

Lys' Brydning og Diffraktion

Bestemmelse af brydningsindeks og diffraktionsvinkler

FYSIK

4. juni 2018
Michael Johansen

Lys' Brydning og Diffraktion

Bestemmelse af brydningsindeks og diffraktionsvinkler

Indholdsfortegnelse

RESUMÉ	2
INDLEDNING	3
FORMÅL	3
HYPOTESER	4
FORSØG 1 - BRYDNING	5
TEORI.....	5
MATERIALER.....	6
FREMANGSMÅDE	6
RESULTATER OG RESULTATBEARBEJDNING	9
DISKUSSION	9
FORSØG 2 - DIFFRAKTION	10
TEORI.....	10
DELFORSØG 1 -BESTEMMELSE AF BØLGELÆNGDE	13
MATERIALER.....	13
FREMANGSMÅDE	13
RESULTATER.....	14
RESULTATBEARBEJDNING	15
DISKUSSION	17
DELFORSØG 2 -BESTEMMELSE AF DVD DATASPOSAFSTAND	19
MATERIALER.....	19
FREMANGSMÅDE	19
RESULTATER OG RESULTATBEARBEJDNING	20
DISKUSSION	20
KONKLUSIONER	21
PERSPEKTIVERING	21
LITTERATUR OG REFERENCER	21
BILAG	22
FORMÅL	22
FORSØG	22
MATERIALER.....	22
HVAD GØR DU	22

Resumé

Dette dokument er udfærdiget i forbindelse med eksamensprojektet på kurset: "Fysiske Undervisningsforsøg", Roskilde Universitet, foråret 2018. Der blev udført to overordnede forsøg over emnet lys, dels klassisk brydning i et prisme, dels diffraktion i et gitter og en dvd.

Brydningsindekset for glas blev her fundet til at være 1,55, hvilket stemmer overens med standard tabelværdier (1,4-1,6)¹. Endvidere var der indikation af at kortere bølgelængder brydes mere end længere når data fra en blå laser og en rød laser blev sammenlignet.

Forsøget med diffraktion viste at lys' bølgelængde kan bestemmes ved at måle diffraktionsmønstret (rækken af prikker) fra et gitter med kendt gitterkonstant, og derefter udføre nogle simple trigonometriske beregninger. Her blev bølgelængden af den røde og den blå laser fundet til at være henholdsvis 660 nm og 410 nm.

Endelig blev afstanden mellem datasporene på en DVD fundet til at være 750 nm, hvilket stemmer godt overens med internet data (740 nm)²

¹ Haka fysik - http://www.matematikfysik.dk/fys/fysik_oefvelser.html

² Sønderborg Statsskole - Fysiklab: <http://matfyzik.science/fysiklab/optiskgittercdvd/>

Indledning

Dette dokument er udfærdiget som et eksamensprojekt i forbindelse med kurset: "Fysiske Undervisningsforsøg", Roskilde Universitet, foråret 2018. Som projektemne blev der valgt at arbejde med brydning og diffraktion.

Temaet i dette projekt er lys, og hvilke eksperimenter der vil være passende til det gymnasiale C- eller B-niveau.

Først er der overvejelser omkring dækningen af emnet og hvad der er vigtigt. Her må det anses at klassisk brydning er noget af det mest fundamentale, og derfor skal medtages. En anden overvejelse drejer sig om fotonen som partikel eller bølge, og ved at inddrage både klassisk brydning og diffraktion, er begge områder tilgodeset.

Andre passende forsøg kunne inddrage optiske systemer, f.eks. bestemmelse af linsestyrken (dioptri), brændvidden eller forsøg med flerlinse systemer og generel billeddannelse.

I arbejde udført her, blev der valgt ét forsøg inden for brydning, og to forsøg med diffraktion.

I det første forsøg beskrives den klassiske teori for brydning i et amorft materiale, her glas, hvorefter glassets brydningsindeks, n , bestemmes gennem måling af parallakseforskydningen.

I de andre to forsøg beskrives teorien for gitterdiffraktion, hvorefter bølgelængden af 2 forskellige laserpointere (blå og rød) bestemmes på baggrund af kendte gitterkonstanter, og til sidst bestemmes datasporafstanden (gitterkonstanten) for en dvd.

Formål

Formålet ved disse forsøg er at:

- Sammensætte et par simple gymnasieforsøg med baggrund i lys' brydning og diffraktion
- Indsamle data for at:
 1. bestemme glas' brydningsindeks
 2. bestemme bølgelængden af en rød og en blå laser ved brug af teorien for diffraktion i et gitter med kendt gitterkonstant
 3. bestemme datasporafstanden for en dvd
- Vurdere om de opstillede hypoteser fuldt ud kan bekræftes, kan bekræftes med forbehold, eller helt må forkastes.

Hypoteser

Der arbejdes med hypoteserne at:

- Glas' brydningsindeks kan bestemmes ved at måle parallakseforskydningen af en lysstråle der passere et ret prisme.
- Lys' bølgelængde kan bestemmes ved at bestemme diffraktionen i et optisk gitter med kendt gitterkonstant.

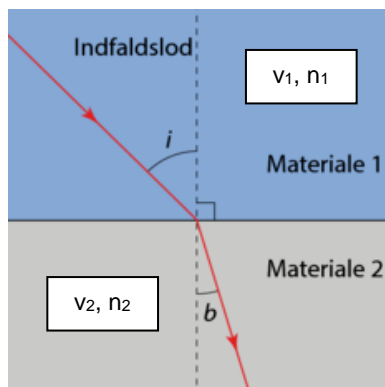
Forsøg 1 - Brydning

Teori

Fra teorien vides, at brydningsloven kan skrives som:

$$\frac{\sin(i)}{\sin(b)} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

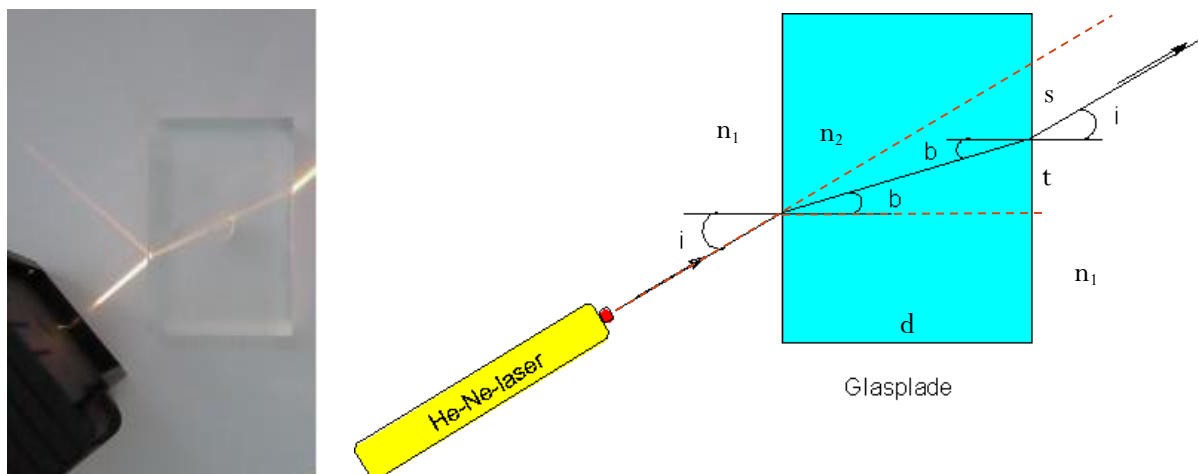
hvor i og b er henholdsvis indfalds- og brydningsvinkel, v_1 og v_2 er lysets hastighed i henholdsvis materiale 1 og 2, og n_1 og n_2 er brydningsindekset for henholdsvis materiale 1 og 2.



Brydningsloven angiver relationerne mellem indfaldsvinkel, brydningsvinkel og parametrene v , lysets udbredelsehastighed i materialet og n , materialets brydningsindeks.

Figur 1: Indfaldsvinkel og brydningsvinkel måles i forhold til lodlinjen.

Når en lysstråle passerer gennem to parallelle flader i et ret prisme, sker der en parallakseforskydning, det vil sige, at den passerende stråle vil bevæge sig i samme retning som den indkommende, bare forskudt, som det fremgår af figur 2.



Figur 2: Parallakseforskydning som følge af dobbeltbrydning i ret prisme.

Hvis denne forskydning, der er angivet med et s i figur 2, måles for en kendt indfaldsvinkel i , kan brydningsvinklen b udregnes, og dermed kan prismets brydningsindeks bestemmes.

Fra geometrien finder man:

$$\tan(i) = \frac{s+t}{d}$$

og

$$\tan(b) = \frac{t}{d}$$

og dermed

$$b = \tan^{-1}\left(\frac{d \cdot \tan(i) - s}{d}\right)$$

Når b er fundet, udregnes prismets brydningsindeks:

$$n_2 = n_1 \cdot \frac{\sin(i)}{\sin(b)}$$

Da n_1 er 1 (luft), er n_2 i realiteten bestemt ved $\sin(i)$ divideret med $\sin(b)$.

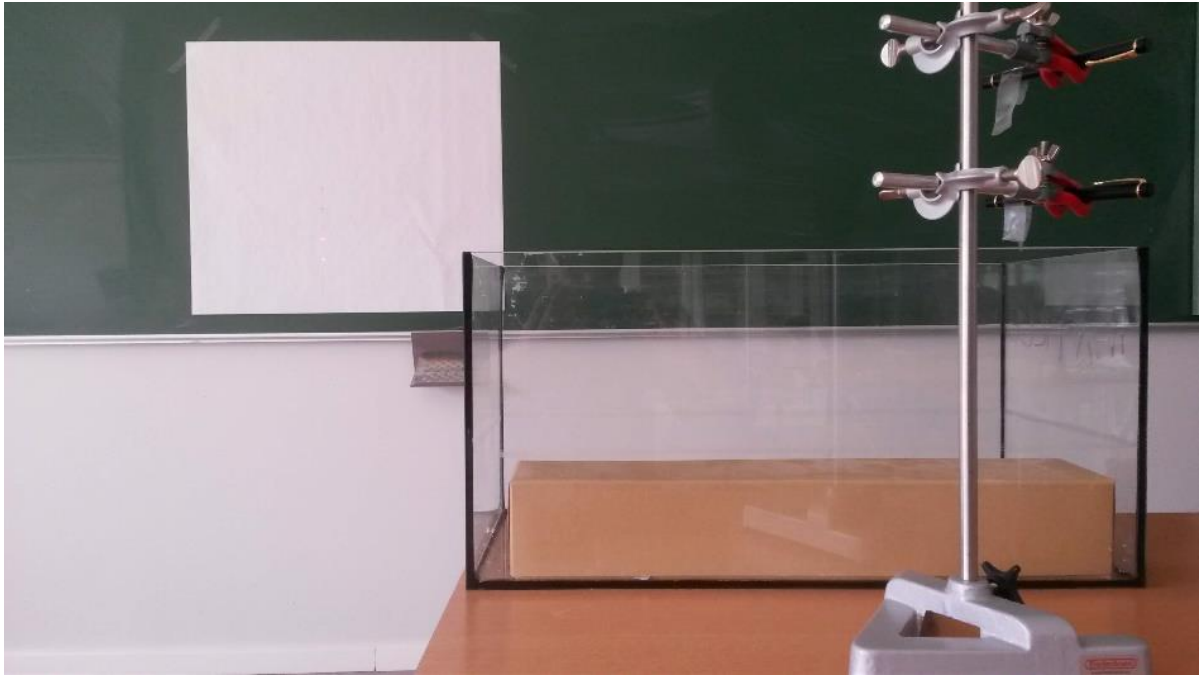
Materialer

- 1 akvarium
- 1 ark hvidt papir
- 1 vinkelmåler (stor)
- 1 afstandsklods - brun
- 2 laserpointere - rød - 625-680 nm
- 1 laboratoriestativ med 2 flaskeklemmer
- 2 ekstra flaskeklemmer til fastgørelse af glasplader

Fremgangsmåde

1. Akvariet med afstandsklods (brun kasse) placeres på en plan overflade foran tavlen
2. laboratoriestativet placeres foran akvariet og 2 to røde laserpointere fastgøres, den ene 10 cm over den anden
3. de to lasere justeres således at vinklen med akvariet er omkring 30 grader (øjemål), og således at den nederste lysstråle passerer de 5 glasplader, når først isat
4. et hvidt stykke papir fastgøres til tavlen således at de to laserprikker ramme papiret

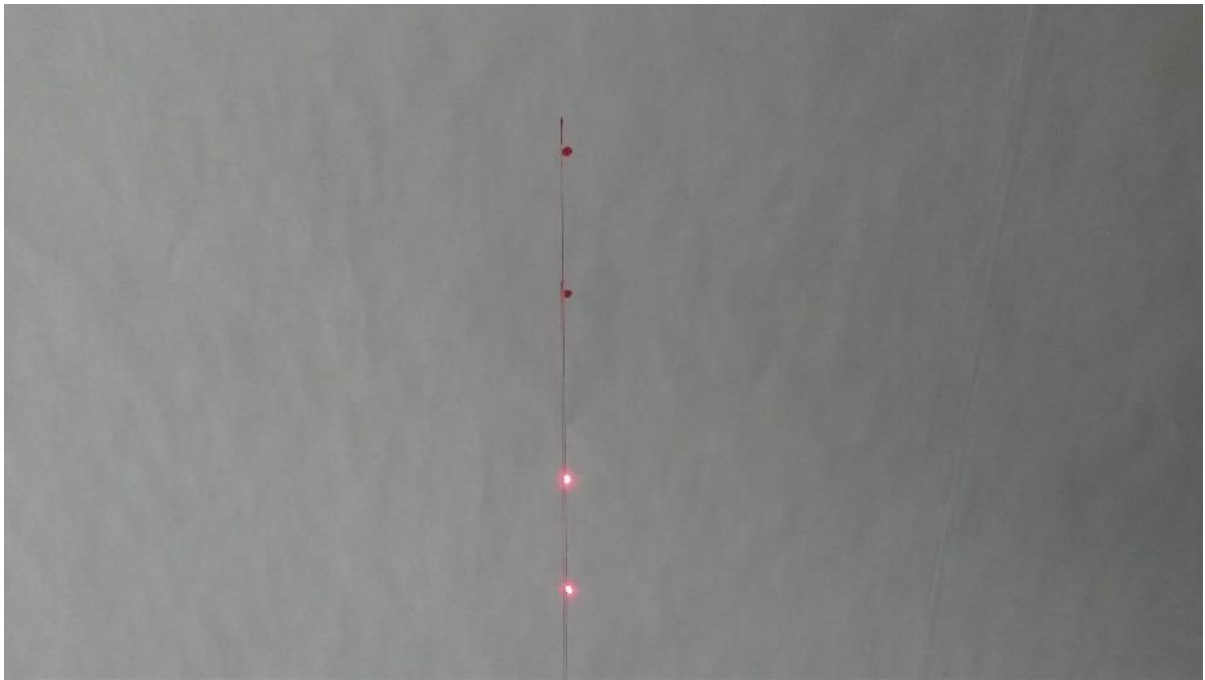
5. en lodret linje indtegnes på papiret, og de to laserpointere justeres så de begge rammer linjen
6. indfaldsvinklen med akvariet justeres til 30 grader ved brug af vinkelmåler
7. de 5 glasplader isættes og parallakseforskydningen (s) noteres i journalen



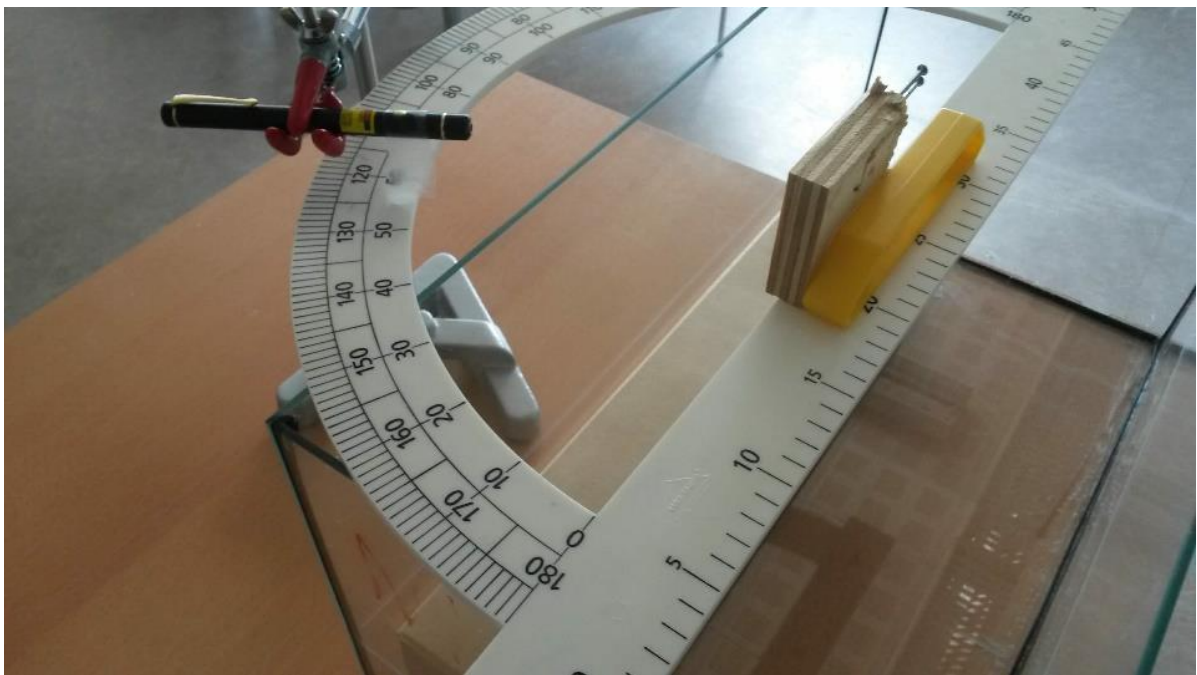
Figur 3: Forsøgsopstilling uden de 5 glasplader isat.



Figur 4: fastholdelse af de 5 glasplader med laboratorieklemmer



Figur 5: Justering af de 2 lasere inden de 5 glasplader blev isat



Figur 6: Vinkelmåler brugt til justering af indfaldsvinklen på 30 grader

Resultater og resultatbearbejdning

indfaldsvinkel (i) / grader	prismetykkelse / mm	parallakseforskydning (s) / mm	brydningsvinkel (b) / grader	brydningsindeks
29	29,5	7,0	17,59	1,60
30	29,5	7,0	18,78	1,55
31	29,5	7,0	19,98	1,51
30	29,4	7,0	18,74	1,56
30	29,5	7,0	18,78	1,55
30	29,6	7,0	18,82	1,55
30	29,5	6,5	19,65	1,49
30	29,5	7,0	18,78	1,55
30	29,5	7,5	17,91	1,63

Tabel 1. Måleresultater og beregning af brydningsindeks.

I tabel 1 ses måleresultaterne samt det beregnede brydningsindeks for glaspladerne. De med gult markerede rækker er original data, de med gråt markerede felter angiver beregninger når måleusikkerheden på henholdsvis indfaldsvinklen, prismetykkelsen, og parallakseforskydningen medtages. Det ses at den største samlede usikkerhed skyldes usikkerheden på indfaldsvinkelmålingen.

Diskussion

Bestemmelse af et amorft materiales brydningsindeks kan gøres meget simpelt, men man skal passe på måleusikkerhederne. I dette eksperiment er der 2 store måleusikkerhedskilder: indfaldsvinklen (i) og parallakseforskydningen (s). Som det kan ses i Tabel 1, er det også vigtigt at man bestemmer lysstrålens indfaldsvinklen meget nøjagtigt. Så lidt som en grads forskel medfører en usikkerhed på $\pm 0,05$ i det beregnede brydningsindeks. Det er også vigtigt at man bruger et tilstrækkeligt tykt materiale, således at parallakseforskydningen bliver tilstrækkeligt stor, for derved at minimere usikkerheden på målingen af s. Usikkerheden på s er omkring $\pm 0,5$ mm, idet laserstrålens diameter er 2 mm. Som det også ses af tabel 1, medfører en usikkerhed på $\pm 0,5$ mm i s, en ændring på $\pm 0,05$ i brydningsindekset. De listede måleusikkerheder er tilstrækkelige til at redegøre for hvorfor det beregnede brydningsindeks ikke matchede tabelværdien for glas.

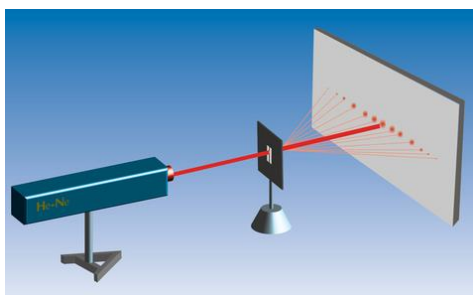
Forsøget beskrevet ovenfor, blev også delvist gentaget med en blå laser med en nominel bølgelængde på 405 nm (måske 410 nm). Der var her en lille indikation af at de målte s-værdier for den blå laser var lidt større end for den røde, hvilket ville resultere i en mindre brydningsvinkel for den blå laser, og dermed en samlet større afbøjning af den blå bølgelængde sammenlignet med røde bølgelængde, hvilket er i overensstemmelse med klassisk brydningsteori i et prisme (regnbue)

For definitivt at eftervise dette, skal et nyt eksperiment udføres, hvor begge lasere, den røde og den blå, er bragt tæt sammen og justeret indtil den røde og den blå prik på papiret var lige ovenover hinanden (jf. figur 5). Når prismet (glaspladerne) herefter indskydes i lysstrålerne under den samme indfaldsvinkel, vil forskellen i afbøjning kunne observeres direkte.

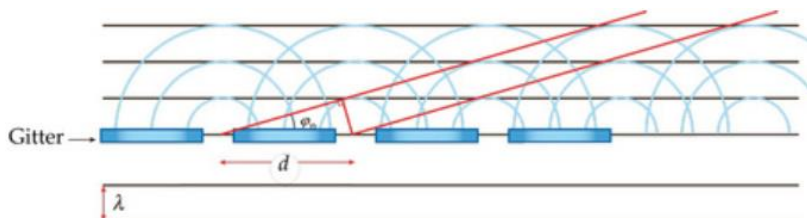
Forsøg 2 - Diffraction

Teori

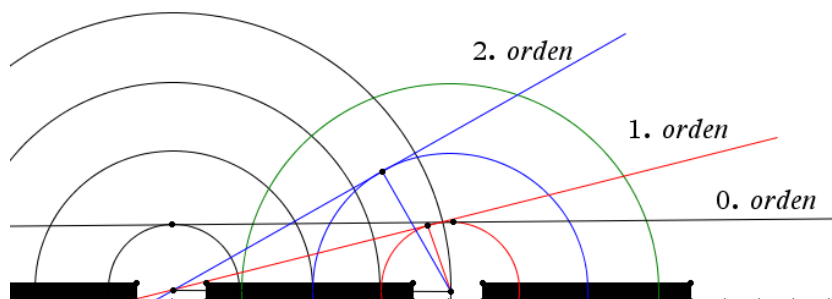
Fra bølgeteorien³ vides at når en plan monokromatisk bølge rammer et optisk gitter, opstår der diffraction (Huygens princip). Hver gitteråbning (spalte) giver anledning til at der dannes nye bølger, der udbreder sig sfærisk ud fra hver spalte (se figur 8), hvorved der efterfølgende opstår interferens, og især vigtig er den konstruktive interferens mellem bølgetoppe. Denne interferens medfører at en serie af nye plane bølger dannes, der udbreder sig i karakteristiske vinkler i forhold til gitterplanet. Den planbølge der dannes ved at bølgetoppen fra én spalte interfererer med den foregående bølgetop fra nabospalten benævnes en 1. ordens bølge.



Figur 7 - Diffraction i optisk gitter

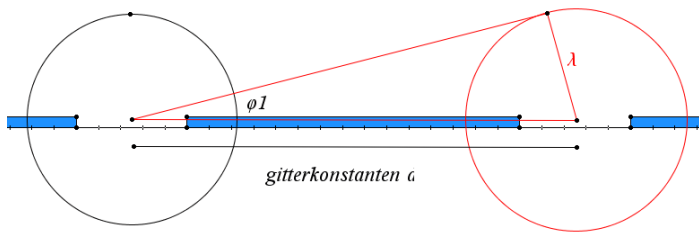


Figur 8 - Konstruktiv interferens - 1. ordens planbølge vist i rødt



Figur 9 - konstruktiv interferens - 0., 1. og 2. ordens bølger

³ Orbit B - htx - 1. udgave, 4. oplag - Forlaget Systime



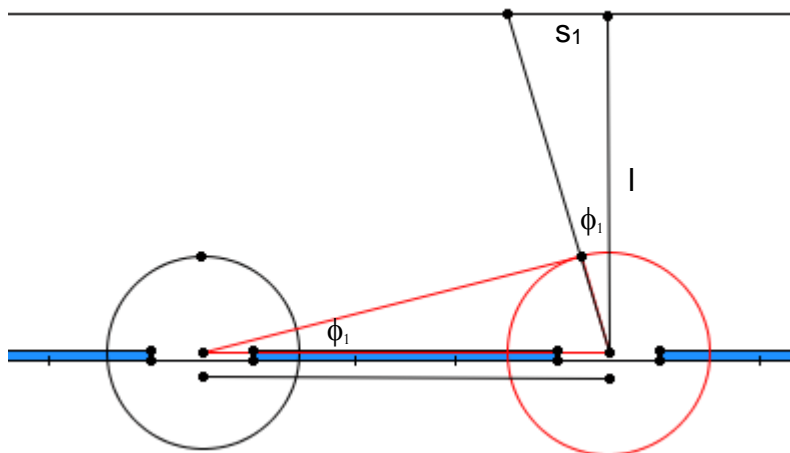
Figur 10 - Geometri til udledning af gitterligningen

Fra geometrien vist i Figur 10, ses at der må gælde:

$$\sin(\varphi_1) = \frac{1 \cdot \lambda}{d}$$

Udvides dette til ikke kun at gælde 1. orden, gælder der for n'te orden at:

$$\sin(\varphi_n) = \frac{n \cdot \lambda}{d}$$



Figur 11 - Geometri til at finde diffraktionsvinklen φ_1 (mere generelt φ_n)

Som det ses i Figur 11, kan diffraktionsvinklen φ_1 , findes ved simpel trigonometri, arctan (\tan^{-1}) til afstanden mellem 0. og 1. orden målt på tavlepapiret, divideret med afstanden mellem tavle og gitter l , altså:

$$\tan(\varphi_1) = \frac{s_1}{l} \Leftrightarrow \varphi_1 = \tan^{-1}\left(\frac{s_1}{l}\right)$$

På tilsvarende vis findes φ_n ved at måle og indsætte værdien for s_n .

Når ϕ_n er fundet, kan laserens bølgelængde let findes optisk gitter med når gitterkonstanten (d) for optiske gitter er kendt. At dette er sandt, ses af formlen:

$$\lambda = \frac{d}{n} \cdot \sin(\phi_n)$$

Næste interessante iagttagelse, er hvor stor en orden kan man teoretisk opnå?

Da $\sin(\phi_n)$ jo ikke kan blive større end 1, må der jo gælde at:

$$\frac{n \cdot \lambda}{d} \leq 1 \Leftrightarrow n \leq \frac{d}{\lambda}$$

Delforsøg 1 -Bestemmelse af bølgelængde

Materialer

- 4 ark hvidt papir
- 1 vinkelmåler (stor)
- 1 laserpointer - rød - 625-680 nm
- 1 laserpointer - blå - 405 nm
- 2 dias med 100 indridsede linjer per mm
- 2 dias med 300 indridsede linjer per mm
- 2 laboratoriestativer, hver med 2 flaskeklemmer

Fremgangsmåde

1. De 4 stykker papir opklæbes vandret på tavlen
2. Det ene laboratoriestativ placeres foran tavlen og det opklæbede papir, og den røde og den blå laserpointer fastgøres, den ene 10 cm over den anden
3. De to lasere justeres således at vinklen med tavlen er 90 grader (brug stor vinkel), og således at den røde og den blå prik er lodret over hinanden.
4. Det andet laboratoriestativ klargøres ved at placere 2 to klemmer i samme højde som laserpointerne på det første stativ, hvorefter de 2 dias fastgøres.
5. Stativet med de 2 dias placeres nu så hver af lysstrålerne passerer et dias.
6. De 2 originale prikker (rød og blå) er nu hver blevet til en række mere eller mindre horisontale prikker.
7. Roter hver af de 2 dias, således at hver række af prikker ligger horisontalt
8. Positionen af de røde og den blå prikkes markeres på papiret
9. Afstanden mellem dias og papir noteres i journalen
10. Afstanden fra 0'te orden (hvor de 2 originale prikker var placeret) til hver af de nye prikker noteres også i journalen (1., 2., ... n'te orden)

Resultater

Rød Laser (625-680 nm) - 300 linjer		
orden	+afstand (+s _n) / mm	-afstand (-s _n) / mm
0	0	0
1	275	-275
2	540	-
3	955	-
4	-	-
5	-	-

Rød Laser (625-680 nm) - 100 linjer		
orden	+afstand (+s _n) / mm	-afstand (-s _n) / mm
0	0	0
1	85	-86
2	170	-172
3	260	-260
4	355	-353
5	450	-453
6	560	-
7	680	-
8	810	-
9	970	-
10	1150	-
11	1340	-
12	-	-
13	-	-
14	-	-
15	-	-

Tabel 2. Rød laser - 300 og 100 linjer per mm - antallet af rækker angiver n_{max} for den specifikke bølgelængde.

Blå laser (405 nm) - 300 linjer		
orden	+afstand (+s _n) / mm	-afstand (-s _n) / mm
0	0	0
1	160	-160
2	330	-335
3	800	-
4	725	-
5	1005	-
6	-	-
7	-	-
8	-	-

Blå laser (405 nm) - 100 linjer		
orden	+afstand (+s _n) / mm	-afstand (-s _n) / mm
0	0	0
1	55	-55
2	110	-110
3	155	-160
4	215	-215
5	270	-270
6	330	-325
7	390	-
8	450	-
9	515	-
10	585	-
11	655	-
12	735	-
13	820	-
14	915	-
15	-	-
16	-	-
17	-	-
18	-	-
19	-	-
20	-	-
21	-	-
22	-	-
23	-	-
24	-	-

Tabel 3. Blå laser - 300 og 100 linjer per mm - antallet af rækker angiver igen n_{max}

Resultatbearbejdning

På baggrund af data fra tabel 2 og 3, blev de "målte" og de teoretisk beregnede værdier af ϕ_n sammenholdt.

Rød Laser (625-680 nm) - 300 linjer -1300 mm til tavle				
orden	+afstand / mm	vinkel ϕ_n - forsøg / °	bølgelængde λ - forsøg / nm	vinkel ϕ_n - teori / °
0	0	0,00	-	-
1	275	11,94	690	11,42
2	540	22,56	639	23,33
3	955	36,30	658	36,44
4	-	-	-	52,37
5	-	-	-	81,89

Rød Laser (625-680 nm) - 100 linjer - 1300 mm til tavle				
orden	+afstand / mm	vinkel ϕ_n - forsøg / °	bølgelængde λ - forsøg / nm	vinkel ϕ_n - teori / °
0	0	0,00	-	-
1	85	3,74	652	3,78
2	170	7,45	648	7,59
3	260	11,31	654	11,42
4	355	15,27	659	15,31
5	450	19,09	654	19,27
6	560	23,30	659	23,33
7	680	27,61	662	27,52
8	810	31,93	661	31,87
9	970	36,73	664	36,44
10	1150	41,50	663	41,30
11	1340	45,87	652	46,55
12	-	-	-	52,37
13	-	-	-	59,09
14	-	-	-	67,52
15	-	-	-	81,89

Tabel 4. Rød laser - I beregningen af ϕ_n i sidste kolonne, er λ sat til 660 nm (middelværdi)

Som allerede nævnt, viser tabellerne flere rækker end der er målinger, da antallet af rækker repræsenterer den maksimale antal ordner der er mulige for en given gitterkonstant d , og bølgelængde λ .

En hurtig beregning i Nspire for rød laser med bølgelængden 660 nm og et gitter med 100 linjer per mm giver:

$$n \leq \frac{1}{100} \cdot \frac{\text{mm}}{660 \cdot \text{nm}} \rightarrow n \leq 15.15$$

Så for et gitter med 100 linjer per mm, kan antallet af ordner (prikker) altså maksimalt blive 15. Det tilsvarende antal for et gitter med 300 linjer per mm, er 5. For den blå laser (bølgelængde 410 nm) er n_{\max} henholdsvis 24 og 8.

Blå laser (405 nm) - 300 linjer - 1300 mm til tavle				
orden	+afstand / mm	vinkel ϕ_n - forsøg / °	bølgelængde λ - forsøg / nm	vinkel ϕ_n - teori
0	0	0,00	-	-
1	160	7,02	407	7,07
2	330	14,24	410	14,24
3	510	21,42	406	21,65
4	725	29,15	406	29,47
5	1005	37,71	408	37,95
6	-	-	-	47,56
7	-	-	-	59,43
8	-	-	-	79,74

Blå laser (405 nm) - 100 linjer - 1300 mm til tavle				
orden	+afstand / mm	vinkel ϕ_n - forsøg / °	bølgelængde λ - forsøg / nm	vinkel ϕ_n - teori / °
0	0	0,00	-	-
1	55	2,42	423	2,35
2	110	4,84	422	4,70
3	155	6,80	395	7,07
4	215	9,39	408	9,44
5	270	11,73	407	11,83
6	330	14,24	410	14,24
7	390	16,70	410	16,68
8	450	19,09	409	19,15
9	515	21,61	409	21,65
10	585	24,23	410	24,20
11	655	26,74	409	26,81
12	735	29,48	410	29,47
13	820	32,24	410	32,21
14	915	35,14	411	35,03
15	-	-	-	37,95
16	-	-	-	41,00
17	-	-	-	44,19
18	-	-	-	47,56
19	-	-	-	51,17
20	-	-	-	55,08
21	-	-	-	59,43
22	-	-	-	64,42
23	-	-	-	70,56
24	-	-	-	79,74

Tabel 5 Blå laser - I beregningen af ϕ_n i sidste kolonne, er λ sat til 410 nm (middelværdi)

Diskussion

Bølgelængden kan bestemmes når diffraktionsvinklerne er fundet. Som det ses af Tabel 4 og tabel 5, er der nogen variation i de beregnede bølgelængder, men gennemsnitligt blev bølgelængden fundet til 660 nm for den røde laser og 410 nm for den blå. For den røde laser ligger denne værdi i det specificerede område, mens det for den blå laser er 5 nm for højt. Kan disse forskelle forklares alene ved måleusikkerheder?

For at kunne finde bølgelængden skal diffraktionsvinklerne først bestemmes. Hvis forsøget var perfekt udført, ville hver af de n diffraktionsvinkler resultere i den samme, og korrekte, bølgelængde. Dette er helt klart ikke tilfældet. Den største måleusikkerhed i forbindelse med bestemmelse af ϕ_n er målingen af s , især s_1 , og derefter afstanden l mellem gitter og tavle. Da værdien af l er meget større end værdierne af s , ses der i det følgende bort fra usikkerheden på l .

Som det var tilfældet i det første forsøg, blev måleusikkerheden på s også her sat til omkring $\pm 0,5$ mm, idet laserstrålens diameter er 2 mm. Det betyder igen, at der er mindre samlet usikkerhed på målingerne af de højere ordner, hvor s har de største værdier.

For den blå laser giver beregningerne af de højere diffraktionsordner en bølgelængde på 510 nm, hvilket er 5 nm større end laserens specifikation. For den røde laser giver beregninger af de højere diffraktionsordner en bølgelængde på 660 nm, hvilket ligger inden for laserens specificerede område på 625 nm til 680 nm.

Blå laser (405 nm) - 100 linjer - 1300 mm til tavle			
orden	+afstand / mm	vinkel ϕ_n - forsøg / °	bølgelængde λ - forsøg / nm
0	0	0,00	-
1	54,5	2,40	419
2	109,5	4,81	420
3	154,5	6,78	393
4	214,5	9,37	407
5	269,5	11,71	406
6	329,5	14,22	409
7	389,5	16,68	410
8	449,5	19,07	408
9	514,5	21,59	409
10	584,5	24,21	410
11	654,5	26,72	409
12	734,5	29,47	410
13	819,5	32,23	410
14	914,5	35,12	411

Blå laser (405 nm) - 100 linjer - 1300 mm til tavle			
orden	+afstand / mm	vinkel ϕ_n - forsøg / °	bølgelængde λ - forsøg / nm
0	0	0,00	-
1	55,5	2,44	427
2	110,5	4,86	423
3	155,5	6,82	396
4	215,5	9,41	409
5	270,5	11,75	407
6	330,5	14,26	411
7	390,5	16,72	411
8	450,5	19,11	409
9	515,5	21,63	410
10	585,5	24,25	411
11	655,5	26,76	409
12	735,5	29,50	410
13	820,5	32,26	411
14	915,5	35,15	411

Tabel 6. usikkerhedsberegning for blå laser.

For den blå laser, ses af ovenstående tabel (Tabel 6), at selv med en usikkerhed på $\pm 0,5$ mm på s , har denne usikkerhed ikke særlig stor indflydelse på den blå lasers beregnede bølgelængde. Tilsvarende resultat får for den røde laser (ikke vist).

Vi må derfor konkludere at måleusikkerhed alene ikke kan forklare forskellen på 5 nm mellem den specificerede bølgelængde og forsøgsresultaterne. Der må altså være en andre forklaringer, f.eks.:

- Bølgelængden er faktisk 410 nm
- Opmålingen af diffraktionsmønstret (rækken af lysprikker) skal foretages meget mere nøjagtigt. Der er her tale om fejlmålinger under selve forsøget, ikke nødvendigvis måleusikkerhed på den enkelte måling.
- For lidt tid afsat til at udføre forsøget, hvilket medfører hastværk, upræcise målinger og sjusket journalføring.

Delforsøg 2 -Bestemmelse af DVD datasporafstand

Teorien til dette delforsøg, adskiller sig ikke nævneværdigt fra hvad der allerede er gennemgået i forbindelse med diffraktion, bortset fra at der her er tale om at lysstrålen her umiddelbart reflekteres fra dvd'ens "gitter" i stedet for at passere igennem gitteret.

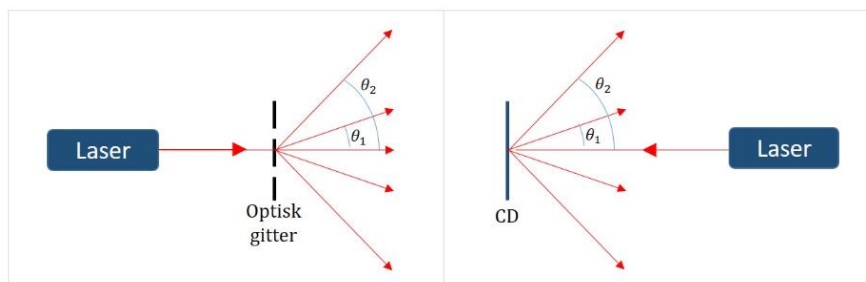
På Sønderborg Statsskoles hjemmeside⁴

Materialer

- 1 sort baggrundsplade med hul
- 1 ark hvidt papir
- 1 vinkelmåler (lille)
- 1 laserpointer - rød - 625-680 nm
- 1 laserpointer - blå - 405 nm
- 1 dvd
- 2 laboriostativer, hver med 1 flaskeklemme

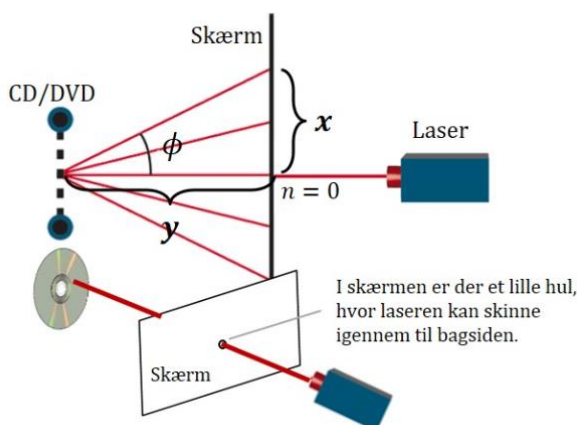
Fremgangsmåde

1. Den sorte baggrund med hul opstilles
2. Det ene laboriostativ placeres bag pladen og den blå laserpointer fastgøres.
3. Foran pladen anbringes det andet stativ hvorpå dvd'en fastgøres.
4. Laseren bag pladen justeres således at vinklen mellem plade og lysstråle igen er 90 grader, og således at lysstrålen passerer hullet i pladen.
5. Dvd'ens position justeres således at 0'te orden rammer tilbage gennem hullet med en afstand til pladen på 100 mm
6. Afstanden fra 0'te orden (hvor de 2 originale prikker var placeret) til hver af de nye prikker noteres også i journalen (1., 2., ... n'te orden)
7. Forsøget gentages med den røde laser



Figur 12 - Reflekterende diffraktion

⁴ Sønderborg Statsskole - Fysiklab: <http://matfyzik.science/fysiklab/optiskgittercdvd/>



Figur 13 - Skitse af princippet for reflekterende diffraktion

Resultater og resultatbearbejdning

Rød Laser (625-680 nm) - bølgelængde: 660 nm - 100 mm til plade			
orden	+afstand / mm	vinkel ϕ_n - forsøg / °	gitterkonstant - forsøg / nm
0	0	0,00	-
1	185	61,61	750

Blå laser (405 nm) - bølgelængde: 410 nm - 100 mm til plade			
orden	+afstand / mm	vinkel ϕ_n - forsøg / °	gitterkonstant - forsøg / nm
0	0	0,00	-
1	65	33,02	752

Tabel 6. Rød og blå laser - DVD - gitterkonstanten for en dvd blev beregnet på baggrund af de bølgelængder blev fundet i delforsøg 1. Bemærk, at bølgelængderne i parentes er fra den røde og den blå lasers specifikation.

Diskussion

Resultaterne for delforsøg 2 var at en dvd's "gitterkonstant" er 750 nm. Fra referencen⁵, ved vi at den skal være 740 nm, altså mindre end 2% forskel.

⁵ Sønderborg Statsskole - Fysiklab: <http://matfyzik.science/fysiklab/optiskgittercdvd/>

Konklusioner

Det konkluderes at,

- For brydningsforsøget er hypotesen, at glas' brydningsindeks kan bestemmes ved at måle parallakseforskydningen af en lysstråle der passere et ret prisme, fuldt ud bekræftet.
- For diffraktionsforsøget må vores hypotese, at bølgelængden af en laser kan bestemmes ved at opmåle diffraktionsmønstret fra et optisk gitter med kendt gitterkonstant, og efterfølgende udlede de tilhørende vinkler, accepteres med modifikationer. Det er her meget vigtigt at markeringen af diffraktionsmønstret (rækken af lysprikker) opmåles meget nøjagtigt, idet der let sker fejlmålinger, der ikke nødvendigvis er knyttet til måleusikkerhed på den enkelte måling.
- Det er vigtigt at afsætte tilstrækkelig tid til de enkelte forsøg, således at eleverne ikke føler sig under for stort tidspres, da dette kan resultere i mangelfuld journalføring og fejlbehæftet dataindsamling.

Perspektivering

Fremadrettet er det vigtigt at eleverne i størst mulig grad understøttes gennem de første mange forsøg, og derefter kun gradvist overlades ansvaret for selvstændigt at udvælge passende forsøg og at udforme de dertil nødvendig øvelsesvejledninger.

Litteratur og Referencer

1. Haka - http://www.matematikfysik.dk/fys/fysik_oewelser.html
2. Sønderborg Statsskole - Fysiklab:
<http://matfyzik.science/fysiklab/optiskgittercddvd/>
3. Orbit B - htx - 1. udgave, 4. oplag - Forlaget Systime

Bilag

Dette bilag beskriver en enkel øvelsesvejledning for lys' brydning - Fysik C-niveau

Formål

At undersøge, hvordan lyset brydes, når det passerer fra et medium til et andet, for eksempel fra glas til luft.

Forsøg

Formålet med dette delforsøg er at udmåle en lysstråles vej gennem en tyk glasklods ved hjælp af knappenåle, millimeterpapir og en papplade. Vi vil derved bestemme glassets brydningsindeks ved hjælp af brydningsformlen:

$$(1) \quad \frac{\sin(i)}{\sin(b)} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

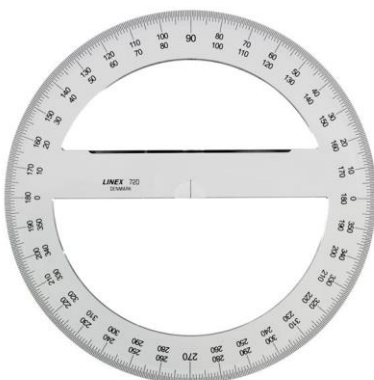
hvor i er indfaldsvinklen, b er brydningsvinklen og n_1 og n_2 er brydningsindekserne for henholdsvis medium 1, hvor strålen kommer fra og medium 2, som strålen kommer til.

Materialer

- 1 glas eller plexiglas blok (ret prisme)
- 1 laserpen
- 1 fotokopi af gradinddelt cirkel

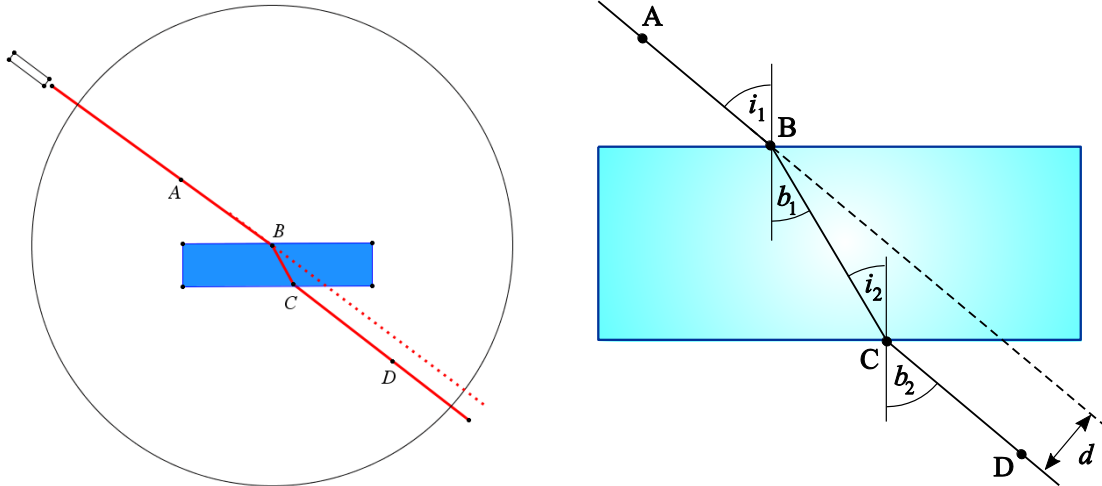
Hvad gør du

1. Gå på internettet og find en tegning eller foto af en cirkulær vinkelmåler, f.eks. som denne:



2. Forstør billedet og print ud på A3 papir.
3. Placér printet på et bord og læg laserpenen i kanten af cirklen således at strålen passerer gennem centrum af cirklen. Udfordring: Hvordan ved du at strålen passerer gennem centrum?

4. Tegn strålegangen fra laseren ned på papiret
5. Læg (plexi)glas prismet så lysstrålen passere gennem prismet, og tegn et omrids af prismet ned på papiret
6. Tegn nu den nye strålegang efter den har forladt prismet. Du skulle nu gerne have noget der ligner dette:



7. Markér A og B på den ene side af klodsen, med B helt ind til klodsen, og derefter C og D på den anden side af klodsen. Det skal nu gerne se ud som om de fire prikker ligger på linje, når man kigger igennem glasklodsen langs AB.
8. Mål nu vinklerne i_1 og b_1 og brug brydnings-formlen til at finde glassets brydningsindeks, dvs. n_2 . For at få et mere pålideligt resultat, bør du gentage forsøget med en lidt anden indfaldsvinkel i_1 . Hvis du får to forskellige værdier for brydningsindekset kan du bruge gennemsnittet af de to udregnede. Du skal få en værdi mellem 1,4 og 1,6, alt efter hvilket glas-materiale, prismet er lavet af.