

Formelark for løsning av gruppeoppgaver uke 11 våren 2009.

1. Fasehastigheten til plane elektromagnetiske bølger er gitt som

$$c^2 = 1/(\epsilon_0 \epsilon_r \mu_0 \mu_r)$$

For lys gjennom glass er lyshastigheten tilnærmet $c = c_0/n$ der n kalles brytningsindeksen og den er tilnærmet lik kvadratrotten av relativ permittivitet (for diamagnetisk og paramagn. materiale).

2. For plane elektromagnetiske bølger som kommer normalt inn på et uendelig stort og uendelig tynt grenseskikt mellom to materialer, gjelder det følgende forhold mellom elektrisk feltstyrke (amplituder) for den reflekterte "r" og transmitterte "t" strålen sammenlignet med den innkommende "i":

$$E_r/E_i = (n_1 - n_2)/(n_1 + n_2)$$

$$E_t/E_i = 2n_1/(n_1 + n_2)$$

Her er det antatt at materialet den innkommende strålen går gjennom har brytningsindeks n_1 og at den transmitteret går gjennom materiale med brytningsindeks n_2 .

De tilsvarende uttrykkene ser slik ut for forholdet mellom intensiteter:

$$E_r/E_i = ((n_1 - n_2)/(n_1 + n_2))^2$$

$$E_t/E_i = (2n_1/(n_1 + n_2))^2 \cdot (n_2/n_1)$$

3. For bølger som kommer på skrå inn mot grenseflaten, må vi behandle to ulike polariseringskomponenter hver for seg.

For komponenten av elektrisk (og magnetisk) felt i bølgen som er slik at elektrisk felt ligger i innfallsplanet, får vi ett sett regler for hvor mye som reflekteres og hvor mye som transmitteres. For den delen der elektrisk felt er normalt rettet på innfallsplanet, får vi et annet sett løsninger.

Begge deler ble beskrevet av Fresnel i første halvdel av 1800-tallet, og relasjonene finner du på Wikipedia under "Fresnel equations" (http://en.wikipedia.org/wiki/Fresnel_equations).

Den delen vi faktisk bruker i oppgavene våre er vel bare uttrykket for Brewster-vinkelen, som sier:

$$\tan \theta_B = n_2/n_1$$

Når upolarisert lys sendes inn mot en grenseflate (fra n_1 mot n_2) med Brewstervinkelen relativt til innfallsloddet, vil ikke noe av lyset som har polarisering i innfallsplanet bli reflektert. Alt blir transmittert. Den komponenten av bølgen der elektrisk felt er normalt rettet på innfallsplanet vil bli delvis reflektert og delvis transmittert (som gitt fra Fresnel-ligningene).

Vi bør merke oss at når lys kommer omtrent normalt inn mot grenseflaten, er det bare noen få prosent av intensiteten som reflekteres. Det meste transmitteres.

Når lyset kommer mer og mer skrått inn mot grenseflaten (innfallsvinkelen øker), vil mer og mer bli reflektert og mindre og mindre transmittert.

4. Snells brytningslov sier:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

hvor brytningsindekser og innfallsvinkel og “utfallsvinkel” er angitt.

5. Totalrefleksjon. Når lyset går fra et medium med en viss brytningsindeks mot et medium med mindre brytningsindeks, kan man oppleve at ingenting av lyset blir transmittert, alt reflektert. Den kritiske vinkel θ_2 der man går over til å få alt reflektert er gitt ut fra Snells brytningslov ved å sette lik 1, dvs

$$\sin \theta_1 = n_2/n_1$$

6. Fermats prinsipp sier at “lyset velger veien der lyset kommer raskest fram” (minst tid).

En mer moderne versjon av samme prinsipp er at “optisk veilengde må være stasjonær” der “stasjonær” betyr min, max eller at optisk veilengde har et sadelpunkt.

7. Polarisasjonsfilter. Upolarisert lys som sendes gjennom ett lineært polarisasjonsfilter mister halvparten av sin intensitet. Lyset etter filteret er da lineært polarisert.

Sender vi dette polariserte lyset gjennom et nytt polarisasjonsfilter, vil intensiteten etter det andre filteret være gitt ut fra Malus’ lov:

$$I = I_0 \cos^2(\theta_2 - \theta_1)$$

hvor I_0 er intensiteten på det polariserte lyset før andre polarisasjonsfilter og $(\theta_2 - \theta_1)$ er for skjellen i polarisasjonsvinkel og filterets orientering.

8. Sirkulær polarisering: En lineær polarisert bølge kan betraktes som en sum av to lineært polariserte bølger med polarisasjonen vinkelrett rettet på hverandre med samme fase. En sirkulært polarisert bølge kan betraktes som en sum av to lineært polariserte bølger med polarisasjonen vinkelrett rettet på hverandre, men faseforskjøvet 90 grader (en kvart bølge lengde) i forhold til hverandre.

Vi kan transformere en lineært polarisert bølge til/fra en sirkulær ved å anvende et dobbelt-brytende materiale som har ulik brytningsindeks for bølger med ulik polariseringsretning.

I et slikt materiale vil lys med den ene polarisasjonsretningen gå med en annen hastighet enn lys med vinkelrett polarisasjonsretning. Da blir også bølgelengden for de to forskjellig.

9. Fiberoptikk og “utflytning” av en puls:

Poenget her er at lys kan gå gjennom fiberen på flere måter. Det kan gå “sik-sak” fra sideflate til sideflate med en vinkel relativt til fiberaksen som kan finnes ut fra kravene om totalrefleksjon. Lys kan også gå mer eller mindre fullstendig parallellt med fiberaksen, og den veien er den korteste.

En lyspuls inn i fiberen vil derfor komme ut som en “utflytende” puls i andre enden på grunn av forskjell i tid mellom sik-sak strålen og den rent parallelle strålen (og alle mulig vinkler mellom).