

## Praktilise töö protokoll nr. 7

Nimi ja eesnimi	Taavi Tammaru	Tööle lubatud	25.04.2024
Eriala	Füüsika	Aruanne esitatud	07.05.2024
Praktikumi juhendaja	Peeter Paris	Arvestatud	
TÖÖ PEALKIRI    Optilised instrumendid			Juhendi kood 2.1
KATSEOBJEKTID    Pikksilm statiivil, Mikroskoop			
Temperatuur 20C	Suhteline niiskus		Õhurõhk 1 atm
Mõõtevahendi nimetus	Tüüp	Tehase number	Mõõtepiirkond
optiline kaugusemõõtja			
testtabel			
mõõteskaala			
nihik			15cm
vertikaalne võrdluskala			
Abivahendid			
Poolläbipaistev peegel, 0,1 mm jaotistega skaala, väikese avaga plaadike			

## Pikksilma suurendus, vaateväli ja lahutusvõime

### Suurenduse määramine

Suurenduse saame määrata kui vaatame skaalat, ühe silmaga läbi teleskoobi ja teise silmaga teleskoobi kõrvalt.

Kaugusel 6.107m kui palja silmaga oli näha tervet skaalat, siis teleskoobist oli näha vahemikku 45 - 62. Seega palja silmaga terve skaala nägemine on võrdne 17 skaala ühiku nägemisega teleskoobi abil.

Silmaga nähtavale 50-le ühikule vastas 1,7 teleskoobiga nähtavat ühikut. Seega saame pikksilma suurenduseks  $50/1,7 = 29,41176471$ .

### Vaatevälja määramine

Vaatevälja määramiseks kasutame lihtsat pythagorase teoreemi.

Kaugusel 6.107 m oli pikksilmaga näha 17 skaala ühikut. Seega vaatevälja suurus radiaanides on  $17 \text{ cm} / 6.107 \text{ m} = 0.02783690847$ .

Vaatevälja suurus kraadides 1.595054855.

### Lahutusvõime määramine

Lahutusvõime määramisel kasutame seost:

$$A = \frac{1}{\phi}$$

Teame, et piirnurga saame asendada seosega  $x/d$ .

$$A = \frac{d}{x}$$

Pikksilma kaugus testtabelist on  $d = 22.405 \text{ m}$

Joonte vahelise kauguse leidmiseks millimeetrites võtame pöördväärtuse tabelist mis annab joonte arvu ühe millimeetri kohta ning saame tabeli, kus tulbad on vastavalt grupi numbrile ja read on vastavad elemendi numbrile füüsikumi seinal olnud testtabelil:

-2	-1	0	1
4	2	1	0.5
3.571	1.783	0.893	0.446
3.175	1.587	0.794	0.397
2.833	1.414	0.709	0.353
2.519	1.261	0.629	0.315
2.247	1.122	0.562	0.281

Selle kaudu saame arvutada lahutusvõime A väärtused, mis vastavad järgnevatele sisenemisavade väärtustele:

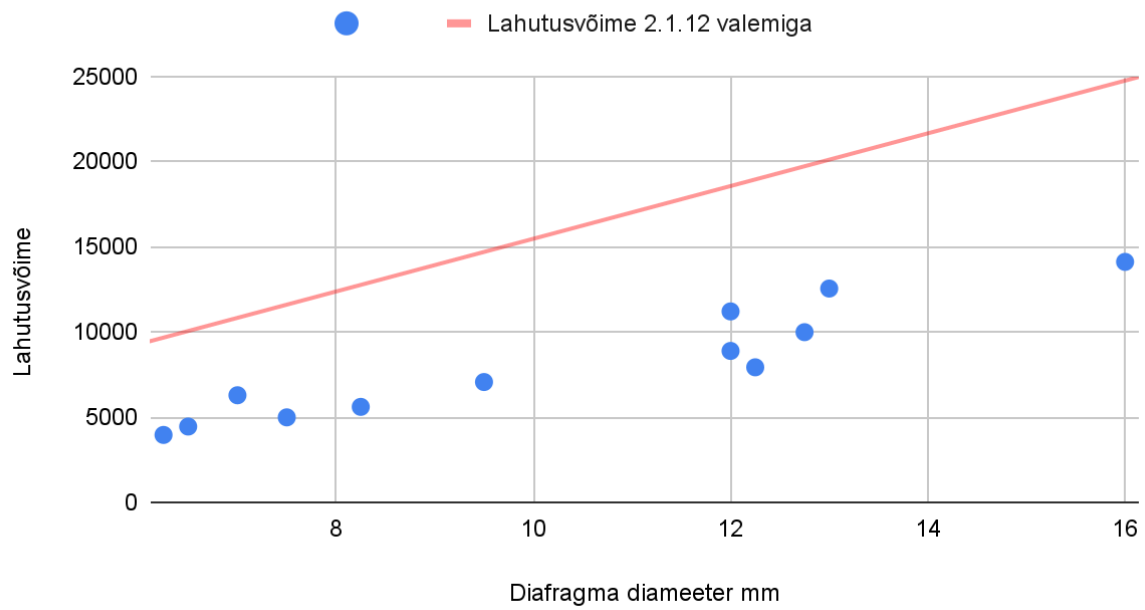
Testtabeli grupi number ja elemendi number	sisenemisava keskmine diameeter, mm	Lahutusvõime A
-2.4	6.25	3954.28874
-2.5	6.5	4447.20127
-2.6	7.5	4985.536271
-1.1	8.25	5601.25
-1.2	7	6282.950084
-1.3	9.5	7058.916194
-1.4	12.25	7922.560113
-1.5	12	8883.822363
-1.6	12.75	9984.402852
0.1	12	11202.5
0.2	13	12544.79283
0.3	16	14108.94207

Leiame ka lahutusvõime A väärtused arvutatud teise valemi järgi

$$A = \frac{D_1}{1.22\lambda}$$

Võrdleme graafiliselt erineval viisil arvutatud lahutusvõime tulemusi, kus sinised punktid on esialgse valemiga arvutatud väärtused ja punane joon just mainitud valemiga arvutatud suhe.

$$A = F(D)$$



## Küsimused

### 1. Vörrelge silma ja pikksilma lahutusvõimet.

Inimese silma väikseim eraldusnurk on tavaliselt 1 kaareminut, mis on 1/60 kraadi. Üks kaareminut on võrdne 0.00029 radiaaniga, seega saame lahutusvõimeks

$$A = \frac{1}{0.000290888} \approx 3437.75$$

Meie saime et 16mm diameetriga pikksilma puhul (kõige sarnasem diameeter päris silmaga) on lahutusvõime 14108.9. Ehk lahutusvõime erinevus on 4.1 kordne.

### 2. Kui palju erineks pikksilma lahutusvõime, kui kasutada valget valgust?

$$A = \frac{1}{\varphi} = \frac{1}{1,22} \frac{D_1}{\lambda}$$

Selle valemi kohaselt lahutusvõime sõltub pöördvõrdeliselt lainepikkusest, seega valge valguse kasutamisel lisame olukorda ka rohelisest lühema lainepikkusega valgust, mis suurendab valemi kohaselt lahutusvõime väärtust.

### 3. Kas pikksilma lahutusvõime sõltub suurendusest?

$$\gamma = \frac{D_1}{D_2} . \quad (2.1.8) \quad A = \frac{1}{\varphi} = \frac{1}{1,22} \frac{D_1}{\lambda}$$

Nendest kahest valemist järeldub, et nende kahe väärtuse vahel ei pruugi alati seost olla. Kui suurendada  $D_1$  siis mõlemad väärtused suurenevad, aga  $D_2$  muutmisel ainult suurendus muutub.

Kui kombineerime neid kahte valemit saame kuidas lahutusvõime sõltub suurendusest:

$$A = \frac{1}{1.22} \frac{\gamma D_2}{\lambda}$$

### 4. Kuidas sõltub pikksilma vaateväli tema suurendusest?

Mida suurem suurendus seda väiksem vaateväli.

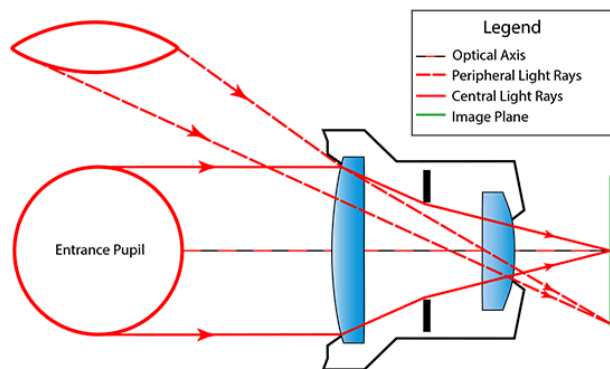
### 5. Kas Galilei pikksilmas saab kasutada okulaarskaalat?

Ei, sest okulaarskaala peab asuma objektiivi tekitatud kujutisega samal tasandil. Kuid see jääks Galilei pikksilma puhul pikksilmast endast välja, mille tõttu ei saa seda teha.

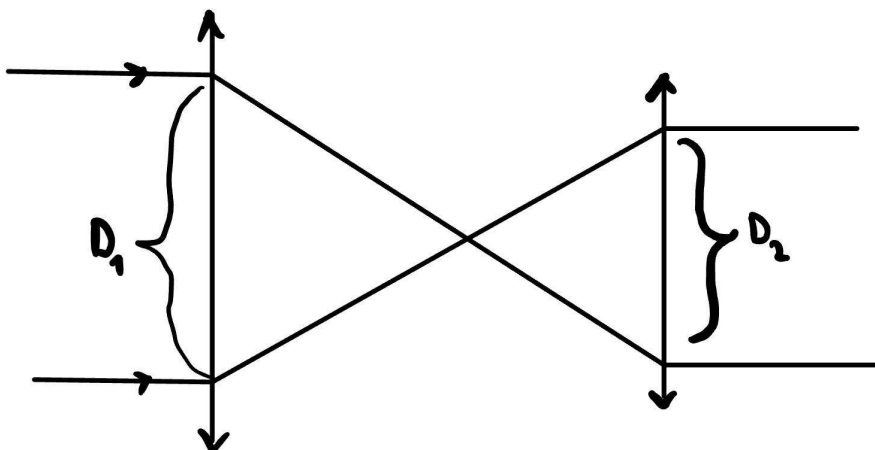
### 6. Näidata, miks pikksilma vaateväli on servadelt tunduvalt tumedam kui keskelt, kui puudub vaatevälja diafragma.

Kuna servadelt vaadates on objektiiv lääts nurga all, ehk pikksilma avaus tundub seda väiksem, mida kaugemale sa optilisest peateljest liigud. Seega jõuab ka servadesse vähem valgust, nagu alumisel pildil on illustreeritud.

Optical Vignetting



7. Joonistage mingisugune kujutist ümberpöörav optiline süsteem. Kui suur on selle suurendus?



Valikuid on mitmeid, aga üks lihtsamaid on kahest nõgusläätsel koosnev süsteem. Selle jaoks suurendus avaldub valemiga:

$$\gamma = \frac{D_1}{D_2}.$$

## Mikroskoobi suurendus, apertuurarv ja lahutusvõime

### Mikroskoobi suurenduse määramine

Kasutades 45 kraadi all olevat poolläbipaistvat peeglit, saame võrrelda suurendusega skaala väärtuseid ja ilma suurenduseta vaadeldava skaala väärtuseid. Leiame, et mikroskoobi skaalal väärtus 7 vastab võrdlusskaalal väärtusele 0.4, ning väärtusele 8 vastab võrdlusskaalal 4. Kasutades etteantud valemit arvutame suurenduse:

$$K = \frac{n_1}{n_2} 10 .$$

võrdlusskaala jaotiste arv  $n_1 = 4 - 0.4 = 3.6$

mikroskoobi jaotiste arv  $n_2 = 8 - 7 = 1$

$$K = (3.6/1) \cdot 10 = 36$$

### Apertuurarvu ja lahutusvõime määramine

Apertuurarvu määramiseks kasutame ka lihtsat meetodit, mis on sobiv ainult väikeste suurendustega mikroskoopide puhul.

Aperatuurarv on leitav valemiga:

$$A = \sin \theta$$

$$\sin(\theta) = \frac{\frac{a}{2}}{h}$$

Siin h on kaugus peeglil asuvalt skaalalt kuni avaga plaadini. a tähistab kogu nähtud skaala lõigu pikkust. asendame arvud asemele ja saame

$$\sin(\theta) = \frac{0.6}{7} = 0.086$$

Aperatuurarv on 0.086

Apertuurnurk on:

$$\theta = 4.93353123^\circ$$

Nüüd leiame mikroskoobi lahutusvõime valemiga:

$$A = \frac{1}{d_0}$$

$$\theta = 4.93353123^\circ, \quad \lambda = 550 \text{ nm}$$

$$d_0 = \frac{0.6\lambda_0}{2n \sin \theta}$$

$$\lambda = 550 \times 10^{-9} \text{ m}, \quad \theta = 4.93353123^\circ = 4.93353123 \times \frac{\pi}{180} \approx 0.0861059 \text{ rad}$$

$$\sin(\theta) \approx \sin(0.0861059) \approx 0.0860208$$

**Asendame arvvaartused valemisse:**

$$d_0 = \frac{0.6 \times 550 \times 10^{-9}}{2 \times 0.0860208} \approx \frac{3.3 \times 10^{-7}}{0.1720416} \approx 1.917 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$d_0 \approx 1.917 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$\frac{1}{d_0} \approx \frac{1}{1.917 \times 10^{-6}} \approx 5.216 \times 10^5 \text{ m}^{-1}$$

**Seega saame, et mikroskoobi lahutusvõime on  $5.216 \times 10^5 \text{ 1/m}$**