

Lärohandledning

Modul 5:

Polarisation

Polarisering är en grundläggande egenskap hos ljus och att förstå hur den fungerar har hjälpt forskare dra nytta och kontrollera effekten för ett antal olika tillämpningar. Användningsområdena är väldigt varierande, från läkemedel till TV- och datorskärmar, även fiskeglasögon är baserade på den här egenskapen. Egenskapen är mer än intressant, den är extremt användbar.

Sammanfattning: Eleverna kommer att lära sig rotera linjärpolariserat ljus och hur en polarisator fungerar. De kommer även att bygga sin egen polarimeter och mäta polarisationsvinkeln för en sockerlösning.

Modulen består av ett kapitel:

- Vrida ljus: Eleverna använder polarisatorer för att vrida ljusets polarisationsriktning och bygga sin egen polarimeter.

Nivå: Gymnasiet

Tidsåtgång: Modulen är utformad som en lektion på ca 40 min.

Förkunskaper:

- Att ljus beter sig som våg.

Lärandemål:

- Förstå grundidén med polariserat ljus.
- Hur en polarisator fungerar.
- Roterar polarisationsriktning för ljus.
- Hur man bygger en polarimeter.
- Hur polarisation tillämpas i LCD-skärmar.

Modulen innehåller:

- 1 arbetsblad
- 1 faktablad

Kapitel 1 | Vrida ljus

Förslag till lektionsupplägg

I det här kapitlet kommer eleverna undersöka polarisation av ljus och hur olika material kan användas för att rotera ljus. De kommer även att bygga sin egen "sockerpolarimeter" och testa effekten av olika sockerkoncentrationers påverkan på rotationen av ljus. Genom att använda de här metoderna kommer de att lära sig grundläggande egenskaper hos polarisation som kan användas i olika tillämpningar och om genombrott som LCD-skärmar.

Disposition Tid i min	Aktivitet	Material
Läxa	Läsa igenom lasersäkerhetsbladet	Lasersäkerhetsbladet
0-5	Introduktion: Läs första delen av arbetsbladet	AB05.1
5-15	Arbeta med uppgifterna 1-5 på arbetsbladet	AB05.1
15-30	Läsa igenom uppgift 6 och 7 Bygga en polarimeter	2 Polarisatorer 1 Lasermodul <i>Saker ni måste tillhandha hålla:</i> 1 transparent glas/mugg Klädnypor Skärm Vatten Socker
30-40	Arbeta med beskrivningen av LCD-skärmar på faktabladet	FB05.1 Linser

Beskrivning av föreslagen lektion

Polarisatorer och hur de fungerar

När eleverna har läst igenom första delen av arbetsbladet kan de behöva hjälp med vektorkomponentuppdelning av en våg. Förklara för dem hur det fungerar antingen genom att illustrera det med ett snöre eller rita en bild på tavlan. Grundidén är att låta eleverna resonera sig fram till slutsatserna (lösningarna) för uppgift 1 och 5. Du kan göra så att du besvarar varje fråga med en ny fråga i stället för att ge direkt svar på elevernas frågor. Metoden utmanar eleverna att ställa specifika frågor och att tänka ut svar på dina frågor. Det här är väldigt viktigt för deras syn på upptäckter och fördjupar deras förståelse för vetenskapliga slutsatser.

När eleverna är klara med uppgift 1-2 på arbetsbladet, gå runt bland grupperna för att se och diskutera deras observationer. När alla grupper har tittat på olika föremål runtomkring dem med en polarisator, be dem arbeta med uppgift 3 och 4. Under de här experimenten ska eleverna först se att de kan släcka ljus genom att hålla två polarisatorer 90 grader (korsade) mot varandra (de "ser" svart). Sedan när de lägger en tredje polarisator lite vinklad mellan de två polarisatorerna kan de se något igen!

När eleverna har sett den här effekten, be dem arbeta med uppgift 5 om något liknande händer ifall de håller andra transparenta material mellan de korsade polarisatorerna. Eleverna bör förstå att en tredje polarisator eller plast roterar polarisationsriktningen av ljus efter den första polarisatorn så att ljuset kan passera genom den andra "sista" polarisatorn.

Be eleverna arbeta med uppgift 6 på arbetsbladet och testa effekten på sina mobilskärmar. Du kan be dem sammanfatta sina idéer och tänka ut en hypotes på hur LCD skärmar funkar. Genom att låta dem fundera på varför ljuset är polariserat från mobilskärmarna och i vilken riktning. Du kan även berätta att de kommer kunna bekräfta sin hypotes senare när de läser faktabladet om LCD:ns konstruktion.

Fortsätt med att låta dem läsa igenom uppgift 7. Berätta för eleverna att de ska få testa hur vissa "ämnen" kan rotera polarisationen av ljus och med hur mycket. De kommer att bygga en "sockerpolarimeter". En polarimeter är ett optiskt instrument som används för att mäta rotationsvinkeln genom att låta polariserat ljus passera ett optiskt aktivt ämne.

Om dina elever inte har arbetat med de här lasrarna förut är det viktigt att de har läst, förstått och undertecknat lasersäkerhetsarbetsbladet. Hur som helst är det väldigt kritiskt att repetera instruktionerna innan de börjar använda lasrarna och det är en grundläggande färdighet som de har möjlighet att lära sig under den här modulen.

Be eleverna läsa genom uppgift 8 på arbetsbladet och ställa upp sin egen uppställning. Bilden på arbetsbladet är ett exempel på hur man kan sätta upp en polarimeter. De kan hitta bättre tillvägagångssätt! Dock ska en av polarisatorerna sitta fast ordentligt, så att den inte ramlar eller vrider sig under experimentet. Den andra polarisatorn ska eleverna rotera för att kunna mäta vinkeln när laserstrålen är släckt.

Notera att vanligt kranvatten är tillräckligt varmt för att lösa sockret. Finns det inte går även rumstempererat vatten bra, dock kan det ta längre tid att lösa sockret. Säg till dina elever att inte ta så mycket vatten eftersom det behövs en rätt stark koncentration sockerlösning för att rotera polarisationen.

Eleverna kan börja testet med bara vattenlösning (inget socker) och se om det har någon effekt på polarisationen. Däremot föreslå det inte till eleverna utan låt dem komma på det själva.

När de är klara med uppgift 8 be dem läsa genom uppgift 9 och komma fram till en hypotes. Du kan gå runt bland grupperna för att kika på deras hypoteser och guida dem med frågan "Var tror ni att rotationen kommer ifrån, bara socker, bara vatten eller blandningen?".

Faktablad

Faktabladet innehåller information om LCD-skärmar (liquid crystal displays) och hur de har använt effekten av polarisation. Det finns ytterligare information för diskussionen med dina elever i nästa stycke "Bakgrunds-information". Be dina elever att tänka tillbaka på experimentet med deras mobil- eller datorskärmar i uppgift 6 på arbetsbladet. De såg att ljuset från skärmarna var polariserat i en viss riktning. De flesta har nog lite kunskap om LCD-skärmar innan experimentet och eventuellt någon LCD-apparat hemma. Be dem att jämföra sin hypotes med hur vrida ljus möjliggör tekniken för LCD-skärmar, om det motsvarar beskrivningen i faktabladet.

Bakgrundsinformation

Flytande kristaller (vätskekristaller)

Flytande kristaller (liquid crystals) har ett aggregationstillstånd vars egenskaper är något mellan fast och flytande, till exempel på makroskopisk nivå kan flytande kristaller bete sig som flytande, men på mikroskopisk nivå kan molekylerna vara ordnade som kristaller.

Flytande kristall upptäcktes 1888 av en österrikisk botanisk fysiolog, Friedrich Reinitzer, under tiden som han arbetade med kolesterolets fysikalisk-kemiska egenskaper (nu känt som kolesteriska flytande kristaller) till sin hjälp hade han fysikern Otto Lehmann. Friedrich Reinitzer upptäckte tre viktiga egenskaper hos kolesteriska flytande kristaller – att det hade två smältpunkter, att det reflekterade cirkulärpolariserat ljus och att det kunde rotera polarisationsriktningen för ljus. Forskningsarbetet fortsatte av Lehmann, som förstod att han hade stött på ett nytt fenomen som krävde vidare undersökning. Han studerade flera molekyler och i slutet av augusti 1889

hade han publicerat sina första resultat i Zeitschrift für Physikalische Chemie. Lehmanns arbete fortsatte och utvidgades betydligt av den tyska kemisten Daniel Vorländer. Han höll på från början av 1900-talet fram till sin pensionering 1935, då hade han syntetiserat fram de flesta av dagens kända flytande kristaller. Hur som helst, flytande kristall var inte populärt bland forskare och materialet förblev en ren vetenskaplig kuriositet under 80 år, tills kommersialiseringen av LCD-skärmar. Då hade ett mer kemiskt stabilt ämne (cyanobifenyl) med låg smältpunkt framställts av George Gray.

LCD-skärmteknologi

Varje pixel i en LCD-skärm består normalt av lager med molekyler uppgradade mellan två transparenta elektroder samt två polarisationsfilter, med genomsläppningsplan vinkelräta mot varandra. Om det inte skulle finnas några flytande kristaller mellan polarisatorerna skulle allt ljus som passerade genom det första filtret släckas ut av det andra.

Elektroden är tillverkade av transparenta ledare, indium-tenn-oxid (ITO). Deras ytor är behandlade så att kristallmolekylerna radar upp sig i en bestämd riktning. I vissa fall kan behandlingen vara gjord genom att belägga elektrodytorna med ett tunt lager polymerer i en riktning, så att skiktet flytande kristaller närmast ytan blir uppgradade i samma riktning som polymererna (om inget elektriskt fält är pålagt).

I en typisk "nematiskt twistade anordning" (mer information kommer senare), ligger lagret molekyler närmast de båda elektrodytorna uppgradade vinkelrätt mot varandra, vilket gör att molekylerna däremellan vrider sig själva så att de ligger i spiraler (helixar). Att anordna molekylerna så här minskar rotationsvinkeln för polarisationen av infallande ljus, därför ser skärmarna gråa ut när de är avstängda. När en spänning blir pålagd omorienterar sig kristallmolekylerna, vilket betyder att lagren molekyler i mitten slutar att vara vridna och släpper på så vis igenom ljus. Följaktligen blockerar den andra polarisatorn ljuset och pixeln ser svart ut. Genom att reglera spänningen över varje pixel styrs hur mycket ljus som passerar, således gråskalan för varje pixel. Antalet pixlar är för många för att kunna styras individuellt, därför är bildskärmarna "multiplexa". Det betyder att alla pixlar är grupperade i kolumner och rader, med en spänningsskälla kopplad till varje kolumn eller rad. På det här sättet minimeras antalet spänningsskällor, eftersom varje pixel inte har en egen men en unik kombination av källor. Elektronik och mjukvaror används sedan för att driva spänningen för varje pixel.

Passiv och aktiv matrisadressering

Det finns olika typer av adresseringar, direkt adressering (varje pixel anropas individuellt) eller passiv och aktiv matrisadressering (multiplexing). För en matrisadressering är samtliga pixlar kopplade rad-för-rad och kolumn-för-kolumn till en egen spänningsskälla (elektrisk krets) istället för var för sig. Adresseringen sker etappvis rad-för-rad. När en rad är aktiverad blir alla kolumnpixlar som är kopplade till raden uppdaterade med rätt spänning. Efteråt deaktiveras raden och nästa rad aktiveras. Alla rader blir sekventiellt aktiverade under en uppdatering.

I vissa skärmar som till exempel äldre laptops, handdatorer, elektroniska vågar eller original GameBoy Nintendo använder man sig av *passiv matrisadressering*. Systemet kallas "passivt" eftersom varje pixel måste behålla sitt tillstånd mellan uppdatering utan en aktiv elektrisk laddning. När systemet blir större och större växer antalet pixlar och en passiv matrisadressering är inte möjligt längre. Långsamma svarstider och dålig kontrast är problem med den här typen av skärm.

Idag använder de flesta skärmarna aktiv matrisadressering, vilket betyder att man har lagt till en matris av tunnfilmstransistorer (TFT) till polarisations- och färgfiltren. Således har varje pixel en egen transistor som bevarar det elektriska tillståndet för pixeln och det reducerar störningen från omkringliggande spänningar. Aktiva matrisadresseringsskärmar ser "ljusare" och "skarpare" ut än passiva matrisadresseringsskärmar i samma storlek. Generellt har de snabbare svarstider och mycket bättre bilder.

Vriden nematisk effekt

I den nematiska fasen, har de stavformade organiska molekylerna i *flytande kristallen* ingen specifik ordning och är fria att flyta omkring som i en vätska. De har en lång räckvidd, så de självpassar sig utmed sina egna längdaxlar. Man kan lätt orientera dessa molekyler genom att tillföra ett elektriskt fält.

Den vridna nematisk effekten (twisted nematic effect) bygger på att exakt kunna styra justeringen av molekylernas orientering när ett elektriskt fält är pålagt. Metoden har en låg energiförbrukning. I FRÅN-läget d.v.s. när inget elektriskt fält är pålagt mellan elektroderna är molekylerna konfigurerade i en spiralform mellan de två glasplattorna. I PÅ-läget, d.v.s. när ett elektriskt fält är pålagt mellan elektroderna, radar kristallerna upp sig med det externa fältet. Det här "bryter" spiralen vilket leder till att ljuset fortsätter i samma polarisationsriktning utan att rotera.

Organisk ljus-emitterande diod vs LSDs

Idag är en snabbt växande teknologi organiska-LEDs. En **organisk ljusemitterande diod (OLED)** är en lysdiod (LED), där det ljusemitterande skiktet består av en tunn film organiska föreningar som producerar ljus när en spänning appliceras. Detta skikt av organiska halvledande material är inneslutet mellan två elektroder. Generellt är åtminstone en av dessa elektroder transparent. Den huvudsakliga skillnaden mellan OLED- och LCD-skärmar är att OLED genererar ljus medan LCD blockerar ljus, OLED skärmar är tunnare och lättare än LCD-skärmar samt har en högre kontrast. Däremot gör de organiska föreningarna i OLED att den får en mycket kortare livstid än för en LCD-skärm.

Eleverna kan fråga

Hur fungerar solglasögon?

När ljus träffar gränssytan mellan två medier med olika brytningsindex reflekteras en del av ljuset. Andelen ljus som reflekteras beror på infallsvinkeln och om ljuset är polariserat.

Om p-polariserat ljus (planpolariserat ljus parallellt med infallsplanet) infaller med Brewstervinkeln (θ_B) kommer inget av ljuset reflekteras. Däremot, om ljuset opolariserat (t.ex. solljus) kommer det reflekterade ljuset att bli s-polariserat (planpolariserat vinkelrätt mot infallsplanet). Brewstervinkeln:

$$\theta_B = \arctan \frac{n_2}{n_1}$$

där n_1 är brytningsindex för det initiala mediet och n_2 är brytningsindex för det andra mediet.

Brewstervinkeln för synligt ljus mellan glas-luft skulle vara ca 56° (glas $n_2 \approx 1,5$ och luft $n_1 \approx 1$) medan för luft-vatten ($n_2 \approx 1,33$) är den ca 53° .

Polariserade solglasögon är designade för att skydda ögonen från den här "skarpa glansen", exempelvis från metall- eller vattenreflektion. Reflektionerna är vanligtvis horisontellt polariserade och linserna är vertikalt polariserade för att släcka ljuset.

Polarisationsfilter i fotografering?

Polarisationsfilter som används i moderna kameror är ofta cirkulärpolariserade. Första steget av polariseringen är ett linjärt polariseringsfilter, vilket filtrerar ljus som är linjärt polariserat i en riktning. Andra steget är relaterade till autosensorerna i kameran och cirkulärpolariserar ljuset innan det når kameran. Polariseringsfiltret har två tillämpningar i både färgfoton och svartvita foton: det reducerar reflektionen från vissa ytor och mörkar himlen. Elektronerna i luftmolekylerna sprider solljus (Rayleigh-spridning). De blå delarna av spektrumet (kortare våglängder) blir mer spridda än de röda delarna (längre våglängder), därför är himlen blå. Polarisationsfiltret i en kamera kan filtrera bort polariserade delar av ljuset från himlen för färgfoton så att kontrasten mellan blå himmel mot vita moln intensifieras.