

REGIONALNI CENTAR ZA TALENTE VRANJE

**OPTIČKA SOČIVA I PRIMENA KOD OPTIČKIH INSTRUMENTATA
OPTICAL LENS AND APPLICATION OF OPTICAL INSTRUMENTS**

Autori:

VELIČKOVIĆ UROŠ, učenik 2. razreda Gimnazije „Stevan Jakovljević” Vlasotince i
TODOROVIĆ NATALIJA, učenica 2. razreda Gimnazije „Stevan Jakovljević” Vlasotince
članovi FDV „H. Crnilović-Kića”, Vlasotince

Mentor: MAJA VELJKOVIĆ profesor fizike

Vlasotince 2013.

OPTIČKA SOČIVA I PRIMENA KOD OPTIČKIH INSTRUMENTATA

OPTICAL LENS AND APPLICATION OF OPTICAL INSTRUMENTS

Autori:

VELIČKOVIĆ UROS, učenik 2. razreda Gimnazije „Stevan Jakovljević” Vlasotince i
TODOROVIĆ NATALIJA, učenica 2. razreda Gimnazije „Stevan Jakovljević” Vlasotince
članovi FDV „H. Crnilović-Kića”, Vlasotince

Mentor: MAJA VELJKOVIC profesor fizike

REZIME

Ovim radom se želi pokazati kako se mogu iskoristiti optička sočiva i objasniti njihov značaj u svakodnevnoj primeni. Želimo objasniti šta su elementi i vrste sočiva, kako se formira lik kod konvergentnih I divergentnih sočiva, pojasniti jednačinu sočiva, upoznati se sa aberacijom i otkriti tajne mikroskopa.

Ključne reči: sočiva, žiža, centar krivine, predmet, lik, jednačina sočiva.

SUMMARY

This paper will show how you can take advantage of optical lenses and explain their significance in everyday use. We want to explain what kind of lens elements and, as a character is formed by converging and diverging lenses, lens equation to explain, to learn about the aberration of the microscope and reveal secrets.

Key words: lens focus, the center of curvature, object, image, lens equation.

UVOD

Za fiziku kao i za svaku drugu nauku, važi pravilo da se otkriva u svom detaljnom sadržaju. Dati tačnu definiciju predmeta fizike utoliko je teže, što je gotovo nemoguće označiti granice podele između fizike i drugih prirodnih nauka. Ipak fizika se izdvaja svojom fundamentalnošću. Fizika je nauka koja proučava osnovna svojstva materije i njene primene. Time se fizika pojavljuje u značajnom stepenu u osnovama svih prirodnih nauka, tehnike pa i filozofije.

Jedna od grana fizike je geometrijska optika. Geometrijska optika zasniva se prvenstveno na zakonima i teorijama geometrije posle usvojenih apstrakcija i aproksimacija, ali osim toga i fizičkim zakonima od kojih su najvažnija sledeća četiri:

1. Zakon pravolinijskog prostiranja svetlosti;
2. Zakon međusobne nezavisnosti prostiranja svetlosnih zrakova;
3. Zakon odbijanja svetlosti;
4. Zakon prelamanja svetlosti.

Svi ovi zakoni otkriveni su i potvrđeni pomoću iskustava, mahom eksperimentalno. Naravno, oni su uglavnom približni, ali u praktičnoj optici zadovoljavaju.

LISTA SIMBOLA

C - centar sočiva.

f - žižna daljina.

p - rastojanje predmeta od centra sočiva.

F – fokus.

P – veličina predmeta.

Ω - optička moć sočiva.

ELEMENTI I VRSTE SOČIVA

Providna tela koja su ograničena dvema krivim površinama ili jednom krivom i jednom ravnom zovu se optička sočiva. Najčešće su optička sočiva ograničena dvema loptastim tj. sfernim površinama ili jednom loptastom i jednom ravnom, pa se takva sočiva nazivaju sferna sočiva ili prosta sočiva. U praksi sočiva su najčešće napravljena od stakla indeksa prelamanja n.

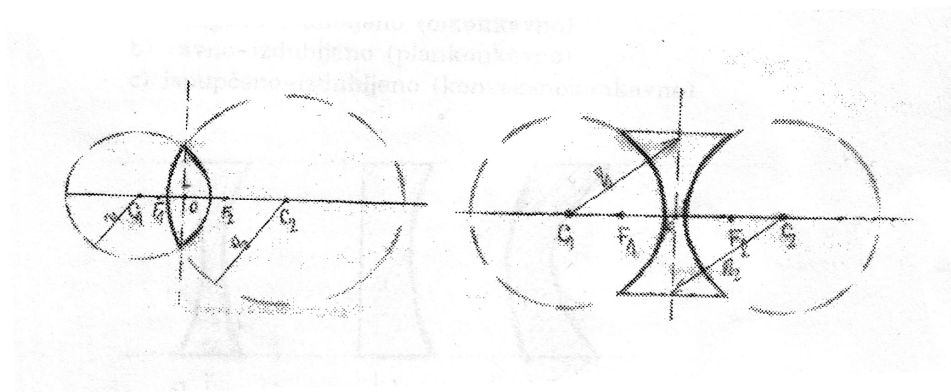
U zavisnosti kakve ga sferne površine grade sočiva se dele u dve grupe:

1. Ispupčena – konfeksna – sabirna.

2. Izdubljena – konkavna – rasipna.

Odnosno za prvu grupu konvergentna, a za drugu grupu divergentna sočiva.

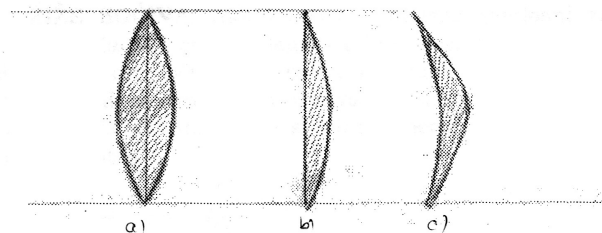
Razlika između ove grupe sočiva je ta što su konvergentna sočiva najdeblja na sredini, a prema krajevima tanja. Kod divergentnih je to što su ona na sredini najtanja, a prema krajevima sve deblja i deblja. Konvergentna sočiva možemo posmatrati kao i divergentna u presecima dveju sfernih površina koje se neposredno dodiruju. Ako definišemo dve sfere u preseku se formira bikonfeksno sočivo, a u posrednom kontaktu bikonkavno.



Slika 1, Presek bikonveksnog i bikonkavnog sočiva
 Picture 1, The intersection of biconvex and biconcave lenses

1. ISPUPČENA (KONFEKSNA) ILI SABIRNA, spadaju:

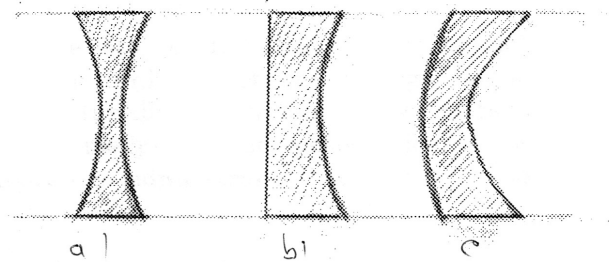
- a) dvogubo- ispupčeno (bikonveksno);
- b) ravno- ispupčeno (plankonveksno);
- c) izdubljeno- ispupčeno (konkavno-konveksno).



Slika 2, Ispupčena sočiva
 Picture 2, Convex lens

2. IZDUBLJENO (KONKAVNA) ILI RASIPNA, spadaju:

- a) dvogubo-izdubljeno (bikonkavno);
- b) ravno- izdubljeno (plankonkavno);
- c) ispupčeno- izdubljeno (konveksno-konkavno).



Slika 3, Izdubljena sočiva

Picture 3, concave lenses

Svako optičko sočivo ima svoje osnovne elemente: dva centra krivine, dva poluprečnika, dve žižne tačke, dva centra sočiva O ili optički centar.

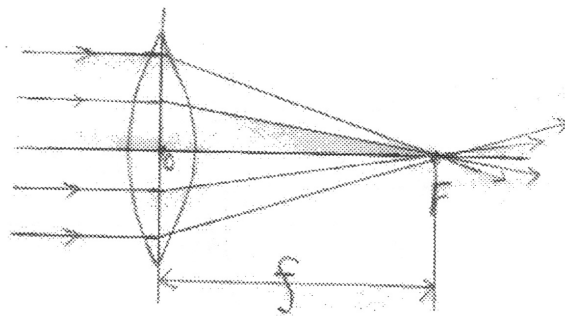
Optički centar O: za svako sočivo postoji jedna tačka na glavnoj optičkoj osi kroz koju svetlosni zraci prolaze, tako da prostiranjem kroz sočivo ne menjaju svoj prvobitni pravac.

Ta tačka se zove optički centar.

Žiže sočiva: ako na sočivo nailaze svetlosni zraci kao na slici onda se posle prelamanja kroz sočiva svi seku u jednoj tački F na osi sočiva. Ta tačka naziva se žiža sočiva. Njeno

rastojanje od centra sočiva naziva se žižna daljina i označava se sa f .

Žiža se nalazi na sredini između centra krivine C i optičkog centra O.

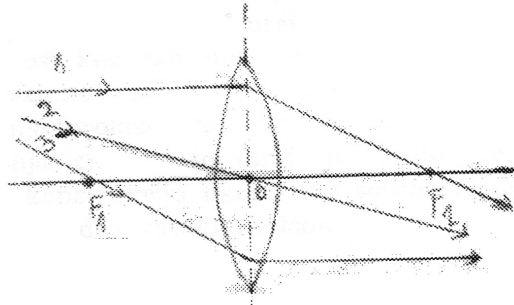


Slika 4, Žižna daljina

Picture 4, Focusing distance

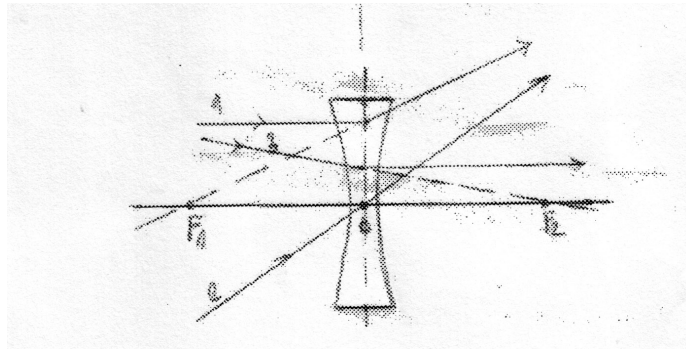
Konstruktivnim putem je utvrđeno da su žiže kod konvergentnih sočiva pozitivne, a kod divergentnih su negativne odnosno imaginarne. Sve što je dosad utvrđeno za tanko simetrično sočivo, važi i za tanko simetrično divergentno sočivo. Važno je to da se kod tankis simetričnih sočiva optički centar nalazi u sredini, međutim kod nesimetričnih sočiva optički centar je pomeren u jednu stranu, kod nekih je i van sočiva.

Karakteristični zraci kod sočiva



Slika 5, Prelamanje svetlosnih zrakova kod sabirnog sočiva

Picture 5, Refraction of light rays in the collecting lens



Slika 6, Prelamanje svetlosnih zrakova kod rasipnog sočiva

Picture 6, Refraction of light rays by the stray lens

Iz izloženog vidimo da smo ispitujući prelamanje svetlosnih zrakova kroz sočiva, bilo sabrana ili rasipna, utvrdili zakone prelamanja za ova tri takozvana karakteristična zraka ili ravna zraka:

I ZRAK: Koji se pre prelamanja prostire paralelno sa glavnom osom, posle prelamanja prolazi kroz žižu na njegovoj drugoj strani kod sabranih sočiva, a kod rasipnih izgleda tako kao da dolazi od žiže sočiva sa iste strane sa koje na njega nailazi.

II ZRAK: On se prostire pravcem kroz optički centar sabranih sočiva kao i rasipnih, ne lomi se nego prolazi u istom pravcu na drugoj strani.

III ZRAK: Koji se pre prelamanja prostire kroz žižu sabranog sočiva, posle prelamanja

ide paralelno u glavnoj optičkoj osi kod sabranog sočiva. Zrak, koji se pre prelamanja kroz rasipno sočivoprostire u pravcu čije imaginarno produženje prolazi kroz žižu tog sočiva sa druge strane posle prelamanja izlazi na toj strani paralelno glavnoj optičkoj osi.

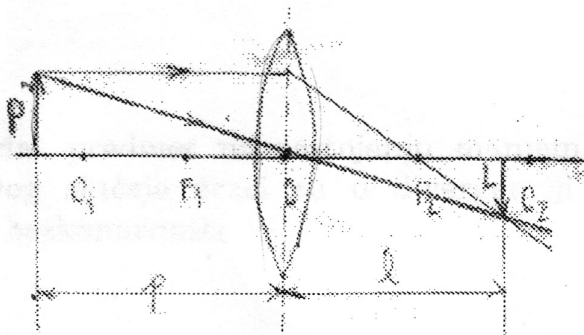
Za konstrukciju likova kod sočiva od ova 3 glavna zraka potrebna su 2 karakteristična.

FORMIRANJE LIKA KOD DIVERGENTNIH I KONVERGENTNIH SOČIVA

U zavisnosti od toga gde se nalazi predmet na glavnoj optičkoj osi likove dobijamo u različitim oblicima i merama. Zavisno od toga gde se predmet nalazi prikazaćemo na sledeće

načine:

1. Ako je dat predmet P na većem rastojanju nego što je centar krivine, zaključujemo sledeće: Zrak od predmeta koji je paralelan sa osom prolazi kroz sočivo, prelama se i seče žižu F2, drugi zrak se ne prelama, ide pravolinijski kroz sočivo i u njihovom preseku formira se lik predmeta on leži između C2 i F2.



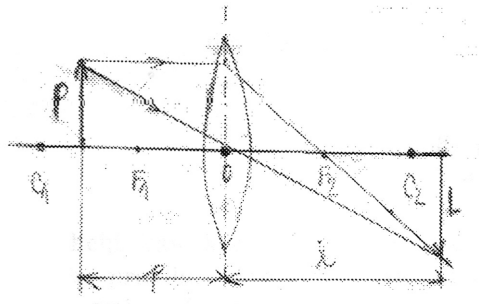
Slika 7, Formiranje lika kod sabirnog sočiva

Picture 7, The image formed by the lens assembly

Dobijeni lik je realan, umanjen i izvrnut.

$$U=l/p=L/P$$

2. Ako je dat predmet P između C1 i F1, dobijamo lik koji leži iza centra krivine C2.

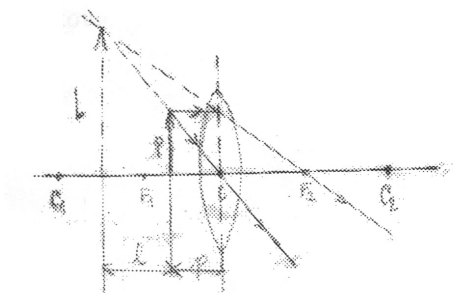


Slika 8, Formiranje lika kod sabirnog sočiva
 Picture 8, The image formed by the lens assembly

Dobijeni lik je realan, uvećan, izvrnut.

$$U = -l/p \quad U > 1$$

3. Ako je dat predmet na rastojanem manjem nego što je žiža F1, kod ovog slučaja zraci su u divergenciji njihove presečne tačke su u beskonačnosti

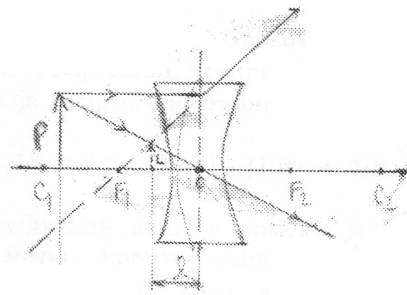


Slika 9, Formiranje lika kod rasipnog sočiva
 Picture 9, The image formed by the lens stray

Dobijen lik je imaginaran, uvećan i uspravan.

$$U = l/p \quad U > 1$$

4. Pri konstrukciji lika kod rasipnih sočiva primenjuju se isti postupci i ista pravila. Isto tako se uzimaju 2 od 3 karakteristična zraka. Predmet se nalazi na daljini većoj od žižne daljine F1, znači između C1 i F1.



Slika109, Formiranje lika kod rasipnog sočiva

Picture 10, The image formed by the lens stray

Dobijeni lik je imaginaran, umanjen i uspravan

$$U = L/P < 1 \quad L < P$$

Glavna karakteristika divergentnih sočiva je da generalno daju imaginarne likove.

JEDNAČINA SOČIVA

Pošto je optičko sočivo obično organizovano sa dve sferne površine različitih indeksa prelamanja, pri izvođenju jednačine tankog sočiva, možemo pretpostaviti da se svetlosni zraci prelamaju najpre na njegovoj jednoj, a zatim na drugoj sfernoj graničnoj površini. Na osnovu ovog lako se može izvesti jednačina tankog sočiva u opštem slučaju.

Za konvergentna sočiva:

$1/p + 1/l = 1/f$ Gausova jednačina takvog sabirnog sočiva: zbir recipročnih vrednosti, daljine predmeta i daljine lika jednaka je recipročnoj vrednosti žižne daljine.

$$1/p + 1/l = 1/f = (n-1) \times (1/R_1 + 1/R_2)$$

Ova jednačina definiše optičku jednačinu za prvu grupu sočiva odnosno konvergentna sočiva gde je n indeks prelamanja sredine u kojoj se sočivo nalazi, a R_1 i R_2 poluprečnici.

$$1/p + 1/l = 1/f = (n-1) \times 1/R \quad \text{Jednačina plankonveksnog sočiva.}$$

Sočivo kao optički sistem može da se nađe u različitim optičkim sredinama, tako ono može biti u vodi, a jednačina glasi ovako:

$$1/f = (n_2/n_1 - 1) \times 1/R$$

n_2 - indeks prelamanja sredine u kojoj se sočivo nalazi.

Za divergentna sočiva

$1/p - 1/l = -1/f$ Gausova jednačina divergentnog sočiva znak (-) dolazi jer je žižna daljina uvek imaginarna.

$1/p - 1/l = -1/f = (n-1)(1/R_1 - 1/R_2)$ jednačina za divergentna sočiva.

Diskusijom jednačina za I i II zaključujemo sledeće:

Pošto je kod rasipnog sočiva žižna daljina negativna, a daljina predmeta pozitivna, desna strana jednačine je uvek negativna. Zbog toga se i lik kod rasipnih sočiva uvek nalazi levo od sočiva, tj. na istoj strani na kojoj je predmet. Kako se u jednačini $1/l = 1/f - 1/p$ daljina lika i žižna daljina negativne veličine dolazi se do zaključka da se po apsolutnoj vrednosti: $|1/l| > |1/f|$ ili $l < f$, dakle možemo reći sledeće: lik kod rasipnog sočiva uvek se nalazi između žiže F_1 i rasipnog sočiva

Optička moć sočiva. Dioptrijska

Optička moć ili optička jačina sočiva izražava se kao recipročna vrednost žižne daljine sočiva. Označavamo je sa Ω (omega), pa je:

$$\Omega = 1/f$$

Ova veličina vema je važna za optičare, jedinica je dioptrijska. Ako je f izraženo u metrima onda optička moć određuje broj dioptrijske.

$$\text{Pr. } f = 1\text{m}, \Omega = 1\text{dp.}$$

Naziv za konvergentna sočiva (pozitivna), a za divergentna (negativna), potiče od optičara. Otuda konvergentna sočiva imaju pozitivnu optičku moć, a divergentna imaju negativnu optičku moć.

ABERACIJA- NEDOSTACI OPTIČKIH SOČIVA

Optičke jednačine koje smo dali za sferna ogledala i optička sočiva aproksimativne su jer važe pod prepostavkom da je aparatura ogledala relativno mala, da su sočiva vrlo tanka, međutim u realnim uslovima prekično je nemoguće napraviti takva sočiva. Kod tankih sočiva homocentrični zraci ostaju homocentrični i posle prelamanja.

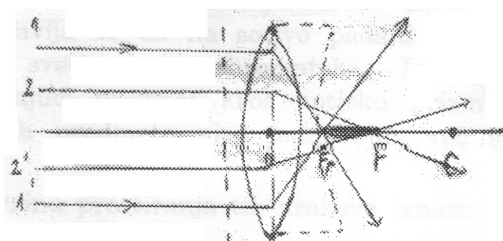
Upreksi sočiva nisu toliko tanka i imaju veliki otvor, tako da pored zrakova od predmeta prolaze i zraci više udaljeni od njegove ose. Ovi zraci posle prelamanja ne ostaju više homocentrični već se presecaju na različitim mestima. Usled toga javljaju se izvesna odstupanja u dobijanju likova prema zakonima koje smo već proučili, pa ti likovi nisu dovoljno jasni, tj. oštri. Ova štetna odstupanja u dobijanju likova kod prostih sočiva nazivaju se nedostaci ili mane sočiva – aberacija

Aberacije koje se javljaju zbog ovih karakteristika su najčešće sledeće:

1. sferna aberacija
2. hromatična aberacija
3. distorzija likova
4. asigmatiza

Sferna aberacija

Pod ovim pojmom se podrazumeva nedostatak sočivakoji se sastoji u tome da se zraci u paralelnoj i glavnoj osi ne seku posle prelamanja u žiži tj. da zraci koji su bliži glavnoj osi seku se u žiži a spoljašni zraci seku se u tački F_p koja je bliže sočivu od žiži F . To nastaje usled toga što se paralelni zraci jače sve jače lome ako su udaljeni od glavne optičke ose.

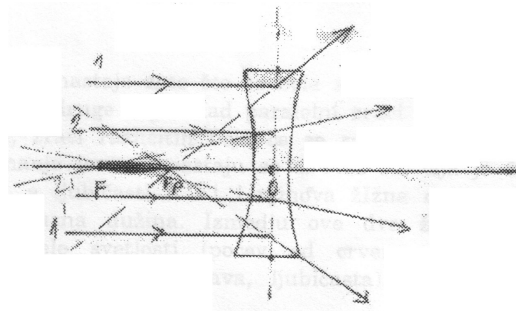


Slika 11, Aberacija kod sabirnog sočiva

Picture 11, Aberrations in the lens assembly

Sa slikke vidimo da će centralni zraci 2-2' seći osu u tački F a zrači 1-1'

Seci osu u tački F_p (periferna žiža). Periferna žiža se kod konvergentnih sočiva nalazi levo od žiže F a kod divergentnih desno. Lik dobijem ovako nije jasan – oštar već mutan.



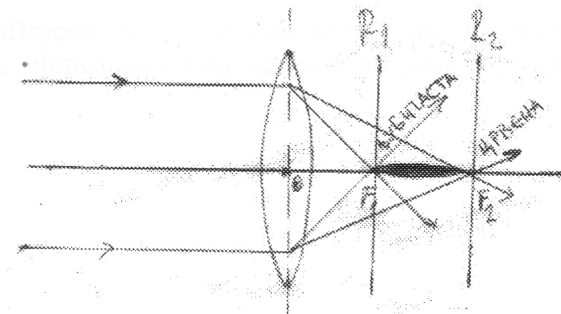
Slika 12, Aberacija kod rasipnog sočiva

Picture 12, Lens aberrations in wasteful

Pošto je u odnosu na sočivo kod sabirno sočivo glavna žiža F udaljena od F_p u smeru prostiranja zrakova, a kod rasipnih u suprotnom smeru smatra se da je ova mana kod sabirnih sočiva pozitivna a kod rasipnih negativna.

Hromatička aberacija. Priispitivanju mana sočiva pretpostavlja se da na sočivu padaju jednobojni zraci odnosno da je svetlost monohromatska. Iz iskustva se zna da posmatrajući predmet kroz optičku prizmu pri beloj svetlosti likovi tih predmeta nisu jednobijni, već su dobijeni duginim bojama.

Brzina prostiranja tih zrakova iznosi: $c=v \cdot \lambda$



Slika 13, Hromatična aberacija

Picture 13, Colour Aberration

Ova mana nastaje zato što se bela svetlost prelamanjem ujedno i rasipa u druge boje. Kad paralelni zraci padnu na sočivo kao na slici, zraci različitih boja će se različito lomiti. Crveni zraci se najmanje lome, i sastaju se u žiži F_2 čija je žićna daljina najveća, a ljubičasti u F_1 i njihova žićma daljina je najmanja, kao i talasna dužina. Između ove dve čići nalaze se

žići spektra bele svetlosti (počev od crvene, narandzaste, žute, zelene, plave, tamno plave, ljubičaste). Ove mane mogu se otkloniti na dva načina:

1. Kombinacija sočiva
2. Mehaničkom dijafragmom

Kombinacija sočiva se vrši tako što se na jedno zalepi jedno ili više sočiva tako da se ekvivalentna žižna daljina dobija jednačinom.

$$1/f_e = 1/f_1 + 1/f_2 - a/f_1 f_2$$

a – je rastojanje od jednog do drugog sočiva.

Ako se za konvergentno sočivo zalepi divergentno funkcija ovog sistema je da podigne zrake i svi se seku u jednoj tački, lik je oštar i jasan.

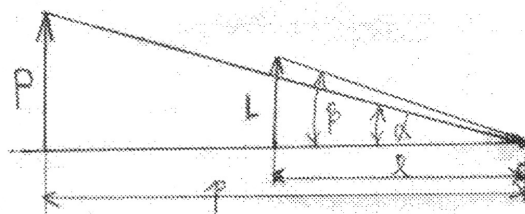
Dijafragma je mehanička opna koja na sredini ima jedan otvor kao blenka kod foto aparat po potrebi se menja veličina.

PRIMENA SOČIVA KOD OPTIČKIH INSTRUMENATA

Kombinacija sočiva ravnih i sfernih ogledala kao i sistem mehaničkih dijafragma stvara jedan optički instrument. Ono što karakteriše svaki optički instrument je uvećanje lika predmeta i zavisi od ugla pod kojim se lik vidi.

$$U = \tan \alpha / \tan \beta$$

Lik predmeta ćemo jasnije videti ako ga gledamo pod većim vidnim uglom. Kod subjektivnog posmatranja važnu ulogu ima prividno uvećanje instrumenta kroz koji ga posmatramo. Stoga optički instrument za subjektivno posmatranje instrumenta treba da povećaju vidni ugao, pod kojim vidimo predmet. Ukoliko je taj ugao veći mi jasnije vidimo lik.



Slika 14, Lik predmeta pod vidnim uglom

Picture 14, The figure subjects under viewing angle

Ukoliko je taj ugao veći mi jasnije vidimo lik

$U = \beta / \alpha$ uvećanje nekog optičkog instrumenta izražava se količinom vidnog ugla pod kojim vidimo lik iz vidnog ugla predmeta.

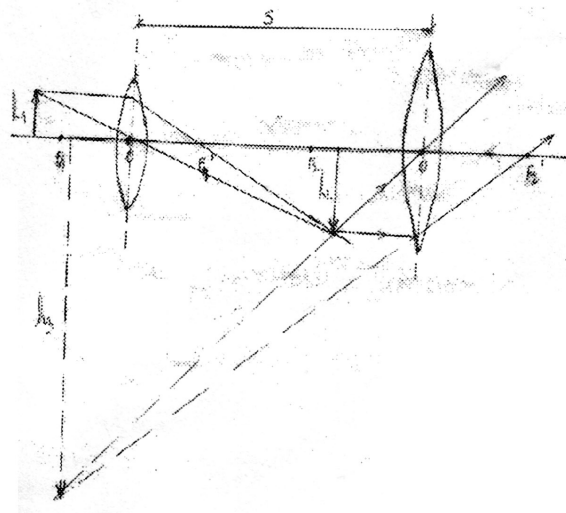
Vidni ugao predmeta $\alpha = \alpha$

$$\tan \beta = \beta$$

Predmet može biti na daljini jednog vida. Pod ovim pojmom se podrazumeva rastojanje na kome se vršiposmatranje predmetabez naprezanja očnog sočiva. Za oko bez mane ta daljina iznosi 25m, a ako oko ima mane ta daljina je veća ili manja u zavisnosti da li je kratkovidost ili dalekovidost.

MIKROSKOP

Optički instrument koji služi za posmatranje bliskih predmeta koji su toliko sitni da ih ne možemo videti golim okom niti lupom zove se mikroskop. Potiče od grčke reči mikros-mali, skopein-gledati. Optički mikroskop sastoji se od dva sočiva a mogu da budu i više da bi se otklonile mane. Sastoji se iz dva glavna dela objektiv i okular. Kao objektiv može se koristiti konvergentno sočivo i okular je takođe konvergentno sočivo kome lik dobijen objektivom postaje predmet. Tako okular daje sekularno uvećanje. Predmet ćemo staviti malo dalje od žiže objektiv, lik se na odredjemo rastojanju vidi kao realan i F2 i okular. Taj lik služi kao predmet za okular ima dejstvo obične lupe.



Slika 15, Konstrukcija likova kod optičkih mikroskopa

Picture 15, Structural characters of optical microscope

$$U = U_{ob} U_{ok}$$

Lik dobijen optičkim mikroskopom je mnogo puta uveći, izvrnut, virtualan

$$U = h_2/h_1 \quad h_2/h_2 = h_3/h_1$$

$$U = l_s / f_{\text{obj}} f_{\text{ok}}$$

S je rastojanje između sočiva (dužina tubusa)

Uvećanje mikroskopa jednako je količniku strostuke dužine mikroskopa i proizvod žižne daljine objekta i okulara.

ZAKLJUČAK

Geometrijska optika kao grana fizike veoma je važna u fizici ali i u drugim oblastima. Možemo reci da ima široku primenu i kod drugih prirodnih nauka.

Sama primena ove grane fizike veoma je zastupljena u medicini, tehnici, astronomiji i uopšte svuda gde je potrebno precizno određivanje i merenje udaljenosti

LITERATURA

1. Dr inž M. Ivanović, inž. Vlastimir Vučić „Fizika II, Elektromagnetika i Optika”
2. Branko Đurić, ivojin Čulum „Fizika IV deo – Optika”
3. Miln Raspopovi „Fizika za III razred gimnazije prirodno – matematičkog smera”