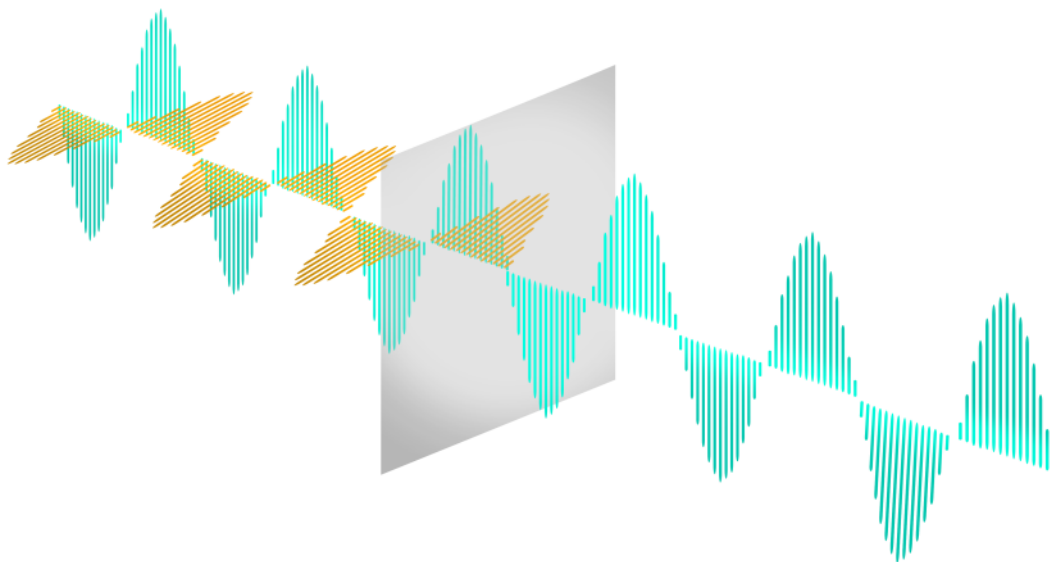


Polarisering

Et kompendie om lysets usynlige egenskaber



Hvad er polarisering?

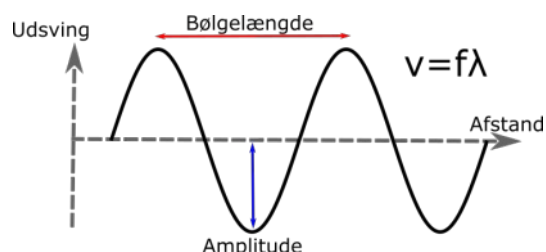
En bølge kan beskrives på mange måder. Den har en bølgelængde, en frekvens, en hastighed, en amplitude og en bevægelsesretning. En sjette måde, vi kan beskrive en bølge, er dens polarisering.

Hvad er polarisering?

Når en bølge bevæger sig i en bestemt retning, laver den udsving frem og tilbage, men bliver ved med samlet set at bevæge sig i den samme retning. Udsvingene vil typisk være enten i bevægelsesretningen eller vinkelret på den.

En bølges polarisering er den retning udsvingene bevæger sig i. Bølger, hvor polariseringen er vinkelret på bevægelsesretningen, kaldes for tværbølger, fordi udsvingene er på tværs af bevægelsesretningen, mens bølger hvor polariseringen er langs med bevægelsen kaldes længdebølger.

Bølgens udbredelse



Hvordan beskriver vi bølger?

Bølgelængde, frekvens og hastighed er tre begreber, der beskriver bølger. Bølgelængden er hvor langt, bølgen har bevæget sig i løbet af et fuldt udsving, mens frekvensen er hvor mange fulde udsving, bølgen laver i et tidsrum. Ganges bølgelængden med frekvensen, fås hastigheden altså hvor langt, bølgen når i et tidsrum. Et fuldt udsving altså fra top til bund og tilbage igen kaldes en oscillation og man siger at bølgen oscillerer om midterpunktet. Afstanden fra midterpunktet til et yderpunkt er amplituden.



Polarisering i en slinky

Med en trappefjeder også kendt som en slinky kan man vise forskellen på længde- og tværbølger og man kan vise, hvordan tværbølger kan have mange forskellige polariseringer. Med slinkyen kan man også demonstrere, hvordan bølgehastigheden afhænger af hvor opspændt, den er. Med et højhastighedskamera kan man måle bølgelængde, frekvens og hastighed og dermed eftervise bølgeligningen.

[Link til vejledning](#)

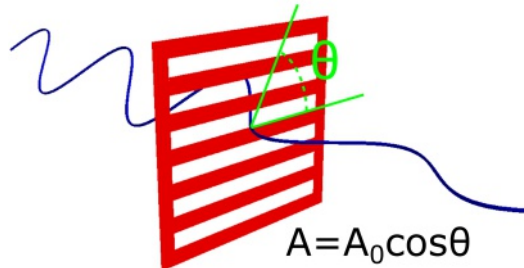
Polariseringsfiltre

Tværbølger, altså bølger der er polariseret på tværs af bølgeretningen, kan sorteres og ændres ved hjælp af hvad, man kalder et polariseringsfilter.

Hvordan virker et polariseringsfilter

Et polariseringsfilter er en slags gitter, der fjerner alle bølger, der er polariseret vinkelret på gitterets retning. Man kan se det lidt som tremmerne i et bur; hvis bølgerne er for brede, kan de ikke komme igennem. Med polariseringsfiltre er det dog lige meget, hvor brede bølgerne er. Det er kun dem, der er polariseret i samme retning som gitteret, der kan komme igennem. Hvis de ikke har den rigtige polarisering, bliver de tilpasset, så kun den del af dem (komponenten), der er polariseret i samme retning som gitteret, passerer igennem.

Bølge gennem polariseringsfilter



Amplituden af filtrerede bølger

Når en bølge passerer gennem et polariseringsfilter, er det kun den del af bølgen, der er polariseret i samme retning som filteret, der får lov til at passere igennem. Ved at se på vinklen mellem polariseringen af bølgen og filteret kan man finde amplituden af den resulterende bølge, som funktion af den oprindelige amplitude.

Menneskeligt filter

To personer kan fungere som et menneskeligt polariseringsfilter for bølger gennem en fjeder. Hvis man placerer to personer på hver sin side af en fjeder, der oscillerer, vil de fungere som et lodret polariseringsfilter, forstået på den måde, at den vandrette komponent af alle bølger vil blive filtreret fra.

Forsøget kan optimeres ved at bruge to borde sat på højkant, i stedet for to personer.

[Link til vejledning](#)



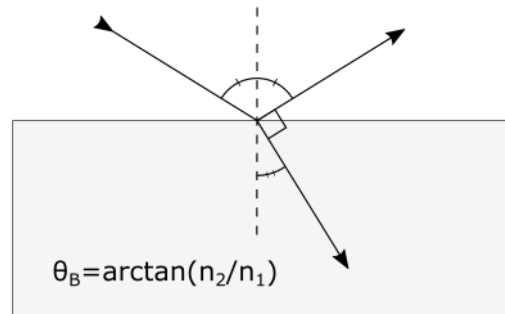
Brewster vinkler

Lys er en tværbølge, men vi kan ikke se med vores øjne, hvilken retning det er polariseret i. Det meste af tiden er lyset tilfældigt polariseret, men for reflekteret lys er polariseringen ikke helt tilfældig.

Hvad polariserer refleksioner?

Når lys rammer en overflade, bliver det først absorberet af molekylerne i overfladen. Det får molekylet til at vibrere frem og tilbage, hvilket producerer nyt lys. Retningen, molekylet vibrerer i, bliver polariseringsretningen af det nye lys og dermed også vinkelret på bevægelsesretningen af lyset. Noget af lyset (det refrakterede) fortsætter ind i materialet og noget af det bliver reflekteret. Hvis det refrakterede bevæger sig vinkelret på det, der bliver reflekteret, så kan molekylerne, der laver det reflekterede lys, kun vibrere i en retning. Det betyder, at det reflekterede lys bliver polariseret.

Beregning af Brewster vinkler



Hvordan beregnes vinklen?

Vi ved, at indfaldsvinklen altid er lig udfaldsvinklen. Derudover kender vi Snells lov, der fortæller hvilken retning lyset refrakteres. Brewster-vinklen, som man kalder den vinkel, hvor det reflekterede lys er polariseret, er når vinklen mellem udfalds- og refraktionsretningen er 90 grader. Det betyder, at vi kan beregne Brewstervinklen som funktion af hvilket materiale lyset reflekteres i.

For vand er vinklen ca. 53 grader og for vinduer er vinklen ca. 56 grader.



Polarisering i solbriller

Polaroidsolbriller er faktisk polariseringsfiltre. Du kan tjekke om dine solbriller er polariserede ved at kigge gennem dem på et vindue eller en vandoverflade, hvor lyset bliver reflekteret, og rotere brillerne. Hvis refleksionen ændrer sig er brillerne polariserede.

Ved at sende polariseret lys ind på et materiale og måle Brewstervinklen kan man også måle materialets brydningsindeks.

[Link til vejledning](#)

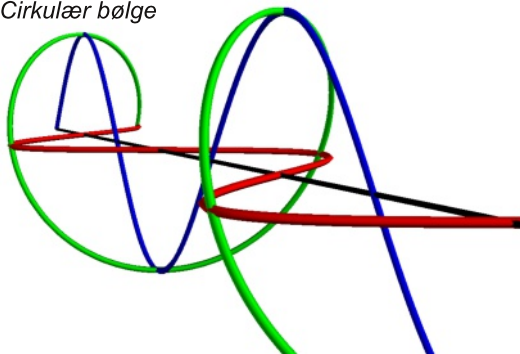
Blandede polariseringer

Bølger kan blande sig med hinanden. Det er det, der bl.a. skaber stående bølger og interferensmønstre. Når bølger med forskellige polariseringer blandes, opstår der nye typer polariseringer. Vi vil her kun se på bølger med samme bølgelængde og frekvens.

Typen af blandede polariseringer

To bølger, der blandes sammen, men starter i samme punkt, vil bevæge sig i takt med hinanden. Lægger man de to bølger sammen, får man nøjagtig den samme bølge blot polariseret i vinklen midt mellem de to oprindelige. Vælger vi derimod to bølger, der starter ude af fase, vil resultatet være en bølge, der buer til den ene side på vej fra et yderpunkt til et andet og buer til den anden side på vejen tilbage. Set bagfra vil bevægelsen danne en ellipse. Har de oprindelige bølger samme amplitude og starter en kvart bølgelængde ude af fase, får man en cirkel.

Cirkulær bølge



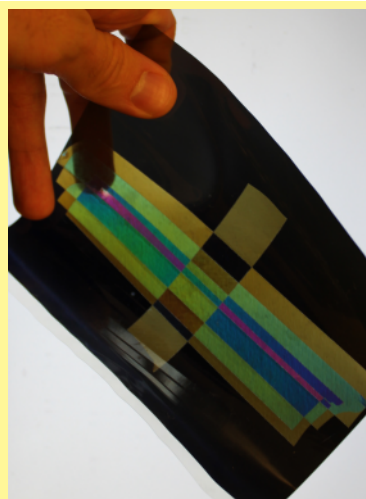
Hvad er cirkulær polarisering?

Forestil dig to bølger i et koordinatsystem. Den ene vibrerer i x-retningen, den anden i y-retningen. Bølgen i y-retningen starter i 0 og vibrerer derfor som en sinusbølge, når vi ser den fra siden. Bølgen i x-retningen starter i sit yderpunkt og vibrerer derfor som en cosinusbølge. Den samlede bølge vil derfor bevæge sig som en sinus i y-retningen og en cosinus i x-retningen. Hvilket netop er sådan vi har defineret enhedscirklen. Bevæger de sig lige hurtigt i z-retningen får vi en cirkulær bølge.

Farverige forsøg med tape

Mange materialer ændrer faktisk på polariseringen af lys, der går gennem dem. Lader man f.eks. lineært polariseret hvidt lys gå gennem et stykke tape og derefter et polariseringsfilter vil lyset blive farvet, alt afhængigt af tykkelsen og retningen af tapen. Det sker fordi lysets hastighed gennem tapen afhænger af farven og hvilken retning, det er polariseret i forhold til tapen. Forsøget virker også med andre materialer.

[Link til vejledning](#)



3D-film

Hvad skaber 3D-effekten, når vi ser 3D-film? Det må jo nok have noget med brillerne at gøre, men hvordan virker de?

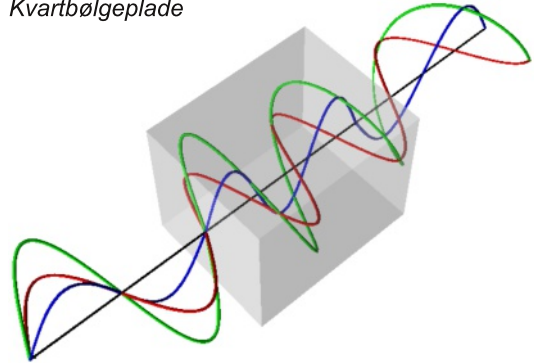
Hvordan ser man dybde?

For at se hvor langt væk noget er, skal man bruge to øjne, der kigger på det samme. Ud fra vinklen mellem synslinjerne og afstanden mellem øjnene kan hjernen så beregne afstanden.

På et lærred er problemet så bare, at der kun er et billede, men det er der råd for.

Ved at bruge polariseret lys kan man sende et billede ud med en polarisering og et andet med en anden. Udfordringen er så at sikre sig, at de to billeder bliver korrekt sorteret og at de bliver placeret korrekt. Første del af udfordringen klarer brillerne, anden del må man gå lidt på kompromis med, så det optimeres efter flest muligt i salen.

Kvartbølgeplade



Lineær eller cirkulær polarisering?

Begge brillelaser bliver ramt af begge billeder, men de er lavet af hver deres type polariseringsfilter, så kun et billede kommer igennem, men hvad sker der hvis du hælder hovedet lidt til siden? Hvis billederne var lineært polariserede ville billederne begynde at blive blandet. Hvis man derimod vælger at bruge cirkulært polariseret lys kan man få polariseringen til at dreje den ene vej for det ene billede og den anden vej for det andet billede. I moderne 3D-biografer bruger man derfor cirkulært polariseret lys.



Forsøg med 3D-briller

For at lave et polariseringsfilter til cirkulære polariseringer må man være lidt mere kreativ end med lineære polariseringer. I 3D-briller har man valgt at bruge noget, der hedder en kvartbølgeplade og et lineært filter. Kvartbølgeplader laver cirkulære polariseringer om til lineære polariseringer. Hvordan, dette virker, kan man selv undersøge nærmere ved at skrabe noget af forsiden af brillerne.

[Link til vejledning](#)

Forståelsesopgaver

Hvorfor kan man ikke ændre polariseringen af længdebølger med et polariseringsfilter?

Hvad sker der, hvis den vandrette del af en cirkulær bølge bevæger sig hurtigere end den lodrette? Lav evt. en graf i Maple, der viser det.

Nogle materialer har ikke det samme brydningsindeks i alle retninger. Forklar, hvordan man kan bruge sådan et materiale, hvor brydningsindekset har forskellige værdier vandret og lodret, til at lave en kvartbølgeplade.

Regneopgaver

Et sjippetov bliver svunget op og ned, så det har en amplitude på 1 meter. Lidt længere henne går det gennem en sprække, der hælder med 70 grader i forhold til vandret. Hvad er amplituden på den anden side af sprækken?

Udled ligningen for brewstervinkler ved hjælp af Snells lov og figuren på side 4.

$$\text{Snells lov: } n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

Løs først forståelsesopgave 3. Hvor tyk skal en kvartbølgeplade være, for at lave cirkulært lys med en bølgelængde på 500 nm om til lineært polariseret lys, hvis forholdet mellem brydningsindekserne er 0,994?

Andre kilder

Hyperphysics:

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/phyopt/polarcon.html>

Physics classroom:

<http://www.physicsclassroom.com/class/light/Lesson-1/Polarization>

Optics af Eugene Hecht

Kompendiet Polarisering

Hvordan virker 3D-film og solbriller? Dette kompendie introducerer de koncepter, der kræves, for at man kan forklare netop de to spørgsmål. Polarisering er en egenskab ved bølger der traditionelt set ikke gennemgås. Det bliver den her.

Om kompendierne

Dette er det første, i hvad der forhåbentlig bliver en række af kompendier. Målet med kompendierne er at tilbyde noget materiale til fysikundervisningen, der kan udfordre på et højere niveau.

Andre kompendier

Dette er det første kompendie. Send gerne forslag til fremtidige kompendier til FysikFormidlingen.

FysikFormidlingen.dk
