

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA MATEMATIKO IN FIZIKO
ODDELEK ZA FIZIKO

Vaja 62 - MODELI OPTIČNIH NAPRAV

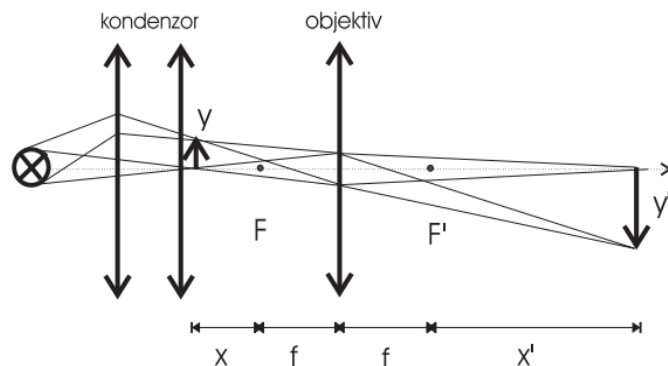
Poročilo v sklopu predmeta
Fizikalni praktikum

Študent:
Jure Kozamernik

Predavatelj: Prof. dr. Aleš Mohorič
Asistent: dr. Zoran Arsov

AKADEMSKO LETO 2021/2022

1 Projekcijski aparat



Slika 1: Potek žarkov v projekcijskem aparatu [kopirano iz navodil za vajo 62].

1.1 Uvod

Slika kaže poenostavljeno shemo projekcijskega aparata. Sestavljen je iz svetila, kondenzorja in objektiv. Predmet, ki ga projiciramo, pa je film ali diapozitiv, ki stoji tik za kondenzorjem. Naloga kondenzorja je, da preslika svetilo v sredino objektiv. Skoraj vsa svetloba, ki pada na kondenzor in gre za tem skozi predmet, pride tako na zaslon. Slika je zato enakomerno osvetljena in, ker preslikavamo le s sredino objektiv, tudi manj popačena. Objektiv naravnamo tako, da je slika na zaslonu ostra. Ker je zaslon običajno precej oddaljen, je pri tem predmet malo pred goriščno ravnino objektiv. Povečavo projekcijskega aparata definiramo s kvocientom velikosti slike in predmeta:

$$N = \frac{y'}{y}. \quad (1)$$

1.2 Potrebščine

1. Svetilka 6 V, 50W,
2. kondenzor z diapozitivom,
3. objektiv,
4. optična klop.

1.3 Navodilo

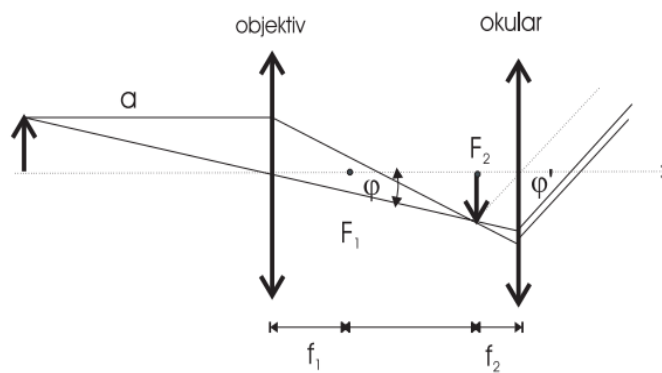
Najprej oceni goriščni razdalji objektiv in kondenzorja: z lečo ostro upodobi oddaljen predmet na zaslon in izmeri razdaljo med zaslonom in lečo. Nato postavi obe leči in luč na optično klop kot kaže slika. Razmik med objektivom in diapozitivom naj bo malo večji od goriščne razdalje objektiv, luč pa postavi tako, da jo kondenzor upodobi na sredo objektiv. Naravnaj objektiv tako, da je slika na

zaslonu ostru, nato pa po potrebi popravi še lego svetila. Središča luči in leč morajo biti na skupni optični osi, torej enako visoko. Pazi tudi, da niso obrnjene postrani. Izmeri višino projekcije in diapozitiva in izračunaj povečavo. Izmeri še razdalji slike in predmeta od objektiva. Tudi kvocient teh dveh razdalj je enak povečavi. Skiciraj sestavljeni aparat in nariši potek žarkov!

1.4 Naloga

Sestavi projekcijski aparat, projiciraj na zaslon diapozitiv in določi povečavo!

2 Daljnogled



Slika 2: Potek žarkov v daljnogledu [kopirano iz navodil za vajo 62].

2.1 Uvod

Oddaljene predmete slabo ali sploh ne ločimo s prostimi očmi, ker jih gledamo s premajhnimi zornimi koti. Z daljnogledom te zorne kote povečamo. Naravno je torej, da definiramo povečavo daljnogleda kot razmerje zornega kota, pod katerim vidimo oddaljeni predmet skozi daljnogled, in kota, s katerim ga vidimo s prostimi očmi. Zaradi lažjega računanja pa mnogi definirajo povečavo daljnogleda kot razmerje tangensov omenjenih kotov. Dokler so zorni koti majhni ($\tan \varphi \approx \varphi$), sta obe definiciji enakovredni.

Preprost model daljnogleda je sestavljen iz dveh leč. Leča, ki je obrnjena proti predmetu, je vedno zbiralna in jo imenujemo objektiv. Ta preslika opazovani predmet malo za svojo goriščno ravnino. Dobljeno realno sliko gledamo skozi drugo lečo, ki jo imenujemo okular. Okular je lahko zbiralna ali pa razpršilna leča. Ponavadi uporabljamo kot okular zbiralno lečo, ker dobimo z razpršilno lečo majhno vidno polje. Okular postavimo najraje tako, da se njegova goriščna ravnina krije z ravnino slike, ki jo da objektiv. Tako vidimo skozi okular navidezno sliko v neskončnosti¹. Slika kaže, da je povečava daljnogleda v tem primeru enaka:

¹Okular bi lahko postavili tudi tako, da bi nastala navidezna slika bližje očesu, n.pr. v normalni zorni razdalji.

$$N = \frac{\tan \varphi'}{\tan \varphi} = \frac{f_1}{f_2} \cdot \frac{1}{1 - f_1/a} \quad (2)$$

kjer je f_1 goriščna razdalja objektiva, f_2 goriščna razdalja okularja, a pa je oddaljenost predmeta od objektiva (izpelji sam). Vidimo, da mora biti $f_1 > f_2$. Običajno je $a \gg f_1$. Objektiv preslika tedaj predmet skoraj v goriščno ravnino; gorišči obeh leč se pri pravilno naravnem daljnogledu približno križeta. V izrazu za povečavo je drugi faktor približno 1. Da okular lahko pravilno naravnamo, postavimo v njegovo notranjo goriščno ravnino nitni križ. Če je okular pravilno naravnano, ležita slika predmeta, ki jo da objektiv, in nitni križ, v isti ravnini. Tedaj se s premikanjem očesa medsebojna lega slike in križa ne spreminja; pravimo, da ni paralakse.

2.2 Potrebščine

1. Objektiv,
2. okular z nitnim križem,
3. optična klop,
4. predmet - merilo na nasprotni strani,
5. centimetrsko ravnilo.

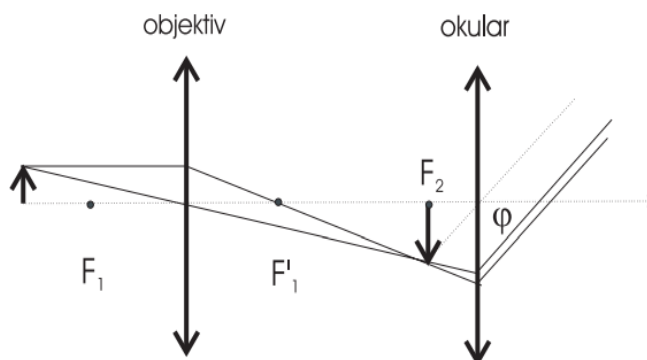
2.3 Navodilo

Približno določi goriščno razdaljo objektiva. Goriščna razdalja okularja je napisana na okviru. Objektiv postavi na optično klop s konveksno stranjo proti vpadajoči svetlobi, okular pa postavi tako, da se bo ravnina vdolanega nitnega križa ujemala z goriščno razdaljo objektiva. Če slika ni ostra, jo popravi s premikanjem okularja. Ko je daljnogled pravilno naravnano, tudi paralakse med nitnim križem in sliko ni več. Določi povečavo! Glej z enim očesom skozi daljnogled na merilo, pritrjeno na nasprotni steni, z drugim pa neposredno na isto merilo. Z nekoliko vaje lahko obe sliki toliko približaš, da ju primerjaš. Preceni, koliko delcev merila v naravni velikosti pride na delec slike v daljnogledu. To število pove povečavo. Izračunaj povečavo še iz izmerjenih f_1 , f_2 in a . Premeri sestavljen daljnogled in ga skiciraj v primernem merilu. Na skici nariši tudi potek žarkov. Nariši še potek žarkov v holandskem daljnogledu, naravnano na neskončnost, in izračunaj povečavo. Pri tem daljnogledu je okular razpršilna leča.

2.4 Naloga

Sestavi daljnogled in mu določi povečavo!

3 Mikroskop



Slika 3: Potek žarkov v mikroskopu [kopirano iz navodil za vajo 62].

3.1 Uvod

Mikroskop služi za opazovanje majhnih predmetov, ki bi jih sicer niti v normalni zorni razdalji ne mogli razločiti. Kakor daljnogled, tudi mikroskop poveča zorni kot opazovanega predmeta. Mikroskop sestavljata objektiv in okular. Oba sta konveksni leži z majhnima goriščnima razdaljama. Predmet je nekaj pred sprednjo goriščno ravnino objektiva, tako da nastane na notranji strani realna povečana slika predmeta (enačba leče). To sliko gledamo skozi okular, ki deluje kot lupa. Povečavo definiramo kot razmerje tangensa kota, s katerim vidimo predmet skozi mikroskop, in tangensa kota, s katerim bi ga videli s prostimi očmi v normalni zorni razdalji ($r = 25 \text{ cm}$). Iz slike dobimo za povečavo N :

$$N = \frac{\tan \varphi_1}{\tan \varphi_2} = \frac{d \cdot r}{f_1 \cdot f_2} \quad (3)$$

kjer je d razdalja med notranjima goriščema leč, f_1 goriščna razdalja objektiva in f_2 goriščna razdalja okularja. Izraz je produkt povečave objektiva:

$$N_1 = \frac{d}{f_1} = \frac{Y}{y} \quad (4)$$

in kotne povečave okularja:

$$N_2 = \frac{r}{f_2} \quad (5)$$

$$N = N_1 \cdot N_2 \quad (6)$$

Povečavo mikroskopa običajno določimo tako, da izmerimo N_1 in N_2 vsakega zase. Iz enakih razlogov kot pri daljnogledu, postavimo v goriščno ravnino okularja nitni križ.

3.2 Potrebščine

1. Objektiv,
2. okular z nitnim križem,
3. svetilo z merilom (predmet),
4. optična klop,
5. centimetrsko merilo.

3.3 Navodilo

Najprej približno določi goriščni razdalji obeh leč Predmet, to je osvetljeno merilo, postavi malo pred sprednje gorišče objektiva in z zaslonom poišči kje nastane slika. Okular postavi tako, da bo nitni križ, ki je vdelan v prvi goriščni ravnini, ravno v ravnini slike. Obe leči naj bosta obrnjeni proti svetlobi s svojima konveksnima stranema. Poglej skozi mikroskop in naravnaj okular tako, da vidiš sliko in križ enako ostro in da izgine paralaksa. Mikroskop je s tem naravnaj in ga ne spreminjaj več. Določi povečavo! Z nitnim križem izmeri povečavo objektiva, ki je enaka razmerju meril na predmetu in križu; povečavo okularja pa izračunaj iz znane goriščne razdalje. Izmeri povečavo še direktno! Z enim očesom glej skozi mikroskop, z drugim pa na merilo, ki si ga postavil 25 cm stran od očesa. Oцени koliko mm merila ustreza 1 mm na sliki v mikroskopu; to ti da povečavo. Premeri sestavljen mikroskop in nariši potek žarkov!

3.4 Naloga

Sestavi projekcijski aparat, projiciraj na zaslon diapozitiv in določi povečavo!

4 Obdelava podatkov

| MERITVE | meritve | meritev 1 | napaka 1 |
|---------------------|---------|-----------|-------------|
| objektiv | f | 10,5 | $\pm 0,5cm$ |
| kondenzor | f | 3,0 | $\pm 0,5cm$ |
| diapozitiv-objektiv | a | 21,4 | $\pm 0,1cm$ |
| zaslon-objektiv | b | 40,0 | $\pm 0,1cm$ |

Tabela 1: Meritve projekcijskega aparata.

| MERITVE | meritve | meritev 1 | napaka 1 |
|---------------------|---------|-----------|-------------|
| objektiv | f_1 | 13,2 | $\pm 0,1cm$ |
| okular | f_2 | 5,8 | $\pm 0,1cm$ |
| 2x dolžina učilnica | a | 22,0 | $\pm 2m$ |
| okular-objektiv | d | 45,0 | $\pm 0,1cm$ |

Tabela 2: Meritve daljnogleda.

| MERITVE | meritve | meritev 1 | napaka 1 |
|-----------------------|---------|-----------|-------------|
| objektiv | f_1 | 8,7 | $\pm 0,1cm$ |
| okular | f_2 | 5,8 | $\pm 0,1cm$ |
| notranja gorišča leče | d | 7,0 | $\pm 0,1cm$ |
| diapozitiv-objektiv | d_0 | 21,0 | $\pm 0,1cm$ |

Tabela 3: Meritve mikroskopa.