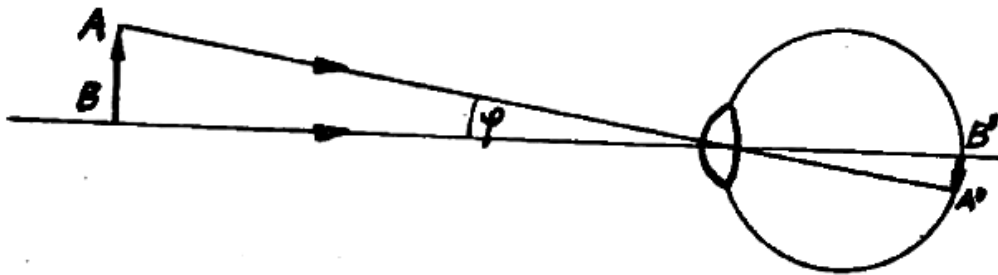


**Tallinna Tehnikaülikool  
Füüsikainstituut**

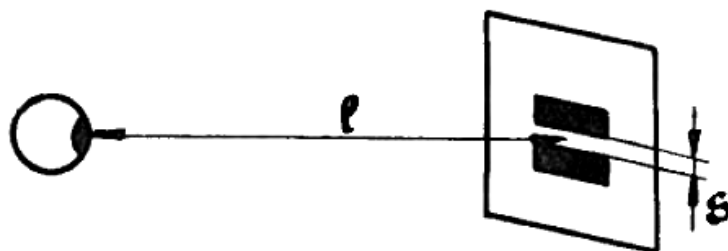
Üliõpilane: RAIT RAND	Teostatud: 27.11.2009
Rühm: YAFM	Kaitstud:
Töö nr: 4	O.T.
Töö eesmärk: Silma minimaalse vaatenurga määramine, pikksilma suurenduse määramine, mikroskoobi suurenduse määramine	Töövahendid: Nihik, joonlaud, mikroskoop, pikksilm

# 1. Silma minimaalse vaatenurga määramine



Joonis nr. 1 Kujutise tekkimine silma võrkkestale

Väikseima tuvastatava punktide A ja B vahe järgi saab leida minimaalse vaatenurga  $\varphi = \frac{s}{l}$ .



Joonis nr. 2 Minimaalse vaatenurga mõõtmise skeem

s (mm)	l (mm)	$\varphi$ (rad)	Määramatus (rad)
1,2	25000	0,0000480	0,00000231
1,3	26910	0,0000483	0,00000215
1,5	34200	0,0000439	0,00000169
2,2	51640	0,0000426	0,00000112
Keskmine		0,0000457	
StdDev		0,0000029	

Tabel nr. 1 Minimaalse vaatenurga mõõtetulemused

Tavaliselt on inimsilma vaatenurk kahe punkti eristamisel u.  $3 \cdot 10^{-4}$  rad, saadud tulemus on oluliselt parem, mis on tingitud objektist, milleks kasutasin punktide asemel jooni, mis on paremini tuvastatavad kui punktid.

Minimaalse vaatenurga määramatuse leidmiseks

$$\Delta\varphi = \sqrt{\left(\frac{\partial\varphi}{\partial s} \Delta s\right)^2 + \left(\frac{\partial\varphi}{\partial l} \Delta l\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{l} \cdot \Delta s\right)^2 + \left(\frac{s}{l^2} \cdot \Delta l\right)^2} \text{ kus } \Delta s = \frac{1}{10 \cdot \sqrt{3}} \text{ mm seoses silma ja objekti}$$

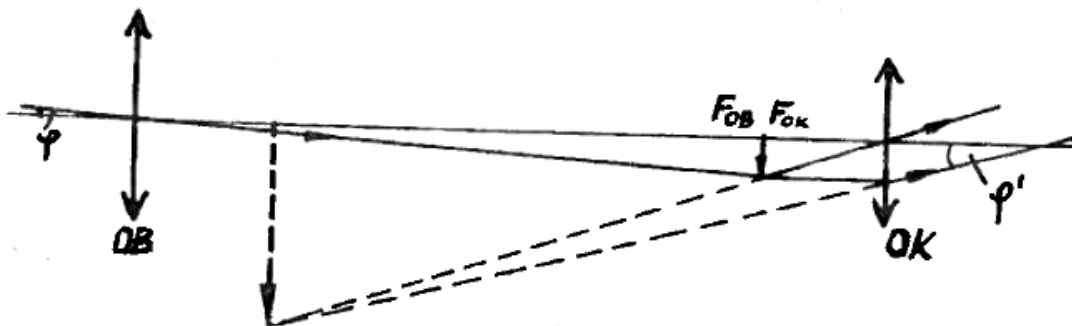
vahelise kauguse mõõtmise ebatäpsusega hindan kauguse veaks 50mm ( $\Delta l=50\text{mm}$ ). Saadud määramatused on kantud tabelisse nr. 1 ning ruutkeskmiseks saan  $\Delta\varphi_1=0,0000019$  mm

Aritmeetilise keskmise standardmääramatus avaldub  $u(\varphi_i) = t_{n\beta} \cdot \frac{s(\varphi_i)}{\sqrt{n}}$  kus lugejaks on

standardhälve ning  $t_{n\beta} = 3,2$   $u(\varphi_i) = 0,0000046$  rad. Kogu vea leidmiseks liidan aritmeetilise keskmise standardmääramatuse  $u(\varphi_i)$  ja mõõtemääramatuse ruutkeskmise ( $\Delta\varphi_1$ ).

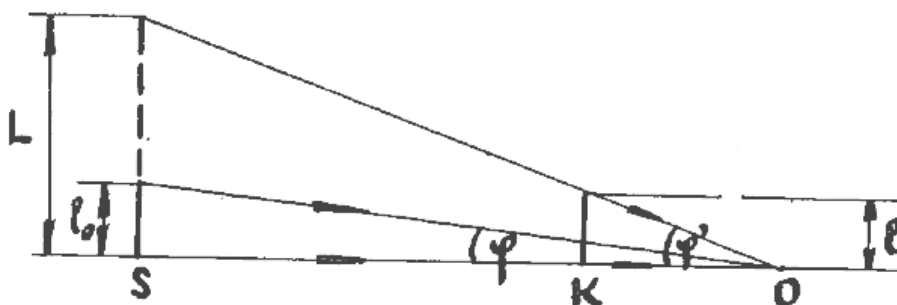
**Vastuseks saan, minimaalne vaatenurk  $\varphi=(0,0000457 \pm 0,0000065)$  rad**

## 2. Pikksilma suurenduse määramine



Joonis nr. 3 Pikksilma ehitus

Pikksilma valmistamisel kasutatakse kas kahte läätsed või läätsede süsteemi. Objekti poolset läätsed (OB) nimetatakse objektiiviks ja silma poolset (OK) okulaariks.



Joonis nr. 4 Pikksilma suurenduse hindamise lihtsustatud skeem.

Pikksilma suurendus avaldub: 
$$s = \frac{\tan \varphi'}{\tan \varphi} = \frac{l}{OK} \cdot \frac{OS}{l_0}$$

Projekteerides kujutise I kaugusele OS, saab valemit lihtsustada, kuna skaalajaotise  $l_0$  kujutis I näib

omavat pikkust  $L$  ja seega võib kirjutada: 
$$\tan \varphi' = \frac{l}{OK} = \frac{L}{OS}$$

$$s = \frac{L}{OS} \cdot \frac{OS}{l_0} = \frac{l}{L_0} = \frac{n}{N}$$

Katse	n (cm)	N (cm)	s	Määramatus
1	70	3	23,33	3,94561798
2	22	1	22,00	11,18033989
3	45	2	22,50	5,71319744
4	98	4	24,50	3,10304790
Keskmine			23,08	
StdDev			1,09	

Tabel nr. 2 Pikksilma mõõtetulemused

Hinnanguliselt on silmaga vaadeldud skaalajaotise määramatuseks 2 ning läbi pikksilma 0,5. Arvestades neid määramatusi leiab suurenduse määramatuse võttes osatuletised valemist

$$s = \frac{L}{OS} \cdot \frac{OS}{l_0} = \frac{l}{L_0} = \frac{n}{N} \quad \text{saan} \quad \Delta s = \sqrt{\left(\frac{\partial n}{\partial N} \Delta N\right)^2 + \left(\frac{\partial n}{\partial L} \Delta L\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{N} \cdot \Delta n\right)^2 + \left(\frac{n}{N^2} \cdot \Delta N\right)^2}$$

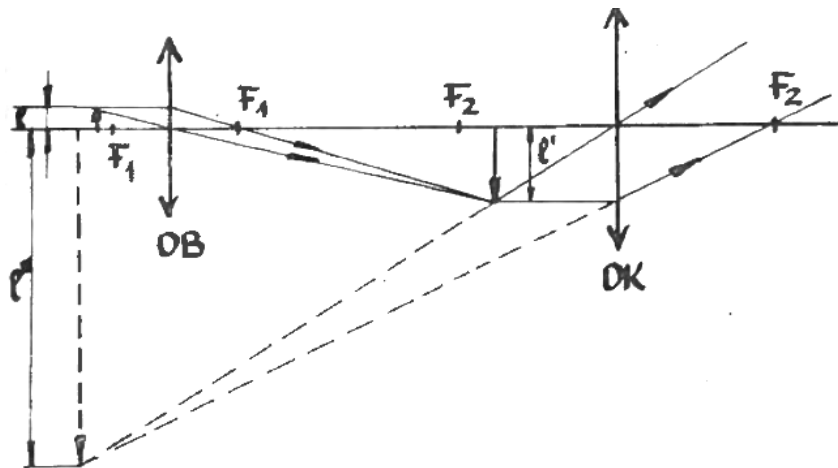
Saadud määramatused on kantud tabelisse nr. 2 ning ruutkeskmiseks saan  $\Delta s_1=6,76$

Aritmeetilise keskmise standardmääramatus avaldub  $u(s_i) = t_{n\beta} \cdot \frac{s(s_i)}{\sqrt{n}}$  kus lugejaks on

standardhälve ning  $t_{n\beta} = 3,2$   $u(s_i) = 1,75$  Kogu vea leidmiseks liidan aritmeetilise keskmise standardmääramatuse  $u(s_i)$  ja mõõtemääramatuse ruutkeskmise ( $\Delta s_1$ ). Kasutades valemit

$$s = \frac{L}{OS} \cdot \frac{OS}{l_0} = \frac{l}{L_0} = \frac{n}{N} \text{ (vt. Tabel nr. 2) saan vastuseks pikksilma suurenduse } \mathbf{s=23,1 \pm 8,5}$$

### 3. Mikroskoobi suurenduse määramine



Joonis nr. 5 Ebakujutise saamine mikroskoobis

$$\tan \varphi' = \frac{l''}{p} ; \tan \varphi = \frac{l}{p} ; s = \frac{\tan \varphi'}{\tan \varphi} = \frac{l''}{l} ; \Delta l = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

Katse	l (mm)	l'' (mm)	s	Määramatus
1	38	5	7,60	0,88513652
2	20	2,5	8,00	1,86189867
3	30	4	7,50	1,09211187
4	24	3	8,00	1,55158223
5	55	7	7,86	0,65327377
Keskmine			7,79	
StdDev			0,23	

Tabel nr. 3 Mikroskoobi suurenduse mõõtmine

$$\Delta s = \sqrt{\left(\frac{\partial l''}{\partial l} \Delta l''\right)^2 + \left(\frac{\partial l''}{\partial l} \Delta l''\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{l} \cdot \Delta l''\right)^2 + \left(\frac{l''}{l^2} \cdot \Delta l\right)^2}$$

Saadud määramatused on kantud tabelisse nr. 3 ning ruutkeskmiseks saan  $\Delta s_1=1,29$

Aritmeetilise keskmise standardmääramatus avaldub  $u(s_i) = t_{n\beta} \cdot \frac{s(s_i)}{\sqrt{n}}$  kus lugejaks on

standardhälve ning  $t_{n\beta} = 2,8$   $u(s_i) = 0,29$  Kogu vea leidmiseks liidan aritmeetilise keskmise standardmääramatuse  $u(s_i)$  ja mõõtemääramatuse ruutkeskmise ( $\Delta s_1$ ).

Kasutades valemit  $s = \frac{l''}{l}$  (vt Tabel nr. 3) saan mikroskoobi suurenduseks  $\mathbf{s=7,8 \pm 1,6}$

Kordamisküsimused:

1. Vaatenurk - nurk mille piires esemelt sisendiafragmaga (silmaava) keskpunkti tulnud kiired annavad kujutise tasapinnas (võrkkestal) esemest terava kujutise  
Vähimat vaatenurka, mille all vaadelduna kaks punkti näivad veel lahusolevatena, nim min. Vaatenurgaks
2. Akommodatsioon on silma kohanemisvõime eri kaugusel asuvate esemete selgeks nägemiseks.
5. Pikksilma suurenduse määrab ära objektiivi ja okulaari fookuskauguste suhe.
6. Ei olene sest me võrdleme suhet.
7. Pikksilma lahutusvõime  $A = D/1,22 \cdot \lambda$  D-läätse läbimõõt,  $\lambda$ - lainepikkus
8. Galilei piksilmas on okulaariks hajutav lääts.
9. Teravsustamine seisneb objektiivi ja okulaari omavahelise kauguse muutmises.
10. Kepleri pikksilm, Galilei piksilm ja meniske teleskoop
12. Mikroskoobi suurenduse määrab ära objektiivi ja okulaari fookuskaugus ja nende vaheline kaugus.
13. Oleneb ikka, sest mida kaugemal on joonlaud, seda väiksemaks muutuvad kriipsud
14. Mikroskoobi lahutusvõime  $A = \text{mikroskoobi apertuurarv} / 0,61 \cdot \lambda$
15. Et muuta murdamisnäitajat objektiivi ja objekti vahel.