

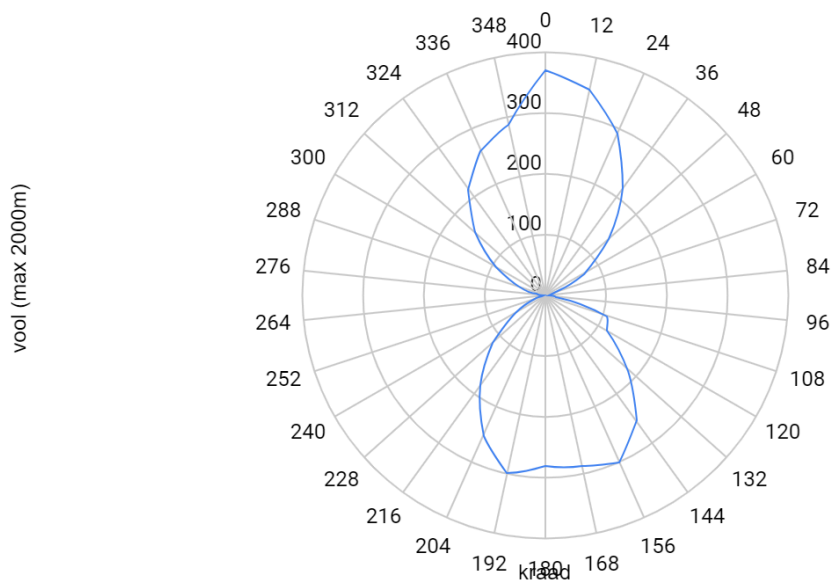
Praktilise töö protokoll nr. 10

Nimi ja eesnimi	Taavi Tammaru	Tööle lubatud	22.05.2024
Eriala	Füüsika	Aruanne esitatud	08.06.2024
Praktikumi juhendaja	Rasmus Talviste	Arvestatud	
TÖÖ PEALKIRI Polariseeritud valguse liigid			Juhendi kood 8.4
KATSEOBJEKTID 2 polaroidi, $\lambda/4$ -plaat			
Temperatuur 20C	Suhteline niiskus		Õhurõhk 1 atm
Mõõtevahendi nimetus	Tüüp	Tehase number	Mõõtepiirkond
			Täpsusklass või lubatud põhiviga
Abivahendid Naatriumlamp ($\lambda = 589.3 \text{ nm}$), pöördemehhanismid analüsaatori ja $\lambda/4$ -plaadi pööramiseks			

1. Lineaarselt polariseeritud valguse uurimine

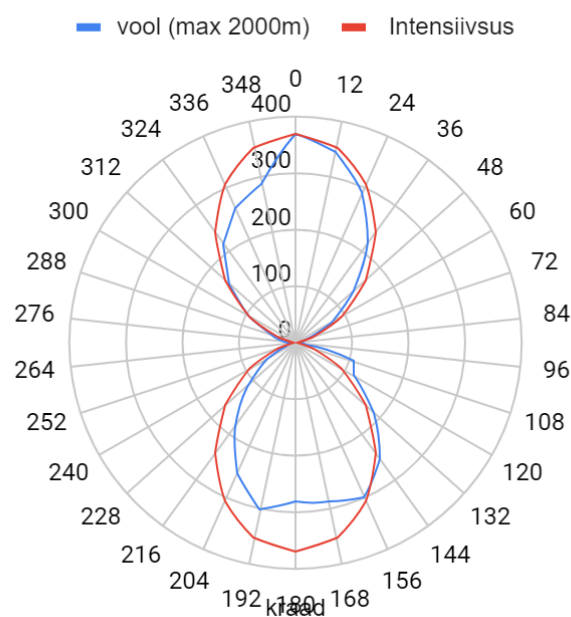
Esitame valguse kiirustiheduse sõltuvuse pöördenurgast graafikuna polaarkoordinaatides

vool (max 2000m) vs. kraad



Kasutades Malus'i seadust, saame sõltuvuse intensiivsuse ja nurga vahel. Lisame selle samale graafikule.

vool (max 2000m) ja Intensiivsus



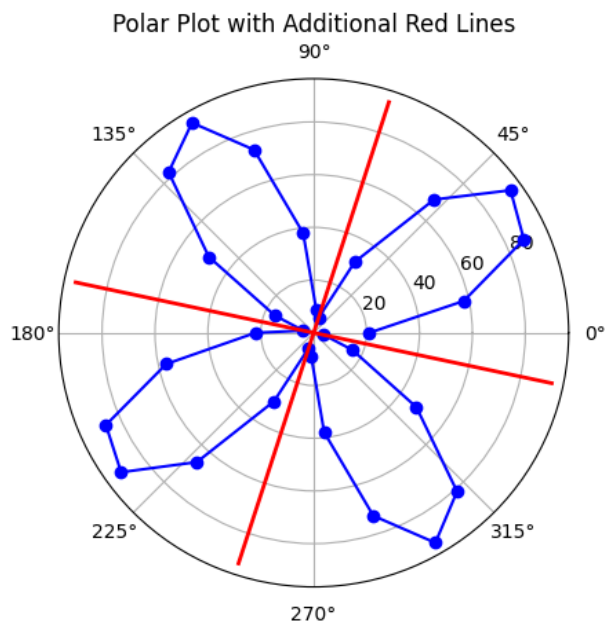
Erinevused tulenevad faktist, et mõõtevahendid kaotavad joonduse kasutamise käigus.

2. Ringpolariseeritud valguse saamine

Määrame $\lambda/4$ plaadi β - ja γ -sihid. Selleks seame analüsaatori läbilaske sihi võimalikult täpselt risti polarisaatoriga.

Nüüd lisame $\lambda/4$ plaadi.

Voolu sõltuvus pöördenurgast:

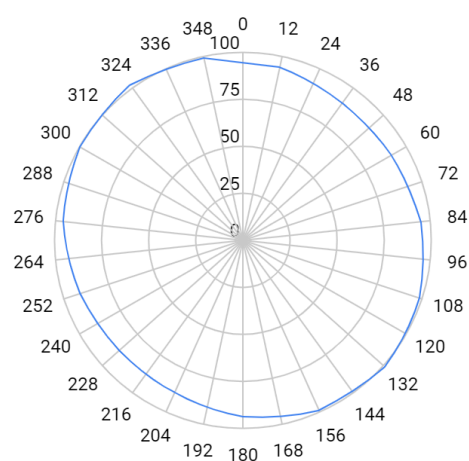


Punased jooned ühendavad minimaalse intensiivsusega punkte. Need jooned vastavad β - ja γ -sihidele, ehk kui valgus langeb neile siis tuleb sama polarisatsiooniga välja.

Punaste joonte nurgapoolitajad on kraadidel 30, 120, 210, 300.

Pöörame $\lambda/4$ -plaadi ühele γ - ja β -vahelisele nurgapoolitajale. Selles asendis $E_\beta = E_\gamma$ ja plaadist väljuv valgus on ringpolariseeritud. joonistame $I(\varphi)$ graafiku:

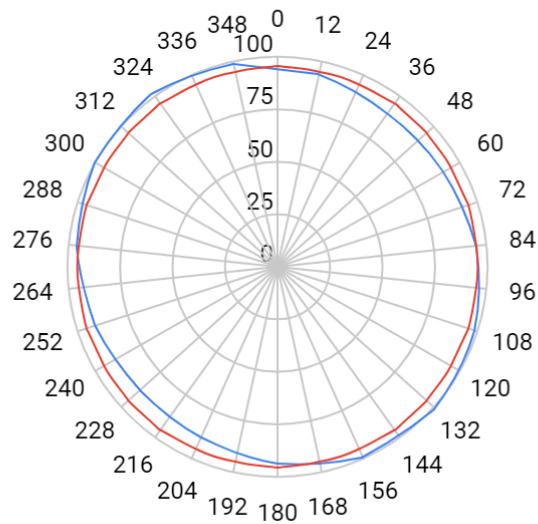
Kiiritustihedus vs nurk ringpolarisatsiooni korral



Võrdluseks tõmbame ringjoone, mille raadius vastab kiiritustiheduse keskväärtusele:

kiiritustiheduse keskväärtusega võrdlus

— vol kui muudame analüsaatorit ja veerandlainet plaati on 300kraadi
— keskmine

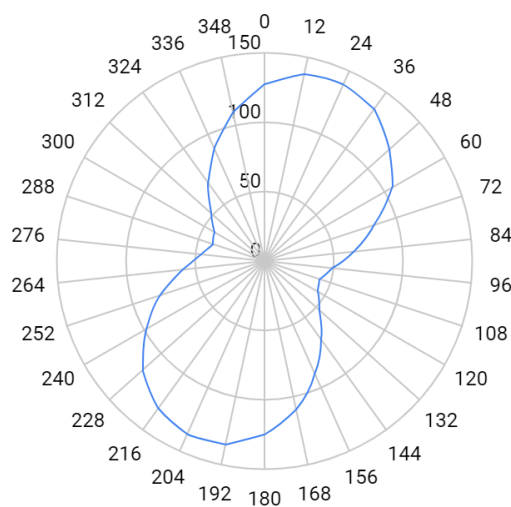


Tulemused on väga lähedal ringpolariseeritusele, aga siiski erinevad väikesel määral.

3. Elliptiliselt polariseeritud valguse saamine ja uurimine

Pöörake / 4 -plaati kuni 20 võrra asendist, mis vastab ringpolariseeritud valgusele. plaadist väljuv valgus peab olema elliptiliselt polariseeritud. Joonistame $I(\varphi)$ graafiku:

Intensiivsuse ja nurga suhe elliptilise polarisatsiooni puhul



Orienteerime mõõdetud sõltuvust nii, et $E_\beta = E_\gamma$ ühtiksid koordinaattelgedega x ja y. Kiiritustiheduse graafiku põhjal leiame ka elektrivälja tugevuse sõltuvuse polaarnurgast φ .

Võrdleme ellipside pooltelgede suhet:

$$\sqrt{\frac{I_{\max}}{I_{\min}}} = \sqrt{\frac{142}{40}}$$

$$\sqrt{\frac{142}{40}} = \sqrt{3.55}$$

$$\sqrt{3.55} \approx 1.88$$

Nüüd leiame teoreetilise väärtuse

$$\frac{E_\beta}{E_\gamma}$$

$$\frac{E_\beta}{E_\gamma} = \frac{\sin(\alpha) \cdot E_0}{\cos(\alpha) \cdot E_0}$$

$$\frac{\sin(\alpha) \cdot E_0}{\cos(\alpha) \cdot E_0} = \frac{\sin(\alpha)}{\cos(\alpha)} = \tan(\alpha)$$

$$\tan(68^\circ) \approx 2.475$$

Empiiriline väärtus ja teoreetiline väärtus erinevad vähesel määral, viga on 24.4%.

Leiame nüüd teoreetilise ellipsi

$$a = \sqrt{42} = 6.480740698$$

$$b = \sqrt{140} = 11.83215957$$

Arvutame x-koordinaadid järgneva valemiga:

$$x = a \cos \varphi$$

ning y-koordinaadi teoreetilise väärtuse leiame valemiga:

$$y = b \sin \varphi$$

y-koordinaadi eksperimentaalse väärtuse saame valemiga:

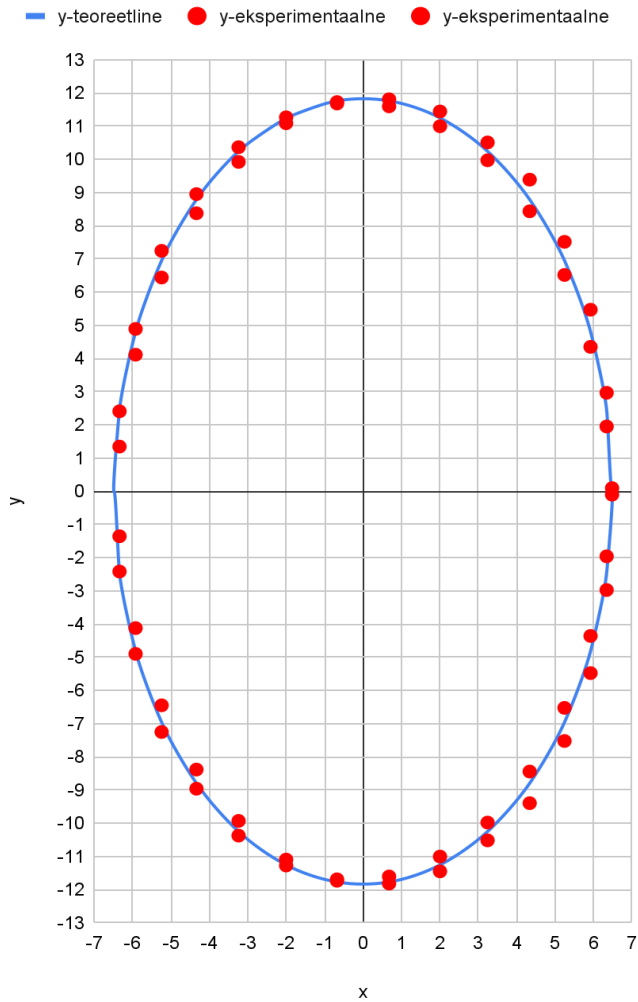
$$y = \sqrt{I(\varphi) - x^2}$$

Arvutades x ja y väärtused saame vastava tabeli:

kraad	x	y-teoreetiline	y-eksperimenta alne
0	-2.002430124	11.25099859	11.090098
12	-0.677344442	11.76519402	11.72779623
24	0.677344442	11.76519402	11.81275601
36	2.002430124	11.25099859	11.44509823
48	3.24	10.24508053	10.51201218
60	4.335966329	8.791403285	9.391453348
72	5.242430124	6.953499535	7.517774032
84	5.919774566	4.811694488	5.473232052
96	6.338396453	2.459595302	2.97064478
108	6.48	0	0.09797958971
120	6.338396453	-2.459595302	1.955691798
132	5.919774566	-4.811694488	4.353879775
144	5.242430124	-6.953499535	6.520500472
156	4.335966329	-8.791403285	8.437973453
168	3.24	-10.24508053	9.975088972
180	2.002430124	-11.25099859	10.99955788
192	0.677344442	-11.76519402	11.59918982
204	-0.677344442	-11.76519402	11.6850847
216	-2.002430124	-11.25099859	11.26899612
228	-3.24	-10.24508053	10.36833641
240	-4.335966329	-8.791403285	8.955411548
252	-5.242430124	-6.953499535	7.246856312
264	-5.919774566	-4.811694488	4.894514184
276	-6.338396453	-2.459595302	2.413447826
288	-6.48	0	0
300	-6.338396453	2.459595302	1.350825824
312	-5.919774566	4.811694488	4.117799059
324	-5.242430124	6.953499535	6.443362973
336	-4.335966329	8.791403285	8.378507981
348	-3.24	10.24508053	9.92483753
	-2.002430124	11.25099859	0

Järgmiseks kujutame graafikul teoreetilise ellipsi sinise joonega ning eksperimentaalselt leitud ellipsi väärtused punaste punktidega:

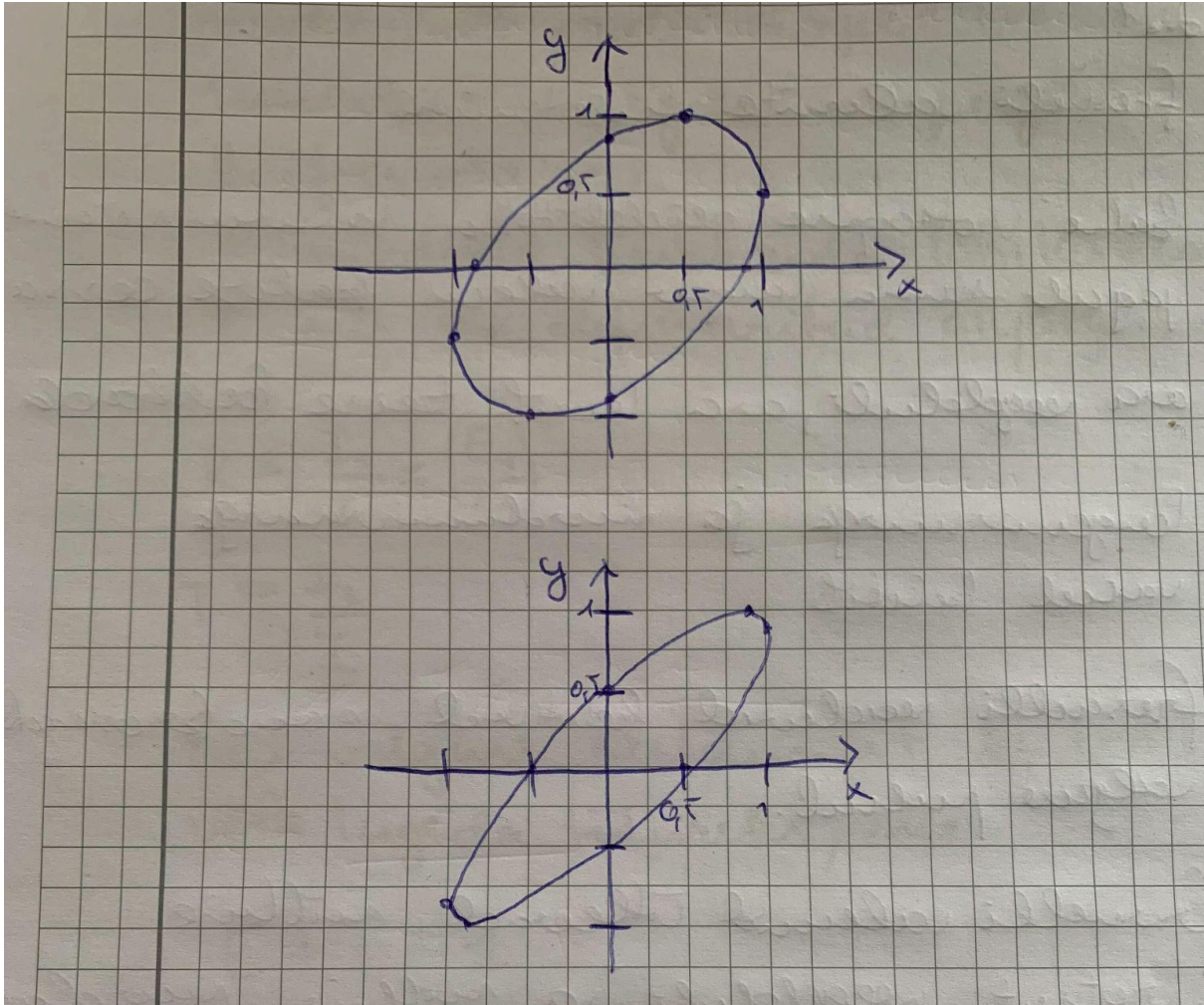
Teoreetiline vs eksperimentaalne Elektrivälja väärtus



Küsimused

1. Kasutades osas 1.2 toodud tabelit joonista E trajektooriid juhtude $\delta = \pi/3$ and $\delta = -\pi/6$ jaoks.

Kui $\delta = \frac{\pi}{3}$, siis saame ülemise E vektori trajekttoori kui $\delta = \frac{-\pi}{6}$, siis saame alumise variandi.



2. Milline on $\lambda/4$ -plaadi minimaalne paksus, kui murdumisnäitajate vahe on 0,0042? See plaat on ilmselt väga õhuke. Kui paks peaks tegelikult olema $\lambda/4$ -plaat, et tema paksus oleks võimalikult lähedane 0,2 millimeetrile?
-kasutame valemit

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda_0} \Delta = \frac{2\pi}{\lambda_0} d(n_2 - n_1),$$

$$\frac{\pi}{2} = \frac{2\pi}{500 \times 10^{-9}} d \times 0.0042$$

$$\frac{\pi}{2} = \frac{8.4\pi \times 10^7}{5} d$$

$$\frac{1}{2} = \frac{8.4 \times 10^7}{5} d$$

$$d = \frac{0.5 \times 5}{8.4 \times 10^7}$$

$$d = \frac{2.5}{8.4 \times 10^7}$$

$$d = 2.97619047619048 \times 10^{-5} \text{ meetrit}$$

$$d = 2.97619047619048 \cdot 10^{-5} \text{ meetrit}$$

Nüüd leiame paksuse mille puhul on faasivahe 2π

$$d' = 4 \times 2.97619047619048 \times 10^{-5} \text{ meetrit}$$

$$d' = 1.19047619047619 \cdot 10^{-4} \text{ meetrit}$$

$$d' \times n + d$$

$$d' \times n = 1.19047619047619 \times 10^{-4} \times 16.536$$

$$d' \times n \approx 1.968857142857143 \times 10^{-3}$$

$$d' \times n + d \approx 1.968857142857143 \times 10^{-3} + 0.0297619047619048 \times 10^{-3}$$

$$1.998619047619048 \times 10^{-3} \text{ meetrit}$$

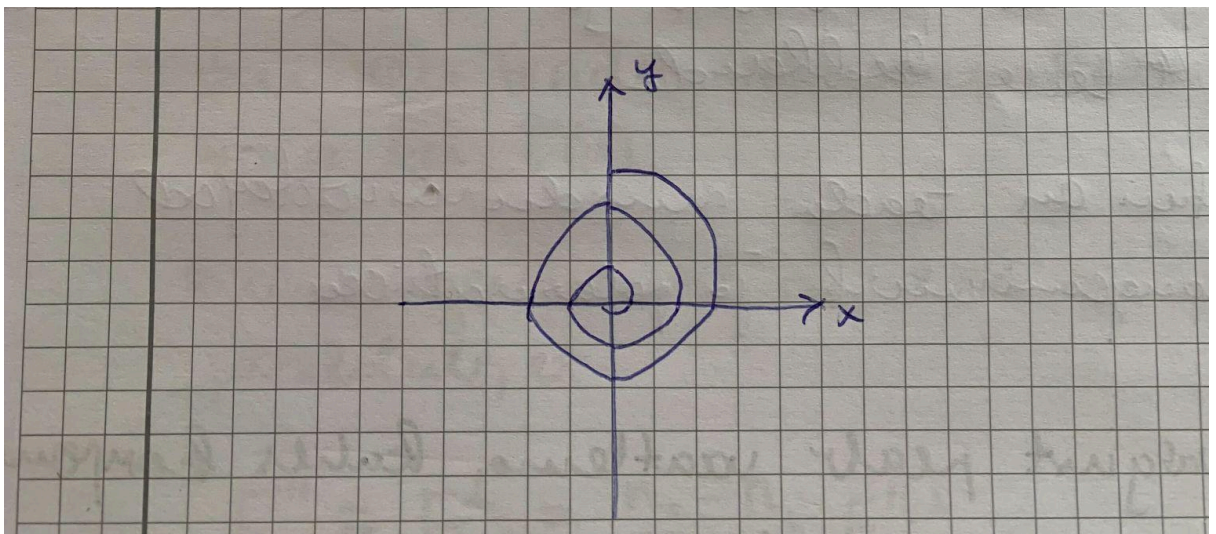
Plaadi paksus peaks olema 1.998619047619048 millimeetrit.

3. Kuidas on valgus polariseeritud pärast / 2 -plaadi läbimist, kui langev valgus on lineaarselt polariseeritud ja $E = E$?

- Seega, pärast $\lambda/2$ plaadi läbimist on lineaarselt polariseeritud valguse suund pööratud 90 kraadi võrra algse polarisatsiooni suuna suhtes. See tähendab, et kui esialgne polarisatsioon oli 45 kraadi β -telje suhtes, siis lõplik polarisatsioon on 135 kraadi β -telje suhtes (või samaväärselt, 45 kraadi γ -telje suhtes, kuid vastassuunas). Valgus jääb lineaarselt polariseerituks, kuid polarisatsioonitasand on pööratud 90 kraadi võrra.

4. Kuidas näeb välja vektori E konstantse faasi projektsioon tasandile $z = \text{const}$, kui valgus on ringpolariseeritud, keskkond aga neelab valgust, s.t et $2 \cdot 1$ z korral $() () 0 2 0 1 E z E z$?

- Me saame graafiku, kus sagedus jääb samaks, aga amplituud väheneb, ehk tekib spiraal, mis liigub sissepoole.



5. Millised tingimused peavad olema täidetud ringpolariseeritud valguse saamiseks?

- em laineid indutseeriv laeng peab kiirendama ringikujulisel trajektoorigil.
- Aga kui soovid seda kunstlikult saavutada, siis peab alustama lineaarselt polariseeritud lainega, kasutama veerandlainet plaati, langeva valguse oleks 45 kraadi all veerandlainet plaadi optilisest teljest ja peab tekkima 90 kraadine faasinihe.

6. Milline valgus väljub $\lambda/4$ -plaadist, langev valgus on ringpolariseeritud?

- lineaarselt polariseeritud valgus väljub.

7. Kuidas on polariseeritud $\lambda/4$ -plaadist väljuv valgus, kui talle langeb loomulik valgus?

- Loomulik valgus jääb loomulikuks valguseks pärast veerandlainet plaadi läbimist. kuna kõik muutused on kompenseeritud teiste muutuste poolt.

8. Millise täpsusega võib lugeda kasutatavaid polaroide ideaalseteks? Kas peab kõrvalekaldumist ideaalsetest polaroididest arvestama lineaarselt polariseeritud, ringpolariseeritud, elliptiliselt polariseeritud valguse korral?

- Kõrgema kvaliteediga polaroide saab lugeda ideaalseks kui suhe valguse intensiivsuse vahel, mis on mööda valguse läbilaksetelge ja mis on risti sellega on 100 000:1.
- Ringpolariseeritud valguse korral peab arvestama suurema kõrvalekaldega, ideaalsest polaroidist, sest sa peab kasutama kahte plaati.