

## 9. VAJA: MERJENJE GORIŠČNE RAZDALJE LEČE

### A. ENAČBA ZBIRALNE LEČE

#### 1. OPIS MERITVE

Najprej sem sestavil konstrukcijo, kakršna je narisana na skici na listu z navodili, ki je priložen poročilu. Premikal sem zaslon in zbiralno lečo in merila razdaljo od predmeta do leče (a) in od leče do slike na zaslonu (b). To razdaljo sem izmeril takrat, ko je bila slika najbolj ostra. Opravila sem pet različnih meritev – različna a in b.

#### 2. MERITVE

Tabela 1: Meritve razdalje predmeta (a) in razdalje slike(b).

N	a (cm)	b (cm)
1	16,5	8,5
2	9,5	13
3	9	15
4	16	8,8
5	22,5	7,5

Napako sem ocenil na  $\Delta a = \pm 0,1 \text{ cm}$  za razdaljo od predmeta do leče in na  $\Delta b = \pm 0,1 \text{ cm}$  za razdaljo od leče do slike.

#### 3. 1 RAČUNI

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

$$f_1 = \frac{(16,5 \text{ cm} \pm 0,1 \text{ cm})(8,5 \text{ cm} \pm 0,1 \text{ cm})}{(16,5 \text{ cm} \pm 0,1 \text{ cm}) + (8,5 \text{ cm} \pm 0,1 \text{ cm})} = \underline{\underline{5,6 \text{ cm} \pm 0,1 \text{ cm}}}$$

$$f_2 = \underline{\underline{5,6 \text{ cm} \pm 0,1 \text{ cm}}}$$

$$f_3 = \underline{\underline{5,62 \text{ cm} \pm 0,1 \text{ cm}}}$$

$$f_4 = \underline{\underline{5,67 \text{ cm} \pm 0,1 \text{ cm}}}$$

$$f_5 = \underline{\underline{5,62 \text{ cm} \pm 0,1 \text{ cm}}}$$

#### 3. 2 REZULTATI

Tabela 2: Rezultati izračunanih goriščnih razdalj.

goriščna razdalja	absolutna napaka	relativna napaka
$f_1$ (cm)	$5,6 \pm 0,1$	$5,6 (1 \pm 0,02)$
$f_2$ (cm)	$5,6 \pm 0,1$	$5,6 (1 \pm 0,02)$
$f_3$ (cm)	$5,62 \pm 0,1$	$5,62 (1 \pm 0,02)$
$f_4$ (cm)	$5,67 \pm 0,1$	$5,67 (1 \pm 0,02)$
$f_5$ (cm)	$5,62 \pm 0,1$	$5,62 (1 \pm 0,02)$

#### 3. 3 ODGOVOR

Za vsako meritev a in b sem izračunal goriščno razdaljo. Lahko rečem, da je goriščna razdalja za to zbiralno lečo (+50) 5,6 cm.

#### 4. KOMENTAR

Pri tej vaji smo se lahko tudi v praksi (ne samo pri teoretičnem pouku v šoli) prepričali, da je goriščna razdalja tista točka, v kateri vidimo sliko predmeta najbolj ostro. Dobili smo goriščno razdaljo leče.

### **B. POVEČAVA ZBIRALNE LEČE**

#### 1. OPIS MERITVE

Pri istih razdaljah, ki so vpisane že v tabeli 1, sem meril tudi velikosti slik (S), ki so nastale na zaslonki, ko sem spreminjala razdalji a in b. Izmerila sem tudi sliko predmeta (P).

#### 2. MERITVE

*Tabela 3: Meritve velikosti predmeta in slike pri različnih razdaljah a in b.*

N	slika (cm)	predmet (cm)
1	0,6	1,5
2	1,8	1,5
3	2,2	1,5
4	0,7	1,5
5	0,5	1,5

Napako sem ocenil na  $\Delta S = \pm 0,1 \text{ cm}$  za velikost slike in na  $\Delta P = \pm 0,1 \text{ cm}$  za velikost predmeta.

#### 3. 1 RAČUNI

$$S:P=b:a$$

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

$$N_1 = \frac{0,6 \text{ cm} \pm 0,1 \text{ cm}}{1,5 \text{ cm} \pm 0,1 \text{ cm}} = \underline{0,4 \pm 0,01} \rightarrow N_1 = \frac{8,5 \text{ cm} \pm 0,1 \text{ cm}}{16,5 \text{ cm} \pm 0,1 \text{ cm}} = \underline{0,6 \pm 0,012}$$

$$N_2 = \underline{1,2 \pm 0,1} \rightarrow N_2 = \underline{1,3 \pm 0,026}$$

$$N_3 = \underline{1,47 \pm 0,2} \rightarrow N_3 = \underline{1,7 \pm 0,0003}$$

$$N_4 = \underline{0,47 \pm 0,02} \rightarrow N_4 = \underline{0,55 \pm 0,006}$$

$$N = \underline{0,33 \pm 0,02} \rightarrow N_5 = \underline{0,33 \pm 0,007}$$

#### 3. 2 REZULTATI

Tabela 4: Rezultati povečave zbiralne leče izračunani na dva načina (S:P in b:a).

povečava	Izračunano kot S:P		Izračunano kot b:a	
	Absolutna napaka	relativna napaka	absolutna napaka	relativna napaka
N <sub>1</sub>	0,4 ± 0,01	0,4 (1 ± 0,025)	0,6 ± 0,012	0,6 (1 ± 0,02)
N <sub>2</sub>	1,2 ± 0,1	1,2 (1 ± 0,08)	1,3 ± 0,026	1,3 (1 ± 0,02)
N <sub>3</sub>	1,47 ± 0,2	1,47 (1 ± 0,14)	1,7 ± 0,0003	1,7 (1 ± 0,0002)
N <sub>4</sub>	0,47 ± 0,02	0,47 (1 ± 0,04)	0,55 ± 0,006	0,55 (1 ± 0,01)
N <sub>5</sub>	0,33 ± 0,02	0,33 (1 ± 0,06)	0,33 ± 0,007	0,33 (1 ± 0,02)

### 3. 3 ODGOVOR

Izračunani rezultati so si, kljub temu da sem za računanje uporabila dva načina, podobni. Pri razliki moramo upoštevati napake pri merjenju.

### 4. KOMENTAR

Dobili smo več različnih rezultatov za povečavo leče. To pa zato, ker smo spreminjali razdalji a in b. Čim bolj je slika oddaljena od leče, tem večja je njena povečava.

## C. GORIŠČNA RAZDALJA ZBIRALNE LEČE GRAFIČNO

Grafično določena goriščna razdalja je narisana na listu z meritvami iz vaj, ki je priložen poročilu (pod točko C).

Izračunana goriščna razdalja je približno 5,6cm ± 0,4cm. Kot je razvidno na sliki, sem grafično določil gorišče leče dokaj natančno, saj je na sliki meri goriščna razdalja približno 5,6 cm.

Opomba: na sliki predstavlja 5 milimetrov 1 centimeter, ker ni bil dovolj velik list, da bi enote nanašala v centimetrih.

## D. GORIŠČNA RAZDALJA RAZPRŠILNE LEČE

### 1. OPIS MERITEV

Goriščno razdaljo zbiralne leče sem določil tako, kot je opisano na listu z navodili. Snopu, ki se je pokazal na zaslonu, sem izmeril premer ( $d_1$ ). Na neko razdaljo od zbiralne leče (vajo sem opravljal pri dveh različnih razdaljah), sem postavil razpršilno lečo ( $l_1$ ), za njo pa zaslon ( $l_2$ ) in nato sem izmeril premer razpršenega snopa ( $d_2$ ).

### 2. MERITVE

$$f_1 = 29\text{cm} \pm 0,1\text{cm}$$

Tabela 5: Meritve razdalj med lečama ( $l_1$ ), med razpršilno lečo in zaslonom ( $l_2$ ) ter premera snopa pri zbiralni ( $d_1$ ) in razpršilni leči ( $d_2$ ).

N	1	2
$d_1$ (cm)	4,5	4,5
$l_1$ (cm)	15	10
$l_2$ (cm)	6	4
$d_2$ (cm)	6	5,5

Pri vseh meritvah razdalj in premerov snopa sem ocenila napako na  $\Delta = \pm 0,1\text{cm}$ .

### 3.1 RAČUNI

$$r:f=R:(a+f) \Rightarrow f = \frac{a \cdot r}{R-r}$$

$$r = \frac{d_1}{2} \Rightarrow r = \frac{4,5 \text{ cm} \pm 0,1 \text{ cm}}{2} = \underline{\underline{2,25 \text{ cm} \pm 0,1 \text{ cm}}}$$

$$R = \frac{d_2}{2} \Rightarrow N1: R_1 = \frac{6 \text{ cm} \pm 0,1 \text{ cm}}{2} = \underline{\underline{3 \text{ cm} \pm 0,1 \text{ cm}}} \rightarrow N2: R_2 = \frac{5,5 \text{ cm} \pm 0,1 \text{ cm}}{2} = \underline{\underline{2,75 \text{ cm} \pm 0,1 \text{ cm}}}$$

$$a = f_1 + l_1 \Rightarrow N1: a_1 = (29 \text{ cm} \pm 0,1 \text{ cm}) + (15 \text{ cm} \pm 0,1 \text{ cm}) = \underline{\underline{44 \text{ cm} \pm 0,44 \text{ cm}}}$$

$$\Rightarrow N2: a_2 = (29 \text{ cm} \pm 0,1 \text{ cm}) + (10 \text{ cm} \pm 0,1 \text{ cm}) = \underline{\underline{39 \text{ cm} \pm 0,5 \text{ cm}}}$$

N1:

$$f = \frac{(44 \text{ cm} \pm 0,44 \text{ cm}) \cdot (2,25 \text{ cm} \pm 0,1 \text{ cm})}{(3 \text{ cm} \pm 0,1 \text{ cm}) - (2,25 \text{ cm} \pm 0,1 \text{ cm})} = \underline{\underline{132 \text{ cm} \pm 42 \text{ cm}}}$$

N2:

$$f = \frac{(39 \text{ cm} \pm 0,5 \text{ cm}) \cdot (2,25 \text{ cm} \pm 0,1 \text{ cm})}{(2,75 \text{ cm} \pm 0,1 \text{ cm}) - (2,25 \text{ cm} \pm 0,1 \text{ cm})} = \underline{\underline{175,5 \text{ cm} \pm 78 \text{ cm}}}$$

### 3.2 REZULTATI

Tabela 6: Rezultati goriščne razdalje razpršilne leče.

	N	absolutna napaka	relativna napaka
f(cm)	1	132 ± 42	132 (1 ± 0,3)
)	2	175,5 ± 78	175,5 (1 ± 0,44)

### 3.3 ODGOVOR

Ker sem opravil dve različni meritvi, sem dobil dva različna rezultata za goriščno razdaljo leče, ki se kar za precej razlikujeta, zato to ne moremo pripisati merskim napakam. Verjetno je to posledica tega, da nisem dobro opazoval, kje je bil razpršeni snop na zaslonu najbolj razločno viden.

### 4. KOMENTAR

Glede na to, da smo postavili zbiralno lečo v njeno gorišče, je bil snop svetlobe, ki se je videl na zaslonu, enako velik na različnih razdaljah zaslona od zbiralne leče. Tako smo se lahko prepričali, da če postavimo lečo v gorišče, dobimo v vsaki razdalji enako velik predmet oz. ga vidimo v neskončnost (snop svetlobe). Ko je šel ta snop svetlobe še skozi razpršilno lečo, pa je bil na zaslonu viden snop z večjim premerom.

## **E. POVEČAVA LUPE**

### 1. OPIS MERITEV

Meril sem približno razdaljo od lupe do milimeterskega papirja (f), ki sem jo določil tam, kjer je bila slika najbolj ostra.

Meritve sem opravila tako, kot je opisano na listu z navodili za izvedbo vaje (pod točko E).

## 2. MERITVE

$$f=12\text{cm} \pm 0,5 \text{ cm}$$

### 3. 1 RAČUN

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

$$N = \frac{25 \text{ cm}}{12 \text{ cm} \pm 0,5 \text{ cm}} = \underline{\underline{2,08 \pm 0,5}}$$

### 3. 2 REZULTAT

Absolutna napaka:  $N=2 \pm 0,5$ .

Relativna napaka:  $N=2 (1 \pm 0,25)$ .

### 3. 3 ODGOVOR

Povečava leče je 2. Iz poskusa z milimetrskim papirjem (oprazovanje z ogledalcem) sem tudi ugotovil, da je povečava 2. Če sem oko oddaljeval od lupe in nisem lupe premikal, se povečava ni spreminjala.

## 4. KOMENTAR

Odgovori na vprašanja:

1. Optiki uporabljajo dioptrijo namesto goriščne razdalje zato, ker je kratkovidnost ali daljnovidnost lažje povedati s številko dioptrije kot pa z goriščno razdaljo. Dioptrija je namreč obratna vrednost goriščne razdalje leče (običajno izpuščajo mersko enoto  $\text{m}^{-1}$ ). Negativna dioptrija pomeni kratkovidnost, pozitivna pa daljnovidnost.

2. O mikroskopu in elektronskem mikroskopu govorimo zato, ker nam ena leča, kljub temu da poveča predmet v neskončnost, ne da ostre slike. Če pa bi želeli izostreno sliko mikroskopsko majhnih predmetov, bi morali lečo toliko približati predmetu (v goriščno razdaljo), da to ne bi bilo možno, saj bi bila že leča toliko večja od goriščne razdalje. Mikroskop pa nam s svojim sistemom leč omogoča videti izostreno sliko zelo majhnih predmetov.

Tiste predmete, ki pa so tudi za mikroskop premajhni, kot npr. molekule in atomi, pa opazujejo z elektronskimi mikroskopi, ki pa ne delujejo na leče (saj so opazovani objekti premajhni), ampak na njih usmerijo curek elektronov in tako vidijo, kakšne oblike so opazovani predmeti. Pri vidni svetlobi prihaja do uklona in interference, zato je pri zelo majhnih predmetih slaba ločljivost. Elektroni pa imajo manjšo valovno dolžino in zato lahko opazujemo zelo majhne predmete.