

Tykkelsesbestemmelse vha. dobbeltbrydning[Birefringence] (10 points)

Usikkerhedsberegninger er ikke påkrævet i hele dette eksperiment.

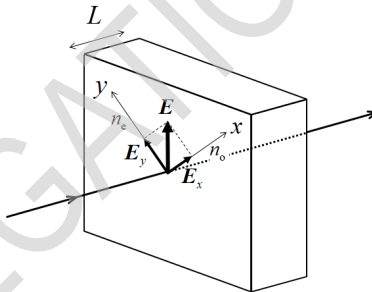
Dobbeltbrydning er en optisk egenskab ved en krystal, når lys forplanter sig som to stråler med forskellige brydningsindekser.

Såfremt de to krystalakser x og y ligger i samme plan i forhold til indfaldsfladen af en dobbelt brydende krystal (Fig. 1), vil det elektriske felt \mathbf{E} af lineært polariseret lys, ved vinkelret indfald på fladen, blive opsplittet i to ortogonale komponenter \mathbf{E}_x og \mathbf{E}_y med refraktive indekser n_o og n_e . For en krystal med tykkelsen L , og fase skift af det x -polariserede lys Γ_x og det i y -polariserede lys Γ_y gælder ved passagen af en krystal henholdsvis:

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

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

hvor λ er bølgelængden af lyset i vacuum.



Figur 1: Viser en vektoriel opsplitning af det elektriske felt \mathbf{E} af lineært polariseret lys, der falder vinkelret ind på fladen af en dobbeltbrydende krystal.

Faseforskydningen Γ mellem de to brudte lysstråler er givet ved:

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

hvor ligningen

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

er forskellen i brydningsindekser [dobbeltbrydningsindeks].

I og med det elektriske felt af lys består af den vektorielle sum af \mathbf{E}_x og \mathbf{E}_y med faseforskydningen Γ , har lyset efter passagen af krystallen en komponent, der står vinkelret på polarisering/retningen af det indkomne lys

Lad I_{\parallel} og I_{\perp} betegne intensiteten af lyset af henholdsvis den parallelle og den vinkelrette komponent af lyset efter det er kommet igennem kvarts-krystallen i forhold til retningen for det lineært polariserede indfaldende lys.

Herefter vil retningen af det lineært polariserede lys (E i Fig. 1) være 45° med hensyn til x akse. Derfor vil den normaliserede intensitet af den vinkelrette komponent I_{Norm} være givet ved

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

hvor I_{Total} er den total udsendte lys intensitet $I_{\parallel} + I_{\perp}$.

Vi kan designe et eksperiment på en sådan måde, at I_{Norm} oscillerer mellem 0 og 1 når vi varierer bølgelængden af det indfaldende lys.

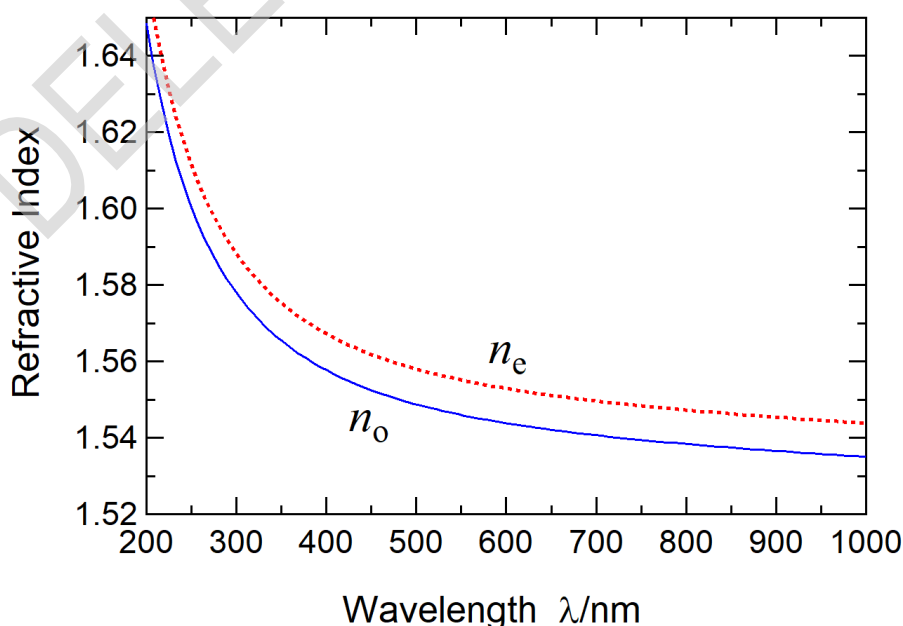
Lad λ_m ($m = 1, 2, 3, \dots$) betegne bølgelængderne for hvilke $I_{\text{Norm}} = 0$. da kan vi udtrykke faseforskydningen Γ_m ved

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

Ovenstående ligning gør, at vi kan bestemme krystallens tykkelse L forudsat, at der kan bestemmes måleserier af λ_m 'er for kendte værdier af $\Delta n(\lambda_m)$.

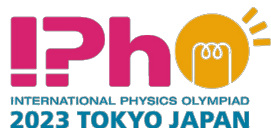
I dette eksperiment skal tykkelsen af en kvartsplade bestemmes.

Kvarts har dobbeltbrydnings[birefringent] refraktive indekser n_o og n_e , der afhænger af bølgelængden i vakuum, hvilket fremgår af Fig. 2.



Figur 2: De refraktive indekser for kvarts n_o og n_e afhænger således af bølgelængden for den indkommende stråle.

Experiment



Q2-3

Danish (Denmark)

Figur 3 viser en optisk opstilling, der kan benyttes til bestemmelse af tykkelsen af en plade/kvartskrystal.

På fig. 4 og 5 er de optomekaniske- og fotoniske komponenter vist.

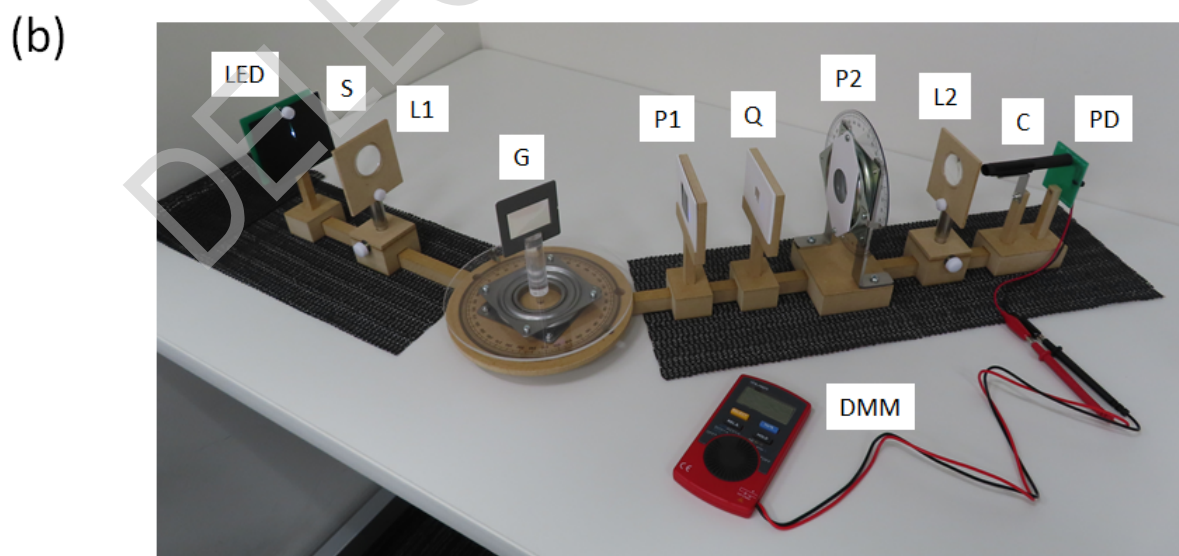
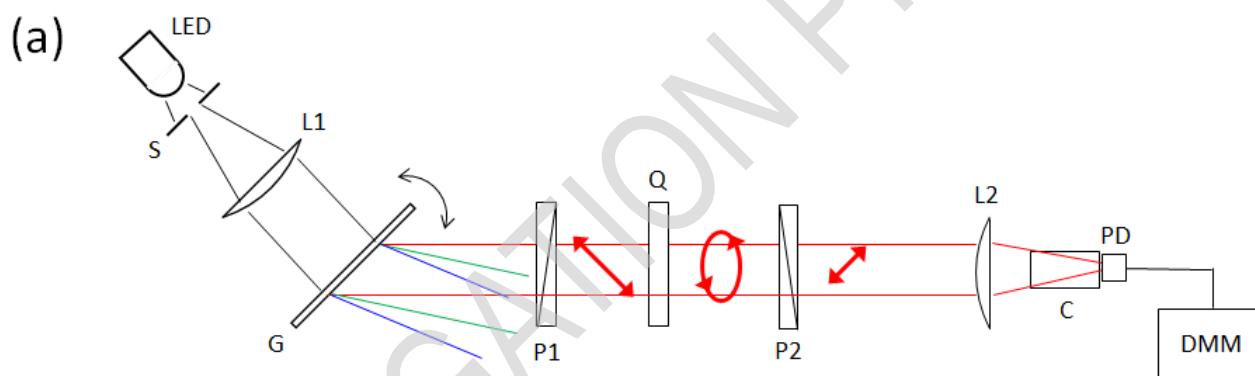
Lyskilden er lavet ved at blå LED lys sendes imod et fluorescerende stof, hvorved der udstråles hvidt lys i et kontinuert spektrum.

Det hvide lys spredes i gitteret **G**, hvorefter det polariseres lineært af polariseringsglasset **P1**. Retningen af polarisationen (E in Fig. 1) er her 45° i forhold til x -aksen af kvarts pladen **Q**.

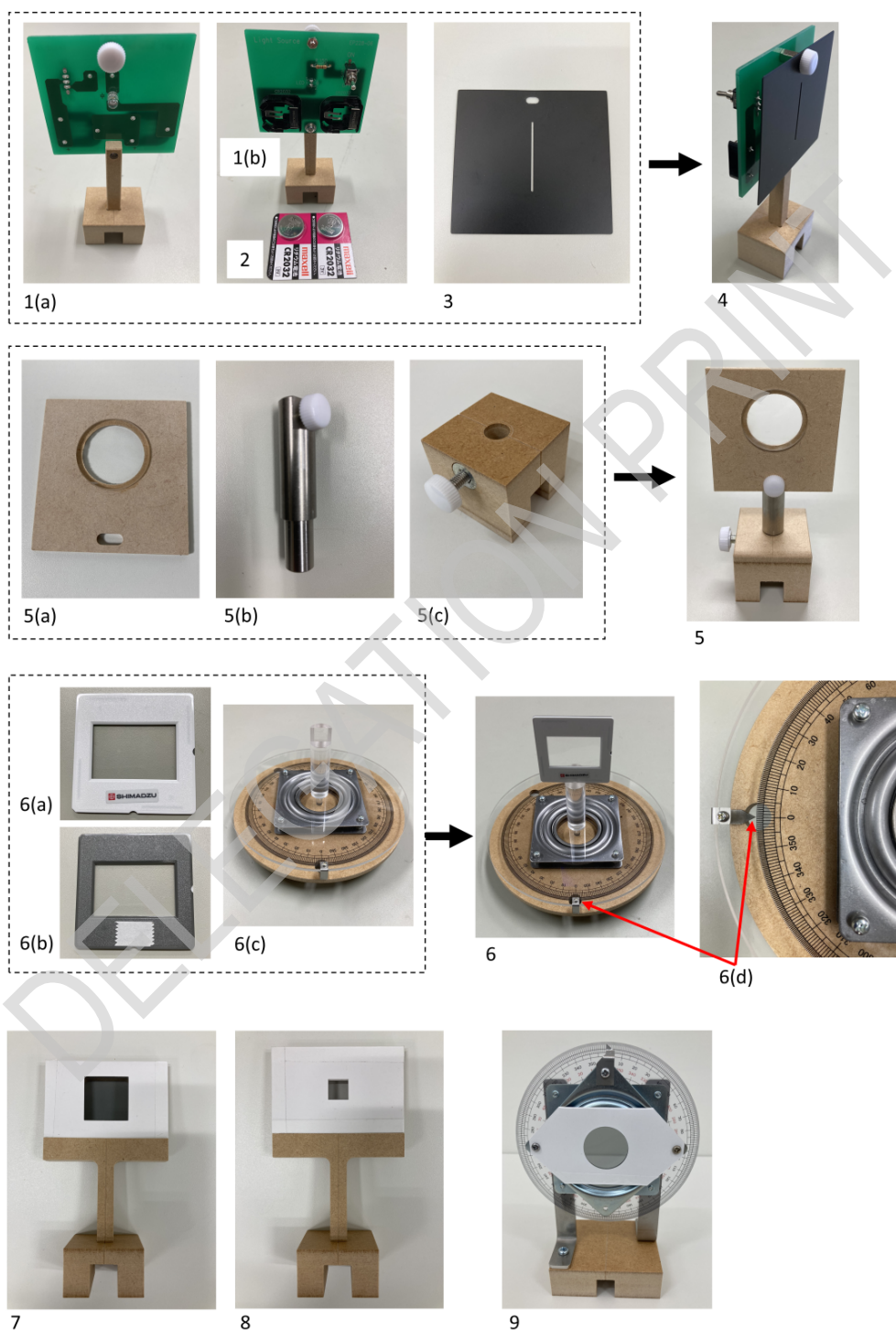
Polarisations komponenterne af lyset efter passagen igennem **Q**, er henholdsvis parallel og vinkelret på retningen af polarisationen af **P1**-

Vi måler komponenter af lyset efter passagen igennem **Q** ved at rotere polarisationen af **P2**.

Fotodetektoren måler intensiteten af lyset.



Figur 3: (a) Skematisk og (b) fotografisk afbildning af opstillingen. **LED**: lyskilde/hvid LED, **S**: spalte, **L1**: kollimator linse/samlelinse, **G**: transmissionsdiffraktionsgitter, **P1**: polarisator, **Q**: kvartsplade, **P2**: polarisator, **L2**: fokuserende linse, **C**: cylinderhylster til at skygge for uønsket lysindfald, **PD**: fotodetektor, **DMM**: digitalt multimeter.



Figur 4: Komponenter og udstyr: **1(a)**. lyskilde/hvid LED (set forfra); **1(b)**. hvid LED (set fra bagsiden); **2**. batterier; **3**. spalte (**S** i Fig. 3); **4**. LED med påmonteret spalte; **5**. linse (**L1**, **L2** i Fig. 3); **5(a)** monteret linse; **5(b)** linseholderstang; **5(c)** linseholderfod; **6**. transmissionsdiffraktionsgitter (**6(a)** forside; **6(b)** bagside med klæbende tape **6(c)** rotationskompass (**G** i Fig. 3); **6(d)** vinkelmålepunkt på rotationskompasset; **7**. polarisator (**P1** i Fig. 3); **8**. kvarts plade (**Q** i Fig. 3); **9**. polarisator monteret på lodretstillede drejeskive (**P2** i Fig. 3).

Experiment



Figur 5: Komponenter og udstyr(fortsat): **10.** cylinderhylster (til at skygge for uønsket lysindfald) med magnet (**C** i Fig. 3); **11.** cylinder holder; **12.** fotodetektor (**PD** i Fig. 3); **13.** fotodetektor med cylinder; **14.** digitalt multimeter (**DMM** i Fig. 3); **15.** kort føringsskinne; **16.** lang føringsskinne; **17.** måletavle(med mm-papir); **18.** hvidt kort; **19.** sort kort; **20.** anti-slip underlag; **21** & **22.** lys-afskærmningsboks (vist samlet til at sætte henover detektorområdet).

Part A. Opstilling og lineup af systemet til indsamling af målinger (2.3 points)

LED lysstrålen rammer ind i gitteret under en vinkel, der kan stilles og aflæses vha. rotationskompasset (Fig. 6). Rotationsvinklen θ af gitteret **G** i forhold til vinkelret indfald defineres til at være 0° (skalaen viser da nødvendigvis ikke nul - offset). Rotation mod uret betegnes med +, mens rotation med uret betegnes med -.

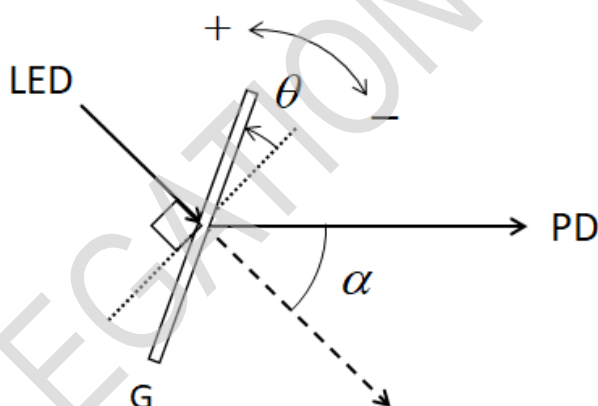
Førsteordens diffraktionsvinklen α defineres som vist på figuren.

Sammenhængen mellem gitterkonstanten d for gitteret **G**, bølglængden λ og vinklen θ kan udtrykkes som

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

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

I det følgende benyttes $d = 1.00 \mu\text{m}$ og den faste diffraktionsvinkel $\alpha = 40.0^\circ$.



Figur 6: Rotations vinklen θ af gitteret **G**, der kan justeres og transmissions diffraktions stråleens udgang i vinklen α .

A.1	Udregn den største teoretiske bølglængde λ og den tilhørende vinkel θ .	0.3pt
------------	--	-------

A.2	Udregn værdier af θ for $\lambda = 440 \text{ nm}$.	0.2pt
------------	---	-------

Her følger nu opstillingsproceduren for opstillingen af måleudstyret. Der startes ved lyskilden og der tjekkes efter hver passage af en udstyrsdel om strålegangen er som forventet.

[1] Saml måletavlen (**17** i Fig. 5) bestående af (**17(a)**) og foden (**17(b)**).

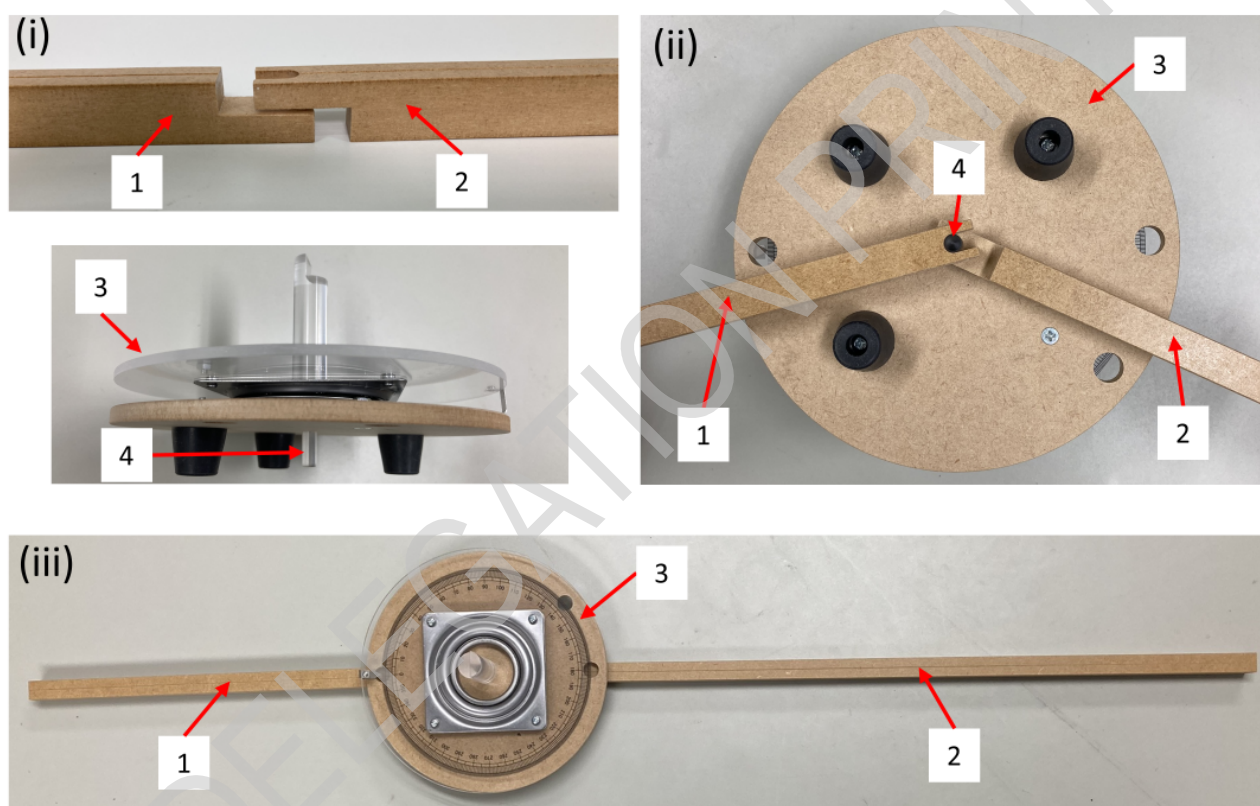
[2] Sæt to batterier i lyskilden/det hvide LED modul. '+'-siden skal pege imod dig. Bemærk, dioden kan ikke lyse, hvis batteriet er vendt forkert.

[3] Tænd for LED lampen.

Experiment

[4] Fjern skruen på forsiden af LED-modulet. Fastgør spalten til LED-modulet med skruen (4 i fig. 4). Brug måletavlen til at justere spaltepositionen for at gøre den transmitterede hvide lysflux kraftigst, og mål højden af strålens centrum ved udgangen af spalten. (Dette skal bruges i punkt [9] nedenfor.)

[5] Lad den U-formede åben-slidsede ende af den lange føringsskinne køre på den korte (fig. 7(i)). Indsæt rotationsakslen, der stikker ud af bunden af rotationskompasset, ind i det "virtuelle gennemgående hul" lavet af føringsskinnerne (fig. 7(ii)). Sørg for fri og jævn drejning af begge arme omkring akslen, jf. fig. 7(iii). Sørg for, at den lange føringsskinne bliver på bordet for vinkler $0^\circ \leq \alpha \leq 40.0^\circ$.



Figur 7: (i) Den U-formede åben-slidsede ende af den korte føringsskinne placeret under den lange føringsskinne. Herved skabes et "virtuelt" hul. (ii) Rotationskompasset placeret således at akslen der stikker ud af bunden er placeret i dette "virtuelle" hul. (iii) Blik ovenfra af rotationskompasset med føringsskinne der kan rotere frit. 1. kort føringsskinne; 2. lang føringsskinne; 3. rotationskompass; 4. Akslen der stikker ud af bunden af rotationskompasset.

[6] Placer den korte føringsskinne således at den er på linje med vinklen 0° på rotationskompasset. Placer et anti-slip underlag under den korte føringsskinne for at fastholde den i denne position.

[7] Saml linserne (5 i Fig. 4)

[8] Placer den hvide LED med påmonteret spalte og en af linserne (L1 i Fig. 3) på den korte føringsskinne. Juster afstanden mellem spalten og L1 således at lysstrålens diameter er næsten konstant og dermed uafhængig af afstanden efter L1.

[9] Brug måletavlen (17 i Fig. 5) til at måle højden af lysstrålen efter L1. Just højden af L1 således at højden

af lysstrålen efter **L1** er næsten den samme som lige efter spalten. Du kan justere højden af **L1** ved at løsne justeringsskruen i linseholderfoden.

[10] Placer den lange føringsskinne langs en ret linje med vinklen 180° på rotationskompasset til den kort skinne.

[11] Juster den vandrette position af linseholderen (**5(a)** i Fig. 4) ved at løsne justeringsskruen og flytte linsen til siden. Juster denne således at lysstrålens centrum efter **L1** er på linje med centrum af den lange føringsskinne. Du kan bruge måletavlen vendt på hovedet hen over den lange føringsskinne.

[12] Tag beskyttelsesfilmen af den dobbeltklæbende tape på bagsiden af difraktionsgitteret (**6(b)** i Fig. 4) og klæb det fast på toppen af akslen i midten af rotationskompasset (**6** i Fig. 4).

[13] Drej rotationskompasset så forsiden af difraktionsgitteret peger mod lyskilden, og således at det reflekterede lys rammer spalten. Dette er $\theta = 0^\circ$ (normalt indfald).

Aflæs vinklen θ_{Stage} på rotationskompasset. (Denne skal bruges i opgave B.1.)

[14] Drej den lange føringsskinne således at $\alpha = 40.0^\circ$ (Fig. 6). Du kan herefter placere et anti-slip underlag under den lange føringsskinne for at forhindre at denne flytter sig uønsket.

[15] Placer linsen (**L2** i Fig. 3) og fotodetektoren (**PD** i Fig. 3) med cylinderholder på den lange førings-skinne. Juster afstanden mellem **PD** og **L2** langs den lange føringsskinne og højden af **L2** således at det diffrakterede lys fokuseres på **PD**. Herved er lysstrålens diameter minimeret.

Tjek lysstrålens diameter med det hvide kort (**18** i Fig. 5). Hvis du ikke kan se strålen med det blotte øje, brug da lys-afskærmingsboksen til at skærme for fotodetektoren **PD**.

[16] Placer cylinderhylsteret på dets holder (**13** i Fig. 5). Cylinderhylsteret skygger for uønsket lysindfald.

[17] Forbind **PD** til DMM'en. Den røde (respektivt sorte) ledning skal forbindes til den røde (respektivt sorte) terminal. Indstil multimeteret til "DC voltage measurement mode".

[18] Juster højden af **L2** således at du maksimerer aflæsninger af DMM'en.

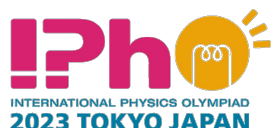
Lysintensitet udtrykkes ved spændingsfald målt på DMM'en

- | | | |
|------------|---|-------|
| A.3 | Roter rotationskompasset og bestem derved den vinkel θ (og den dertilhørende bølgelængde λ_{Peak}) hvor den blå LED's spektral-tæthed er maksimeret. Hvis du finder en bølgelængde mellem 450 og 460 nm er dit eksperiment korrekt sat op. I så fald notér $\alpha = 40.0^\circ$ på svararket og fortsæt til næste spørgsmål. Hvis ikke, skal du finde den sande værdi af α . Uden at ændre noget - heller ikke din værdi af λ_{Peak} - find en korrigeret værdi af α således at λ_{Peak} falder inden for det korrekte interval. Notér denne værdi af α og brug denne i resten af opgaven. | 0.8pt |
|------------|---|-------|

[19] Placer polarisationsfiltrene (**P1** og **P2** i Fig. 3) på den lange føringsskinne.

- | | | |
|------------|---|-------|
| A.4 | Fixer rotationskompasset således at $\theta = -15.0$. Aflæs DMM'en mens du justerer vinklen af drejeskiven med polarisationsfilteret P2 . Find derved vinklen φ_\perp af drejeskiven med polarisationsfilter P2 hvormed dette er vinkelret på polarisationsfilteret P1 . Brug dette til at bestemme vinklen φ_\parallel af drejeskiven med polarisationsfilter P2 hvormed dette er parallelt med polarisationsfilteret P1 . | 0.3pt |
|------------|---|-------|

Experiment



Q2-9

Danish (Denmark)

- A.5** Bloker lyset gennem spalten ved at placere det sorte kort foran spalten. Ved at gøre dette kan du bestemme baggrunden, d.v.s. nulpunktsforskydningen ved intensitet 0. Vi definerer lysintensiteterne $I_{\text{Offset } \perp}$ og $I_{\text{Offset } \parallel}$ til at være lysintensiteterne når vinklen af polarisationsfilteret **P2** er henholdsvis φ_{\perp} og φ_{\parallel} . Mål nulpunktsforskydningerne $I_{\text{Offset } \perp}$ og $I_{\text{Offset } \parallel}$. Bemærk at $I_{\text{Offset } \perp}$ og $I_{\text{Offset } \parallel}$ stammer fra lys fra andre kilder end lyskilden. Du skal trække disse værdier fra målingerne i de følgende spørgsmål for at fjerne denne effekt. 0.2pt

- A.6** Lad I_{\perp} og I_{\parallel} betegne lysintensiteterne fra lyskilden, når vinklen af drejeskiven med polarisationsfilter **P2** er henholdsvis φ_{\perp} og φ_{\parallel} . Mål lysintensiteterne I_{\perp} og I_{\parallel} for $\theta = -15.0^\circ$. 0.5pt

Part B. Måling af transmitterede lysintensiteter (4.7 points)

Udregn fremover værdierne af λ ved brug af den muligvis ændrede α fra **A.3**.

- B.1** Placer kvartspladen mellem polarisatorerne **P1** og **P2** og mål de transmitterede lysintensiteter I_{\perp} og I_{\parallel} for forskellige vinkler θ . De dertilhørende bølgelængder skal indeholde værdier mindre end 440 nm og værdier større end 660 nm samt dække intervallet derimellem fyldigt. Anfør i tabellen de følgende størrelser: θ_{Stage} (vinkler målt på rotationskompasset (**6(c)**) i Figur 4)), θ , λ , I_{\perp} , I_{\parallel} , $I_{\text{Total}} = I_{\perp} + I_{\parallel}$, $I_{\text{Norm}} = I_{\perp}/I_{\text{Total}}$. Bemærk at når vinklen θ_{Stage} vokser aftager vinklen θ og vice versa. Du behøver ikke bruge alle rækker i tabellen på svararket, men du skal tage nok målepunkter. 2.0pt

- B.2** Lav et plot af spektret for den hvide LED, dvs. af I_{Total} versus bølgelængde. Brug det tilhørende svarark. 1.0pt

- B.3** Bestem $\Delta\lambda_{\text{FWHM}}$ "full width at half maximum" af spektret for den blå LED i den hvide LED. "full width at half maximum" betyder bredden af peaket målt som afstanden mellem de to punkter med den halve værdi af maksimalhøjden. 0.2pt

- B.4** Lav et plot af spektret af I_{Norm} . Brug det tilhørende svarark. 1.5pt

Part C. Analyser af måleresultater (3.0 points)

- C.1** Brug grafen for I_{Norm} til at finde alle bølgelængder, der hører til lokale minima for I_{Norm} . Angiv for hver bølgelængde den tilsvarende orden m udregnet ved brug af ligning (6). Brug værdierne af n_o og n_e i Tabel 1 til at bestemme forskellen i brydningsindeks Δn . 1.5pt

C.2 Bestem prøvens (kvartskrystallens) tykkelse L .

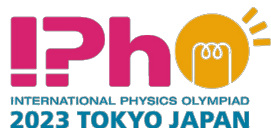
1.5pt

DELEGATION PRINT

Tabel 1: Refraktionsindekser for kvarts n_o of 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						

Experiment

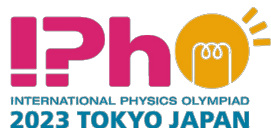


Q2-12

Danish (Denmark)

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						

Experiment



Q2-13

Danish (Denmark)

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