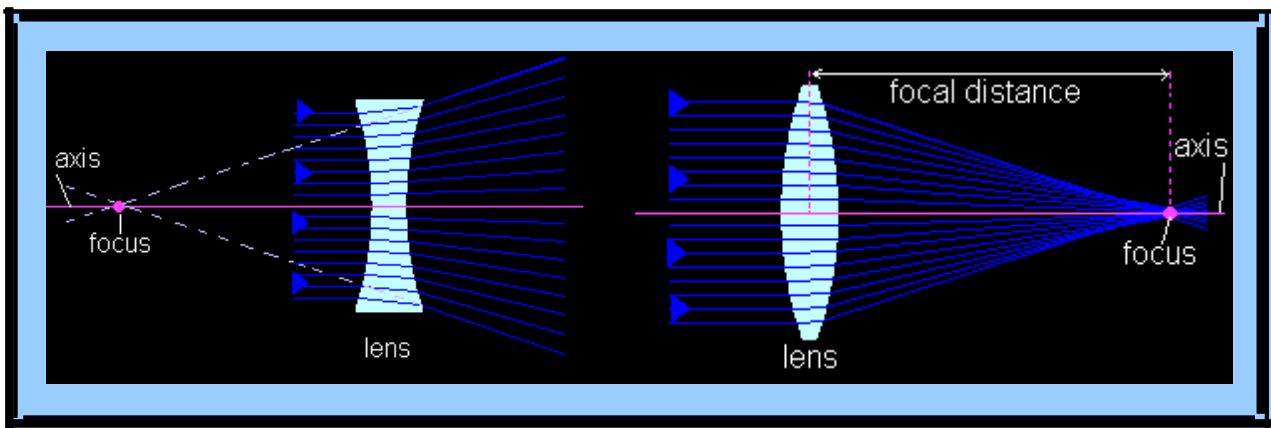


## 7. VAJA

### MERENIE GORIŠCNE RAZDALJE LEČE



### A. ENAČBA ZBIRALNE LEČE

## **1. UVOD**

Enačbo leče dobimo navadno s pomočjo geometrijskih konstrukcij. V našem primeru bomo do te enačbe prišli eksperimentalno, z merjenjem razdalj a in b.

## **2. NALOGA**

Izračunaj goriščno razdaljo leče!

## **3. POTREBŠČINE**

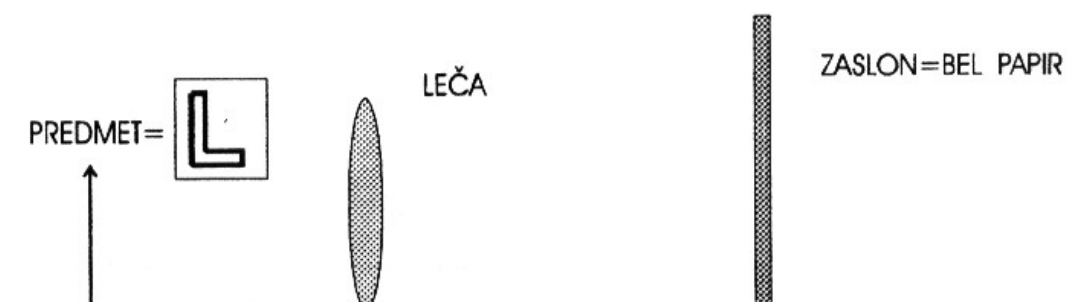
- Optična klop z izvorom svetlobe, predmetom (črka L) in zaslonom
- Zbiralna leča (+50)
- ŠMI

## **4. POTEK DELA**

Kot predmet sem vzel črko L, ki sem jo z zbiralno lečo preslikal na zaslon. Pripravim sem si tabelo, v katero sem vnašal razdaljo predmeta a in razdaljo slike b. Ob vsaki meritvi sem še izračunal izraz  $(a \cdot b / (a + b))$ . Da nisem prevečkrat prestavljal zaslona in leče, sem vsakokrat, ko sem na novo nastavil ostro sliko in izmeril predmetno in slikovno razdaljo, pustil predmet in zaslon pri miru, prestavil sem le lečo tako, da sta se a in b izmenjala. Tako sem povečal število meritev. Ko sem velikokrat izračunal izraz  $(a \cdot b / (a + b))$ , sem se prepričal, da je to neka konstanta za dano lečo. Ta konstanta se imenuje goriščna razdalja.

Enačba za lečo:

$$\frac{a \cdot b}{a + b} = f \quad \frac{a \cdot b}{f} = a + b \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$$



## **5. MERITVE**

ŠTEVILKA MERITVE	RAZDALJA PREDMETA a [cm]	RAZDALJA SLIKE b [cm]
1.	10,0	14,5
2.	15,0	8,5
3.	20,0	7,5
4.	25,0	6,5
5.	30,0	6,5

## **6. RAČUNI**

$$\frac{a \cdot b}{a + b} = f$$

$$f_1 = \frac{10 \text{ cm} \cdot 14,5 \text{ cm}}{10 \text{ cm} + 14,5 \text{ cm}} = 5,92 \text{ cm}$$

$$f_2 = \frac{15 \text{ cm} \cdot 8,5 \text{ cm}}{15 \text{ cm} + 8,5 \text{ cm}} = 5,43 \text{ cm}$$

$$f_3 = \frac{20 \text{ cm} \cdot 7,5 \text{ cm}}{20 \text{ cm} + 7,5 \text{ cm}} = 5,45 \text{ cm}$$

$$f_4 = \frac{25 \text{ cm} \cdot 6,5 \text{ cm}}{25 \text{ cm} + 6,5 \text{ cm}} = 5,16 \text{ cm}$$

$$f_5 = \frac{30 \text{ cm} \cdot 6,5 \text{ cm}}{30 \text{ cm} + 6,5 \text{ cm}} = 5,34 \text{ cm}$$

ŠTEVILKA MERITVE	RAZDALJA PREDMETA a [cm]	RAZDALJA SLIKE b [cm]	GORIŠČNA RAZDALJA f [cm]
1.	10,00	14,50	5,92
2.	15,00	8,50	5,43
3.	20,00	7,50	5,45
4.	25,00	6,50	5,16
5.	30,00	6,50	5,34

## **POVPREČNA VREDNOST GORIŠČNE RAZDALJE:**

1. 5,92cm
2. 5,43cm

3. 5,45cm
4. 5,16cm
5. 5,34cm

$$\bar{f} = \frac{5,92\text{cm} + 5,43\text{cm} + 5,45\text{cm} + 5,16\text{cm} + 5,43\text{cm}}{5} = \frac{27,30\text{cm}}{5} = 5,48\text{cm}$$

**-> ODPSTAPANJE OD POVPREČNE VREDNOSTI**

ŠTEVILKA DOBLJENEGA $f$	DOBLJENI $f$ [cm]	$\bar{f} - f$ [cm]
1.	5,92	-0,44
2.	5,43	0,05
3.	5,45	0,03
4.	5,16	0,32
5.	5,34	0,14

**-> GORIŠČNA RAZDALJA Z ABSOLUTNO NAPAKO**

$$f = 5,48\text{cm} \pm 0,14\text{cm}$$

$$f = 5,48\text{cm} [1 \pm 0,03]$$

$$f = 5,5\text{cm} \pm 0,1\text{cm}$$

$$\rightarrow f = 5,5\text{cm} [1 \pm 0,02]$$

**7. KOMENTAR, UGOTOVITVE**

Največ napak je nastalih pri določanju ostre slike, kar je posledično vplivalo na ostale izmerjene podatke. Ker sem vajo izvajal v paru, je prišlo do odstopanja pri mnenju obeh, kdaj je bila slika najbolj ostra. Končni rezultat je bil kompromis obeh skupaj. Nekomu se zdi slika ostrejša nekaj milimetrov prej, nekomu nekaj milimetrov kasneje od neke točke. Vendar pa je končni rezultat povprečje vseh rezultatov in je najverjetneje zelo blizu resnični goriščni razdalji. Zato menim, da smo dokazali enačbo in jo tudi uspešno uporabili v poskusu.

V prvi meritvi sem predmet postavil na razdaljo med goriščem in dvakratno goriščno razdaljo ( $f < a < 2f$ ), zato smo samo v tem primeru dobili povečano sliko. V vseh ostalih poskusih pa smo dobili sliko pomanjšano, saj smo predmet postavili na več kot dvakratno goriščno razdaljo ( $a > 2f$ ). V obeh primerih pa smo dobili realno in obrnjeno sliko. Če bi si izbrali razdaljo predmeta od leče, ki bi bila

manjša od goriščne razdalje, pa bi dobili navidezno, pokončno in povečano sliko, in je ne bi mogli ujeti na zaslon.

## **B. POVEČAVA ZBIRALNE LEČE**

### **1. UVOD**

Za vsako preslikavo z dano lečo velja razmerje  $S : P = b : a$ . Razmerju med velikostjo slike in velikostjo predmeta pravimo povečava.

### **2. NALOGA**

Določi povečavo zbiralne leče!

### **3. POTREBŠČINE**

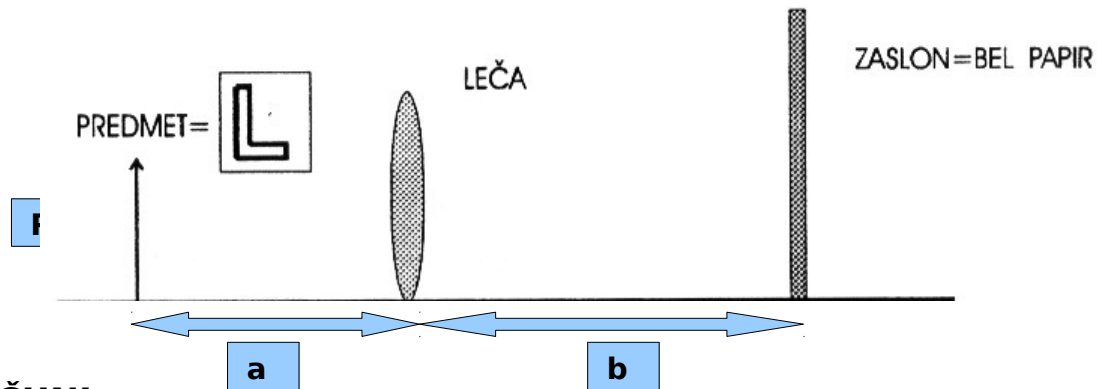
- optična klop z izvorom svetlobe, predmetom (črka L) in zaslonom
- zbiralna leča
- ŠMI

### **4. POTEK DELA**

Opazoval sem črko v naravni velikosti ter na zaslonu ter določil njeno povečavo.

### **5. MERITVE**

	<b>S</b> [cm]	<b>P</b> [cm]	<b>a</b> [cm]	<b>b</b> [cm]
1.	1,7	1,2	10	14,5
2.	0,7	1,2	15	8,5
3.	0,5	1,2	20	7,5
4.	0,3	1,2	25	6,5
5.	0,22	1,2	30	6,5



## 6. RAČUNI

1.

$$\frac{S}{P} = \frac{1,7 \text{ cm}}{1,2 \text{ cm}} = 1,42$$

$$\frac{b}{a} = \frac{14,5 \text{ cm}}{10 \text{ cm}} = 1,45$$

$$\rightarrow \frac{S}{P} = \frac{b}{a}$$

POVEČAVA: 1,42

2.

$$\frac{S}{P} = \frac{0,7 \text{ cm}}{1,2 \text{ cm}} = 0,58$$

$$\frac{b}{a} = \frac{8,5 \text{ cm}}{15 \text{ cm}} = 0,57$$

$$\rightarrow \frac{S}{P} = \frac{b}{a}$$

POVEČAVA: 0,58

3.

$$\frac{S}{P} = \frac{0,5 \text{ cm}}{1,2 \text{ cm}} = 0,42$$

$$\frac{b}{a} = \frac{7,5 \text{ cm}}{20 \text{ cm}} = 0,38$$

$$\rightarrow \frac{S}{P} = \frac{b}{a}$$

POVEČAVA: 0,42

4.

$$\frac{S}{P} = \frac{0,3 \text{ cm}}{1,2 \text{ cm}} = 0,25$$

$$\frac{b}{a} = \frac{6,5 \text{ cm}}{25 \text{ cm}} = 0,26$$

$$\rightarrow \frac{S}{P} = \frac{b}{a}$$

POVEČAVA: 0,25

5.

$$\frac{S}{P} = \frac{0,22 \text{ cm}}{1,2 \text{ cm}} = 0,18$$

$$\frac{b}{a} = \frac{6,5 \text{ cm}}{30 \text{ cm}} = 0,22$$

$$\rightarrow \frac{S}{P} = \frac{b}{a}$$

POVEČAVA: 0,18

-> IZRAČUNI PRIKAZANI V TABELI

	$\frac{S}{P}$	$\frac{b}{a}$
1.	1,42	1,45
2.	0,58	0,57
3.	0,42	0,38
4.	0,25	0,26
5.	0,26	0,22

## **7. KOMENTAR, UGOTOVITVE**

Za vsako meritev, ki smo jo opravili v prejšnji vaji, smo izmerili tudi velikost predmeta in slike in s pomočjo tega ugotovili, kakšna je povečava dane leče za določeni primer. Ugotovili smo tudi, da je razmerje  $S : P = b : a$  v vsakem primeru oziroma poskusu približno enako, saj se leva in desna stran enačbe skoraj ne razlikujeta in ni prevelikih odstopanj.

Seveda se povečava leče razlikuje od postavitve predmeta. Če je predmet oddaljen od leče za več kot dvakratno goriščno razdaljo ( $a > 2f$ ), dobimo realno, obrnjeno in pomanjšano sliko. Če je oddaljenost predmeta med goriščem in dvakratno goriščno razdaljo ( $f < a < 2f$ ), je slika realna, obrnjena in povečana. Če pa je razdalja predmeta od leče manjša od goriščne razdalje ( $a < f$ ), pa slike ne dobimo na zaslonu, saj je navidezne, pokončna in povečana.

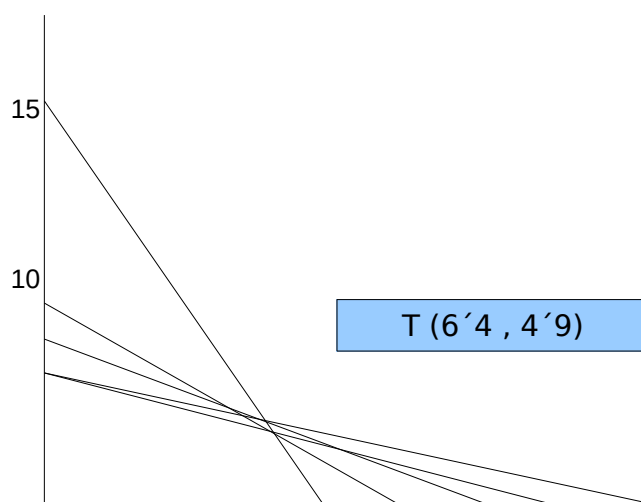
V našem poskusu gre za prvi in drugi primer, saj dobimo pomanjšano, oziroma povečano sliko, ki pa je realna. Predmet smo postavili na daljšo razdaljo kot dvakratno goriščno razdaljo ( $a > 2f$ ) oziroma med gorišče in dvakratno goriščno razdaljo ( $f < a < 2f$ ).

## C. GORIŠČNA RAZDALJA ZBIRALNE LEČE GRAFIČNO

### 1. POTEK DELA

Za grafično določanje goriščne razdalje leče sem uporabil meritve iz točke A. Nanašal sem na abscisno os koordinatnega sistema predmetne razdalje, na ordinatno os pa slikovne razdalje in tako dobljene točke za posamezne dvojice  $a_1b_1, a_2b_2, \dots$ . Vse tako dobljene spojnice so se sekale v eni točki, ki je enako oddaljena od abscisne in od ordinatne osi. Ta razdalja je enaka goriščni razdalji leče.

**b**  
[cm]







5

0 5 10 15 20 25 30 **a**  
[cm]

$f_x$  (razdalja do ordinatne osi) = 6,3cm

$f_y$  (razdalja do abscisne osi) = 4,9 cm

**Sečišče premic - T (6`4, 4`9)**

$$\rightarrow \bar{f} = \frac{f_x + f_y}{2} = \frac{6,3 \text{ cm} + 4,9 \text{ cm}}{2} = 5,6 \text{ cm}$$

## **2. KOMENTAR, UGOTOVITVE**

Vse dobljene spojnice bi se morale sekati v eni točki, ki bi bila enako oddaljena od abscisne in od ordinatne osi. Če bi bile meritve točne bi morala biti razdalja enaka goriščni razdalji leče. Kot lahko iz grafa ugotovimo, se spojnice ne sekajo točno v eni točki, vendar v približno istem območju, pa tudi razdalji od te točke do abscisne in ordinatne osi nista enaki, čeprav bi morali biti. Do tega seveda pride zaradi napak v merjenju, ki sem jih naredil že v vaji A, ko sem izmeril razdalje predmeta in slike. Če pa bi delal natančno, bi moral ta poizkus uspeti. Razdalja do abscisne osi je v mojem primeru 4,9 cm, razdalja do ordinatne osi pa 6,3cm. Seveda če bi izračunal povprečje obeh razdalj, bi dobil goriščno razdaljo 5,6cm, kar pa je dovolj blizu dejanske goriščne razdalje, da lahko rečemo, da je vaja uspela.

## **D. GORIŠČNA RAZDALJA RAZPRŠILNE LEČE**

### **1. NALOGA**

Določi goriščno razdaljo razpršilne leče!

### **2. POTREBŠČINE**

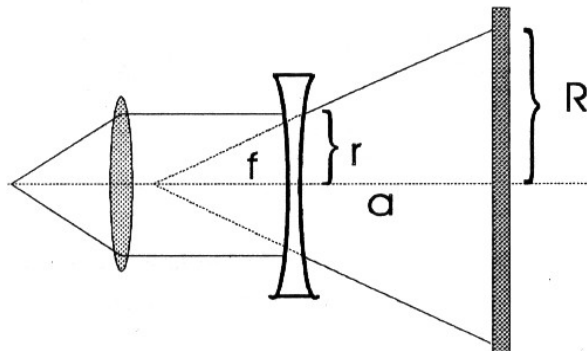
- Optična klop z izvorom svetlobe in zaslonom
- Zbiralna leča (+300), razpršilna leča (-100)
- ŠMI

### **3. POTEK DELA**

Vzel sem točkasto svetilo in zbiralno lečo majhne goriščne razdalje. Svetilo sem postavil v gorišče zbiralne leče, da sem na drugi strani dobil vzporedni snop žarkov. Premer tega snopa je moral biti enak tudi na večji razdalji. Potem sem ga izmeril. V ta snop sem postavil razpršilno lečo. V dani razdalji za razpršilno lečo sem postavil zaslon in izmeril premer razpršenega snopa na zaslonu.

Velja razmerje  $r : f = R : (a+f)$ . Od tu dobimo goriščno razdaljo razpršilne leče:

$$f = \frac{a \cdot r}{R - r}$$



### **4. MERITVE**

$r$  (polmer snopa žarkov brez razpršilne leče) = 2,2 cm

$R$  (polmer snopa žarkov z razpršilno lečo) = 2,9 cm

$a = 3\text{cm}$

### **5. RAČUNI**

$$f = \frac{a \cdot r}{R - r}$$

$$f = \frac{3,0\text{cm} \cdot 2,2\text{cm}}{2,9\text{cm} - 2,2\text{cm}} = 9,43\text{cm} = 9,4\text{cm}$$

### **6. KOMENTAR, UGOTOVITVE**

Rezultat je dokaj realen, vendar pa je gotovo prišlo do napak pri odčitavanju polmerov. Tudi ugotavljanje, kdaj ima vzporedni snop žarkov brez leče enak polmer kot z lečo, je zelo subjektivno in odvisno od posameznikovega mnenja. Tudi merjenje polmera tega kroga, ki ga naredi snop žarkov, z ravnilom je dokaj težko in kaj kmalu pride do napak. Tako da lahko ugotovimo, da bi bilo za korektno rešitev potrebnih veliko ponovitev, iz katerih bi dobili povprečno vrednost goriščne razdalje.

## **E. POVEČAVA LUPE**

## **1. UVOD**

Normalnemu očesu lahko predmet, ki ga opazujemo, približamo le na razdaljo 25 cm. Če predmet opazujemo z lupo, ga lahko očesu bolj približamo, s čimer povečamo zorni kot, pod katerim predmet vidimo, od  $\alpha$  na  $\beta$ . Navadno predmet opazujemo z lupo tako, da ga postavimo v goriščno ravnino, to je v razdaljo  $f$  od lupe.

$$N = \frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{\frac{A}{f}}{\frac{A}{25 \text{ cm}}} = \frac{25 \text{ cm}}{f}$$

Povečavo lupe definiramo kot:

## **2. NALOGA**

Določi povečavo lupe!

## **3. POTREBŠČINE**

- lupa
- milimetrski papir
- zrcalce

## **4. POTEK DELA**

- a.) Opazoval sem milimetrsko skalo z lupo, z drugim (prostim) očesom pa sem hkrati opazoval milimetrsko merilo v normalno vidni razdalji. Primerjal sem obe sliki in določil povečavo.
- b.) Potem sem opazoval dve milimetrski skali, eno skozi lupo, drugo pa prek majhnega zrcalca, ki sem ga držal tik nad lupo. Obe skali sem gledal z istim očesom, primerjava pa mi je takoj dala povečavo

## **5. MERITVE**

- a.) v prvem primeru je po moji presoji lupa povečala za 2x
- b.) v drugem primeru sem prav tako določil, da leča poveča za 2x

## **6. RAČUNI**

-> iz določene povečave lahko izračunamo goriščno razdaljo leče

$$N = 2$$

$$N = \frac{25 \text{ cm}}{f} \rightarrow f = \frac{25 \text{ cm}}{N} = \frac{25 \text{ cm}}{2} = 12,5 \text{ cm}$$

## **7. KOMENTAR, UGOTOVITVE**

Izvajanje te vaje je bilo izredno težko in rezultat zelo približen. V prvem primeru je bilo povečavo zelo težko določiti. Tudi moj rezultat se je razlikoval od tistega, ki ga je dobil moj soizvajalec. Končna povečava je bila nekakšno zlite obeh mnenj.

V drugem primeru je bilo veliko lažje določiti povečavo, vendar sva še vedno dobila različne rezultate. V tem primeru so se sicer manj razlikovali, vendar si še vedno nisva bila enotna.

## **7. VPRAŠANJA**

### **1. Zakaj optiki namesto o goriščni razdalji govorijo o dioptriji?**

Optiki namesto o goriščni razdalji govorijo o dioptriji, saj nam dioptrija s svojim predznakom pove tudi kakšna je leča - ali je konkavna (-) ali konveksna (+). Dioptrijo dobimo tako, da naredimo obratno vrednost goriščne razdalje podane v metrih. Če je človek kratkoviden in nosi očala z razpršilno lečo, ki ima goriščno razdaljo -60cm, pomeni, da ima dioptrijo -1,67.

### **2. Ker je povečava pri preslikavi z lečo enaka razmerju $b/a$ , lahko že z eno samo lečo dosežemo neskončno veliko povečavo. Zakaj potem govorimo o mikroskopu in celo elektronskem mikroskopu?**

Za povečavo predmetov je odločilen zorni kot pod katerim ga gledamo. Z lečo lahko ta zorni kot povečamo do okoli 10-krat, drugače pa predmet že vidimo popačeno, kar je tudi posledica loma svetlobe na krogelnih površinah in disperzije na leči. S kombinacijami leč se tega znebimo, leča pa je tudi osnovni sestavni del mikroskopa, ki te napake pri gledanju odpravi in nam omogoča veliko večjo povečavo predmeta.