

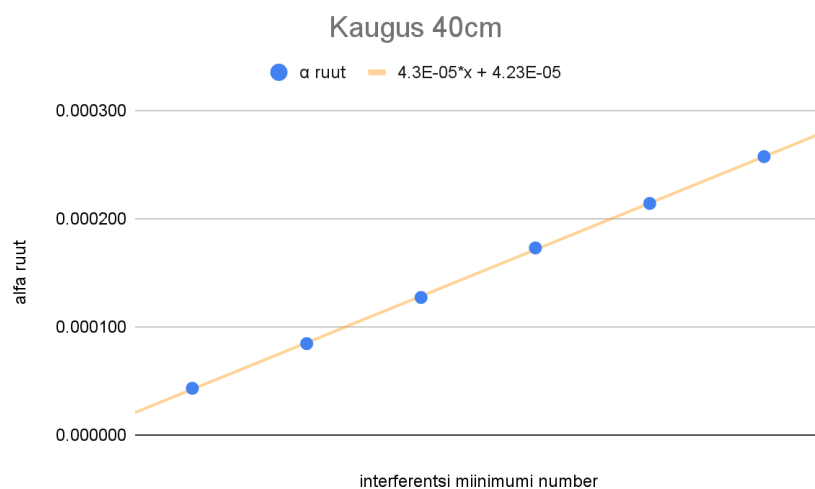
Praktilise töö protokoll nr. 6

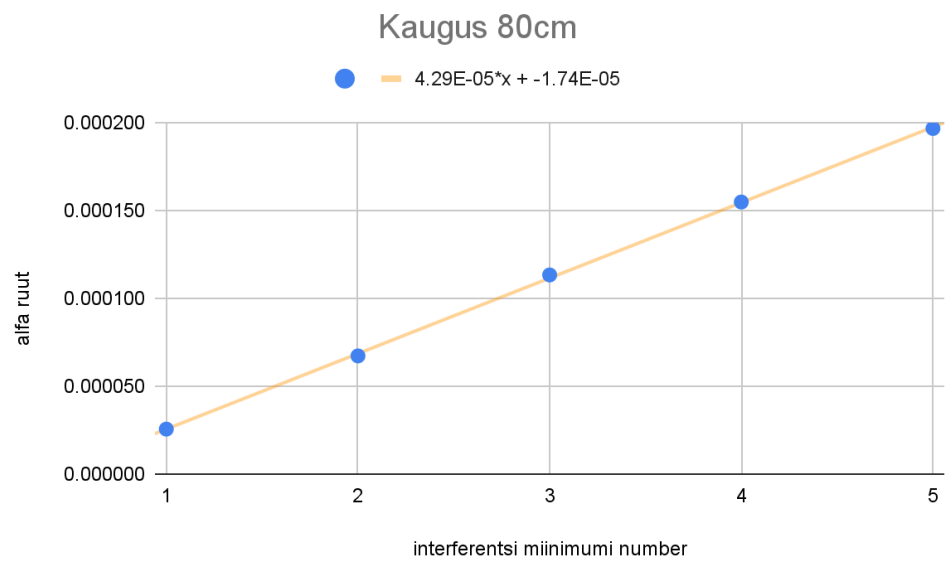
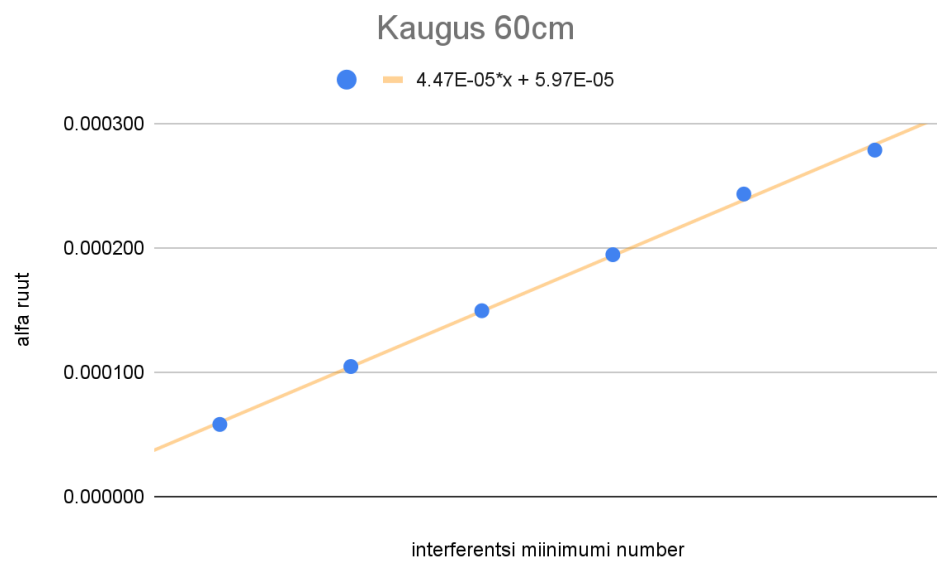
Nimi ja eesnimi	Taavi Tammaru	Tööle lubatud	17.04.2024
Eriala	Füüsika	Aruanne esitatud	24.04.2024
Praktikumi juhendaja	Rasmus Talviste	Arvestatud	
TÖÖ PEALKIRI Valguse interferents tasaparalleelsel plaadil ja Newtoni rõngad			Juhendi kood 4.1
KATSEOBJEKTID Tasaparalleelne klaasplaat (h = 18,125 mm) justeerimisalusel, He/Ne laser (= 543,5 nm), ekraan, mõõtevarras. Hoidjas paiknev tasa-kumer lääts ja tasapinnaline klaasplaat. Na lamp. Tundmatu valgusallikas.			
Temperatuur 20C	Suhteline niiskus	Õhurõhk 1 atm	
Mõõtevahendi nimetus	Tüüp	Tehase number	Mõõtepiirkond
			Täpsusklass või lubatud põhiviga
Mõõtemikroskoop			0.5mm
Nihik			15cm 0.005mm
Abivahendid 15 cm etalon.			

Algandmed, diameetri keskväärtuse, alfa ja alfa ruudu leidmine

kaugus cm	1. siht	2. siht	3. siht	keskmise diameeter cm	α	α ruut	p
55	14.3	14.99	14.06	1.45	0.006568	0.000043	1
55	20.24	20.51	19.9	2.02	0.009189	0.000084	2
55	24.39	25.43	24.58	2.48	0.011273	0.000127	3
55	28.6	29.82	28.35	2.89	0.013147	0.000173	4
55	32.22	32.16	32.16	3.22	0.014627	0.000214	5
55	35.73	35.43	34.69	3.53	0.016038	0.000257	6
75	23.17	22.51	22.87	2.29	0.007617	0.000058	1
75	30.71	30.3	31.01	3.07	0.010224	0.000105	2
75	36.75	36.36	36.89	3.67	0.012222	0.000149	3
75	41.83	41.5	42.17	4.18	0.013944	0.000194	4
75	46.7	46.9	46.74	4.68	0.015593	0.000243	5
75	50.55	48.63	51.01	5.01	0.016688	0.000278	6
95	18.28	20.24	19.11	1.92	0.005055	0.000026	1
95	30.61	31.22	31.61	3.11	0.008196	0.000067	2
95	40.08	40.6	40.62	4.04	0.010640	0.000113	3
95	47.52	47.1	47.17	4.73	0.012438	0.000155	4
95	53.99	53.15	52.67	5.33	0.014018	0.000197	5

Alfa ruudu ja interferentsi miinimumi numbri sõltuvus





Tõusu ja mõõtemääramatuse leidmine

Python kood, mida kasutasin tõusu ja määramatuse leidmiseks.

```
import numpy as np

x = np.array([1, 2, 3, 4, 5, 6])
y = np.array([0.000082, 0.000160, 0.000240, 0.000327, 0.000405, 0.000486])

x_mean = np.mean(x)
y_mean = np.mean(y)

slope = np.sum((x - x_mean) * (y - y_mean)) / np.sum((x - x_mean)**2)
intercept = y_mean - slope * x_mean
y_pred = intercept + slope * x
residuals = y - y_pred
rss = np.sum(residuals**2)
se_slope = np.sqrt(rss / (len(x) - 2) / np.sum((x - x_mean)**2))

print("Slope:", slope)
print("Standard Error of the Slope:", se_slope)
```

Kaugusel 55cm, tõus: 4.30e-05

mõõtemääramatus: 5.6230e-07

Kaugusel 75cm, tõus: 4.47e-05

mõõtemääramatus: 1.2896e-06

Kaugusel 95cm, tõus: 4.29e-05

mõõtemääramatus: 6.4031e-07

Leiame tõusu A kaalutud keskmise antud valemi põhjal:

$$x_1 = 4.30 \times 10^{-5}, \quad \sigma_1 = 5.6230 \times 10^{-7}$$

$$x_2 = 4.47 \times 10^{-5}, \quad \sigma_2 = 1.2896 \times 10^{-6}$$

$$x_3 = 4.29 \times 10^{-5}, \quad \sigma_3 = 6.4031 \times 10^{-7}$$

$$w_1 = \frac{1}{(5.6230 \times 10^{-7})^2} \approx 3.1623 \times 10^{12}$$

$$w_2 = \frac{1}{(1.2896 \times 10^{-6})^2} \approx 6.0109 \times 10^{11}$$

$$w_3 = \frac{1}{(6.4031 \times 10^{-7})^2} \approx 2.4415 \times 10^{12}$$

$$w_1 x_1 = \frac{4.30 \times 10^{-5}}{(5.6230 \times 10^{-7})^2} \approx 1.3598 \times 10^8$$

$$w_2 x_2 = \frac{4.47 \times 10^{-5}}{(1.2896 \times 10^{-6})^2} \approx 2.6869 \times 10^7$$

$$w_3 x_3 = \frac{4.29 \times 10^{-5}}{(6.4031 \times 10^{-7})^2} \approx 1.0471 \times 10^8$$

$$\sum_i \left(\frac{x_i}{\sigma_i^2} \right) = 1.3598 \times 10^8 + 2.6869 \times 10^7 + 1.0471 \times 10^8 \approx 2.6756 \times 10^8$$

$$\sum_i \left(\frac{1}{\sigma_i^2} \right) = 3.1623 \times 10^{12} + 6.0109 \times 10^{11} + 2.4415 \times 10^{12} \approx 6.2048 \times 10^{12}$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_i \left(\frac{x_i}{\sigma_i^2} \right)}{\sum_i \left(\frac{1}{\sigma_i^2} \right)} \approx \frac{2.6756 \times 10^8}{6.2048 \times 10^{12}} \approx 4.31 \times 10^{-5}$$

n ja M väärtuse leidmine

kasutame valemeid 1.22 ja 2.2

$$M_{\max} = \frac{2hn}{\lambda} \quad A = \frac{2n^2}{M_{\max}}$$

teame et $h=1.8125 \cdot 10^{-2}$, $\lambda = 532\text{nm}$ ja $A = 4.31 \cdot 10^{-5}$

avaldame n-i

$$n = \pm \frac{\sqrt{2AM}}{2}$$

$$n = \frac{A \cdot h}{\lambda}$$

$$n = \frac{4.31 \times 10^{-5} \cdot 1.8125 \times 10^{-2}}{532 \times 10^{-9}}$$

$$n = \frac{7.809375 \times 10^{-7}}{532 \times 10^{-9}} = \frac{7.809375 \times 10^{-7}}{5.32 \times 10^{-7}} = 1.46834398496$$

$$n \approx 1.468$$

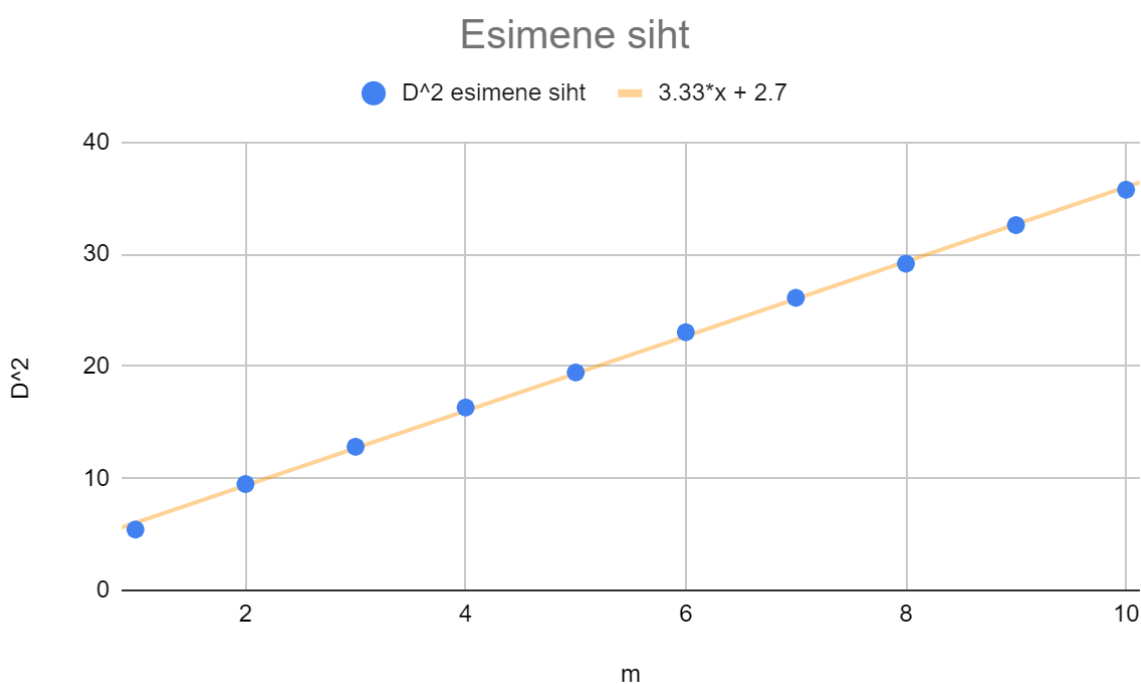
$$M = 100028.2$$

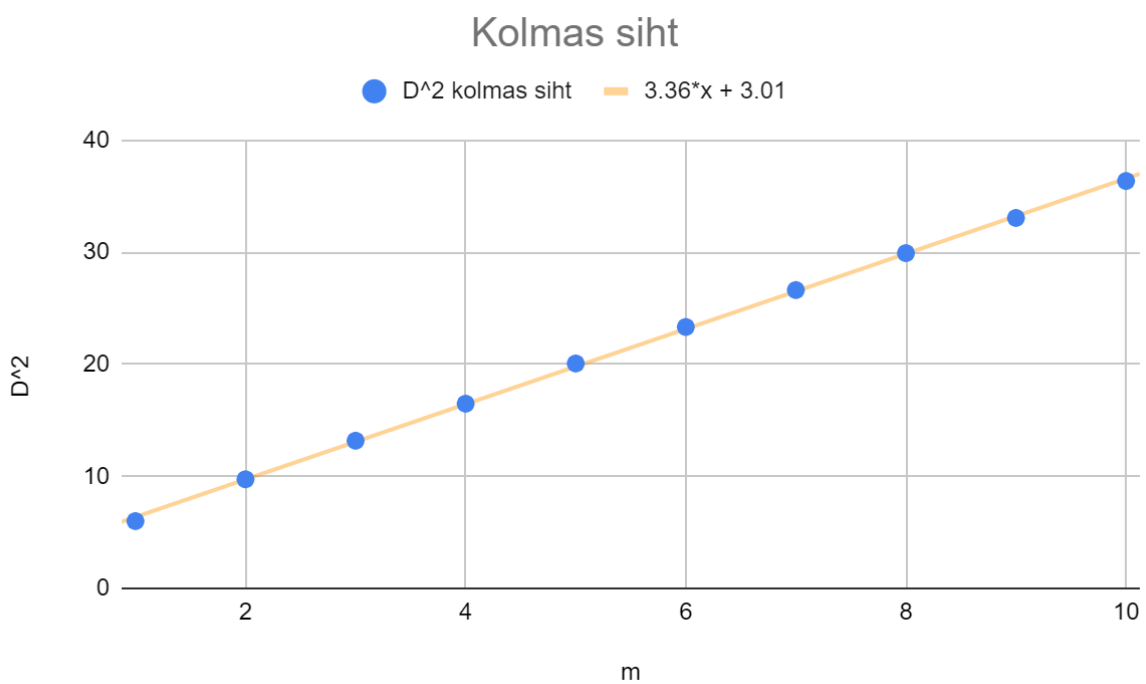
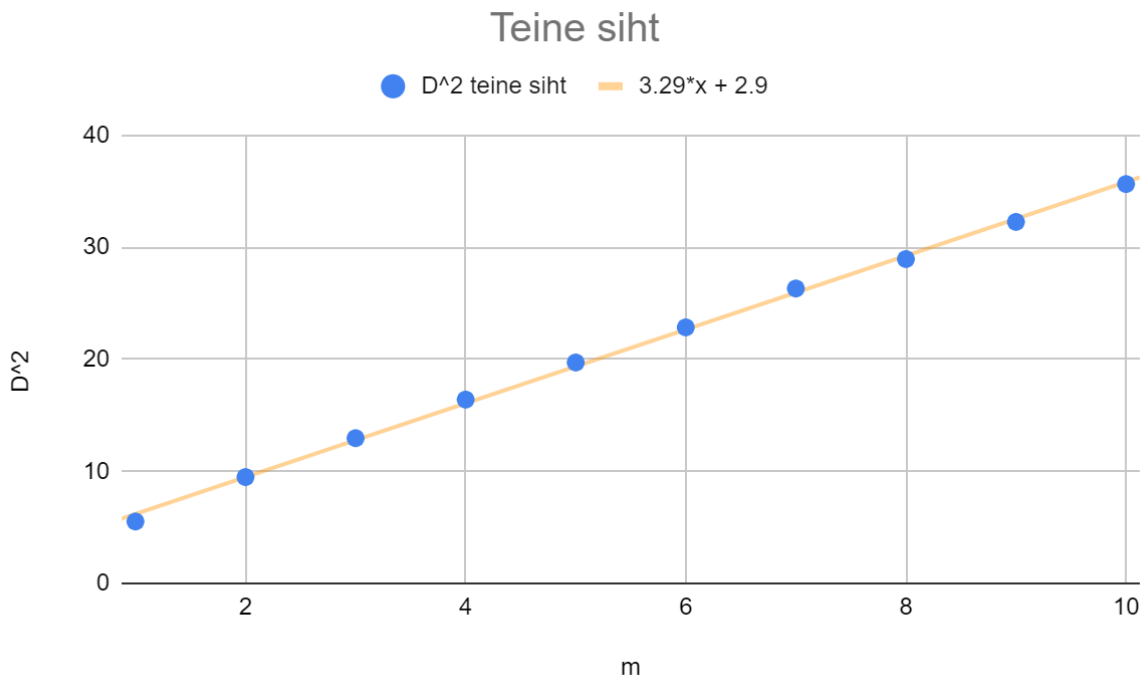
Int 2. Newtoni rõngad

Algandmed ja diameetri ruudu leidmine

m	1. siht vasak	1. siht parem	2. siht vasak	2. siht parem	3. siht vasak	3. siht parem	D ² esimene siht	D ² teine siht	D ² kolmas siht
10	32.2	38.18	35.65	41.62	31.46	37.49	35.7604	35.6409	36.3609
9	32.35	38.06	35.79	41.47	31.62	37.37	32.6041	32.2624	33.0625
8	32.5	37.9	35.96	41.34	31.76	37.23	29.16	28.9444	29.9209
7	32.65	37.76	36.06	41.19	31.91	37.07	26.1121	26.3169	26.6256
6	32.81	37.61	36.25	41.03	32.06	36.89	23.04	22.8484	23.3289
5	33	37.41	36.43	40.87	32.24	36.72	19.4481	19.7136	20.0704
4	33.19	37.23	36.62	40.67	32.44	36.5	16.3216	16.4025	16.4836
3	33.43	37.01	36.84	40.44	32.68	36.31	12.8164	12.96	13.1769
2	33.67	36.75	37.11	40.19	32.93	36.05	9.4864	9.4864	9.7344
1	34.1	36.43	37.46	39.81	33.26	35.71	5.4289	5.5225	6.0025

Diameetri ruudu ja interferentsi miinimumi järgu vaheline seos





Kõverusraadiuste leidmine

Nüüd kasutame seost 2.7, et tõusude ja lainepikkuste järgi leida kõverusraadiused R

$$D_m^2 = 4R\lambda m$$

Tõus esimeses sihis: 3.33

Tõus teises sihis: 3.29

Tõus kolmandas sihis: 3.36

Tavaline Na lamp töötab lainepikkusel 589,6 nm

Seega kõverusraadiused on:

$$R_1 = 1.41197422 \text{ m}$$

$$R_2 = 1.39501356 \text{ m}$$

$$R_3 = 1.42469471 \text{ m}$$

Leiame tõusu mõõtemääramatused kasutades pythoni koodi

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

x_values = np.array([10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1])
y_values = np.array([35.7604, 32.6041, 29.16, 26.1121, 23.04, 19.4481, 16.3216, 12.8164, 9.4864, 5.4289])

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

print("Slope:", slope)
print("Error in the slope:", std_err)
```

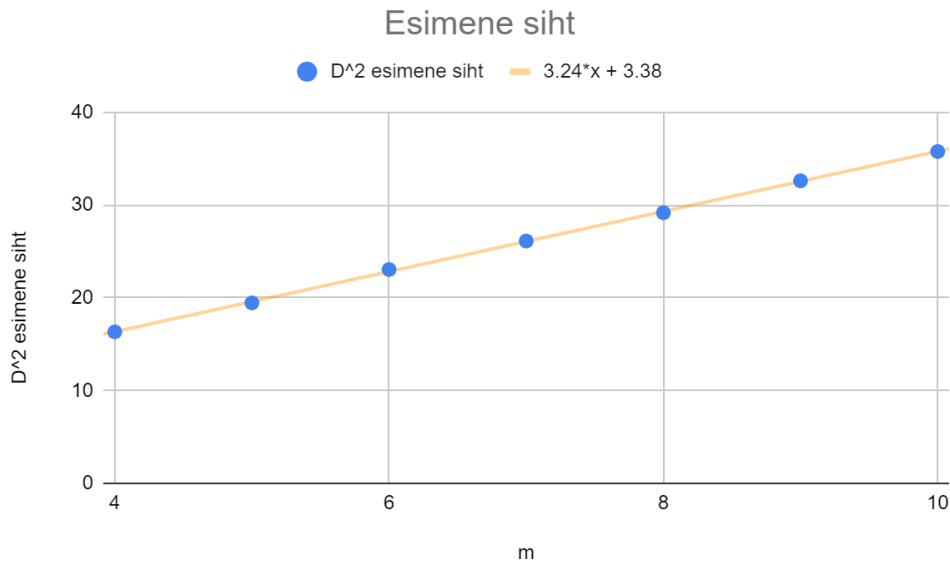
$$\Delta_1 = 0.0332108$$

$$\Delta_2 = 0.04052883$$

$$\Delta_3 = 0.02275217$$

Tõusu leidmine teisel viisil

Nüüd arvutame tõusu ja kõverusraadiuse esimeses sihis, ignoreerides kolme sisemise kihi diameetreid.



Tõus on nüüd 3.24 ning $R_4 = 1.373812754$

Mõõtemääramatus on $\Delta_4 = 0.02574822$

Kõverusraadiused erinevad 2.7% võrra

Mõõtemääramatused on loomulikult ka väiksem vähemate diameetritega

Kõverusraadiuste ja mõõtemääramatuste võrdlus

$R_1 = 1.41197422 \pm 0.0332108$ m

$R_2 = 1.39501356 \pm 0.04052883$ m

$R_3 = 1.42469471 \pm 0.02275217$ m

$R_4 = 1.373812754 \pm 0.02574822$ m

Kõigi nelja leitud kõverusraadiuse väärtuste usaldusvahemikud kattuvad, mis viitab sellele, et katsed on läbi viidud korrektselt ja tulemusi saab usaldada.

Nelja kõverusraadiuse keskmine on:

$R = 1.4032$ m

$\sigma = 0.0142$ m

Tundmatu lambi lainepikkuse leidmine

Arvutame lambi lainepikkuse teades juba läätse kõverusraadiust.

Teame eelnevast punktist, et kõverusraadius on $R = 1.4032\text{m}$. Arvutame diameetri ruudu.

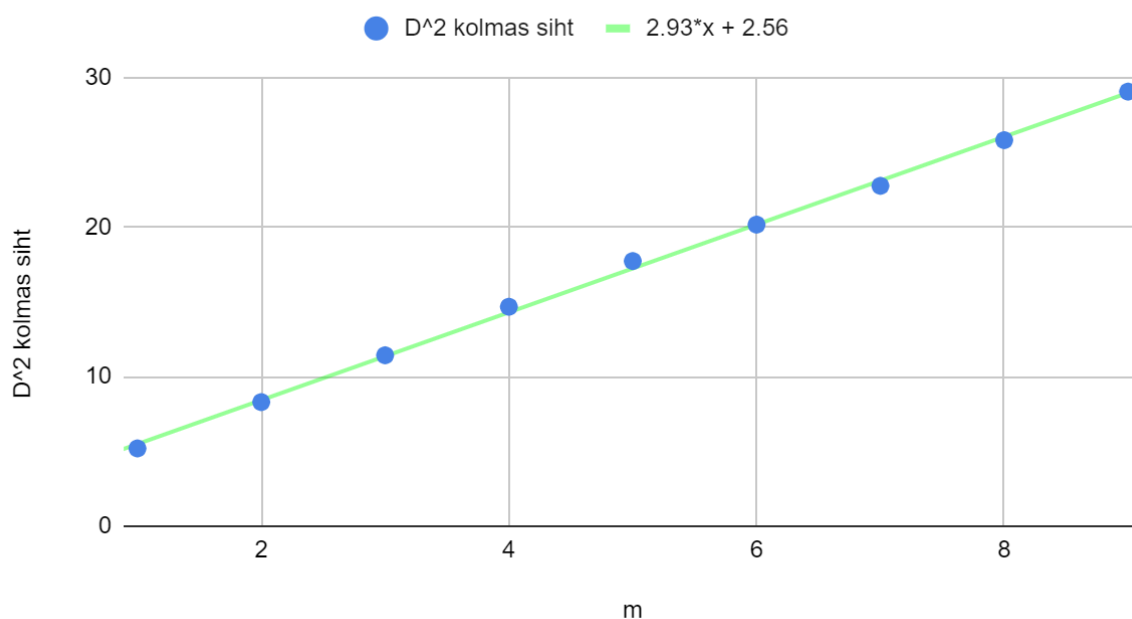
m	3. siht vasak (mm)	3. siht parem (mm)	D ² kolmas siht
9	31.69	37.08	29.0521
8	31.88	36.96	25.8064
7	32.04	36.81	22.7529
6	32.17	36.66	20.1601
5	32.33	36.54	17.7241
4	32.5	36.33	14.6689
3	32.73	36.11	11.4244
2	32.97	35.85	8.2944
1	33.28	35.56	5.1984

Kasutame järjekordselt valemit

$$D_m^2 = 4R\lambda m$$

Joonistame graafiku:

D² kolmas siht vs. m



Siit leiame, et graafiku tõus on 2.93 mm^2 . Selleks et leida lambda väärtuse jagame leitud tõusu 4R-iga.

$$\lambda = \frac{2.93 \text{ mm}^2}{4 * 1.4 \text{ m}} = 522 \text{ nm}$$

Tundmatu lainepikkuse väärtuseks saime 522nm.

Küsimused

1. Tasaparalleelne plaat: kuidas muutub interferentsipilt, kui suurendada plaadi paksust? (eeldame, et $m > M$)

Interferentspilt muutub nii, et ringide diameeter väheneb. See toimub kuna murdunud valguskiir läbib pikema teepikkuse teises materjalis ja seetõttu väljub kaugemal võrreldes peegeldunud kiirega.

$$\Delta = 2h\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} + \frac{\lambda}{2}$$

Antud valemist näeme, et h ja m on võrdelised, sest delta sisaldab liiget m . Seega kui h suureneb on samal kaugusel keskpunktist suurem m ehk rohkem interferentsi rõngaid sama pindala kohta.

2. Tasaparalleelne plaat: mis muutub, kui punktallikas asendada lõplike mõõtmetega allikaga?

Lõplike mõõtmetega allika puhul on saab interferentsipilt tekkida ainult kindlale kaugusele valgusallikast, ehk interferentsipilt on lokaliseeritud.

3. Tasaparalleelne plaat: hinnata, milline peaks olema suurim, et töös kasutatava plaadi puhul oleks $V > 0$. Kas tabelis toodud valgusallikad sobivad selleks?

$$m_{\max} = \lambda / \delta\lambda \quad M_{\max} = \frac{2hn}{\lambda} \quad m_{\max} > M_{\max}.$$

Kasutades ülalpool väljatoodud tingimusi, mis peavad kehtima selleks, et $V > 0$. Nendest saame avaldada $\delta\lambda$

$$\delta\lambda = \frac{\lambda^2}{2hn}$$

$$\delta\lambda = 7.8283611 \cdot 10^{-12}$$

Tabelis olevatest valgusallikatest Madalrõhu Cd lamp ja He/Ne laser sobiksid selleks.

4. Tasaparalleelne plaat: milline peaks olema maksimaalne plaadi paksus, et Na-lambi kasutamisel oleks $V > 0$.

$$m_{\max} = \lambda / \delta\lambda \quad M_{\max} = \frac{2hn}{\lambda} \quad m_{\max} > M_{\max}.$$

Kasutades ülalpool väljatoodud tingimusi, mis peavad kehtima selleks et $V > 0$. Nendest saame avaldada h :

$$h = \frac{\lambda^2}{2\delta\lambda n}$$

$$h = 7.09445224 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

5. Tasaparalleelne plaat: milline oleks interferentsipilt, kui klaasplaadile langeks paralleelne kiirtekimp?

Interferentsipilti ei tekiks, valgustatus oleks ühtlane. Intensiivsusega, mis on väiksem või võrdne algsega.

6. Newtoni rõngad: miks on interferentsipildi tsentris tume laik?

Newtoni rõngaste keskel on tume laik, kuna valguslained, mis peegelduvad läätse ja plaadi kokkupuutepunktist, on täpselt vastupidise faasiga sissetulevatele lainetele ning sellest tulenevalt tekib interferentsipildi keskel täielik destruktivne interferents.

7. Newtoni rõngad: millised muutused toimuvad interferentsipildis, kui kasutada väiksema kõverusraadiusega läätse?

Kui kasutada väiksema kõverusraadiusega läätse, siis rõngaste tihedus suureneb ja rõngaste läbimõõd väheneb.

8. Newtoni rõngad: millised muutused toimuvad interferentsipildis, kui läätse ja alusplaadi vahel oleks vesi?

Veest peegeldub rohkem valgus seega interferentsipilt on väiksema kontrastiga. Tänu veele ka faasi muutus on murdunud kiirel aeglasem ja seega konstruktiivne interferents tekib keskpunktist kaugemal ehk rõngad on laiema raadiusega.

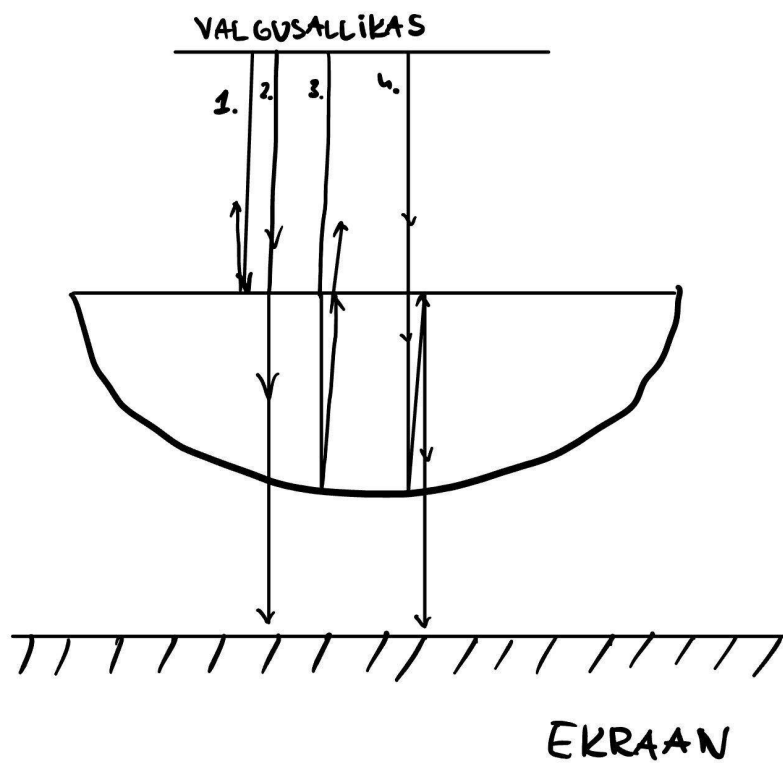
9. Newtoni rõngad: kas valges valguses on rõngad nähtavad? Kuidas nad välja näevad? Veenduge katseliselt.

Valges valguses on rõngad nähtavad, tekivad eri värvi rõngad. Kuna eri värvidel on erinevad lainepikkused, tekivad nende interferentsi tõttu erinevatel kaugustel eri värvi rõngad. Näha jääb vikerkaare taoline pilt.

10. Newtoni rõngad: kuidas muutub interferentsipilt, kui $\alpha > 0$?

Interferentsipilt muutub asümmeetriliseks. Kui kiired tulevad nurga all, siis peame arvestama ka murdumisnurgaga läätse pealt. Newtoni ringid venivad ühest otsast välja ja tekivad ovaalsed jooned.

11. Newtoni rõngad: joonistada interfereeruvate kiirte käik läbivas valguses. Kas sel juhul on interferentsipildi tsentris hele või tume laik?



Ekraanini jõuavad 1. ja 4. kiir, mis interfereeruvad. Olenevalt läätse paksusest võib keskmine laik olla tume või hele.