z_k [\Omega]$$

$$Z_k = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = 377 \Omega \text{ vakuuum}$$



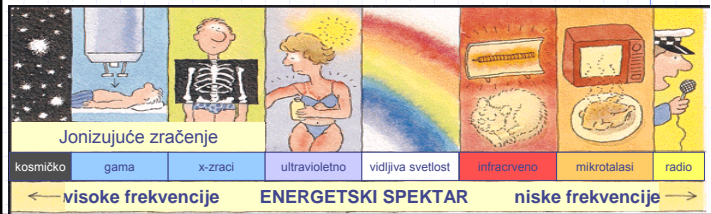
Brzina svetlosti je kada penzioner ugleda slobodno mesto u autobusu.

# Optika

## ◆ Spektar elektromagnetnih talasa.

- Elektromagnetna zračenja se mogu podeliti na:
  - električna zračenja,
  - optička zračenja, i
  - jonizujuća zračenja.

$$c = \lambda \nu$$

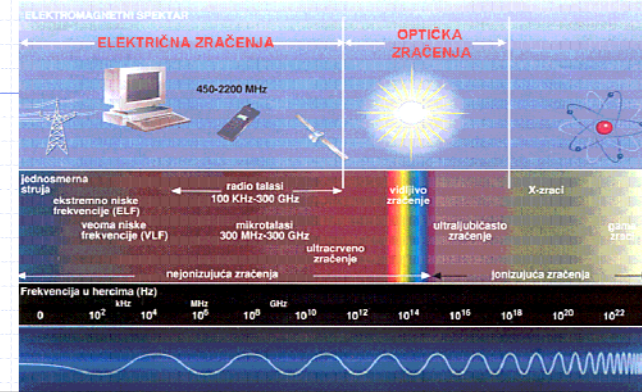


# Optika

## ◆ Spektar elektromagnetnih talasa.

$$c = \lambda \nu$$

- Podela elektromagnetnog spektra u odnosu na frekvenciju

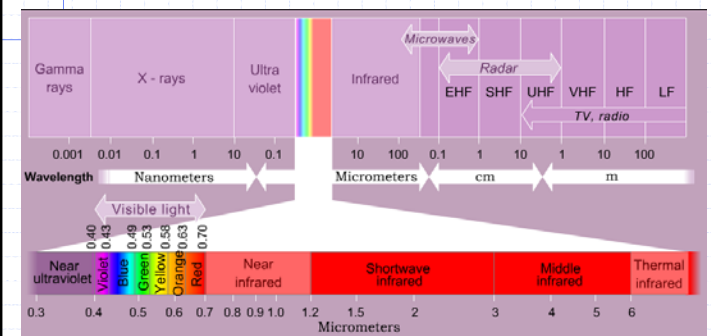


# Optika

## ◆ Spektar elektromagnetnih talasa.

- Podela elektromagnetnog spektra u odnosu na talasnu dužinu.

$$c = \lambda \nu$$

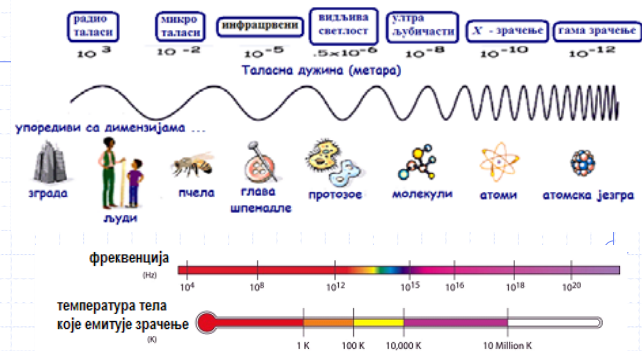


# Optika

## ◆ Spektar elektromagnetnih talasa.

$$c = \lambda \nu$$

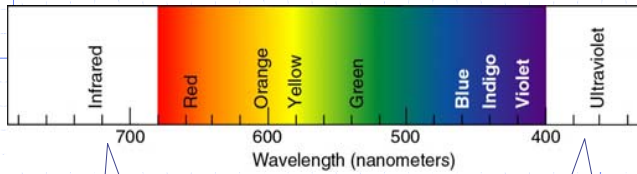
- Poređenje elektromagnetnog spektra sa dimenzijama.



## Optika

### ◆ Spektar elektromagnetnih talasa.

- Vidljiv elektromagnetni spektar: SVETLOST.



Vidljiva svetlost

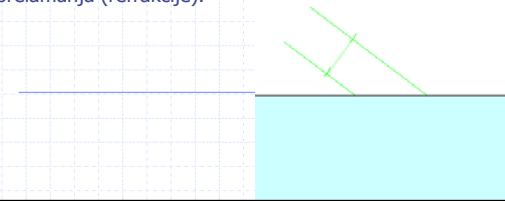
Toplotno zračenje

UV zračenje izaziva opekotine

## Optika

### ◆ Odbijanje i prelamanje svetlosti.

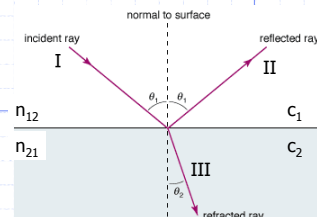
- U homogenoj sredini svetlost se prostire pravolinijski i konstantnom brzinom.
- Brzina zavisi od relativne dielektrične konstante i relativne permeabilnosti sredine:
 
$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\mu}}$$
- Kada svetlost naiđe na graničnu površinu dve sredine kroz koje se svetlost prostire različitim brzinama dolazi do:
  - pojave odbijanja (refleksije);
  - pojave prelamanja (refrakcije).



## Optika

### ◆ Odbijanje i prelamanje svetlosti.

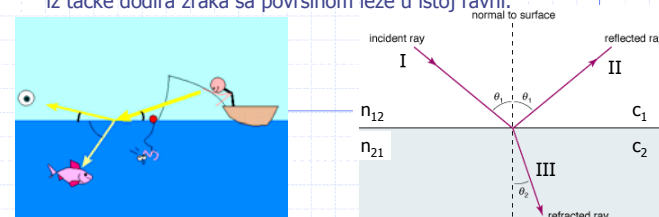
- Zrak I koji iz prve sredine pada na graničnu površinu deli se na odbijen i prelomljen:
  - upadni i odbijeni zrak se prostiru kroz sredinu (1) brzinom  $c_1$ , a prelomljeni talas kroz sredinu (2) brzinom  $c_2$ .
- Uzajamni geometrijski odnos ova tri zraka i normale određen je Dekartovim zakonima.



## Optika

### ◆ Odbijanje i prelamanje svetlosti.

- Dekartovi zakoni:
  1. Upadni ugao jednak je odbojnom uglu.
  2. Odnos sinusa upadnog i sinusa prelomnog ugla je konstantna veličina koja se naziva relativni indeks prelamanja druge sredine u odnosu na prvu.
 
$$n_{21} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$$
  3. Upadni, odbijen i prelomljen zrak zajedno sa normalom povučenom iz tačke dodira zraka sa površinom leže u istoj ravni.

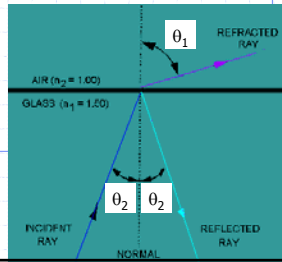
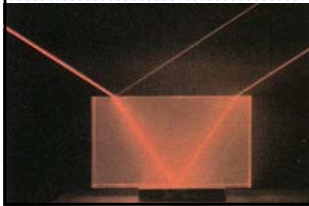


## Optika

### ◆ Odbijanje i prelamanje svetlosti.

- Ako svetlost dolazi iz druge sredine tada je  $\theta_2$  upadni ugao, a  $\theta_1$  prelomni ugao pa je relativni indeks prelamanja prve sredine u odnosu na drugu:

$$n_{12} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{1}{n_{21}}$$



## Optika

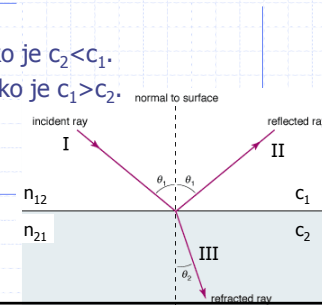
### ◆ Odbijanje i prelamanje svetlosti.

#### ■ Prema Hajgensovoj talasnoj teoriji:

- ♦ relativni odnos prelamanja druge sredine u odnosu na prvu jednak je odnosu brzina prostiranja svetlosti kroz prvu i drugu sredinu.

$$n_{21} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{c_1}{c_2}$$

- Zrak se prelama ka normali ako je  $c_2 < c_1$ .
- Zrak se prelama od normale ako je  $c_1 > c_2$ .



## Optika

### ◆ Odbijanje i prelamanje svetlosti.

- Ako je prva sredina vakuum a druga sredina neka providna supstanca onda se definiše apsolutni indeks prelamanja te druge sredine:

$$n = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{c_0}{c}$$

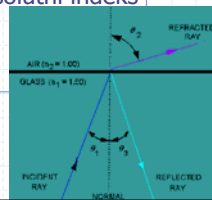
- ♦ Apsolutni indeksi prelamanja za dve providne sredine su:

$$n_1 = \frac{c_0}{c_1}$$

$$n_2 = \frac{c_0}{c_2}$$

- Svaka homogena optička sredina ima apsolutni indeks prelamanja veći od jedinice.

- ♦ sredina je optički gušća ako ima veći apsolutni indeks prelamanja;
- ♦ svetlost pri prelasku iz optički ređe u optički gušću sredinu se savija ka normali.



## Optika

### ◆ Odbijanje i prelamanje svetlosti.

- Relativni indeks prelamanja se može izraziti preko apsolutnih:

$$n_{21} = \frac{c_1}{c_2} = \frac{\frac{c_0}{n_1}}{\frac{c_0}{n_2}} = \frac{n_2}{n_1}$$

- Slično:  $n_{12} = \frac{n_1}{n_2}$

- Sada se može izvesti Snellov zakon koji važi kod prelamanja svetlosti:

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} \Rightarrow n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

## Optika

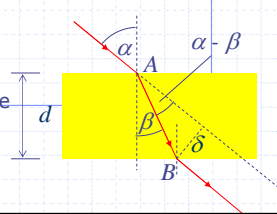
### ◆ Prelamanje svetlosti kroz planparalelnu ploču.

#### ■ Homogena ploča određuje debljine.

- Pri upadu svetlosnih zrakova pod ostrim uglom na ploču doći će do prelamanja ka normali.
- Pri izlasku iz ploče, zrak ide od normale, jer prelazi iz optički gušće u optički ređu površinu.
- Prelomljeni zrak je paralelan produženom pravcu upadnog ugla.
- Pomeranje prelomljenog zraka zavisi od upadnog ugla, debljine ploče i indeksa prelamanja.

$$\delta = \frac{d \sin(\alpha - \beta)}{\cos \beta}$$

- Kada je ploča male debljine, pomeranje zraka je malo pa se može zanemariti.

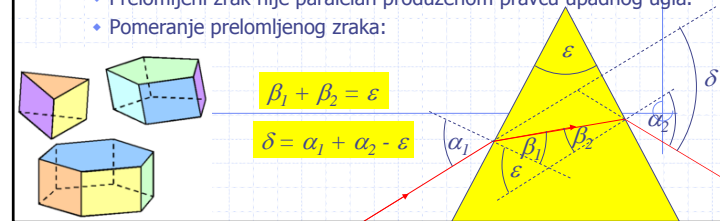


## Optika

### ◆ Prelamanje svetlosti kroz prizmu.

#### ■ Prizma je geometrijsko telo ograničeno sa dva podudarna paralelna mnogougla sa onoliko pravougaonika koliko taj mnogougao ima stranica.

- Pri upadu svetlosnih zrakova pod ostrim uglom na prvu stranu prizme doći će do prelamanja ka normali.
- Pri izlasku iz prizme, zrak ide od normale, jer prelazi iz optički gušće u optički ređu površinu.
- Prelomljeni zrak nije paralelan produženom pravcu upadnog ugla.
- Pomeranje prelomljenog zraka:



## Optika

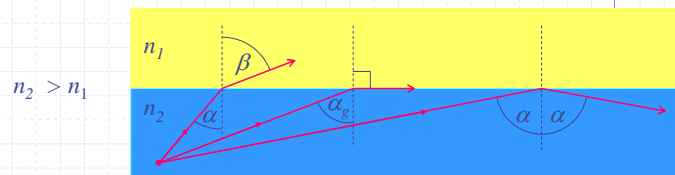
### ◆ Totalna refleksija.

#### ■ Prelazak svetlosti iz optički gušće u optički ređu sredinu:

- prelomni ugao je veći od upadnog ugla;
- kada prelomni ugao dostigne vrednost 90°, tada se upadni ugao naziva granični ugao totalne refleksije:

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin 90^\circ}{\sin \alpha_g} = \frac{1}{\sin \alpha_g} \quad \sin \alpha_g = \frac{n_2}{n_1}$$

- kada je upadni ugao veći od graničnog ugla totalne refleksije zrak će se totalno reflektovati od granične površine i ponovo vratiti u istu sredinu.



## Optika

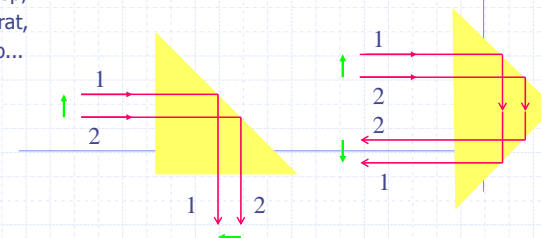
### ◆ Totalna refleksija.

#### ■ Granični ugao:

- voda - vazduh 49°
- staklo vazduh 40°

#### ■ Totalna refleksija se koristi kod mnogih optičkih instrumenata:

- mikroskop,
- fotoaparati,
- periskopi...



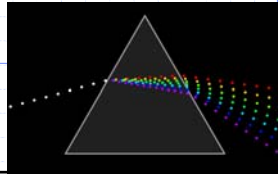
# Optika

## ◆ Disperzija svetlosti.

- Disperzija svetlosti je pojava uslovljena zavisnošću indeksa prelamanja od talasne dužine, odnosno frekvencije svetlosti:

$$n = f(\lambda_0) \quad \lambda_0 - \text{talasna dužina svetlosti u vakuumu}$$

- Kod monohromatske svetlosti, svetlosti iste talasne dužine, pri prelamanju svetlosti javlja se samo jedan zrak.
- Kod polihromatske svetlosti (bela svetlost):
  - svetlost koja sadrži više monohromatskih svetlosti;
  - prelomni ugao, pri istom upadnom uglu, zavisice od talasne dužine u vakuumu;
  - javlja se disperzija svetlosti.



# Optika

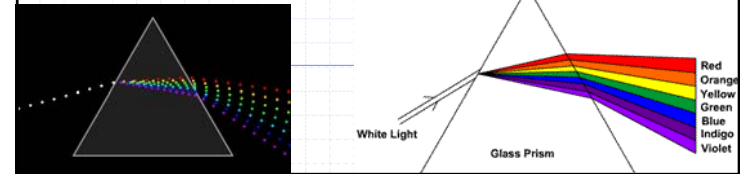
## ◆ Disperzija svetlosti.

- Svetlosti različite talasne dužine imaju različite indekse prelamanja.

- Indeks prelamanja se povećava pri smanjenju talasne dužine svetlosti;
- Svetlost manjih talasnih dužina se više prelama, odnosno ima manju brzinu u nekoj optičkoj sredini.

$$n = \frac{c_0}{c} \quad c = \lambda \nu$$

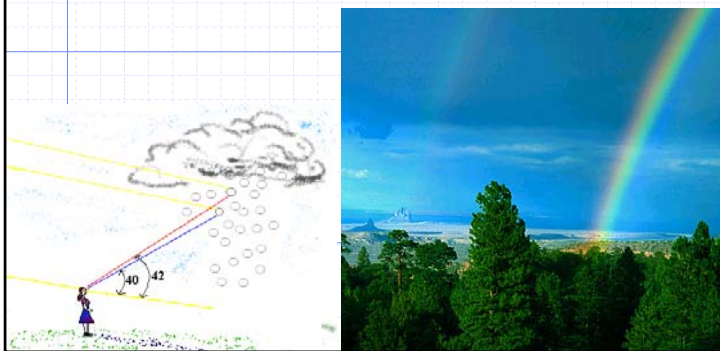
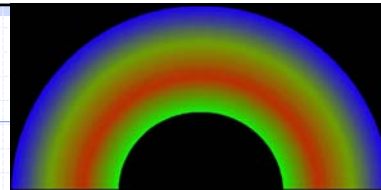
- Najviše se prelama ljubičasta svetlost, a najmanje crvena.



# Optika

## ◆ Disperzija svetlosti.

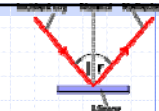
- Duga.



# Optika

## ◆ Ogledala.

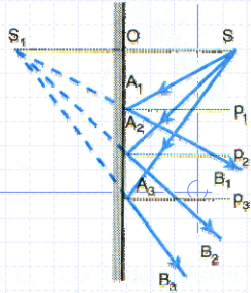
- Tela sa uglačanim površinama napravljena sa ciljem da se na njima vrši pravilna refleksija svetlosti nazivaju se ogledala.
- Prema obliku površine, ogledala se dele na:
  - ravna,
  - sferna,
  - parabolična, cilindrična ...



## Optika

### ◆ Ravna ogledala.

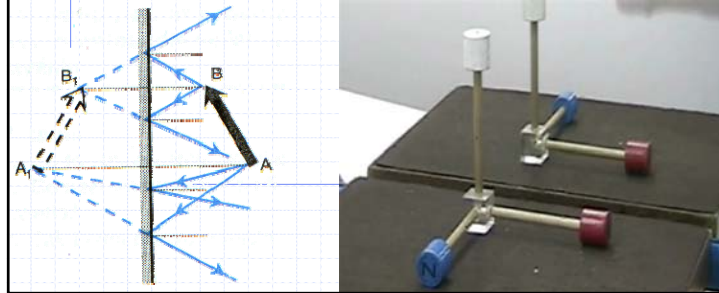
- Svetlosni zraci polaze od neke svetle tačke S:
  - svi zraci padaju na ravno ogledalo i odbijaju se od njegove površine po zakonima odbijanja;
  - posmatraču će izgledati kao da svi zraci polaze iz tačke S';
  - tačka S' je lik tačke S.



## Optika

### ◆ Ravna ogledala.

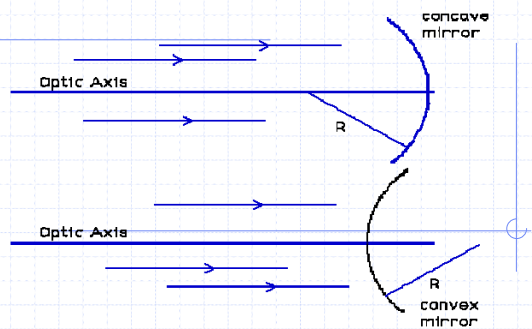
- Likovi su virtualni i iste veličine kao i predmet.
- Predmet i lik simetrični su u odnosu na refleksionu površinu.
- Koriste se za skretanje svetlosnih zrakova kod:
  - mikroskopa, lupa, durbina i sl.



## Optika

### ◆ Sferna ogledala.

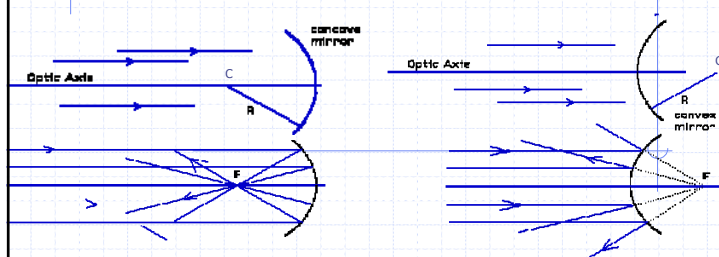
- Refleksiona površina je deo sferne površine. Podela na:
  - Konkavno ili izdubljeno - refleksiona površina sa unutrašnje strane.
  - Konveksno ili ispupčeno - refleksiona površina sa spoljašnje strane.



## Optika

### ◆ Sferna ogledala.

- Elementi ogledala:
  - Centar krivine ili optički centar C (centar sfere koji odgovara krivini ogledala).
  - Optička osa.
  - Žiža ili fokus, F (tačka u kojoj se seku zraci bliski i paralelni optičkoj osi, posle odbijanja od ogledala).

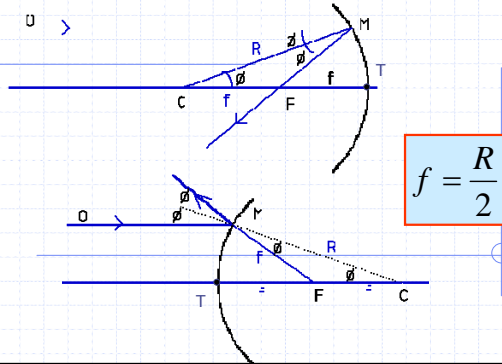


## Optika

### ◆ Sferna ogledala.

#### ■ Elementi ogledala:

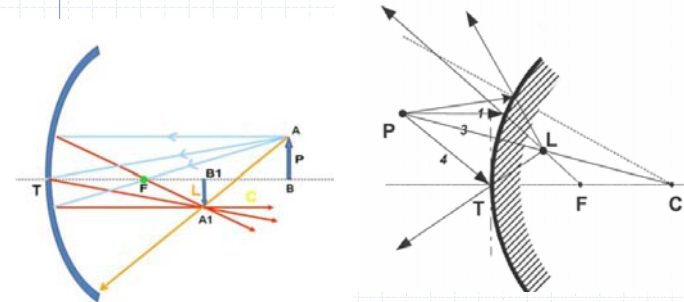
- Žižna daljina,  $f$  (rastojanje između optičkog centra  $O$  i žiže ogledala  $F$ )
- Teme  $U$



## Optika

### ◆ Sferna ogledala.

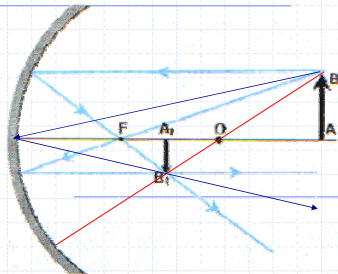
- Lik nekog predmeta dobija se korišćenjem karakterističnih zraka.
  - 4 karakteristična zraka



## Optika

### ◆ Sferna ogledala.

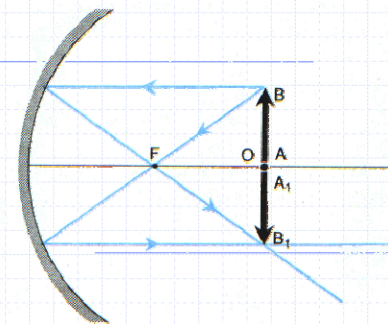
- 1. Predmet na poziciji daljoj od optičkog centra:
  - lik realan, izvrnut i umanjen.



## Optika

### ◆ Sferna ogledala.

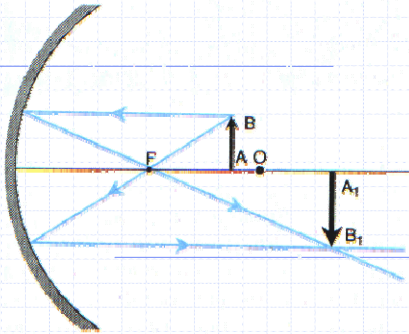
- 2. Predmet na poziciji optičkog centra:
  - lik realan, izvrnut i jednake veličine kao i premet.



## Optika

### ◆ Sferna ogledala.

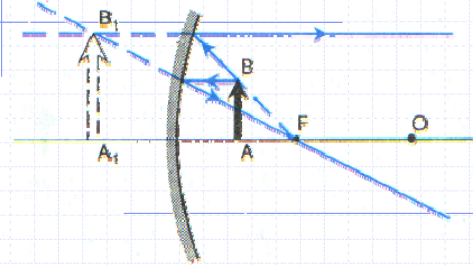
- 3. Predmet na poziciji između fokusa i optičkog centra:
  - lik realan, izvrnut i uvećan.



## Optika

### ◆ Sferna ogledala.

- 4. Predmet na poziciji između fokusa i ogledala:
  - lik imaginaran i uvećan.

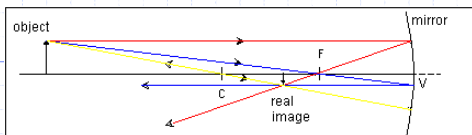


## Optika

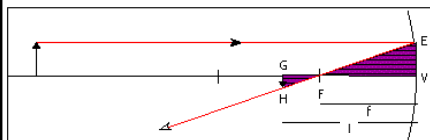
### ◆ Sferna ogledala.

#### ■ Jednačina ogledala.

- Veza između žižne daljine ( $f$ ), udaljenosti predmeta veličine  $P$  od ogledala ( $p$ ) i udaljenosti lika veličine  $L$  od ogledala ( $l$ ).



- Sličnost trouglova GHF i EFV:



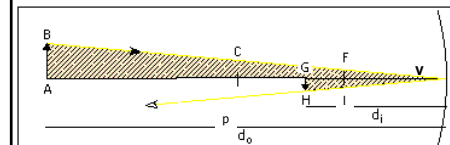
$$\frac{GH}{EV} = \frac{GF}{FV} \Rightarrow \frac{L}{P} = \frac{l-f}{f}$$

## Optika

### ◆ Sferna ogledala.

#### ■ Jednačina ogledala.

- Sličnost trouglova ABV i GHV:



$$\frac{GH}{EV} = \frac{GF}{FV} \Rightarrow \frac{L}{P} = \frac{l-f}{f}$$

$$\frac{GH}{AB} = \frac{GV}{AV} \Rightarrow \frac{L}{P} = \frac{l}{p}$$

$$\frac{l}{f} - 1 = \frac{l}{p} \Rightarrow \frac{1}{f} - \frac{1}{l} = \frac{1}{p} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{l} + \frac{1}{p}$$

- Recipročna vrednost žižne daljine jednaka je zbiru recipročnih vrednosti udaljenosti predmeta i lika od ogledala.
  - Kada je lik imaginaran za  $l$  se uzima negativna vrednost.

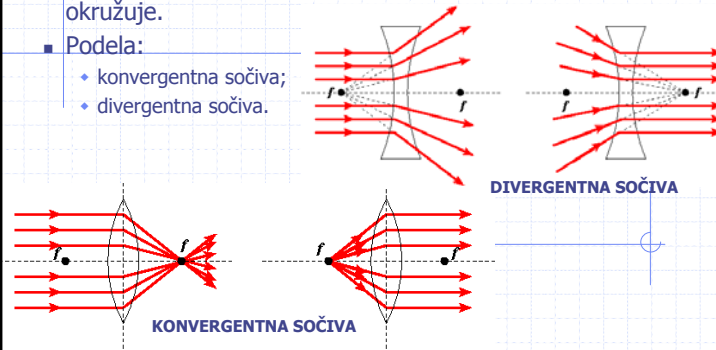
## Optika

### Optička sočiva.

- Optička sočiva su providna tela ograničena sa dve površine (obe krivolinijske ili jedna krivolinijska a druga ravna) tako da se indeks prelamanja sočiva razlikuje od sredine koja ga okružuje.

#### Podela:

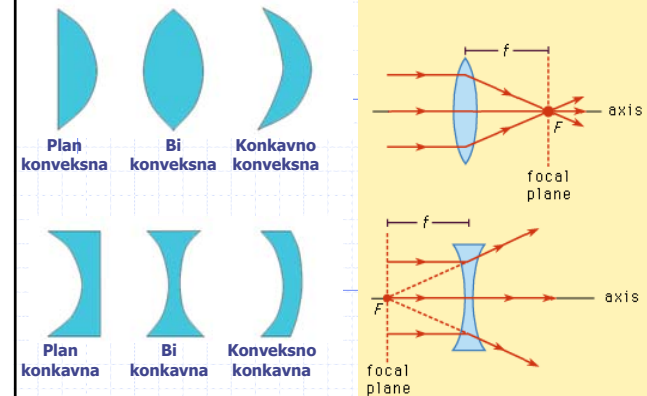
- konvergentna sočiva;
- divergentna sočiva.



## Optika

### Optička sočiva.

- Prema obliku površina:

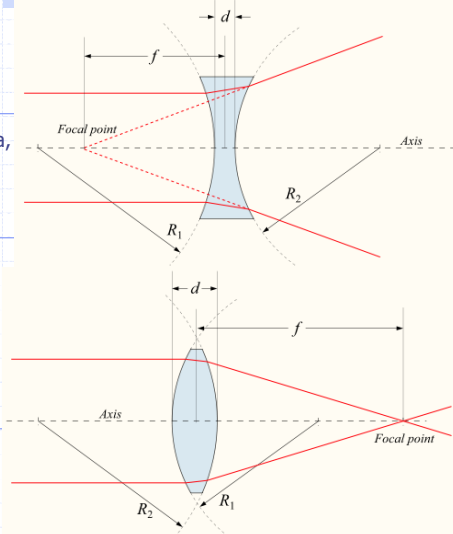


## Optika

### Optička sočiva.

#### Elementi sočiva:

- poluprečnici krivina,
- žiže,
- optička osa,
- centri krivina,
- ravan sočiva,
- žižna daljina.



## Optika

### Optička sočiva.

- Optička jačina sočiva se meri veličinom koja je jednaka recipročnoj vrednosti žižne daljine. Jedinica je dioptriya.
 
$$D[\text{dpt}] = \frac{1}{f[\text{m}]}$$
- Optička jačina složenih sočiva (sastavljenih od više prostih sočiva) jednaka je algebarskom zbiru jačina prostih sočiva koji čine složeno sočivo.
 
$$D = \pm D_1 \pm D_2 \pm D_3 \pm \dots$$

#### Žižna daljina sočiva zavisi od:

- indeksa prelamanja sočiva u odnosu na sredinu koja ga okružuje,
- poluprečnika krivina njegovih površina.

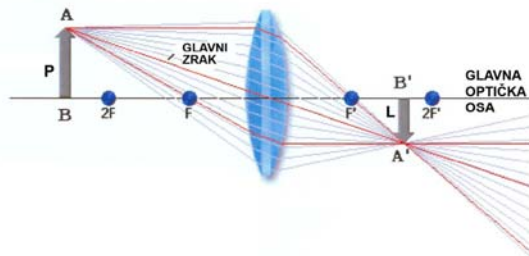
#### Optička jednačina sočiva:

$$\frac{1}{f} = (n-1) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

## Optika

### Optička sočiva.

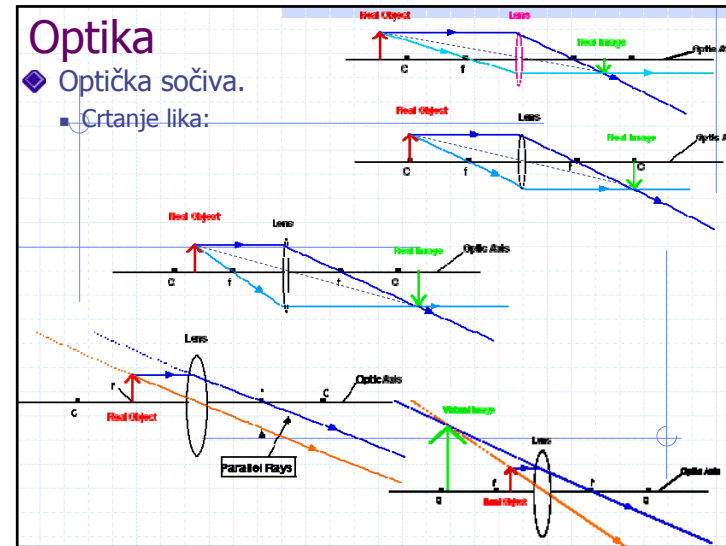
- Crtanje lika:
  - kao kod ogledala;
  - karakteristični zraci.



## Optika

### Optička sočiva.

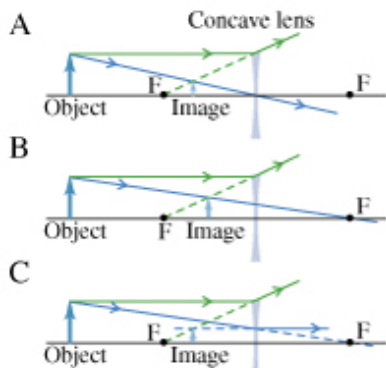
- Crtanje lika:



## Optika

### Optička sočiva.

- Lik je uvek imaginaran, ispravljen i umanjen.

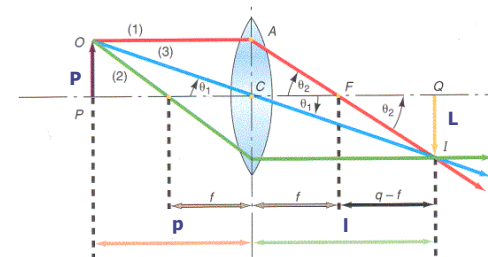


## Optika

### Optička sočiva.

- Kao i kod ogledala, žižna daljina ( $f$ ), rastojanje predmeta od ogledala ( $p$ ) i rastojanje lika od ogledala ( $l$ ) povezani su jednačinom sočiva: 
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{l} + \frac{1}{p}$$

- Linearno uvećanje predmeta dato je sa: 
$$\frac{L}{P} = \frac{l}{p}$$



## Optika

◆ Optička sočiva.

Normalno oko

Kratkovidno oko

Dalekovidno oko

The diagrams show the path of light rays from an object (y) through the eye's lens to form an image (y'). In a normal eye, the image is formed on the retina. In a nearsighted eye (Kratkovidno oko), the image is formed in front of the retina, and a concave lens corrects this. In a farsighted eye (Dalekovidno oko), the image is formed behind the retina, and a convex lens corrects this.

## Optika

◆ Optički instrumenti.

■ Lupa.

- Predmet se nalazi između žiže i sočiva, bliže žiži,  $l \approx f$ .
- Lik se formira na rastojanju jasnog vida  $d=25\text{cm}$ .
- Uvećanje:  $v = \frac{d}{f}$
- $d$  je uvek stalno tako da je uvećanje obrnuto srazmerno žižnoj daljini.

Magnifying Glass

The diagram shows a large letter 'R' as the object placed between a lens and its focal point. The resulting image is a larger, upright 'R' on the same side of the lens as the object. Labels include 'Image', 'Object', 'Focal Points', and 'Camera or eye lens'.

## Optika

◆ Optički instrumenti.

■ Mikroskop.

- Sastoji se od dva sočiva: objektivna i okulara.
- Objektiv i okular su postavljeni na krajevima tubusa.
- Uvećanje:  $v = \frac{d \cdot s}{f_1 \cdot f_2}$

Microscope

The diagram shows a large letter 'B' as the object. The objective lens forms a real, inverted intermediate image (Image 1) at distance  $s$ . The eyepiece lens then forms a final virtual, upright image (Image 2) at distance  $d$ . Labels include 'Object', 'Image 1', 'Image 2', 'Focal Points', and 'Camera or eye lens'.