

Laboration i Geometrisk Optik

Emil Babayev

2020-03-27

1 Inledning

1.1 Introduktion och sammanfattning

1.2 Introduktionsuppgifter

För uppgift 1, se appendix A om kollimering och linjering. Uppgift 2 beskrivs här nedan. Använder formeln för minimiavlänkning, ekvation 1, där n är brytningsindex i materialet, δ är avlänkingsvinkeln och α är vinkeln mellan de brytande ytorna i prismet.

$$n = \frac{\sin(\frac{\delta+\alpha}{2})}{\sin(\frac{\alpha}{2})} \quad (1)$$

och löser ut δ , som vi söker. Detta ger ekvation 2:

$$\delta = 2\arcsin(n\sin(\frac{\alpha}{2})) - \alpha \quad (2)$$

Insättning av $n = 1.57$ och $\alpha = 60^\circ$ ger $\delta = 43.44^\circ$.

2 Teori

2.1 Divergens hos en stråle

Divergensen hos en ljuskälla definieras som vinkeln hos ljuskonen som bildas när ljuset propagerar. Divergensvinkeln θ kan beräknas med ekvation 3:

$$\theta = 2\arctan(\frac{d_1 - d_2}{2l}) \quad (3)$$

Sambandet kan härledas om man iakttar en del av ljuskonen som är långt borta från alla fokus och utför lite trigonometri. Se figur 1. d_1 och d_2 är ljuskonens diameter i två punkter, och l är avståndet där emellan.

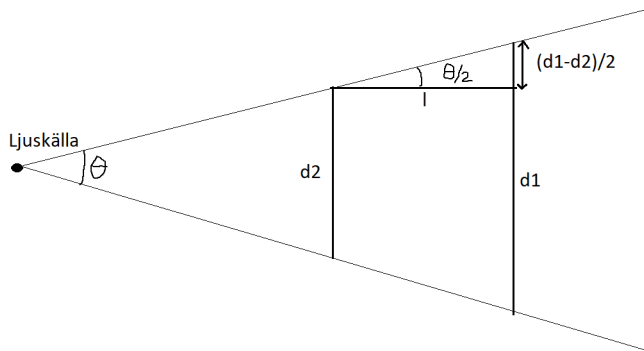


Figure 1: Härledning av divergensvinkel

2.2 Optiska komponenter

De optiska komponenter som används i laborationen är prisman och konvexa linser.

2.2.1 Prismor

Prismat är en komponent med platta genomskinliga ytor där ljuset kan passera. Vi tittar på triangulära prismor i denna laboration, där varje gränsyta följer Snells brytningslag, ekvation 4. n brytningsindex. α infalls-/brytningsvinkel.

$$n_1 * \sin(\alpha_1) = n_2 * \sin(\alpha_2) \quad (4)$$

Varje gång en ljusstråle passerar igenom en gränsyta bryts det. I vårt fall bryts det mot normalen när det antrar prismet, eftersom prismet är av glas och vi antar luft utanför. När det sedan lämnar prismet bryts det bort från normalen. Detta resulterar i att ljuset böjs av en viss vinkel jämfört med den ursprungliga riktningen. Denna vinkel kallas avläkningsvinkeln, som vi betecknar med δ . Den brytande kanten får också en egen vinkel, α . Se figur 2. Avläkningsvinkeln blir minst då

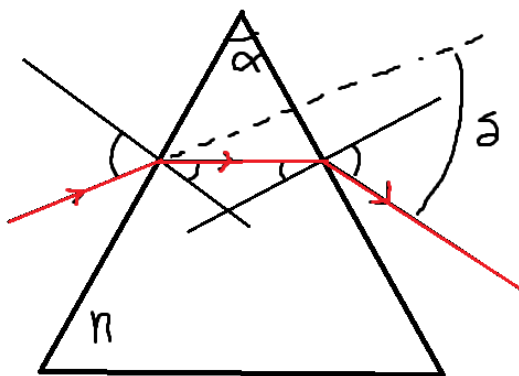


Figure 2: Principskiss av prisma. Strålgången är markerad i rött.

strålgången är symmetrisk kring prismet. Det finns en formel för minsta avläkningsvinkel, ekvation 5.

$$n = \frac{\sin(\frac{\delta+\alpha}{2})}{\sin(\frac{\alpha}{2})} \quad (5)$$

2.2.2 Linser

Linserna vi pratar om i laborationen är två sfäriska, sammanfogade gränsytor som buktar utåt (konvexa). Även i linser gäller Snells brytningslag. Med hjälp av linser kan strålar fokuseras. Punkten (reell eller virtuell) där alla strålar fokuseras kallas brännpunkten. För tunna linser gäller (med vissa antaganden) Gauss linsformel, ekvation 6. Beteckningar enligt figur 3.

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \quad (6)$$

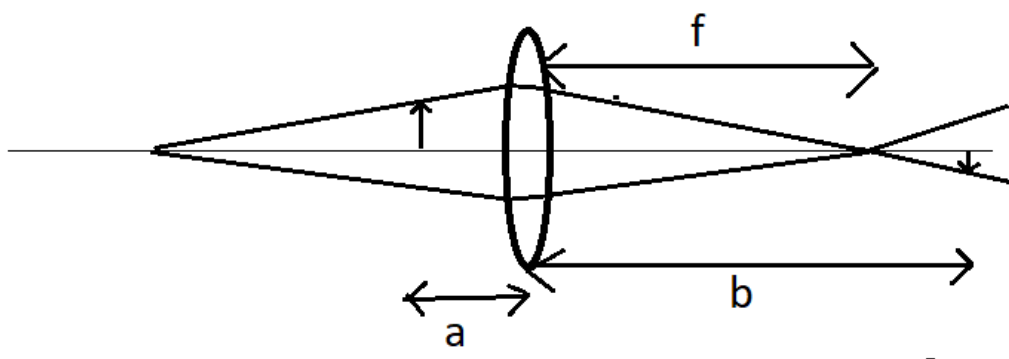


Figure 3: Principskiss av en lins. Ett objekt avbildas på andra sidan, fast mindre.

2.3 Avbildningsfel

I denna laboration diskuteras tre typer av avbildningsfel. Avbildningsfel skapar hinder vid design av optiska komponenter. De tre typerna är:

- Koma, där ljus som kommer in snett mot linsens optiska axel bryts olika mycket. Därmed skapas en utsmetad avbildning på andra sidan linsen. Se figur 4f.
- Sfärisk aberration, som beror på att ljus som når sfäriska gränsytor inte bryts på samma sätt i kanten av linsen som paraxiala strålar. Strålarna som når kanten får en kortare brännvidd. Se figur 4g.
- Kromatisk aberration, som beror på att glas med samma brytningsindex inte bryter ljus med olika våglängd likadant. Varje våglängd får därmed en egen fokalpunkt och bilden blir utsmetad. Se figur 4h.

3 Material och metod

kollimera och linjera i separat dokument, Det fysiska materialet för denna laboration har endast varit en dator. Programvaran som tillhandahölls av institutionen är Geometric Optics Tool för analys av optiska komponenter och MATLAB för dataanalys. Dessa program erbjöds av institutionen och därför fanns inte så mycket annat att välja på.

Arbetssättet i Geometrical Optics Tool (hädanefter förkortat som GOT) liknade det det skulle gjort i en verklig laborationssal. Uppställningen sattes upp enligt instruktioner i programmet, resultat iakttogs och sedan dokumenterades uppställningen genom att ta en skärmdump av akutell uppställning.

För att mäta avläkningsvinkeln i prismet användes programmet MB-Ruler som är en digital linjal som kan mäta vinklar och avstånd på skärmen.

4 Resultat

4.1 Beräkning av divergens

Jag valde två punkter och avståndet $d_1 = 9.28, d_2 = 5.40, l = 7$. Insättning i ekvation 3 gav en vinkel $\theta = 31.28^\circ$.

4.2 Mätvärden från prismet

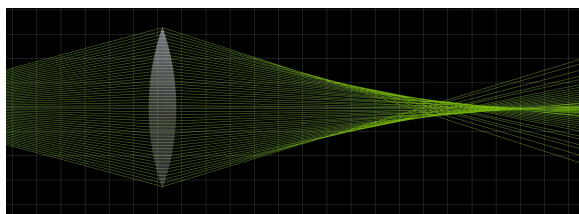
Ljusets våglängd 555 nm. Alla mätvärden anges i grader.

Infallsvinkel	Avläkningsvinkel
50.04	75.49
57.21	65.26
60.29	64.55
63.33	64.48
65.99	64.59
70.71	66.46
80.81	71.95
90	77.63

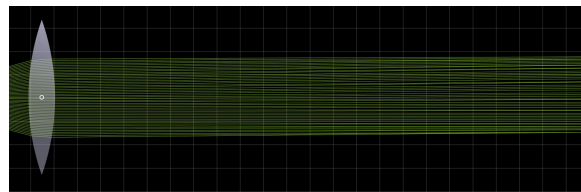
Ljusets våglängd 700 nm. Alla mätvärden anges i grader.

Infallsvinkel	Avläkningsvinkel
45.98	90
50.25	62.88
60.04	59.69
60.42	59.27
65.44	60.27
70.36	61.89
80.74	67.70
89.65	75.45

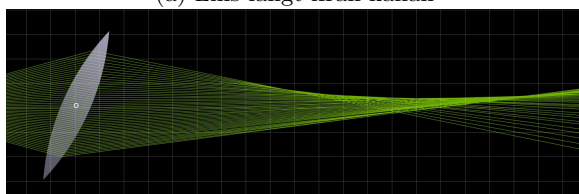
4.3 Uppställningar från GOT



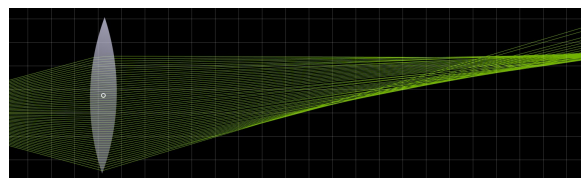
(a) Lins långt ifrån källan



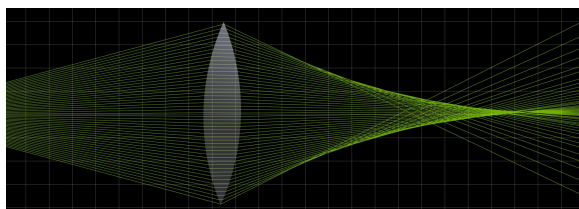
(b) Lins nära källan



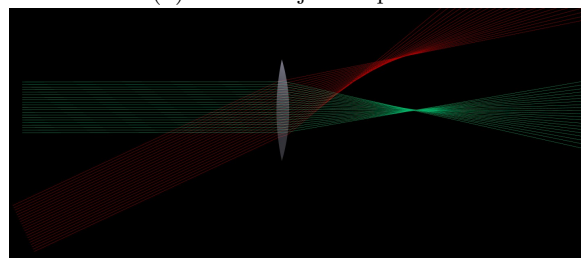
(c) Sned lins



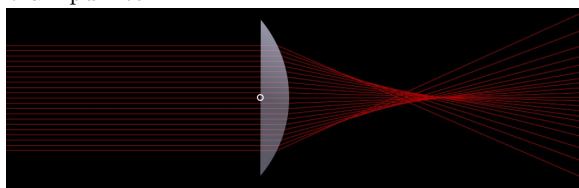
(d) Lins förskjuten i planet



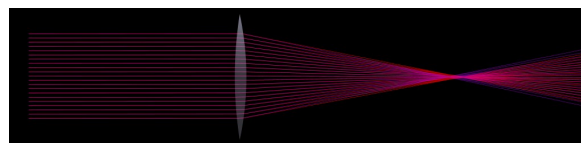
(e) Ungefär samma avstånd till källan som brännpunkten.



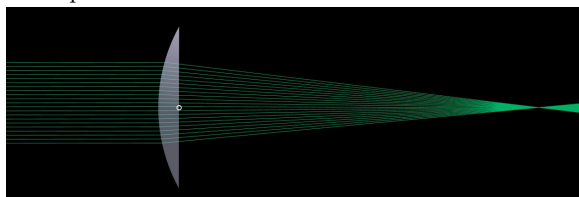
(f) Koma, ljuset kommer in snett och "smetas ut"



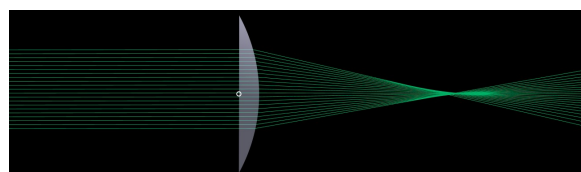
(g) Sfärisk abherration, allt ljus fokuseras inte i brännpunkten.



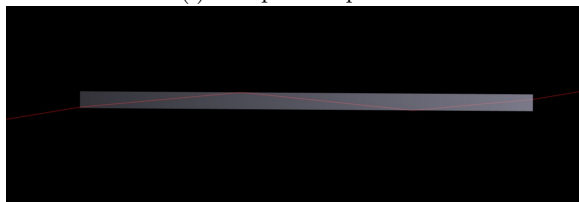
(h) Kromatisk abherration, olika våglängder fokuseras på olika brännpunkter.



(i) Skarp brännpunkt



(j) Oskarp brännpunkt



(k) Totalreflektion i en rektangulär komponent.

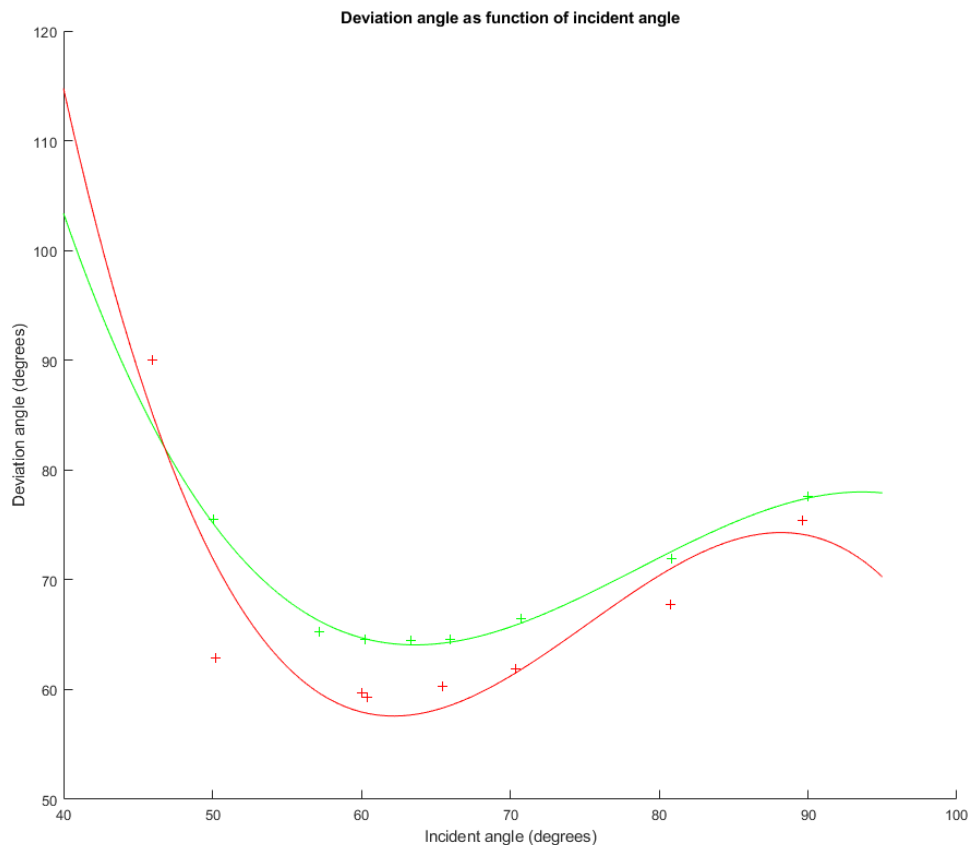
Figure 4: De olika uppställningarna i GOT

5 Diskussion och slutsatser

5.1 Linser

5.2 Prismat

Figure 5: Mätvärden plottade och tredjegradspolynom anpassade till mätvärdena.



vad var svårast att förstå, tips. vad kan mätfelen bero på.

6 Referenser

Våglära och Optik Videor om kollimering och linjering.

7 Appendix A - Kollimering och linjering

7.1 Kollimering

Kollimering (från latin: collimare - kasta i rak riktning)[wiki] innebär att man använder en konvex lins för att parallellisera ljuset från en divergent ljuskälla. Detta görs genom att placera linsen framför ljusstrålen, med fördel nära ljuskällan och justera avståndet till källan tills strålarna är parallella på alla avstånd. En spegel kan användas så att ljuskälla och kollimeringspunkt hamnar

bredvid varandra. Se figur 6. Genom att placera linsen nära ljuskällan ser vi till att brännvidden blir oändlig.

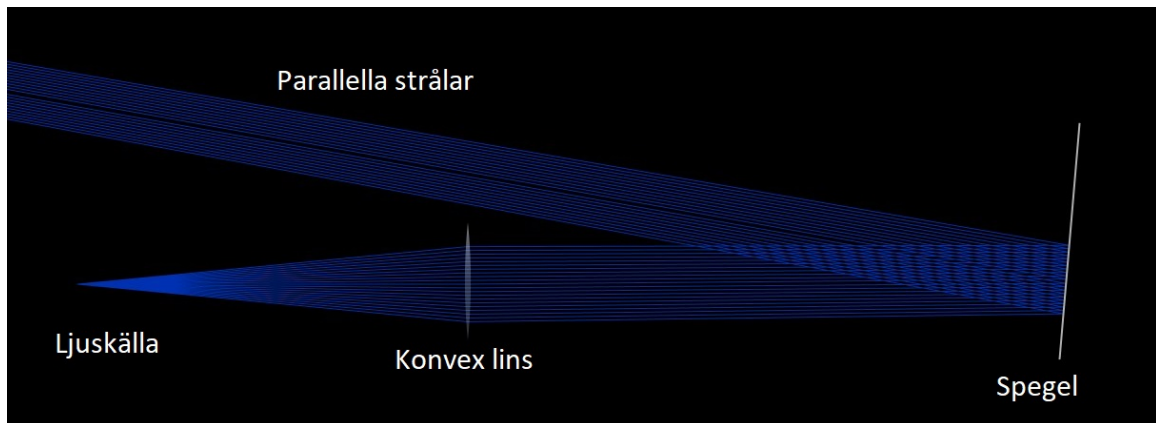


Figure 6: Kollimering av en divergent ljusstråle.

7.2 Linjering

Att linjera lasern innebär att man tar en parallelliserad ljuskälla, exempelvis en laserstråle och ser till att det går igenom två bländare med rakast möjliga väg. Detta görs genom att placera ut två speglar, en så nära den första bländaren som möjligt, och en så att ljusstrålen böjs ned mot den andra spegeln. Se figur 7 Sedan justeras spegel 1 i figuren så att ljuset passerar igenom första bländaren så centralt som möjligt. Sedan används spegel 2 för att se till att hela ljusstrålen passerar genom den vänstra bländaren.

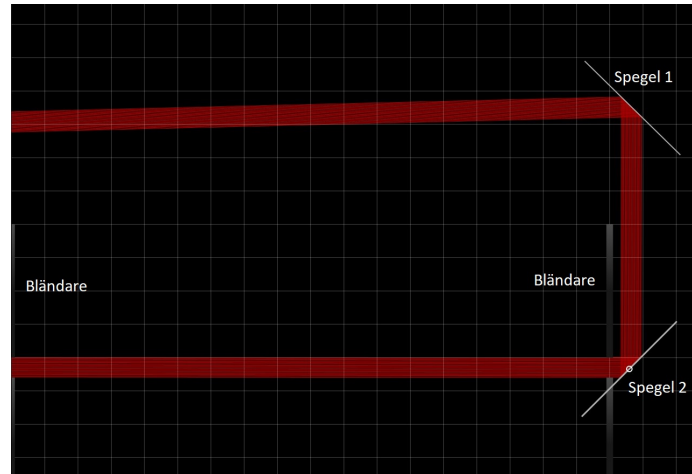


Figure 7: Kollimering av en divergent ljusstråle.

8 Övriga appendix

9 Anteckningar

9.1 Brännvidd

När linsen placeras närmare ljuskällan ökar brännvidden för att till slut bli oändlig. Ju närmare jag placerar linsen, ju mindre verkar brännvidden bli. Genom att rotera linsen förskjuter vi brännpunkter och det bildas inget tydligt fokus. Genom att flytta linsen i samma plan böjs ljusstrålarna olika mycket och vi får en förflyttning av brännpunkten.

Sätter vi $a = b = cf$ i $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$ får vi $c = 2$ alltså $a = b = 2f$. Avståndet är alltså två brännvidder.

9.2 Prismet

Mätte vinklar, se tabell. Anpassade tredjegradspolynom och får minsta avlänsningsvinkel $\delta = 64.0680, \lambda = 555$.

För $\lambda = 700$ fås analytiskt minimum $\delta = 57.5861$ men det sanna minimum ligger nog runt *60grader*.