



**2004-2006 m. Bendrojo programavimo dokumento 2 prioriteto „Žmogiškųjų išteklių plėtra“ 4 priemonė „Mokymosi visą gyvenimą sąlygų plėtra“**

Projekto sutarties numeris: ESF/2004/2.4.0-K01-160/SUT-261

Projekto pavadinimas: **Inovatyvūs mokymosi metodai ir naujausios technologijos gamtos mokslų bakalauro rengimui**

---

## FIZ 221 OPTIKA

### Laboratorinis darbas

## LUPOS, MIKROSKOPO IR TELESKOPO DIDINIMO NUSTATYMAS

### DARBO TIKSLAS:

Susipažinti su paprasčiausių optinių prietaisų veikimo principais.

### DARBO UŽDUOTYS:

1. Nustatyti dviejų lęšių mikroskopo didinimą.
2. Nustatyti dviejų lęšių (Keplerio) teleskopo didinimą.

### TEORIJA:

Paprasčiausi optiniai prietaisai lupa ir mikroskopas skirti mažų objektų, o teleskopas nutolusių objektų regėjimo kampui padidinti. Profesionalūs optiniai mikroskopai ir teleskopai yra sudėtingi optiniai prietaisai, kurių objektyvai ir okuliarai sudaryti iš daugelio lęšių. Daugelio lęšių objektyvai ir okuliarai reikalingi sumažinti lęšiais formuojamų atvaizdų ydas. Tačiau mikroskopo ir teleskopo veikimo principams išsiaiškinti pakanka mikroskopo ir teleskopo, sukonstruoto iš dviejų glaudžiamųjų lęšių.

Lupa (glaudžiamasis lęšis) naudojama mažų objektų matymo kampui padidinti. Kai mažą objektą stebime plika akimi (pav.1,a) geriausio regėjimo atstumu  $l_0$  (apie 25cm), objektas regimas mažu kampu

$$\theta = \frac{h}{l_0} \quad (1)$$

Pastačius prieš objektą glaudžiamąjį lęšį, kad objektas būtų arčiau nei priekinio židinio plokštuma, lęšis sukurs tariamą, padidintą objekto atvaizdą (pav.1,b), kurį matysim kampu

$$\tilde{\theta} = \frac{h}{p} \quad (2)$$

Todėl lupos kampinis didinimas

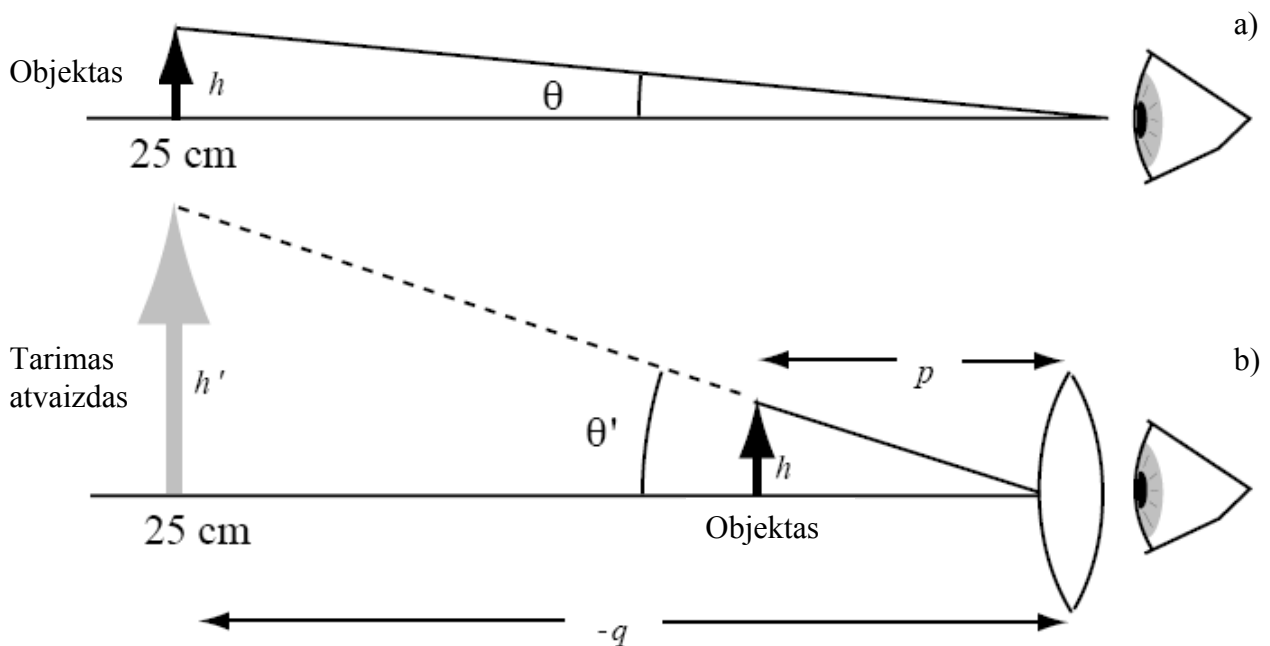
$$\gamma = \frac{\tilde{\theta}}{\theta} = \frac{l_0}{p} \quad (3)$$

Pasinaudoję lęšio lygtimi

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}, \quad (4)$$

lengvai randame, kad lupos didinimas

$$\gamma = 1 + \frac{l_0}{f} \quad (5)$$

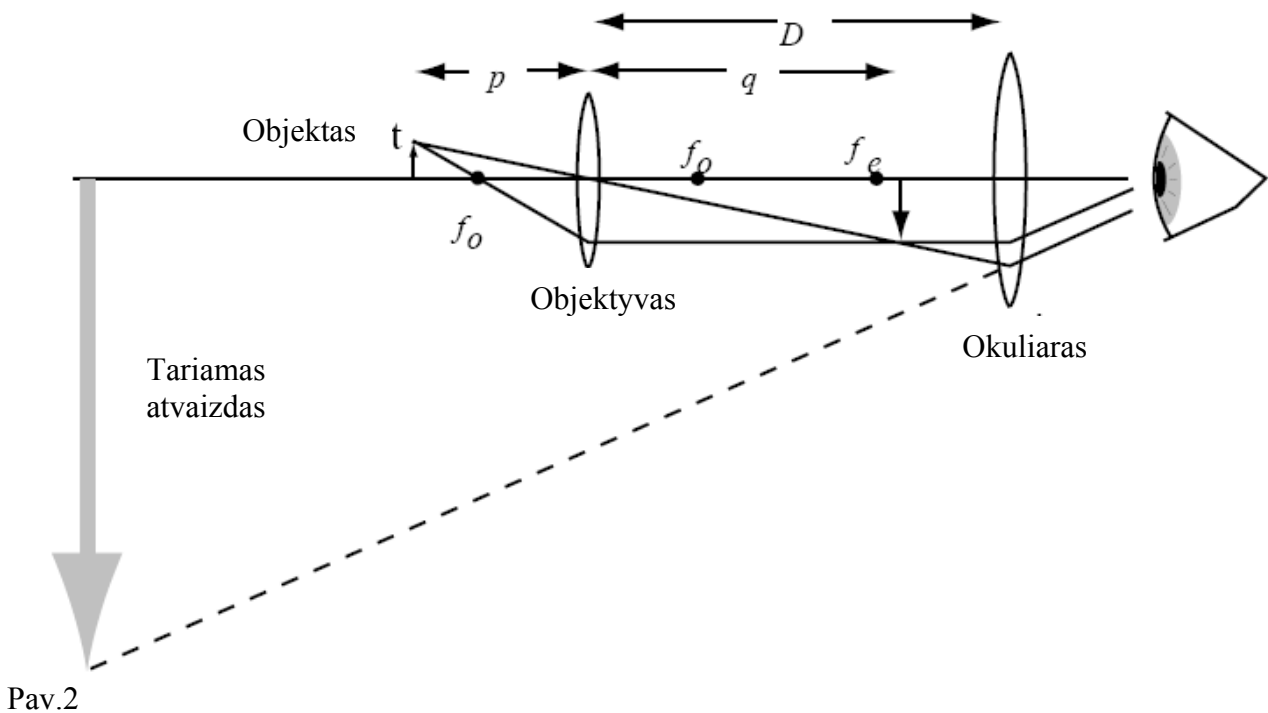


Pav.1

Mikroskopas, tai optinis prietaisas padidinantis mažų objektų regėjimo kampą ir sukuriantis tokių objektų padidintą atvaizdą. Normali žmogaus akis geriausio regėjimo atstumu gali išskirti mažus objektus, jei jų matmenys ne mažesni kaip 0,08 mm. Jei objektų matmenys mažesni, tokiems objektams stebėti naudojami įvairių tipų mikroskopai. Profesionaliu optiniu mikroskopu galima išskirti objektus, kurių matmenys yra iki 0,25  $\mu\text{m}$ .

Paprasčiausią mikroskopą sudaro du glaudžiamieji lęšiai (pav.2): objektyvas – mažo židinio nuotolio lęšis ir okuliaras – didesnio židinio nuotolio lęšis. Stebimas objektas talpinamas arti objektyvo priekinio židinio plokštumos, todėl objektyvas sukuria tikrąjį, apverstą ir padidintą objekto atvaizdą. Okuliaras (lupa) pastatomas tokiu atstumu, kad objektyvo sukurtas atvaizdas būtų

arti okuliaro priekinio židinio plokštumos, arčiau okuliaro. Todėl okuliaras sukuria tariamą, dar kartą padidintą objekto atvaizdą (pav.2)



Kai objekto atvaizdas pro mikroskopą matomas geriausio regėjimo atstumu, mikroskopo kampinis didinimas

$$\gamma = \gamma_o \gamma_e = -\frac{q}{p} \left( 1 + \frac{25\text{cm}}{f_e} \right), \quad (6)$$

čia  $f_e$  - okuliaro židinio nuotolis,  $\gamma_o$  ir  $\gamma_e$  - objektyvo ir okuliaro didinimas, kadangi dviejų lęšių sistemos didinimas lygus sistemos lęšių didinimų sandaugai.

Teleskopas (žiūronas) skirtas tolimų objektų matymo kampui padidinti. Paprasčiausią teleskopą, kaip ir mikroskopą, sudaro du glaudžiamieji lęšiai. Tik kadangi teleskopu stebimi objektai yra toli (be galo toli), tai objektyvo sukurtas objekto atvaizdas yra objektyvo galinio židinio plokštumoje, kuri sutampa su okuliaro priekinio židinio plokštuma. Todėl teleskopo kampinis didinimas

$$\gamma = \gamma_o \gamma_e = \frac{f_o}{f_e}. \quad (7)$$

Didinimas tuo didesnis, kuo didesnis objektyvo ir kuo trumpesnis okuliaro židinio nuotolis.

#### DARBO PRIEMONĖS:

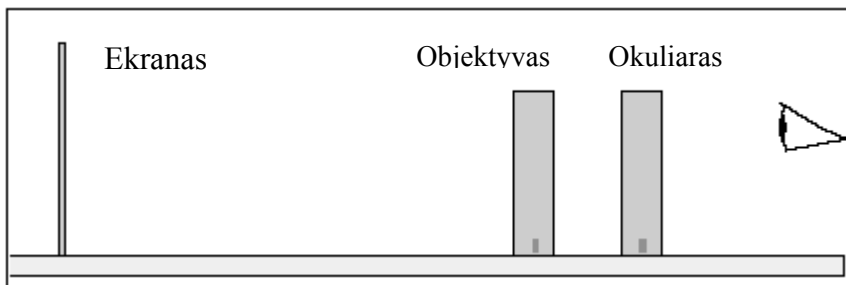
1. Optinis suolas;
2. 150mm židinio nuotolio glaudžiamasis lęšis;
3. 75mm židinio nuotolio glaudžiamasis lęšis;
4. Ekranas su horizontalia ir vertikalia skalėmis;

5. Laikikliai lęšiams ir ekranui;
6. Ekranu dydžio popieriaus lapas su nubraižytu stačiakampių akučių tinkleliu.

## DARBO EIGA:

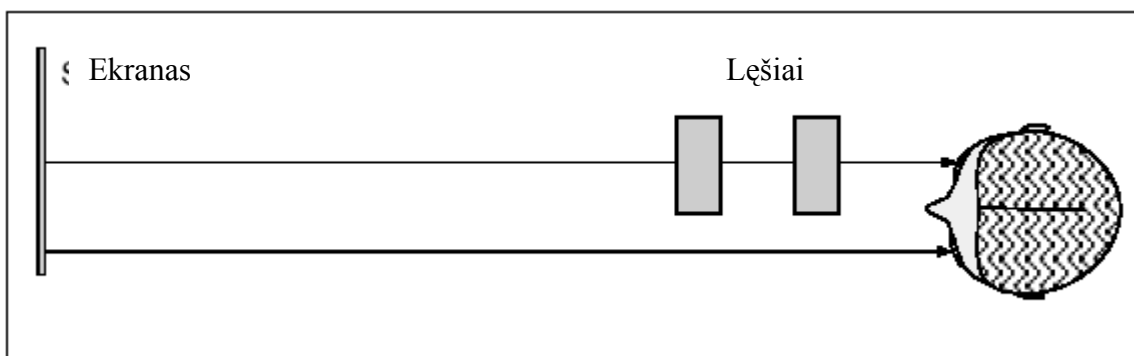
### Mikroskopo didinimas

1. Pritvirtinkite popieriaus lapą su nubraižytu tinkleliu prie ekranu ir pastatykite ekraną optinio suolo viduryje.
2. Arti suolo galo pastatykite okuliarą (75mm židinio nuotolio lęšį) ir objektyvą (150mm židinio nuotolio lęšį).
3. Žiūrėdami iš arti per okuliarą (pav.3) stumkite objektyvo lęšį link ekranu, kol pamatysit ryškų ekranu tinklelio atvaizdą.



Pav.3

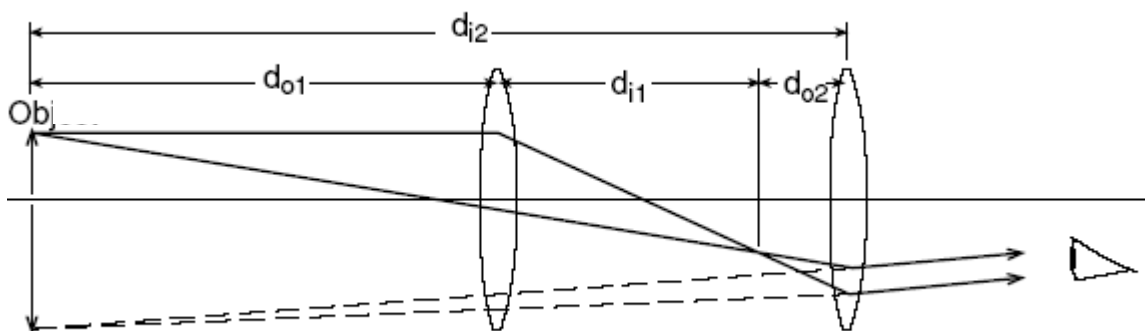
4. Stumdami okuliario lęšį link objektyvo pasiekite, kad objektas ir jo atvaizdas būtų vienoje plokštumoje. Objektas ir atvaizdas yra vienoje plokštumoje, jei žiūrint viena akimi per objektyvą ir okuliarą, o kita pro jų kraštą (pav.4) ir keičiant akies padėtį, stumdant galvą pirmyn bei atgal ir aukštyn bei žemyn, tinklelio ir jo atvaizdo linijų tarpusavio padėtis nesikeičia.



Pav.4

5. Liniuote ant optinio suolo krašto išmatuokite atstumą  $d_{o1}$ , nuo ekrano iki objektyvo, ir atstumą  $d_{i2}$ , nuo ekrano iki okuliario, rezultatus užrašykite į lentelę.
6. Nuimkite popieriaus lapą nuo ekrano ir žiūrėdami viena akimi pro lęšius, kita greta jų į skalę ekrane, nustatykite kiek kartų objekto (skalės) atvaizdas didesnis už objektą. Padalinę objekto atvaizdo aukštį iš objekto aukščio, apskaičiuokite mikroskopo didinimą  $\gamma = h_A/h_O$ . Rezultatą užrašykite į lentelę.
7. Iš lęšio formulės  $1/f = 1/d_o + 1/d_i$  apskaičiuokite atstumą  $d_{i1}$  (pav.5) nuo objektyvo iki jo sukurto objekto atvaizdo ir atstumą  $d_{o2}$  nuo objektyvo sukurto objekto atvaizdo iki okuliario bei apskaičiuokite mikroskopo didinimą, panaudodami formulę

$$\tilde{\gamma} = \gamma_o \gamma_e = \left( \frac{d_{i1}}{d_{o1}} \right) \left( \frac{d_{i2}}{d_{o2}} \right).$$



**Atv**

Pav.5

### 1 Lentelė

$f_o, \text{cm}$	$f_e, \text{cm}$	$d_{o1}, \text{cm}$	$d_{i2}, \text{cm}$	$d_{i1}, \text{cm}$	$d_{o2}, \text{cm}$	$h_o$	$h_A$	$\gamma$	$\tilde{\gamma}$

### Teleskopo (žiūrono) didinimas.

1. Pastatykite ekraną su prie jo pritvirtintu lapu, kuriame nubraižytas tinklelis, optinio suolo gale.
2. Arti suolo galo pastatykite okuliarą (150mm židinio nuotolio lęšį) ir objektyvą (75mm židinio nuotolio lęšį).

3. Išmatuokite teleskopo didinimą, taip kaip matavote mikroskopo didinimą, pagal darbo eigos punktus 3-7, rezultatus surašykite į antrą lentelę.

## 2 Lentelė

$f_o, \text{cm}$	$f_e, \text{cm}$	$d_{o1}, \text{cm}$	$d_{i2}, \text{cm}$	$d_{i1}, \text{cm}$	$d_{o2}, \text{cm}$	$h_o$	$h_A$	$\gamma$	$\tilde{\gamma}$

## KONTROLINIAI KLAUSIMAI:

1. Kada glaudžiamuoju lęšiu gaunamas tikrais, o kada tariamas objekto atvaizdas?
2. Kai grafinio sprendimo būdu rasti lęšio formuojamo atvaizdo vietą?
3. Kaip apibrėžiamas atvaizdo skersinis (ilginis) didinimas?
4. Ar galima glaudžiamuoju lęšiu gauti neapvertą tikrąjį objekto atvaizdą?
5. Kokį atvaizdą, tikrąjį ar tariamą, regime per mikroskopą ir žiūroną?

## LITERATŪRA:

- 1) V. A. ŠALNA, „Optikos laboratoriniai darbai“, <http://www.ff.vu.lt/bfsk/optika/Laboro.html>
- 2) B. Martinėnas, J. Kaulakys, J. Jakimačius „Fizikos pagrindai“, 2000, „Technika“, Vilnius
- 3) V. A. ŠALNA, „Optika“, 2004, „Enciklopedija“, Vilnius