

04

för gymnasiet

Polarisation



Foton taget med (höger) och utan (vänster) linjärpolarisator.

Laborationens syfte är att du ska 1) få en grundläggande förståelse för polarisation och fenomen som dikroism och Rayleighspridning och 2) förstå hur ljus med olika polarisationsformer kan framställas.

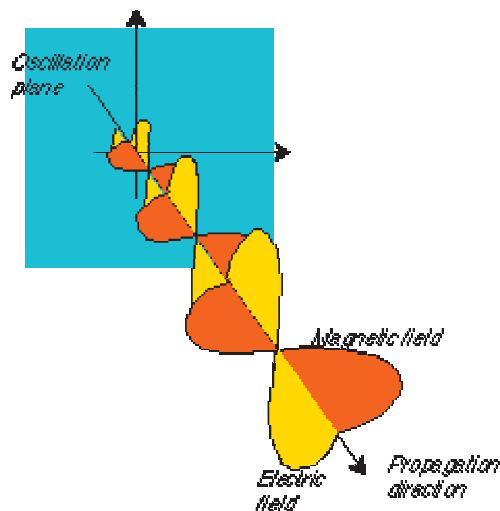
Du skall före laborationen läsa igenom detta lab-PM och tillhörande avsnitt i kursboken. Hemuppgifterna 1–10 på sidan 3 skall arbetas igenom före laborationstillfället.

1 Inledning

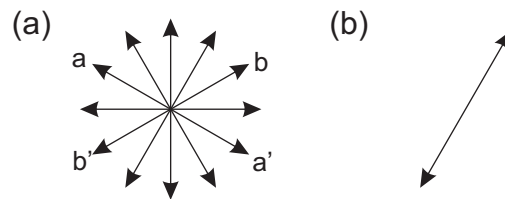
Ljus är, fysikaliskt sett, en *transversell elektromagnetisk vågrörelse*. Detta betyder att en ljusvåg består av två kopplade fält, ett elektriskt och ett magnetiskt, som svänger vinkelrätt mot varandra i ett plan som alltid är vinkelrätt mot utbredningsriktningen (se figur 1). För att förenkla saker använder vi oss dock ofta bara av det elektriska fältet för att beskriva ljus eftersom det normalt bara är detta fält som växelverkar med materia tillräckligt mycket för att vi skall kunna observera effekten. Denna förenkling använder vi i denna laboration och vi kommer därför i fortsättningen enbart använda det elektriska fältet för att beskriva ljuset.

Tänk dig en transversell vågrörelse, sammansatt av många individuella vågor, samlade i ett smalt knippe. I figur 2 visas två olika sådana knippen som kommer mot dig. I det första förekommer svängningar i många olika riktningar; aa', bb' osv. Om svängningarna är fördelade på detta sätt, dvs i alla möjliga riktningar kallas vågrörelsen *opolariserad*. Om alla svängningarna istället sker i en enda riktning kallas vågrörelsen istället för *linjärpolariserad* eller *planpolariserad*.

När ljus passerar genom ett medium kan olika fysikaliska processer påverka ljusets polarisationstillstånd. I laborationen kommer vi att med hjälp av fenomenen *dikroism*, *reflektion*, *dubbeltbrytning* och *Rayleighspridning* åstadkomma polariserat ljus ur opolariserat, eller ändra mellan olika polarisationstillstånd. Vi kommer att upptäcka att det har stor betydelse om ett material



Figur 1: Synligt ljus kan beskrivas som kombinationen av en elektrisk och en magnetisk vågrörelse som utbreder sig i rummet. Det elektriska fältet är alltid riktat vinkelrätt mot det magnetiska. Båge svängningar sker i ett plan som är vinkelrätt mot utbredningsriktningen.



Figur 2: Svängningsriktningar hos (a) opolariserat ljus och (b) linjärpolariserat ljus.

är *isotrop* (likadant i alla riktningar) eller *anisotrop* (beroende på infallsriktning upplever ljuset materialet på olika sätt). Dessutom kommer vi att studera de optiska effekter som *kiralitet* (frånvaro av spegelsymmetri) kan ge upphov till. Experimenten med Rayleighspridning ger oss en förklaring till varför himlen är blå på dagen men röd på kvällen. I slutet av laborationen kommer vi se att kunskap om ljusets polarisation ligger till grund för tekniska tillämpningar såsom bildskärmar till datorer, LCD-TV eller miniräknare.

Det finns flera exempel både i vardagsprodukter och i forskning där kunskap om och kontroll över ljusets polarisation har en avgörande betydelse:

- De tunna och platta displayer som sitter i miniräknare, bärbara datorer och i platta LCD-TV bygger alla på *vätskekristaller* (LCD = Liquid Crystal Display). Liksom fasta kristaller har dessa ämnen en stark inverkan på polarisationstillståndet för ljus som passerar genom dem. Det unika med vätskekristaller är dock att molekylerna är rörliga som i en vätska och därmed kan vi lätt orientera om dem med t.ex. ett elektriskt fält. Då förändras också de optiska egenskaperna och det är detta som utnyttjas i bildskärmarna. I slutet av laborationen återkommer vi i detalj till hur vätskekristalldisplayer fungerar.
- Med hjälp av en så kallad *sackarimeter* kan man mäta koncentrationen av kiralala ämnen (ett exempel är socker – därav namnet) i en lösning. En sådan lösning är nämligen *optiskt aktiv*, det vill säga den vrider polarisationsplanet i linjärpolariserat ljus. Ju mer lösningen innehåller av det kiralala ämnet desto starkare blir effekten, och en mätning av vridningsstorleken efter ljusets passage en viss sträcka genom lösningen ger därför ett gott mått på koncentrationen. I uppgift 4 kommer du själv att undersöka detta fenomen.
- Bara för att vi människor inte kan uppfatta polariserat ljus, innebär det inte att det inte finns några varelser som kan det. Många djur kan faktiskt se polariserat ljus. Ljuset från en klar himmel är delvis polariserat, vilket till exempel vissa fåglar och fiskar kan utnyttja för att navigera rätt. Vissa skalbaggar kan till och med ta hjälp av det svaga po-

larisationsmönstret från månen för att hitta rätt nattetid. Bläckfiskar kan utnyttja polariserat ljus för att kommunicera med varandra. Det finns också några mycket vackra skalbaggar vars kraftiga färg uppstår genom att de selektivt reflekterar en viss våglängd av polariserat ljus.

Nedan följer hemuppgifter (skall göras i förväg) och laborationsuppgifter.

2 Hemuppgifter

Uppgifter 1–10 skall göras före laborationstillfället. Till din hjälp finns ett teoriavsnitt i bilaga 1.

1. Hur kan man åstadkomma linjärpolariserat ljus?
2. Hur fungerar ett polaroidfilter? Rita figur.
3. Antag att vi har tre stycken polaroider, där vinklarna mellan dem är 45° (alltså 90° mellan första och sista polaroiden). Hur mycket av intensiteten hos det inkommande (opolariserade) ljuset har man kvar efter de tre polaroiden?
4. Redogör för Brewsters lag. Rita figur.
5. Ge en kort förklaring till dubbelbrytning.
6. Beskriv kortfattat orsaken till optisk aktivitet.
7. Varför är himlen blå och varför ser solen rödaktig ut då den går ner?
8. Förklara hur polaroidglasögon är konstruerade och varför.
9. Ge en kort förklaring till vad som menas med spänningsoptik och vad den kan användas till.
10. Beskriv kortfattat hur en pixel i en datorskärm fungerar.

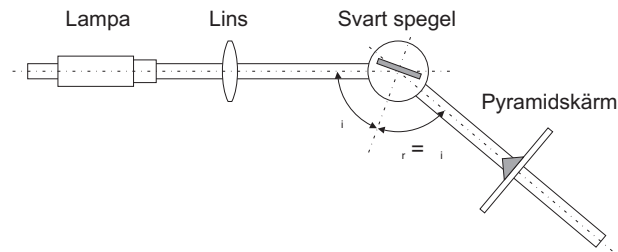
3 Laborationsuppgifter

Uppgift 1: Framställning av linjärpolariserat ljus

Vi skall undersöka olika sätt att framställa linjärpolariserat ljus.

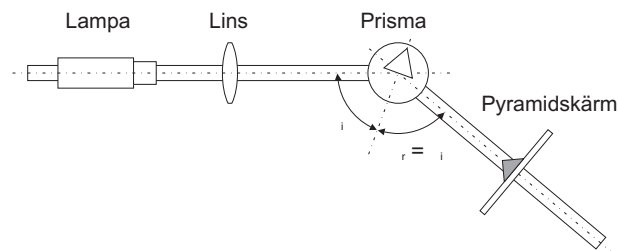
1.1 Linjärpolarisation genom reflektion

- a) Ställ upp enligt figuren. Med linsen fokuseras ljuset via spegeln på skärmen med pyramiden. Opolariserat ljus som träffar pyramiden faller in under brewstervinkeln på pyramidens fyra sidor, så att man på skärmen ser det opolariserade ljusets två vinkelrätt polariserade komponenter.



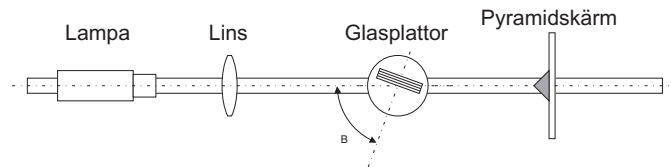
Studera den mot pyramidens fyra sidor reflekterade intensiteten som funktion av infallsvinkeln θ_i . Resultat och förklaring?

- b) Byt ut den svarta spegeln mot ett flintglasprisma. Låt ljuset reflekteras mot ena prismaytan.



Bestäm brewstervinkeln θ_B och jämför resultatet med tabellvärde för lätt flintglas.

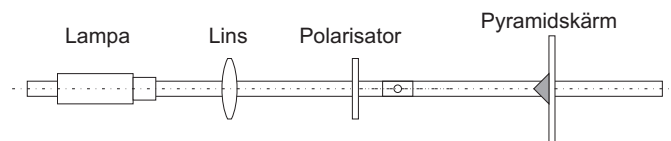
- c) Byt nu ut prismet mot ett paket av parallella, tunna glasplattor. Ställ in brewstervinkeln. Vrid sedan skärmen med pyramiden till "raktfram"-läget och observera det ljus som transmittteras genom glasplattorna.



Resultat och förklaring?

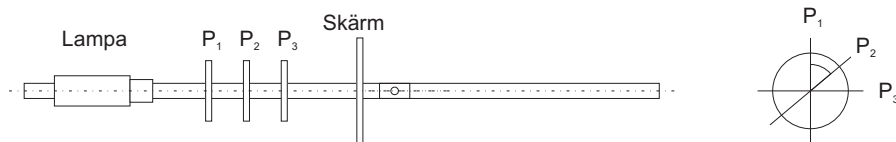
1.2 Polaroidfilter

- a) Som ovan, men med glasplattorna utbytt mot ett polaroidfilter. Vrid polaroiden runt.



Resultat och förklaring?

- b) Ställ nu upp enligt figuren. Börja med att bara använda polaroiderna P_1 och P_3 .



Korsa först polaroiderna P_1 och P_3 utan P_2 emellan och observera den genomsläppta intensiteten. Resultat och förklaring?

- c) Placera sedan P_2 mellan P_1 och P_3 . Skissa intensiteten vid skärmen som funktion av vinkeln θ mellan genomsläppsriktningarna hos P_2 relativt P_1 . Hela tiden skall P_1 och P_3 vara korsade. Förklara vad du ser.
- d) Hur stor andel av infallande intensitet I_0 kan vi maximalt få ut om vi antar att vi har idela polaroider?

Uppgift 2: Dubbelbrytning

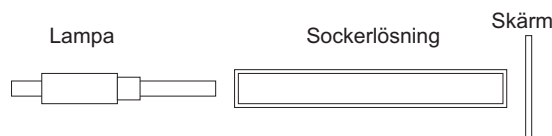
I denna uppgift skall vi undersöka fenomenet dubbelbrytning i kalkspat, som är ett anisotropt material.

- a) **Dubbelbrytning** Studera denna text genom en kalkspatkristall. Roter kristallen och analysera det du ser med en polarisator. Beskriv och förklara.

Uppgift 3: Rayleighspridning och optisk aktivitet i sockerlösning

Vi skall nu använda en sockerlösning för att studera fenomenen Rayleighspridning samt optisk aktivitet i ett isotropt medium.

- a) Ställ upp enligt figuren och sänd vitt ljus genom sockerlösningen mot skärmen. Undersök det uppåt och åt sidan spridda ljuset samt det ljus som passerat sockerlösningen (studera färg och polarisationsriktning).



Observationer och förklaring?

- b) Sänd vitt ljus genom P_1 , filter (rött och grönt) och sockerlösning. Observera polarisationsplanets vridning för de två våglängdsområdena (rött och grönt). Detta kan göras genom att mäta avståndet mellan två maxima eller minima i det åt sidan spridda ljuset. (Istället för vitljuslampa och filter kan röd och grön laser användas. Observera att den röda lasern redan är polariserad.)



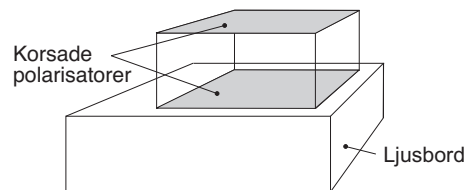
Observationer och förklaring? Stämmer resultatet med vad du förväntar dig?

- c) Tag bort färgfiltret (använd vitljuslampa). Observera det spridda ljuset, både ovanifrån och från sidan. Observationer och förklaring?

Uppgift 4: Tekniska tillämpningar

Avslutningsvis demonstreras två tillämpningar: spänningsoptik och flytande kristaller.

- a) **Spänningsoptik** Med korsade polaroider på ett ljusbord studeras spänningar i plastmodeller (Utsätt inte modellerna för alltför stora spänningar!)



Diskutera.

- b) **Flytande kristaller** Studera en nematisk vridcell mellan de korsade polaroiderna. Cellen, som är $5 \times 10 \text{ cm}^2$ stor, ansluts till en funktionsgenerator, och en växelspanning med en frekvens på ungefär 100 Hz ställs in. Om signalen amplitudmoduleras kan cellen fås att blinka.

Diskutera.