

Biezuma mērijumi, izmantojot dubultlaušanu (10 punkti)

Kļūdas šajā uzdevumā nav jāreķina.

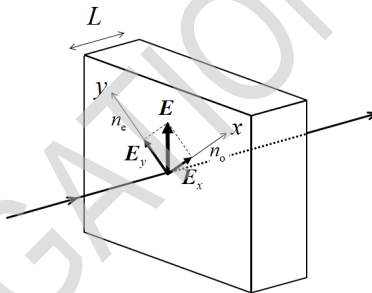
Dubultlaušana ir kristāla optiskā īpašība, ka gaismas dažādām polarizācijām ir atšķirīgi laušanas koeficienti un izplatīšanās ātrumi.

Ja lineāri polarizēta gaisma krīt perpendikulāri virsmai, ko veido ortogonālas dubultlauzoša kristāla asis x un y (1. attēls), tad krītošās gaismas elektriskais lauks \mathbf{E} ieejot kristālā sadalās divās ortogonālās polarizācijas komponentēs \mathbf{E}_x un \mathbf{E}_y ar atbilstošiem gaismas laušanas koeficientiem n_o un n_e . Gaismai izejot cauri kristālam ar biezumu L , polarizācijas x komponentes fāze izmainīsies par Γ_x un polarizācijas y komponentes fāze izmainīsies par Γ_y , atbilstoši formulām.

$$\Gamma_x = \frac{2\pi}{\lambda} n_o L, \quad (1)$$

$$\Gamma_y = \frac{2\pi}{\lambda} n_e L, \quad (2)$$

kur λ ir gaismas viļņa garums vakuumā.



1. attēls: Lineāri polarizētas gaismas vertikāla elektriskā lauka \mathbf{E} sadalīšana ortogonālās kristāla dubultlauzošā kristāla komponentēs, gaismai krītot perpendikulāri.

Fāžu starpība Γ starp abiem stariem ir šāda.

$$\Gamma = \Gamma_y - \Gamma_x = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta n L, \quad (3)$$

kur

$$\Delta n = n_e - n_o \quad (4)$$

ir dubultlaušanas koeficients. Tā kā gaismas elektriskais lauks ir komponentu \mathbf{E}_x un \mathbf{E}_y vektoriāla summa ar fāžu starpību Γ , tad gaismai pēc izešanas cauri kristālam ir polarizācijas komponente, kas ir perpendikulāra krītošās gaismas sākotnējai lineārajai polarizācijai.

Ar I_{\parallel} un I_{\perp} attiecīgi apzīmēsim cauri kristālam izgājušās gaismas intensitāti paralēli un perpendikulāri krītošās gaismas lineārās polarizācijas virzienam. Turpmāk krītošās gaismas lineārās polarizācijas virziens (\mathbf{E} 1. attēlā) ir 45° attiecībā pret x asi un perpendikulārās komponentes normētā intensitāte I_{Norm} ir aprēķināma šādi.

$$I_{\text{Norm}} = \frac{I_{\perp}}{I_{\text{Total}}} = \sin^2 \frac{\Gamma}{2}, \quad (5)$$

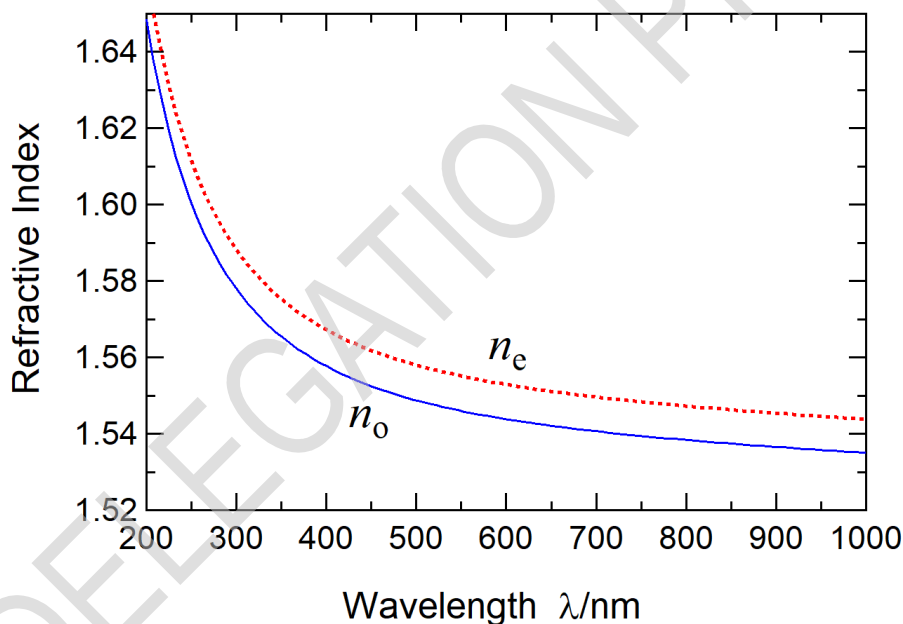
kur I_{Total} ir kopējā izstarotās gaismas intensitāte, $I_{\parallel} + I_{\perp}$.

Eksperimentā sanāk, ka I_{Norm} svārstās no 0 līdz 1, mainot krītošās gaismas viļņa garumu. Tādiem viļņa garumiem λ_m ($m = 1, 2, 3, \dots$), pie kura $I_{\text{Norm}} = 0$, atbilstošām fāžu starpībām Γ_m jāizpildās:

$$\Gamma_m = \frac{2\pi}{\lambda_m} \Delta n(\lambda_m) L = 2\pi m. \quad (6)$$

Šis vienādojums ļauj noteikt kristāla biezumu L , ja, pie zināma $\Delta n(\lambda_m)$, varam izmērīt dažus λ_m .

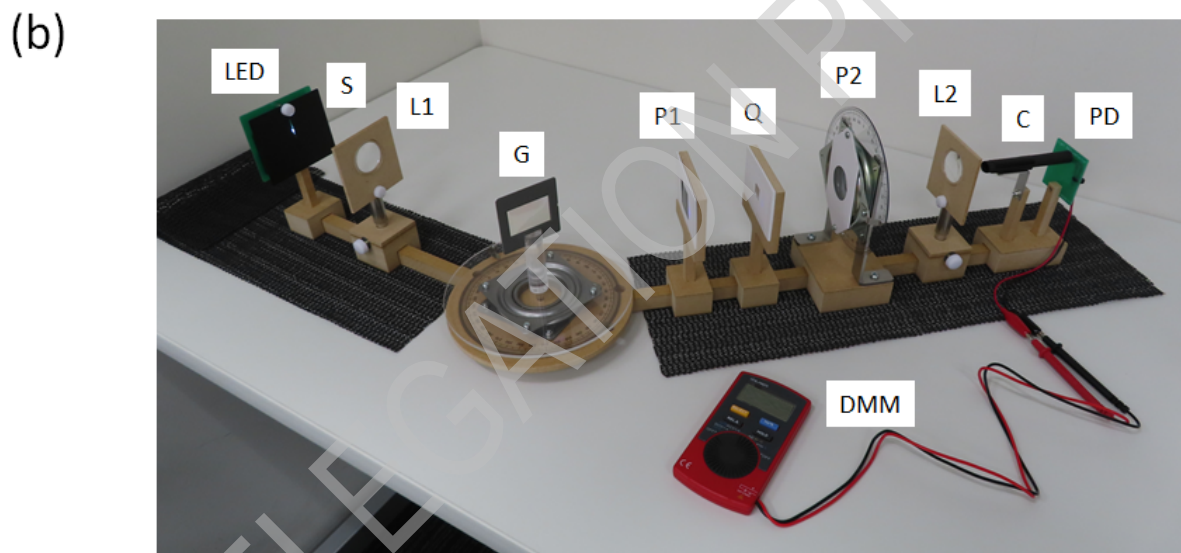
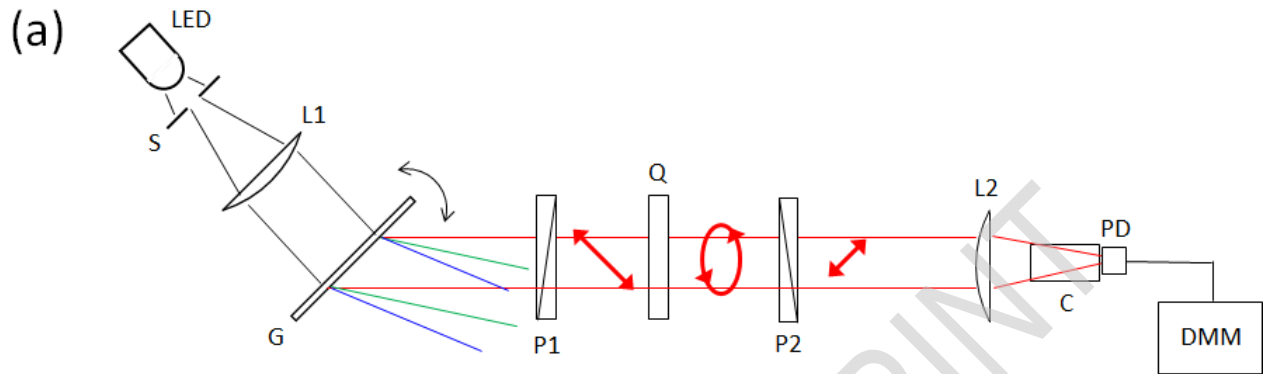
Šajā eksperimentā jūs noteiksiet kvarca plāksnītes biezumu. Kvarcs ir dubultlauzošs kristāls, un tā laušanas koeficientu n_o un n_e atkarība no gaismas viļņa garuma vakuumā parādīti 2. attēlā un tabulā uzdevuma beigās.



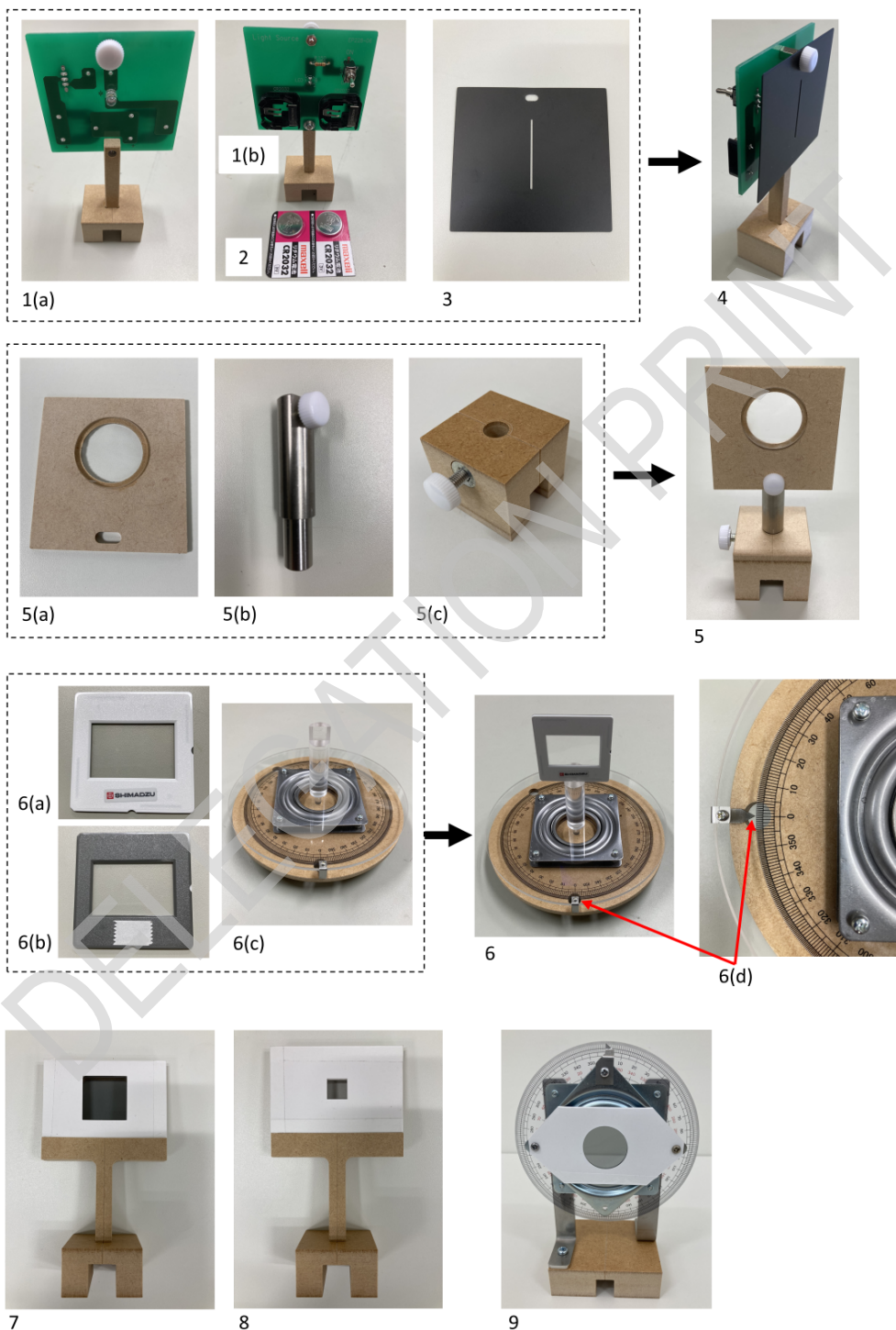
2. attēls: Kvarca laušanas koeficientu n_o un n_e atkarība no viļņa garuma vakuumā.

3. attēlā parādīta iekārtas uzbūve ar kuru var izmērīt kristāla biezumu 4. un 5. attēlā ir attēlotas optomehāniskās un fotoniskās iekārtas sastāvdaļas. Kā gaismas avots tiek izmantota balta gaismas diode (LED), kas satur zilu LED un luminoforu. Kad gaisma no zilās LED apstaro fosforu, tas tālāk izstaroto balto gaismu ar nepārtrauktu spektru. Tālāk gaisma nonāk caurejošā difrakcijas režģī **G**, kur gaisma tiek sadalīta spektrā un tālāk lineāri polarizēta ar polarizatoru **P1**. Tālāk gaismai polarizācijas virziens (**E** 1. attēlā) ir 45° leņķī pret kvarca plāksnes **Q** x ass virzienu. Nolasīt cauri kristālam **Q** izgājušās gaismas polarizācijas komponentes, t. i., paralēli un perpendikulāri **P1** polarizācijas virzienam, var pagriežot polarizatoru **P2** atbilstošā virzienā. Tālāk esošais fotodetektors mēra gaismas intensitāti.

Experiment

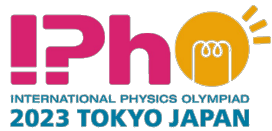


3. attēls: (a) iekārtas shēma un (b) fotogrāfija biezuma mērīšanai. **LED**: baltā LED, **S**: sprauga, **L1**: lēca paralēlu staru iegūšanai, **G**: caurejošs difrakcijas režģis, **P1**: polarizators, **Q**: kvarca plāksnīte, **P2**: polarizators ar maināmu virzienu, **L2**: fokusējoša lēca, **C**: gaismas aizsarga cilindrs, **PD**: fotodetektors, **DMM**: digitālais multimetrs.



4. attēls: Sastāvdaļas: **1(a)** baltā LED (skats no priekšpuses); **1(b)** baltā LED (skats no aizmugures); **2.** baterijas; **3.** sprauga(S 3. attēlā); **4.** LED ar pievienotu spraugu; **5.** lēca ar statīvu (**L1**, **L2** 3. attēlā); **5(a)** lēca; **5(b)** statīva balsts; **5(c)** statīva pamatne; **6.** caurejošs difrakcijas režģis (**6(a)** priekšpuse; **6(b)** aizmugure ar līmlenti; **6(c)** rotējoša pamatne ar leņķiem) (**G** 3. attēlā); **6(d)** rotācijas leņķa nolasišana uz pamatnes; **7.** polarizators (**P1** 3. attēlā); **8.** kvarca plate (**Q** 3. attēlā); **9.** polarizators uz rotējošas pamatnes (**P2** 3. attēlā).

Experiment



Q2-5

Latvian (Latvia)



5. attēls: Sastāvdaļas (turpinājums): **10.** gaismas aizsarga cilindrs ar magnētu (**C 3.** attēlā); **11.** cilindra stiprinājums; **12.** fotodetektors (**PD 3.** attēlā); **13.** fotodetektors ar cilindru; **14.** digitālais multimetrs (**DMM 3.** attēlā); **15.** īsā optiskā sliede; **16.** garā optiskā sliede; **17.** plāksnīte ar milimetru režģi; **18.** balta plāksnīte; **19.** melna plāksnīte; **20.** pretslīdes paklājiņi; **21 & 22.** gaismas aizsarga kaste (pirms montāžas un jau samontēta).

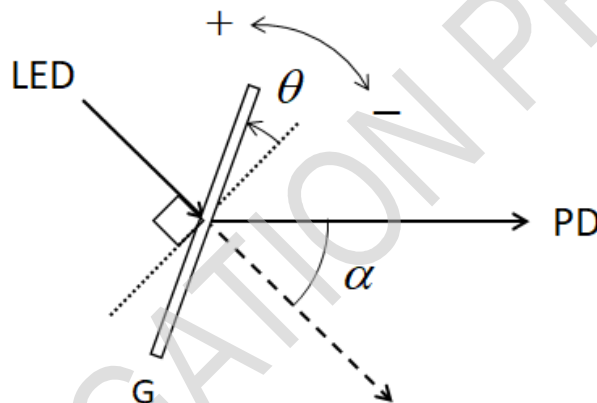
A daļa. Sistēmas iestatīšana (2,3 punkti)

Uz režģa virsmu krīt no LED nākošā gaisma (6. attēls). Difrakcijas režģa **G** leņķis θ ir 0° , ja gaisma krīt perpendikulāri tam. Režģa rotācija pretēji pulksteņrādītāja kustības virzienam ir pozitīva, bet pulksteņrādītāja virzienā - negatīva. Pirmās kārtas difrakcijas leņķis α ir leņķis starp ienākošo un izejošo staru, kā parādīts attēlā. Zinot **G** režģa konstanti d un leņķi θ , viļņa garumu λ dotajā virzienā aprēķina:

$$\lambda = d \sin(\alpha - \theta) + d \sin \theta \quad (7)$$

$$= 2d \sin \frac{\alpha}{2} \cos \left(\frac{\alpha}{2} - \theta \right). \quad (8)$$

Turpmāk izmanto, ka $d = 1.00 \mu\text{m}$ un fiksētu difrakcijas leņķi $\alpha = 40.0^\circ$.



6. attēls: Caurlaides difrakcijas režģa **G** rotācijas leņķis θ un difrakcijas leņķis α .

A.1	Aprēķini visgarāko viļņa garumu λ , ko var novirzīt dotajā leņķī, un ar to saistīto θ .	0.3 pt
------------	--	--------

A.2	Atrodiet θ viļņa garumam $\lambda = 440 \text{ nm}$.	0.2 pt
------------	--	--------

Sistēmas iestatīšanas procedūras ir šādas.

[1] Saliec plāksni ar milimetru režģi izmantojot kājiņu (**17.(b)**) un novieto to vertikāli (**17. 5. att.**).

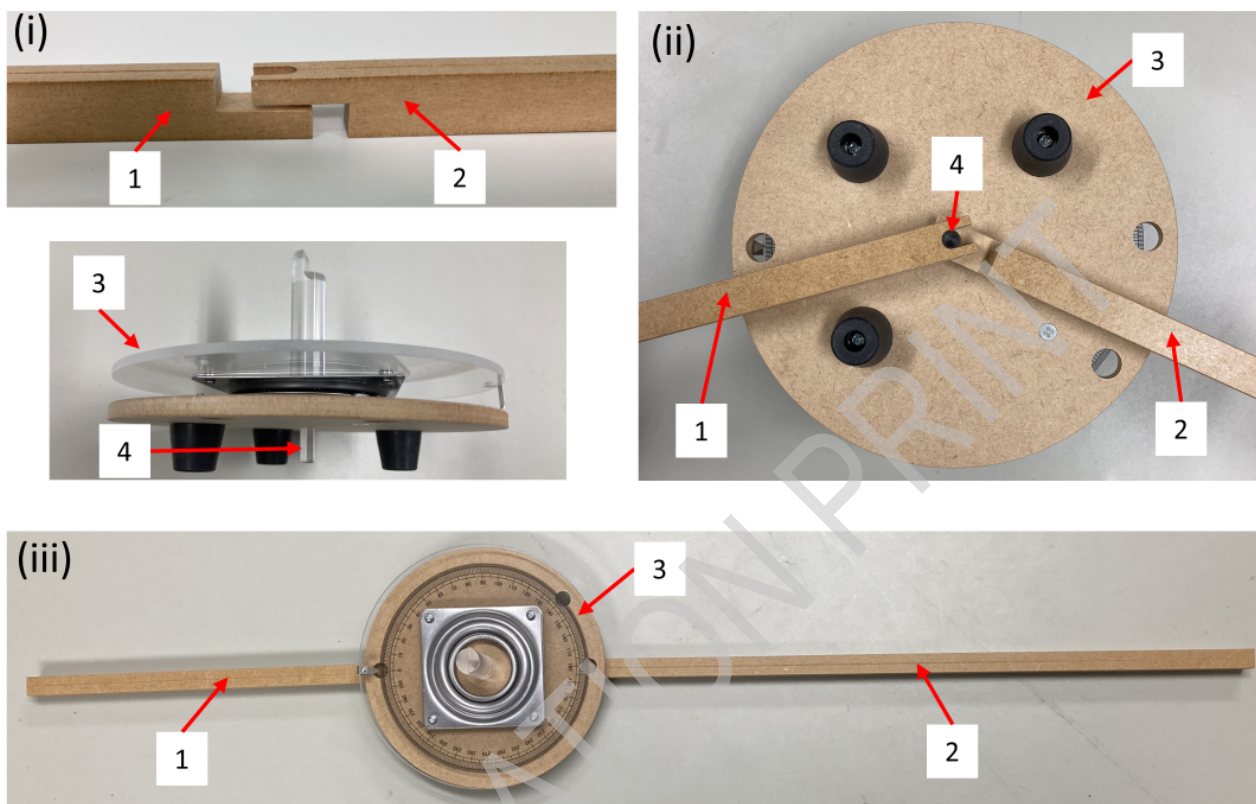
[2] Pievieno divas baterijas uz baltā LED moduļa. baterijas "+" pusei jābūt vērstai pret tevi.

[3] Ieslēdz LED.

[4] Noskrūvē balto skrūvi LED moduļa priekšpusē. Piestiprini spraugu pie LED moduļa ar šo skrūvi (**4. att. 4**). Izmantojot skalas komplektu, noregulē spraugas pozīciju, lai izstarotās baltās gaismas plūsma būtu visspilgtākā, un izmēriet staru kūļa centra augstumu spraugas izejā (priekš [9] procedūras).

[5] Novieto garās sliedes U-veida galu uz īsās sliedes U-veida gala (7. attēls (i)). Ievieto rotācijas asi, kas izvēršas no rotējošās pamatnes apakšējās virsmas, "virtuālajā caurumā", ko veido sliežu savienojums (7. attēls (ii)). Nodrošini brīvu un vienmērīgu abu sliežu rotāciju ap izveidoto asi, ņemot vērā 7. attēla iii) punktu. Noliec uz galda un pagriez garo sliedi tā, lai $0^\circ \leq \alpha \leq 40.0^\circ$.

Experiment



7. attēls: **(i)** U-veida īsās sliedes gals ar zem garās sliedes U-veida gala, kas veido "virtuālu caurumu". **(ii)** "Virtuālajā caurumā" ievieto asi, kas izvirzās no rotējošās pamatnes apakšējās virsmas. **(iii)** Skats uz rotējošo pamatni no augšas ar sliedēm, kas var brīvi rotēt ap asi. **1.** īsā sliede; **2.** garā sliede; **3.** rotējošā pamatne ar leņķiem; **4.** pamatnes ass.

[6] Novieto īsās sliedes viduslīniju pret pamatnes 0° atzīmi. Zem īsās sliedes var novietot pretslīdes loksnī un šo sliedi vairs nepārvietot.

[7] Saliec lēcas (**5.** 4. attēlā).

[8] Novieto LED moduli ar spraugu un lēcu (**L1** 3. att.) uz īsās sliedes. Noregulē attālumu starp spraugu un **L1** tā, lai gaismas kūļa izmērs pēc izešanas cauri **L1** būtu gandrīz nemainīgs, t. i., kolimēts, visā gaismas ceļā.

[9] Izmantojot plāksni ar milimetra režģi, izmēri gaismas kūļa centra augstumu pēc lēcas **L1**. Noregulē **L1** augstumu, atskrūvējot balsta pamatnes regulēšanas skrūvi un pēc vajadzības pārvieto balstu, lai gaismas kūļa augstums būtu gandrīz tāds pats kā uzreiz pēc spraugas.

[10] Saskaņo garās sliedes viduslīniju ar 180° leņķi uz pamatnes leņķu skalas.

[11] Maini lēcas horizontālo pozīciju (**5(a)** 4. attēlā), atskrūvējot balsta augšējo regulēšanas skrūvi un pārvietojot lēcu pa labi vai pa kreisi. Gaismas kūļa centram pēc **L1** jāsakrīt ar garās sliedes centra līniju. Plāksni ar milimetru režģi var novietot otrādi virs garās sliedes.

[12] Noņem uz abpusējās līmlentes aizsargkārtu, kas atrodas uz difrakcijas režģa aizmugurējās puses (**6(b)** 4. attēlā) un piestiprini difrakcijas režģi pie vertikālās ass augšējās daļas (**6** 4. attēlā).

[13] Režģa priekšējai pusei jābūt pret gaismas avotu un pagrieziet pamatni tā, lai atstarotā gaisma no-

nāktu atpakaļ spraugā, t. i., $\theta = 0^\circ$ (perpendikulārā krišana). Pieraksti rotācijas statīva leņķi θ_{Stage} . To lietosim jautājumā B.1.

[14] Pārviesto garo sliedi ap asi tā, lai $\alpha = 40.0^\circ$ (6. attēls). Nostiprini garās sliedes virzienu, zem sliedes paliekot pretslīdes paklājiņu, lai novērstu nejaušu nobīdi.

[15] Uz garās sliedes novieto otru lēcu (**L2** 3. attēlā) un fotodetektoru (**PD** 3. attēlā) ar cilindra stiprinājumu. Lai fokusētu izkliedēto gaismu uz **PD**, noregulē attālumu starp **PD** un **L2** uz garās sliedes, kā arī **L2** augstumu. Tādējādi staru kūļa diametrs tiek samazināts līdz minimumam. Pārbaudi staru kūļa diametru, izmantojot balto kartiņu. Ja tas ir pārāk vājš, lai to atpazītu ar neapbruņotu aci, izmanto gaismas aizsegu, lai aizsegtu **PD** no apkārtējā apgaismojuma.

[16] Uzstādi gaismas aizsarga cilindru uz stiprinājuma (**13** 5. att.). Gaismas aizsargs samazina līdz minimumam nevēlami uztveramo gaismu.

[17] Savieno **PD** ar **DMM**. Sarkanais (melnais) vads savienots ar sarkano (melno) spaili. Iestati multimetru līdzstrāvas sprieguma mērīšanas režīmā.

[18] Noregulē **L2** augstumu, lai maksimāli palielinātu **DMM** rādījumus. Turpmākā tekstā gaismas intensitāte ir domāta **DMM** sprieguma vērtības.

A.3 Pagriez rotējošo pamatni un atrod leņķi θ un atbilstošo viļņa garumu λ_{peak} , pie kura zilā LED intensitāte ir maksimāla. Ja iegūtā λ_{peak} vērtība ir 450 - 460 nm diapazonā, tad sistēma ir iestatīta; ieraksti atbilžu lapā $\alpha = 40.0^\circ$ un dodies pie nākamjiem jautājumiem. Pretējā gadījumā tev jānosaka pareizā α vērtība. Nemaiņot pārējos iestatījumus, jāmaina α vērtība, līdz λ_{peak} iekrīt pareizajā diapazonā. Pieraksti iegūto α vērtību atbilžu lapā un izmanto to uzdevuma turpinājumā. 0.8 pt

[19] Uzstādi polarizatorus (**P1** un **P2** 3. att.) uz garās sliedes.

A.4 Pagriez difrakcijas režģi pozīcijā $\theta = -15.0^\circ$. Skaties **DMM** rādījumus un atrod polarizatora **P2** leņķi φ_\perp , kurā polarizācijas virziens ir perpendikulārs caur polarizatoru **P1** izstarotās gaismas polarizācijas virzienam. No šī rezultāta atrod polarizatora **P2** rotācijas stiprinājuma leņķi φ_\parallel , ja tā polarizācijas virziens ir paralēls polarizatora **P1** polarizācijas virzienam. 0.3 pt

A.5 Bloķē gaismu caur spraugu, novietojot melnu kartīti spraugas priekšā. Šādi rīkojoties, var novērtēt sistēmas fonu, t. i., nobīdi no nulles vērtības. Mēs definējam gaismas intensitāti $I_{\text{Offset } \perp}$ un $I_{\text{Offset } \parallel}$, kad polarizatora **P2** leņķi ir attiecīgi φ_\perp un φ_\parallel . Izmēri intensitātes $I_{\text{Offset } \perp}$ un $I_{\text{Offset } \parallel}$. Nem vērā, ka $I_{\text{Offset } \perp}$ un $I_{\text{Offset } \parallel}$ rada cita gaisma, nevis gaismas avots. Patieso avota doto intensitāti iegūst no nolasītās intensitātes atņemot fona vērtību. 0.2 pt

A.6 I_\perp un I_\parallel attiecas uz no avota sistēmai cauri izgājušās gaismas intensitāti, kad polarizatora **P2** leņķi ir attiecīgi φ_\perp un φ_\parallel . Izmēri gaismas intensitāti I_\perp un I_\parallel pie $\theta = -15.0^\circ$. 0.5 pt

B daļa. Cauri izgājušās gaismas intensitātes mērīšana (4,7 punkti)

Turpmāk, ja nepieciešams, izmanto λ vērtības, kas aprēķinātas, izmantojot **A.3.** punktā norādīto koriģēto α vērtību.

B.1	<p>Novieto kvarca plāksnīti starp polarizatoriem P1 un P2 un izmēri cauri izgājušās gaismas intensitāti I_{\perp} un I_{\parallel} dažādiem leņķiem θ. Attiecīgajam viļņu garuma diapazonam jābūt no 440 nm līdz 660 nm vai lielākam. Tabulā norādi šādus parametrus: θ_{Stage} (rotācijas pamatnes leņķa rādītāju), θ, λ, I_{\perp}, I_{\parallel}, $I_{\text{Total}} = I_{\perp} + I_{\parallel}$, $I_{\text{Norm}} = I_{\perp}/I_{\text{Total}}$. Ņem vērā, ka pēc 6. attēlā dotā stara virziena, pieaugot nolasītajai θ_{Stage} atbilstoši θ vērtībai ir jāsamazinās. Tev nav obligāti jāizmanto visas tabulas rindiņas, bet ir jāveic pietiekami daudz mērījumu, lai iegūtu uzticamus rezultātus</p>	2.0 pt
B.2	<p>Grafikā attēlo baltās gaismas diodes spektru atkarībā no viļņa garuma, t. i., I_{Total}.</p>	1.0 pt
B.3	<p>Nosaki attālumu starp grafika pīķa punktiem, kam intensitātes vērtība ir puse no pīķa maksimālās $\Delta\lambda_{\text{FWHM}}$.</p>	0.2 pt
B.4	<p>Grafiski attēlo I_{Norm} spektru.</p>	1.5 pt
C daļa. Rezultātu analīze (3,0 punkti)		
C.1	<p>No I_{Norm} grafika atrod visus viļņu garumus, pie kuriem intensitātei ir lokāli minimumi. Zem iegūtā viļņa garuma jānorāda atbilstošais kārtas numurs m saskaņā ar (6.) vienādojumu. Lai noteiktu dubultlaušanas koeficientu Δn, izmanto 1. tabulā dotās n_o un n_e vērtības.</p>	1.5 pt
C.2	<p>Iegūsti parauga biezumu L.</p>	1.5 pt

1. tabula: kvarca laušanas koeficienti n_o un n_e (400-700 nm).

λ/nm	n_o	n_e	λ/nm	n_o	n_e	λ/nm	n_o	n_e
400	1.55769	1.56725	434	1.55394	1.56337	467	1.55107	1.56041
401	1.55756	1.56712	435	1.55384	1.56327	468	1.55099	1.56033
402	1.55744	1.56700	436	1.55374	1.56318	469	1.55091	1.56025
403	1.55732	1.56687	437	1.55365	1.56308	470	1.55084	1.56017
404	1.55720	1.56674	438	1.55355	1.56298	471	1.55076	1.56009
405	1.55707	1.56662	439	1.55346	1.56288	472	1.55068	1.56001
406	1.55695	1.56649	440	1.55337	1.56278	473	1.55061	1.55993
407	1.55684	1.56637	441	1.55327	1.56269	474	1.55054	1.55986
408	1.55672	1.56625	442	1.55318	1.56259	475	1.55046	1.55978
409	1.55660	1.56613	443	1.55309	1.56250	476	1.55039	1.55970
410	1.55648	1.56601	444	1.55300	1.56240	477	1.55031	1.55963
411	1.55637	1.56589	445	1.55291	1.56231	478	1.55024	1.55955
412	1.55625	1.56577	446	1.55282	1.56222	479	1.55017	1.55948
413	1.55614	1.56565	447	1.55273	1.56213	480	1.55010	1.55940
414	1.55603	1.56554	448	1.55264	1.56203	481	1.55003	1.55933
415	1.55592	1.56542	449	1.55255	1.56194	482	1.54995	1.55926
416	1.55580	1.56531	450	1.55247	1.56185	483	1.54988	1.55918
417	1.55569	1.56519	451	1.55238	1.56176	484	1.54981	1.55911
418	1.55558	1.56508	452	1.55229	1.56167	485	1.54974	1.55904
419	1.55548	1.56497	453	1.55221	1.56159	486	1.54967	1.55897
420	1.55537	1.56485	454	1.55212	1.56150	487	1.54961	1.55890
421	1.55526	1.56474	455	1.55204	1.56141	488	1.54954	1.55883
422	1.55515	1.56463	456	1.55195	1.56132	489	1.54947	1.55875
423	1.55505	1.56452	457	1.55187	1.56124	490	1.54940	1.55868
424	1.55494	1.56442	458	1.55179	1.56115	491	1.54933	1.55862
425	1.55484	1.56431	459	1.55171	1.56107	492	1.54927	1.55855
426	1.55474	1.56420	460	1.55162	1.56098	493	1.54920	1.55848
427	1.55463	1.56410	461	1.55154	1.56090	494	1.54913	1.55841
428	1.55453	1.56399	462	1.55146	1.56082	495	1.54907	1.55834
429	1.55443	1.56389	463	1.55138	1.56073	496	1.54900	1.55827
430	1.55433	1.56378	464	1.55130	1.56065	497	1.54894	1.55821
431	1.55423	1.56368	465	1.55122	1.56057	498	1.54887	1.55814
432	1.55413	1.56358	466	1.55115	1.56049	499	1.54881	1.55807
433	1.55403	1.56348						

λ/nm	n_o	n_e	λ/nm	n_o	n_e	λ/nm	n_o	n_e
500	1.54875	1.55801	534	1.54678	1.55597	567	1.54518	1.55432
501	1.54868	1.55794	535	1.54673	1.55592	568	1.54514	1.55427
502	1.54862	1.55788	536	1.54667	1.55587	569	1.54509	1.55423
503	1.54856	1.55781	537	1.54662	1.55581	570	1.54505	1.55418
504	1.54850	1.55775	538	1.54657	1.55576	571	1.54500	1.55414
505	1.54843	1.55768	539	1.54652	1.55570	572	1.54496	1.55409
506	1.54837	1.55762	540	1.54647	1.55565	573	1.54492	1.55405
507	1.54831	1.55756	541	1.54642	1.55560	574	1.54487	1.55400
508	1.54825	1.55749	542	1.54637	1.55555	575	1.54483	1.55396
509	1.54819	1.55743	543	1.54632	1.55549	576	1.54479	1.55391
510	1.54813	1.55737	544	1.54627	1.55544	577	1.54474	1.55387
511	1.54807	1.55731	545	1.54622	1.55539	578	1.54470	1.55383
512	1.54801	1.55725	546	1.54617	1.55534	579	1.54466	1.55378
513	1.54795	1.55718	547	1.54612	1.55529	580	1.54462	1.55374
514	1.54789	1.55712	548	1.54607	1.55524	581	1.54458	1.55370
515	1.54783	1.55706	549	1.54602	1.55519	582	1.54453	1.55365
516	1.54777	1.55700	550	1.54597	1.55514	583	1.54449	1.55361
517	1.54772	1.55694	551	1.54592	1.55509	584	1.54445	1.55357
518	1.54766	1.55688	552	1.54587	1.55504	585	1.54441	1.55352
519	1.54760	1.55682	553	1.54583	1.55499	586	1.54437	1.55348
520	1.54754	1.55676	554	1.54578	1.55494	587	1.54433	1.55344
521	1.54749	1.55671	555	1.54573	1.55489	588	1.54429	1.55340
522	1.54743	1.55665	556	1.54568	1.55484	589	1.54425	1.55336
523	1.54738	1.55659	557	1.54564	1.55479	590	1.54421	1.55331
524	1.54732	1.55653	558	1.54559	1.55474	591	1.54417	1.55327
525	1.54726	1.55648	559	1.54554	1.55470	592	1.54413	1.55323
526	1.54721	1.55642	560	1.54550	1.55465	593	1.54409	1.55319
527	1.54715	1.55636	561	1.54545	1.55460	594	1.54405	1.55315
528	1.54710	1.55631	562	1.54541	1.55455	595	1.54401	1.55311
529	1.54705	1.55625	563	1.54536	1.55451	596	1.54397	1.55307
530	1.54699	1.55619	564	1.54531	1.55446	597	1.54393	1.55303
531	1.54694	1.55614	565	1.54527	1.55441	598	1.54389	1.55299
532	1.54688	1.55608	566	1.54522	1.55437	599	1.54385	1.55295
533	1.54683	1.55603						

λ/nm	n_o	n_e	λ/nm	n_o	n_e	λ/nm	n_o	n_e
600	1.54382	1.55291	634	1.54260	1.55165	667	1.54157	1.55059
601	1.54378	1.55287	635	1.54257	1.55162	668	1.54154	1.55056
602	1.54374	1.55283	636	1.54254	1.55159	669	1.54151	1.55053
603	1.54370	1.55279	637	1.54250	1.55155	670	1.54148	1.55050
604	1.54366	1.55275	638	1.54247	1.55152	671	1.54145	1.55047
605	1.54363	1.55271	639	1.54244	1.55148	672	1.54143	1.55044
606	1.54359	1.55267	640	1.54241	1.55145	673	1.54140	1.55041
607	1.54355	1.55264	641	1.54237	1.55142	674	1.54137	1.55038
608	1.54351	1.55260	642	1.54234	1.55138	675	1.54134	1.55035
609	1.54348	1.55256	643	1.54231	1.55135	676	1.54131	1.55032
610	1.54344	1.55252	644	1.54228	1.55132	677	1.54128	1.55029
611	1.54340	1.55248	645	1.54224	1.55128	678	1.54125	1.55026
612	1.54337	1.55245	646	1.54221	1.55125	679	1.54123	1.55023
613	1.54333	1.55241	647	1.54218	1.55122	680	1.54120	1.55020
614	1.54330	1.55237	648	1.54215	1.55119	681	1.54117	1.55017
615	1.54326	1.55233	649	1.54212	1.55115	682	1.54114	1.55014
616	1.54322	1.55230	650	1.54209	1.55112	683	1.54111	1.55011
617	1.54319	1.55226	651	1.54206	1.55109	684	1.54109	1.55009
618	1.54315	1.55222	652	1.54202	1.55106	685	1.54106	1.55006
619	1.54312	1.55219	653	1.54199	1.55102	686	1.54103	1.55003
620	1.54308	1.55215	654	1.54196	1.55099	687	1.54100	1.55000
621	1.54305	1.55211	655	1.54193	1.55096	688	1.54098	1.54997
622	1.54301	1.55208	656	1.54190	1.55093	689	1.54095	1.54994
623	1.54298	1.55204	657	1.54187	1.55090	690	1.54092	1.54992
624	1.54294	1.55201	658	1.54184	1.55087	691	1.54090	1.54989
625	1.54291	1.55197	659	1.54181	1.55083	692	1.54087	1.54986
626	1.54287	1.55193	660	1.54178	1.55080	693	1.54084	1.54983
627	1.54284	1.55190	661	1.54175	1.55077	694	1.54081	1.54980
628	1.54280	1.55186	662	1.54172	1.55074	695	1.54079	1.54978
629	1.54277	1.55183	663	1.54169	1.55071	696	1.54076	1.54975
630	1.54274	1.55179	664	1.54166	1.55068	697	1.54073	1.54972
631	1.54270	1.55176	665	1.54163	1.55065	698	1.54071	1.54969
632	1.54267	1.55172	666	1.54160	1.55062	699	1.54068	1.54967
633	1.54264	1.55169				700	1.54066	1.54964