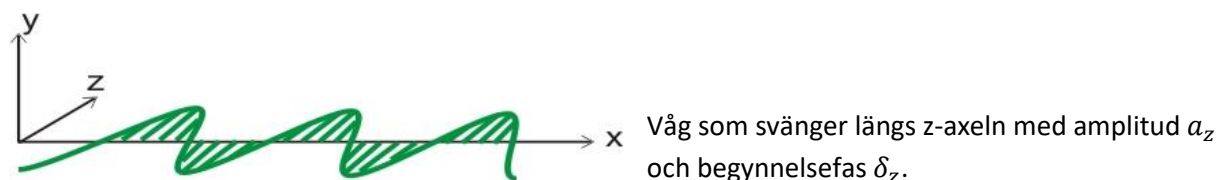
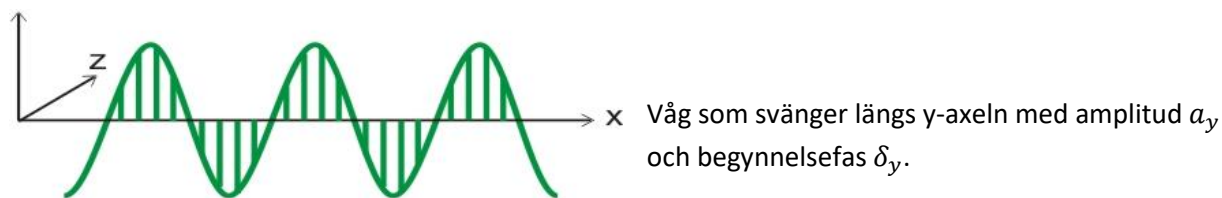


Föreläsning 6: Polarisation

Tre saker behövs för att förstå polaroidglasögon och deras begränsningar. Först måste vi veta vad polarisations är, sedan hur polarisationsfilter fungerar, och till sist varför reflexer ofta är polariserade (s.k. Brewster-vinkel).

Polarisation – vad är det?

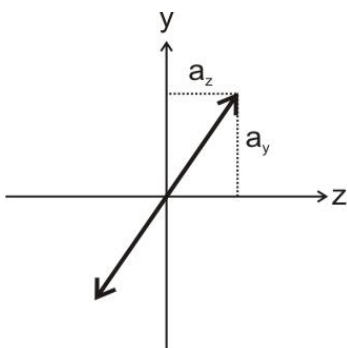
Det optiska fältet hos en våg kan svänga i flera olika riktningar. I figuren nedan visas en våg som rör sig längs x-axeln. Då kan fältet svänga längs y-axeln, z-axeln eller en kombination av dess. Dock ej längs x-axeln!



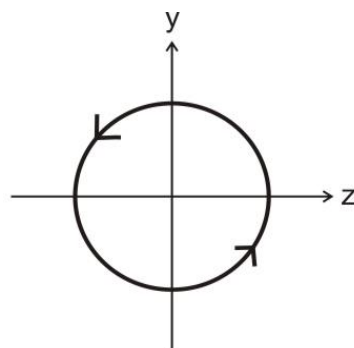
Eftersom de två vågorna ritade ovan egentligen är två delar av samma våg, måste de ha samma våglängd λ och samma period T . Däremot kan a och δ vara olika, vilket här markerats genom att kalla dem a_y och δ_y respektive a_z och δ_z .

Hela ljusvågen ges av svängningen i x-led och svängningen i y-led tillsammans.

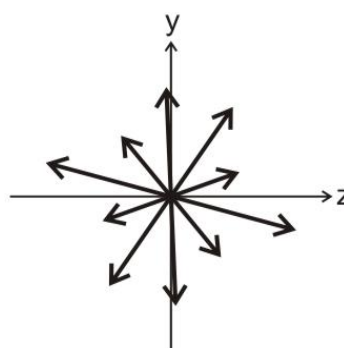
För att illustrera dessa vågor ritas vi upp dem som funktioner av y och z. (Titta på den tredimensionella bilden på förra sidan. Tänk dig sedan att du ställer dig i slutet av x-axeln och tittar tillbaka på vågen. Då får du bilder enligt nedan.)



Linjärpolariserat ljus
 $\Delta\varphi = \delta_y - \delta_z = 0, \pi$
 Näst vanligast: laser



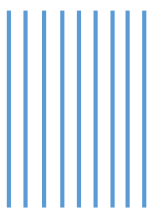
Cirkulärpolariserat ljus
 $\Delta\varphi = \delta_y - \delta_z = \pm \frac{\pi}{2}$
 Ovanligt



Opolariserat ljus
 $\Delta\varphi = \delta_y - \delta_z$ ändras
 Vanligast: sol, lampa etc.

Polarisationsfilter

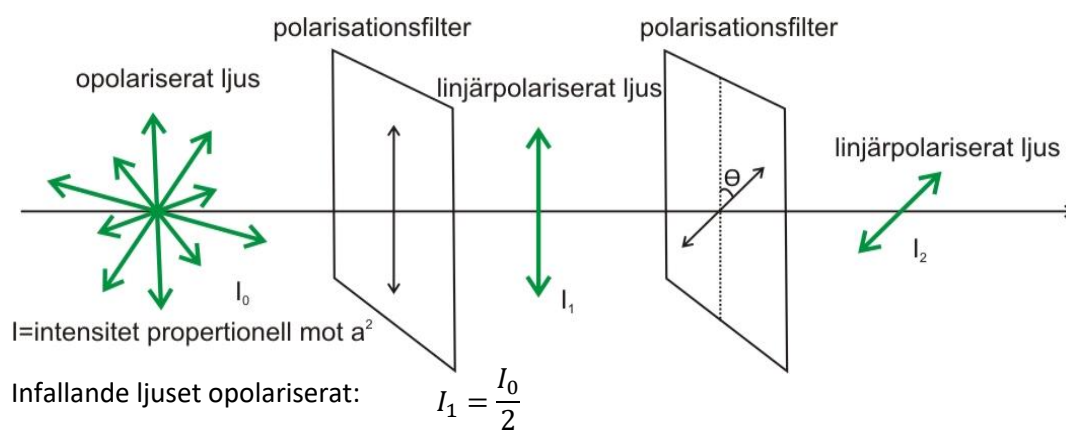
Ex) polaroidglasögon



Ett polarisationsfilter består av mycket täta linjer av ledande material – de ska ligga tätare ihop än en våglängd. Då släpps ena polarisationsriktningen igenom, men inte andra.

(Konstigt nog är det riktningen längs med linjerna som inte kommer igenom, men grubbla inte för mycket på det.)

Hur mycket ljus kommer genom ett polarisationsfilter? Det beror på infallande polarisationen enligt nedan.



Infallande ljuset linjärpolariserat: $I_2 = I_1 \cdot \cos^2 \theta$

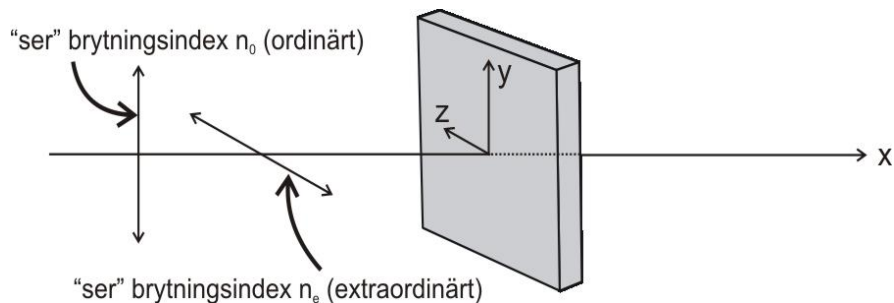
Båda filtren tillsammans: $I_2 = I_1 \cdot \cos^2 \theta = \frac{I_0}{2} \cos^2 \theta$

Ex) $\theta = 90^\circ$, korsade polarisationsfilter $\rightarrow I_2 = I_1 \cdot \cos^2 90^\circ = 0 \rightarrow$ Inget kommer igenom!

Ex) $\theta = 0^\circ$, polarisationsfilter i samma riktning $\rightarrow I_2 = I_1 \cdot \cos^2 0^\circ = I_1 \rightarrow$ Andra filtret gör ingen skillnad!

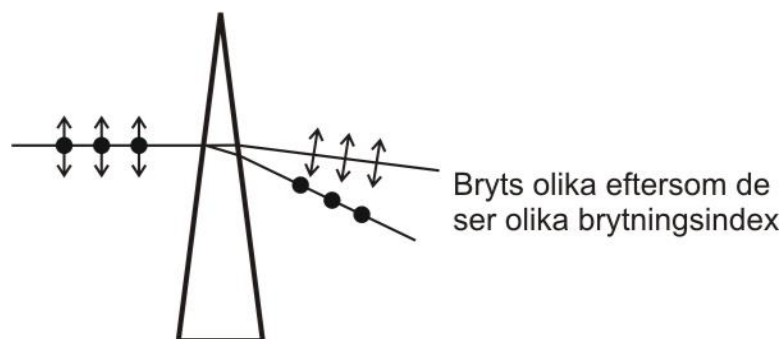
Dubbelbrytning

En del material reagerar olika på olika polarisationer

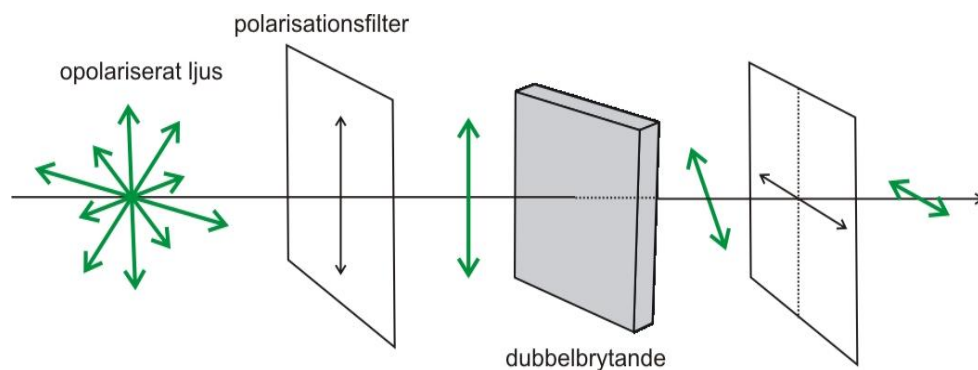


Dubbelbrytning kan ha två effekter:

1. Uppdelning (t.ex. prisma)



2. Ändring av polarisation eftersom $\Delta\varphi = \delta_y - \delta_z$ ändras

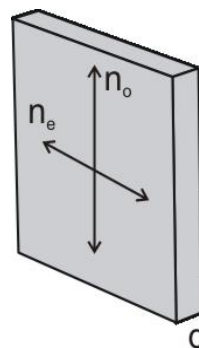


T.ex. kan ljus komma igenom korsade polaroider om det finns dubbelbrytande material emellan. Ni använder det då ni kontrollerar monteringen av glas i bågar!

Fasskillnaden blir:

$$\delta = 2\pi \frac{d}{\lambda} (n_o - n_e)$$

Beror alltså av hur dubbelbrytande materialet är, av hur tjockt materialet är, och framför allt av våglängden. Det ger färgeffekter, om du placerar ett dubbelbrytande material mellan två korsade polarisationsfilter.



dubbelbrytande material
av tjocklek d

Ex) Fasskillnad $\pi/2$ kan omvandla linjärpolariserat ljus till cirkulärpolariserat ljus.

Överkurs: bevis för sambandet ovan

$$\text{Tidsskillnad mellan vågorna: } \Delta t = \frac{d}{c/n_o} - \frac{d}{c/n_e} = \frac{d}{c} (n_o - n_e)$$

$$\text{Tiden för en våglängd: } T = \frac{\lambda}{c}$$

Hur många våglängder motsvarar Δt ?

$$\frac{\Delta t}{T} = \frac{d}{\lambda} (n_o - n_e)$$

Fasskillnaden (T motsvarar 2π):

$$\delta = 2\pi \frac{\Delta t}{T} = 2\pi \frac{d}{\lambda} (n_o - n_e) \quad \text{VSB!}$$

Brewstervinkel

Ljus som reflekteras från en yta, t.ex. från en vattenpöl eller från havet, blir ofta polariserat. Det sker om ljuset reflekteras i eller nära Brewstervinkel.

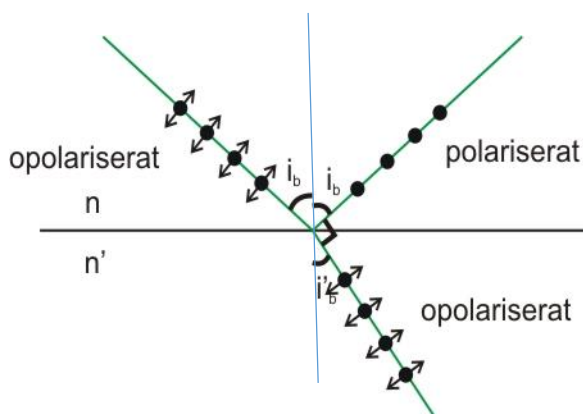
Om $i_b + i'_b = 90^\circ$ blir det reflekterade ljuset polariserat!

Det sker om

$$\tan i_b = \frac{n'}{n}$$

Brewstervinkeln beror alltså av brytningsindex hos materialet.

Ex) Vatten: $\tan i_b = \frac{4/3}{1} = 4/3 \quad \rightarrow \quad i_b = 53^\circ$



Visa att sambandet ovan gäller:

Vi vet att vid Brewstervinkel är

$$i_b + i'_b = 90^\circ.$$

Detta skrivs om till

$$i'_b = 90^\circ - i_b.$$

Sätt in detta i brytningslagen

$$n \cdot \sin i_b = n' \cdot \sin i'_b = n' \cdot \sin(90^\circ - i_b) = n' \cdot \cos i_b.$$

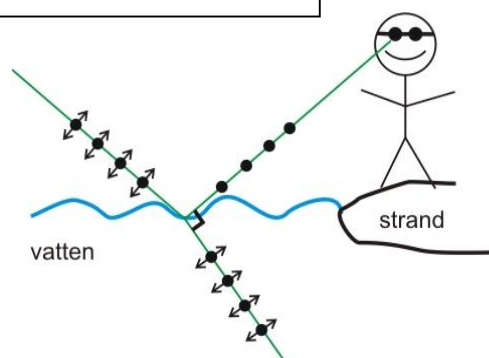
Skriv om detta till

$$\frac{\sin i_b}{\cos i_b} = \frac{n'}{n}$$

Vilket är samma sak som

$$\tan i_b = \frac{n'}{n}$$

Till slut: hur hänger detta ihop med polarisationsglasögon? Begrunda figuren till höger – reflexerna från vattnet kommer att vara linjärpolariserade pga Brewstervinkel, och kan blockeras med ett polarisationsfilter.



Vad ska hen göra för att slippa se reflexer från vattnet?
Sätta polarisationsfilter framför ögonen, dvs. **POLAROIDGLASÖGON**