

Praktilise töö protokoll nr. 9

Nimi ja eesnimi	Taavi Tammaru	Tööle lubatud	15.05.2024
Eriala	Füüsika	Aruanne esitatud	22.05.2024
Praktikumi juhendaja	Peeter Paris	Arvestatud	
TÖÖ PEALKIRI koondava ja hajutava läätse fookusekauguste ja mitmeläätselise süsteemi kardinaalelementide määramine.			Juhendi kood 1.2
KATSEOBJEKTID õhuke koondav lääts, õhuke hajutav lääts, mitmeläätseline süsteem, objektskaala valgustiga, ekraanid, pikksilm, He/Ne laser			
Temperatuur 20C	Suhteline niiskus		Õhurõhk 1 atm
Mõõtevahendi nimetus	Tüüp	Tehase number	Mõõtepiirkond
nihik			Täpsusklass või lubatud põhiviga
Optikapink			0.05 mm
			0.5mm
Abivahendid ratsurid, mõõtevarras, nihik			

Katsevahendite seadistamine

Möödame valgusallika ja läätse vahelise vahemaa 20cm etaloniga. Saame teada, et 20 sentimeetrile vastab optika pingil kauguse näit 123.0 cm ning läätse ümberpööramisele 123.1cm. Võttes nende kahe pikkuse keskmise väärtuse saame 123.05 cm ning nüüd saame vastavusse seada, optika pingil tehtud mõõtmised päris objektide vaheliste kaugustega.

Nõgusläätsede puhul annab 20 cm etalon optikapingil väärtused 122.7 ja 122.4 cm. Läätsede süsteem annab 129.3 ja 128.4 cm.

Koondava läätse fookuskauguse leidmine

Möödame läätse asukoha ja kujutise asukoha:

lääts asukoht 139.6 kujutise asukoht 211.0, 210.6, 210.7

lääts asukoht 150.0 kujutise asukoht 199.8, 200.2 200.2

lääts asukoht 160.0 kujutise asukoht 202.5, 202.4, 202.5

lääts asukoht 135.0 kujutise asukoht 232.7 233.1 232.4

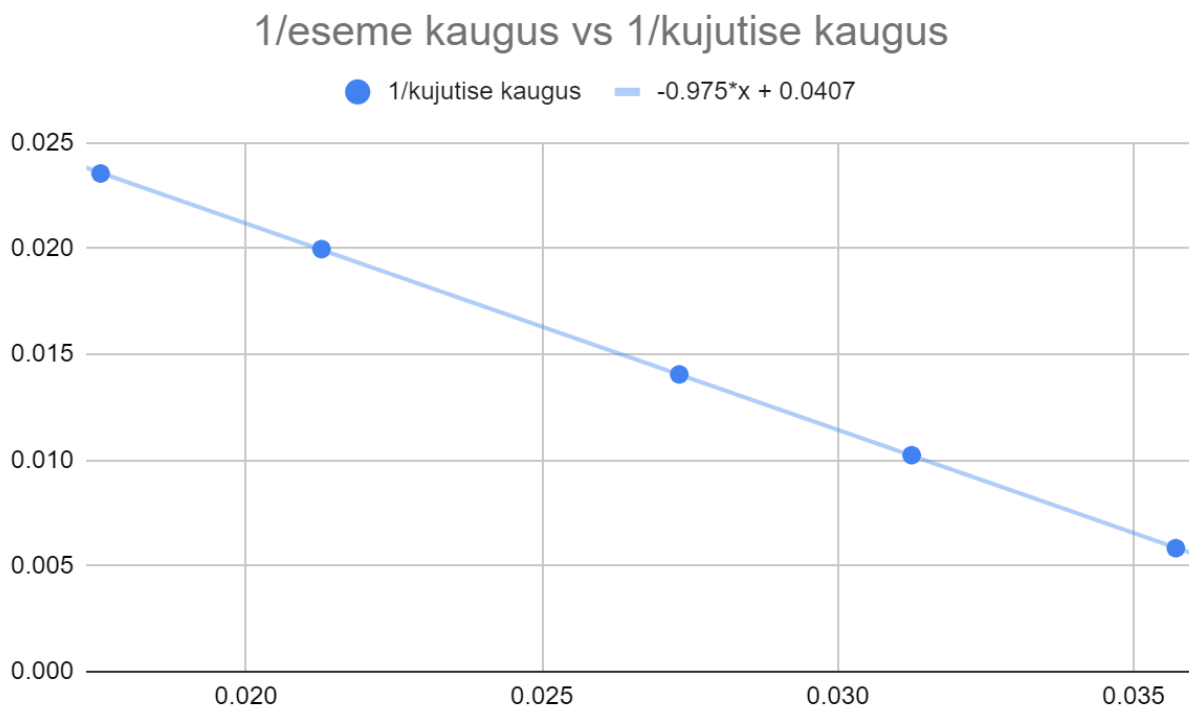
lääts asukoht 131.0 kujutise asukoht 302.8 301.8 302.5

Arvutame kujutise asukoha keskmise, et vähendada mõõtemääramatust ning saame vastava tabeli:

eseme asukoht cm	kujutise asukohtade keskmine cm	eseme kaugus cm	kujutise kauguste cm	1/eseme kaugus	1/kujutise kaugus
139.6	210.7667	36.6	71.1667	0.027322404 37	0.014051515 67
150	200.0667	47	50.0667	0.021276595 74	0.019973355 54
160	202.4667	57	42.4667	0.017543859 65	0.023547862 21
135	232.7333	32	97.7333	0.03125	0.010231927 09
131	302.3667	28	171.3667	0.035714285 71	0.005835439 44

Ning visandame graafikule eseme kauguse ja kujutise kauguse pöördväärtuste seosed, et järgneva valemi kohaselt leida vabaliige, ehk fookuskauguse piirväärtus.

$$\frac{1}{|a_2|} = \frac{1}{|a_1|} + \frac{1}{|f|}$$



Graafikult järeldame, et fookuskauguse pöördväärtus on 0.0407 ehk fookuskaugus on võrdne 24.57cm-iga.

Nüüd leiame fookuskauguse pöördväärtuse mõõtemääramatuse Pyhtoni koodi abil.

```
import numpy as np
from scipy.stats import linregress

x_values = np.array([0.02732240437, 0.02127659574, 0.01754385965, 0.03125, 0.03571428571])
y_values = np.array([0.01405151567, 0.01997335554, 0.02354786221, 0.01023192709, 0.005835439441])

slope, intercept, r_value, p_value, std_err = linregress(x_values, y_values)

n = len(x_values)
x_mean = np.mean(x_values)
intercept_err = std_err * np.sqrt(np.sum(x_values**2) / (n * np.sum((x_values - x_mean)**2)))

print(f"Y-intercept: {intercept}")
print(f"Error in Y-intercept: {intercept_err}")
```

Fookuskauguse pöördväärtuse mõõtemääramatus on 0.0041233495685350785.
Ehk fookuskauguse mõõtemääramatus on: 2.487 cm

Fookuskaugus on: 24.57 ± 2.487 cm

Teine meetod

Fokuseerides pikksilma lõpmatusse saame pikksilmas terava kujutise kui ese on fookuses.

Asukohad optikapingil on:

lääts 126.9 cm ja pikksilm 156.5 cm

lääts 127.2 cm ja pikksilm 167.3 cm

lääts 126.6 cm ja pikksilm 179.0 cm

seega saame fookuskaugusteks:

$f = 23.9$ cm

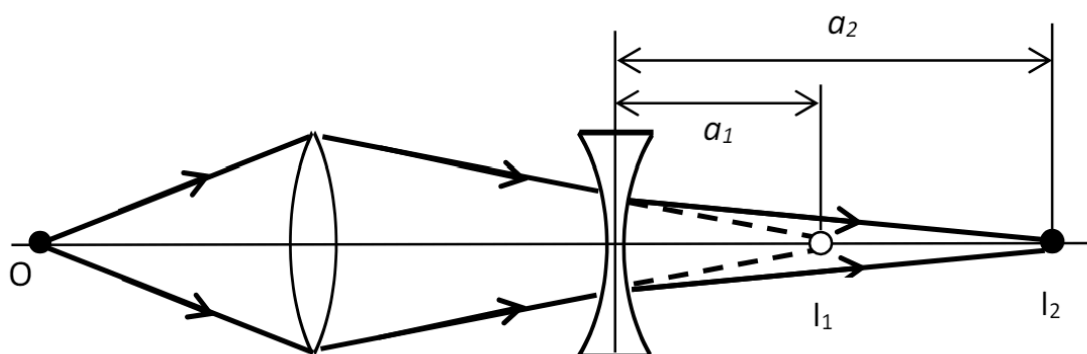
$f = 24.2$ cm

$f = 23.6$ cm

Mõlema meetodiga leitud tulemused on kooskõlas.

Hajutava läätse fookuskauguse leidmine

Koostades süsteemi kumerläätselt ja nõgusläätselt saame vastava olukorra:



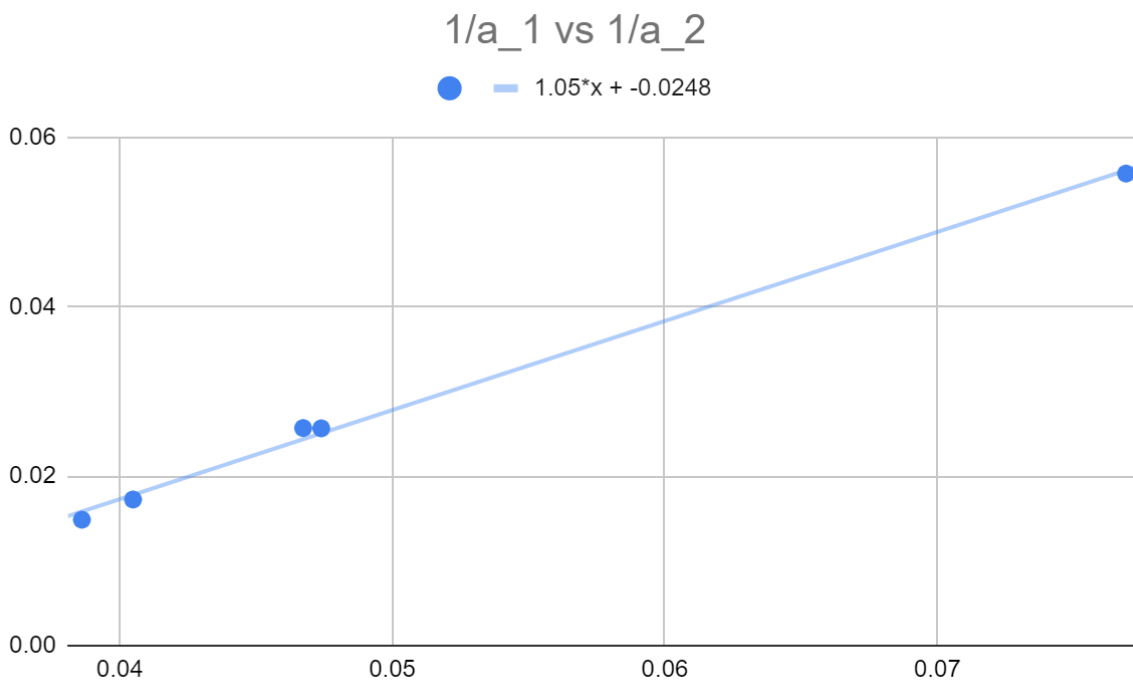
Kui kujutis tekib kaugemale kui kumerläätselt murdunud kiirte vahele paigutada ka nõguslääts. Kui määrame kui palju kaugemale tekib kujutis nõgusläätsel lisamisel saame arvutada nõgusläätsel fookuskauguse valemist:

$$\frac{1}{|a_2|} = \frac{1}{|a_1|} + \frac{1}{|f|}$$

Kordusmõõtmiste keskmiste võtmisel saame tabeli:

kumerlääts asukoht	ekraani asukoht	nõguslääts e asukoht	ekraani asukoht pärast	kumerlääts e kaugus	ekraani kaugus nõgusläätselt	nõguslääts kaugus	ekraani kaugus nõgusläätselt pärast
140	209.4	184.7	242.7	37	24.7	81.7	58
145	202.9	177	244.3	42	25.9	74	67.3
150	201.1	180	219	47	21.1	77	39
155	201.4	180	218.95	52	21.4	77	38.95
165	206	193	210.95	62	13	90	17.95

Nüüd leiame $1/f$ väärtuse visandades graafiku:



graafikult näeme, et $1/f = -0.0248$
seega $f = -40.3225$

mõõtemääramatuse leiame pythoni koodi abiga:

```

import numpy as np

# Define the x and y values
x = np.array([0.04048582996, 0.03861003861, 0.04739336493, 0.04672897196, 0.07692307692])
y = np.array([0.01724137931, 0.01485884101, 0.02564102564, 0.02567394095, 0.05571030641])

# Calculate the means of x and y
x_mean = np.mean(x)
y_mean = np.mean(y)

# Calculate the slope (m) and intercept (b) using least squares formulas
n = len(x)
m = np.sum((x - x_mean) * (y - y_mean)) / np.sum((x - x_mean) ** 2)
b = y_mean - m * x_mean

# Calculate the residuals
residuals = y - (m * x + b)

# Calculate the variance of the residuals
residual_variance = np.sum(residuals ** 2) / (n - 2)

# Calculate the standard error of the intercept (b)
se_b = np.sqrt(residual_variance * (1/n + x_mean**2 / np.sum((x - x_mean) ** 2)))

print(f"Intercept (b): {b}")
print(f"Standard error of the intercept (se_b): {se_b}")

```

1/f mõõtemääramatus on: 0.001797288107654643

seega f mõõtemääramatus on:

$$\Delta\left(\frac{1}{f}\right) = 0.001797288107654643 \quad \Delta f = f^2 \Delta\left(\frac{1}{f}\right)$$

$$\Delta f = (-40.3225)^2 \times 0.001797288107654643$$

Arvutame :

$$(-40.3225)^2 = 1625.92505625$$

$$\Delta f = 1625.92505625 \times 0.001797288107654643$$

$$\Delta f \approx 2.9226826136784433$$

Seega fookuskaugus on:

$$f = -40.3225 \pm 2.9227 \text{ cm}$$

Mitmäläätsele süsteemi kardinaalelementide leidmine

Fookuskauguse leidmine

Süsteemi fookuskauguse leidmiseks kasutame valemit:

$$f = \frac{\Delta}{\frac{1}{M_1} - \frac{1}{M_2}}$$

Kus delta on valgusallikate kauguste vahe kahe mõõtmise puhul. M_1 on suurendus esimese mõõtmise puhul ning M_2 on suurendus teise mõõtmise puhul.

Nihikuga mõõtsime et objekti pikkus on 3.925 cm

Optiline süsteem kaugusel 125.6 cm valgusallikast annab suurenduse 0.5350318471

Optiline süsteem kaugusel 97.0 cm valgusallikast annab suurenduse 0.9426751592

Kasutame eespool viidatud valemit.

$$f = \frac{\Delta}{\frac{1}{M_1} - \frac{1}{M_2}}$$

$(\Delta = 28.6), (M_1 = 0.535), \text{ and } (M_2 = 0.943)$

$$f = \frac{28.6}{\frac{1}{0.535} - \frac{1}{0.943}}$$

$$\frac{1}{0.535} \approx 1.869$$

$$\frac{1}{0.943} \approx 1.060$$

$$1.869 - 1.060 = 0.809$$

$$f = \frac{28.6}{0.809} \approx 35.37$$

Seega saame fookuskauguseks 35.37 cm

Peapindade asukohtade leidmine

Fookuste asukohad leiame kui kasutame pikksilma, mis on teravustatud lõpmatusse ning näeme sellest teravat pilti kui valgusallikas on optilise süsteemi fookuses.

Ühtepidi pikksilmaga mõõtes saame, et fookuse asukoht on 44.5 ± 0.1 cm kaugusel läätsede süsteemi keskkohast.

Teistpidi mõõtes saame, et fookuse asukoht on 47.25 ± 0.15 cm kaugusel läätsede süsteemi keskkohast.

Esimene peapind asub läätsede süsteemi keskkohast 9.13 ± 0.1 cm võrra vasakul
Teine peapind asub läätsede süsteemi keskkohast 11.88 ± 0.1 cm võrra paremal.

Küsimused

1. Kus asuvad õhukese läätse peatasandid?

- Peatasandid asuvad risti optilise peateljega ja läätse keskpunktis.

2. Kuidas on omavahel seotud läätsepindade kõverusraadiused ja läätse fookuskaugus?

- Mida väiksem kõverusraadius seda väiksem fookuskaugus. Läätsel valmistaja valemi kohaselt:

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} + \frac{(n - 1)d}{nR_1R_2} \right]$$

3. Olgu tekitada läätse teisele poolele erinev keskkond (näit õhk ja vesi). Kuidas muutub fookuskaugus, kujutise asukoht, suurus?

- Fookuskaugus on suurem kahe erineva keskkonna puhul: õhk ja vesi kui õhk ja õhk. Kujutise asukoht on samuti kaugemal ja kujutis on suurem.

4. Kus asub peatasand positiivsest ja negatiivsest läätsest koostatud läätsesüsteemil, kui fookuskaugust määratakse pikksilmaga?

- Peatasand asub süsteemist väljaspool. Kui valguskiired tulevad kumerläätselt poolt siis peatasand on objekti ja kumerläätsel vahel.

5. Koosnegu läätsesüsteem absoluutväärtuselt võrdse optilise tugevusega koondavast ja hajutavast läätsest. Kuidas sõltub sellise süsteemi optiline tugevus läätsede omavahelisest kaugusest?

- Mida suurem on kaugus läätsede vahel, seda suurem on kogu süsteemi optiline tugevus

6. Kuidas teha kindlaks ilma abivahenditeta, kas on tegemist koondava või hajutava läätsega?

- Käega katsudes läätse kumerust, valgust sellest läbi lastes või esemeid läbi selle vaadates.

7. Selgitada mõisteid “kiirte käik” ja “kujutise konstrueerimine”.

- Eeldades geomeetrilise optika lihtsustust, et valguse saab jaotada sirgjoonelisteks kiirteks, mis iseloomustavad valguse liikumist, siis “kiirte käik” on nende sirgjoonte murdumistel tekkinud teekond.
- Kujutise konstrueerimine on paari olulise kiirte käikude kasutamine ja nende lõikepunktide leidmine, et kindlaks teha kujutise tekkimise asukoht.