

Optik 2020

Laborationsinstruktioner Våglära och optik FAF30+40

Labbhandledare:

David Gustavsson, david.gustavsson@fysik.lth.se

Rebecca Ahrling, tfy14rah@student.lu.se

Lärandemål

I den här laborationen får Du *experimentera* med några grundläggande optiska komponenterna och studera geometrisk optik. Framförallt kommer du att få en första inblick i hur man arbetar med optik med hjälp av ett simuleringsprogram som både ritar och kan analysera strålgångarna.

Laborationen kopplar framförallt till följande lärandemål i kursplanen, rödmarkerade delar är moment som har ändrats för att möjliggöra att laborationen görs på distans:

Syfte

Syftet med kursen är att utveckla studentens problemlösningsförmåga och modelltänkande samt introducera studenten till **experimentellt arbete** inklusive användning av datorstöd för att grafiskt representera och analysera data. Kursen behandlar vågor och vågors rörelse i tid och rum med tonvikt på elektromagnetisk strålning i det optiska området. Elektromagnetiska vågor och deras utbredning är ett centralt begrepp inom dagens teknologi, men också för den kvantmekaniska beskrivningen av mikrokosmos. Kursen ger en grund för att förstå och utveckla både tekniken omkring oss och den moderna fysiken.

Mål

Kunskap och förståelse

För godkänd kurs skall studenten

- kunna de grundläggande fysikaliska principerna för vågutbredning,
- förstå hur ett abstrakt modelltänkande i form av matematiska modeller, analogier och bilder relaterar till **experiment och den fysikaliska verkligheten**,
- kunna analysera problemställningar samt utföra och tolka beräkningar inom ämnesområdet.

Färdighet och förmåga

För godkänd kurs skall studenten

- ha tillägnat sig förmåga att **genomföra laborationer** och använda datorer som hjälpmedel, särskilt för beräkningar, analys och simulering,
- ha tillägnat sig grundläggande färdighet i skriftlig framställning av observationer och beräkningar samt ha ökad förmåga att diskutera fysikaliska problem med kollegor,
- kunna angripa problemställningar på ett strukturerat sätt.

Värderingsförmåga och förhållningssätt

För godkänd kurs skall studenten

- visa insikt i den naturvetenskapliga metoden och fysikens möjligheter och begränsningar,
- kunna värdera utfall av olika experimentella metoder,
- visa förmåga att identifiera sitt behov av ytterligare kunskaper även inom andra områden.

1. Introduktion

1.1 Att läsa / filmer att se

- **Riskbedömning** (det gör vi till nästa laboration)
- Hela handledningen (försök fundera ut hur Du skall utföra alla moment)
- Se filmerna som är upplagda på Canvas
- Boken Våglära och Optik
 - Geometrisk optik: kap. 12, framförallt
 - prismor på s 210
 - frustrerad totalreflektion s 206
 - Avbildning med linser kap 13
 - Avbildningsfel sid 237
 - Appendix sist i det här dokumentet

Du behöver inte lära Dig alla härledningar, utan det viktigaste är att Du förstår de olika fenomenen och hur de uppstår.

1.2 Riskanalys

I denna laboration kommer Du att använda en laser av klass 3B som är inställd på en optisk effekt mindre än 5 mW. Effekten är begränsad till 5 mW för att inte skada ögonen om Du tittar direkt in i laserstrålen, eller får reflekterat ljus i ögat. Det kan däremot vara väldigt obehagligt att få reflekterat ljus i ögat och det är därför viktigt att Du alltid har Ditt huvud ovanför strålhöjden och att Du tar av Din klocka.

En stark rekommendation är ändå att du ser filmerna om introduktion till lasrar och lasersäkerhetsfilmen och gör quizzarna på Canvas i anknytning till den här laborationen (men det är inget krav).

2. Förberedelseuppgifter

1. Rita en strålkonstruktion över hur man kan kollimera en divergent ljuskälla.
2. Beräkna minsta avlänkning (minimum deviation på engelska) för ett prisma med en vinkel på 60° och ett brytningsindex på 1,57.

Ta med dina svar i inledningen av din rapport.

3. Praktisk del

Laborationen utförs med programmet Geometrical Optics Tools (GOT) som hämtas på:
<http://www.atomic.physics.lu.se/education/geometrical-optics-tool/>

Filerna som du behöver för att göra laborationen kommer du också att kunna ladda ner från den sidan.

3.1 Ljuskällan

Öppna filen **GOT1**, du kommer nu att ha en ljuskälla som du inte kan ändra, men du kan placera andra optiska föremål i programmet.

1. Mät upp divergensen för ljuskällan – beskriv hur du gör.
2. Placera en fokuserande (konvex) lins så att ljusstrålen fokuseras. Reflektera och diskutera (i rapporten) kring samband mellan avstånd mellan ljuskälla och lins och brännvidd på linsen. Vad händer när du flyttar linsen närmare, respektive längre bort från ljuskällan?
3. Om Du placerar linsen ”fel”, kommer den inte fokusera ljuset optimalt. Flytta runt din lins och rotera den och studera hur det påverkar fokuseringen.
4. Placera nu linsen så att det är lika långt från ljuskällan till linsen som det är från linsen till fokuspunkten. Spara en bild. Hur långt är det nu mellan lins och fokuspunkt uttryckt i linsens fokallängd/brännvidd?

Kollimera

1. Kollimera laserstrålen genom att placera en lins i strålgången så att ljusstrålarna efter linsen är parallella (spara en bild). Var ska linsen placeras för att du ska åstadkomma detta?

Linjera

Öppna nu istället filen **GOT2**, den innehåller en kollimerad ljuskälla och två bländare som du inte kan flytta på. Din uppgift är att med hjälp av speglar linjera ljusstrålen genom bländarna. Den första bländaren ska klippa ljusstrålen symmetriskt (dvs lika många strålar ska träffa den över och den nedre delen av bländaren) och alla strålar som passerar den första bländaren ska också passera igenom den andra bländaren. Spara en bild där detta tydligt syns till rapporten.

Avbildningsfel

I denna del skall du fortsätta att använda programmet GOT som simulerar hur strålar bryts och reflekteras. Med hjälp av lämpliga optiska komponenter och uppställningar ska du spara bilder som illustrerar följande tre aberrationer:

- Sfärisk aberration
- Koma
- Kromatisk aberration

Detta är för att se vad det kan finnas för utmaningar med en optisk uppställning. Astigmatism behöver du inte undersöka eftersom det är svårt att illustrera i 2D. Däremot kommer vi att spela in en kort illustration av astigmatism i ett 3D program.

Om du använder en plan-konvex lins ändras fokuseringen beroende på om du vänder den plana eller den krökta sidan mot ljuskällan, hur ska du placera linsen för att få bäst (minst) fokus?

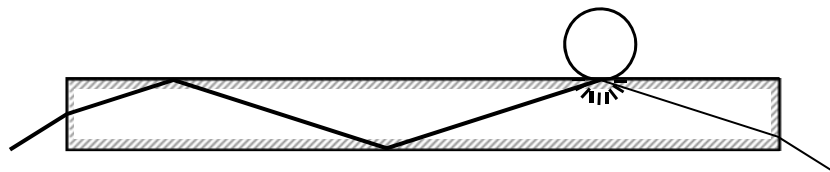
3.2 Prisma

Med ett prisma kan man böja av ljusstrålarna, med hjälp av refraktionen i prismats ytor (tänk på Snells lag, $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$). Prismat ni kommer arbeta med har triangulär bas, men andra polygoner är också möjliga. Att göra den här uppgiften i GOT kommer antagligen att innebära en del knep och knåp från din sida och det kan ta lite tid, men ge inte upp – hör av dig om det känns jobbigt så hittar vi en tid för handledning via Zoom.

Börja med en helt tom yta i GOT. Placera en kollimerad ljuskälla (beam) och ändra antalet strålar till 1 och sätt våglängden till 555 nm. Placera sedan en detektor framför strålen på ett ganska stort avstånd, under detektorn kommer det att stå en siffra som mäter hur långt från nederkanten på detektorn som strålen träffar. Placera sedan in ett liksidigt prisma med tre sidor. Den lilla vita ringen i prismet visar vilken punkt prismet roterar kring när du vrider på det – för att få så noggranna mätningar som möjligt är det viktigt att du placerar den vita ringen på ett smart sätt. Flytta nu in prismet i strålen och studera vad som händer när du flyttar runt det och snurrar på det. För vissa vinklar kommer du att upptäcka att du får totalreflektion i den andra ytan – det är inte detta vi ska studera nu utan strålen ska passera genom båda ytorna. Se till att strålen passerar genom prismet och träffar din detektor. Du ska nu mäta upp prismats avlänkning som funktion av infallsvinkel och hitta ett minimum. Det underlättar mätningen om du slår på Grid i menyn Window. Plotta avlänkingsvinkeln som funktion av infallsvinkeln (anpassa gärna din funktion med hjälp av Matlab programmet som du har skrivit). Gör om uppgiften för en annan våglängd på ljuskällan och plotta dina nya datapunkter i samma graf som dina tidigare mätningar. Fundera på vilka felkällor det finns i din mätning.

3.3 Pekskärm via frustrerad totalreflektion

Om man sänder in ljus från sidan av en plexiglasskiva, kommer man, på samma sätt som i en optisk fiber, få totalreflektioner i skivan (se figuren nedan). Om man placerar sitt finger på skivans yta, kommer man till viss del förstöra totalreflektionen, genom att ljuset sprids från fingertoppen. Ljusbortfallet kan användas för att beräkna var fingret tryckte på skivan. Denna metod ligger till grund för de produkter som säljs av företaget Flatfrog i Lund (<http://www.flatfrog.com/>). I GOT kan vi tyvärr inte simulera frustrerad totalreflektion (än), men totalreflektion fungerar utmärkt. Börja från en tom yta i GOT och placera en ljuskälla och en rektangel så att du får flera reflektioner inuti din rektangel.



5. Redovisning

1. Du ska dokumentera hur man gör för att kollimera och linjera lasern. Gör dokumentationen på ett sådant sätt att du skulle kunna ha nytta av den när du ska göra samma sak i verkligheten.
2. Skriv ner vilken del av laborationen som var svårast att förstå och ge ett kort tips om hur man ska tänka när man angriper den uppgiften.
3. Skriv en laborationsrapport (det finns mallar och instruktioner på Canvas) och skicka den med epost till laborationshandledaren **senast den 8 april**.

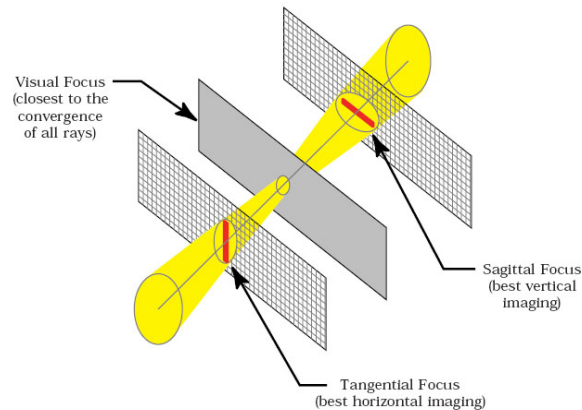
Lämpligtvis består rapporten av följande delar:

1. Inledning
2. Teori
3. Material och metod
4. Resultat
5. Diskussion

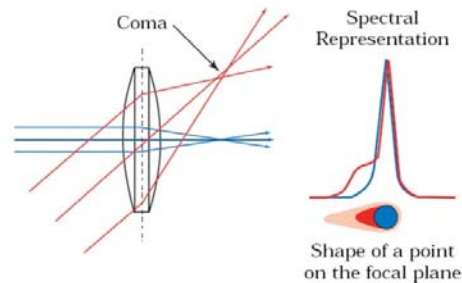
Givetvis är Du välkommen att via mail fråga handledaren om du undrar något.

Appendix avbildningsfel (*Aberrations*)

Astigmatism is the elongation of an image. With spherical optics a point source will be elongated into two line images and one visibly focused “true” image. One line image will be vertical with a width close to the diameter of the point; the other will be horizontal with a height close to the diameter of the point. These images are separated in space. The elongated images fall on two focal planes, one called the tangential and the other called the sagittal.



Coma is the smearing or blurring of an image. A point source is smeared to a shape similar to a comet. The amount of smearing is a function of off-axis rays composing the image. The larger the aperture of the spectrometer the greater the coma as more off-axis rays are captured.



Chromatic aberrations arise specifically in polychromatic light. Different “colored” rays will propagate through the optical system along different paths and will therefore be focused differently. The focal length of a lens is wavelength dependent since the refractive index is wavelength dependent and different colors will be focused at different places. Chromatic aberrations can be corrected for by constructing a lens from two thin lenses made of different materials (a so called achromatic doublet) or by using focusing mirrors instead of lenses.