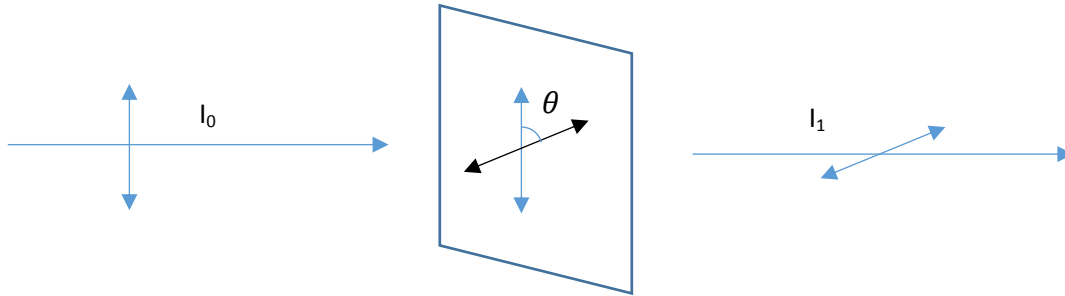


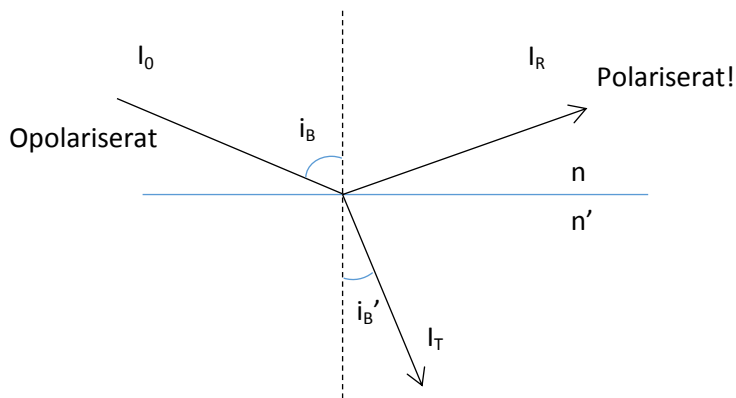
Övning 4 – Polarisation

Transmission genom ett polarisationsfilter

Malus lag: $I_1 = I_0 \cos^2(\theta)$



Reflektion och transmission



Brewstervinkeln (polarisation genom reflektion)

Vid en viss infallsvinkel blir $R_{\parallel} = 0$ och det reflekterade ljuset blir polariserat. Denna infallsvinkel kallas för Brewstervinkeln och betecknas i_B .

Brewstervinkeln inträffar när:

$$i_B + i'_B = 90^\circ$$

Brewstervinkeln beräknas genom:

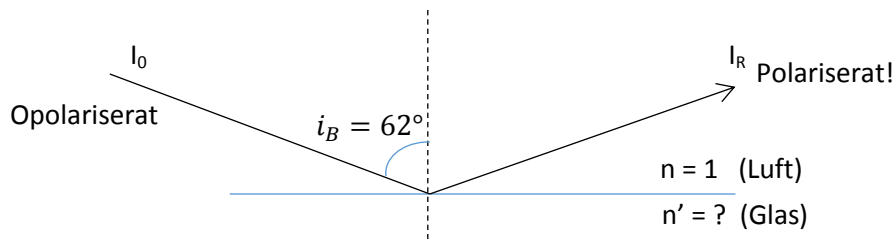
$$i_B = \arctan\left(\frac{n'}{n}\right)$$

22.) En opolariserad laserstråle faller in från luft mot en glasplatta. Om infallsvinkeln väljs till 62° visar det sig att det reflekterade ljuset är polariserat. Vilket brytningsindex har glaset och hur är ljuset polariserat? (Rita figur för att tydligt förklara polarisationsriktningen).

Givet: $i = 62^\circ$, reflekterad stråle är polariserad.

Sökt: Glasets brytningsindex, n'

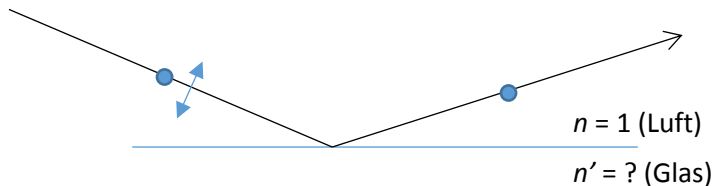
Polarisationsriktning hos reflekterat ljus



Metod: Vi vet att det reflekterade ljuset blir polariserat när infallsvinkeln är precis Brewstervinkeln. Alltså är $i_B = 62^\circ$. Det låter oss räkna ut brytningsindex.

Polarisationsriktning

Vid Brewstervinkeln är $R_{\parallel} = 0$, dvs parallellpolariserat ljus reflekteras inte alls. Allt reflekterat ljus blir därför vinkelrät polariserat mot planet som strålen färdas i (papprets/tavlans plan).



Räkna ut brytningsindex från Brewstervinkeln

För Brewstervinkeln gäller att

$$i_B = \arctan\left(\frac{n'}{n}\right)$$

Det är givet att $i_B = 62^\circ$ och brytningsindex för luft vet vi är $n = 1$. Då kan vi räkna ut n' .

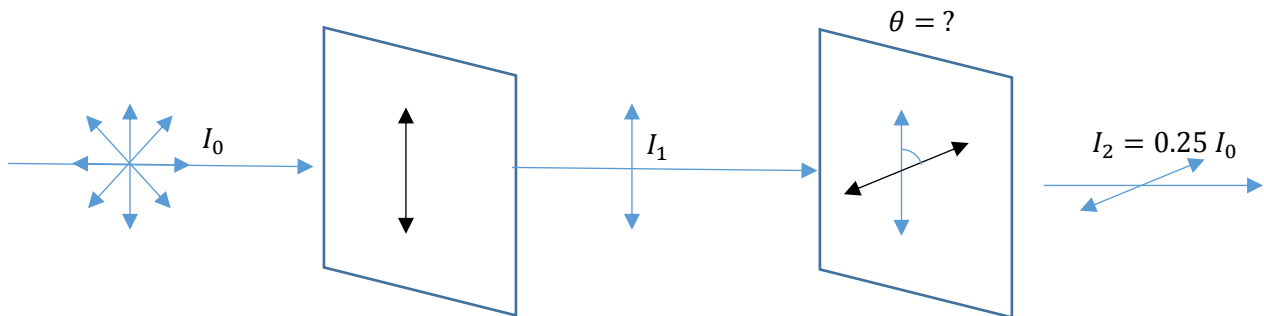
$$\tan(i_B) = \frac{n'}{n} \rightarrow n' = n \tan(i_B) = 1 \cdot \tan(62^\circ) = 1.9$$

Glasets brytningsindex är 1.9.

23.) Man kan göra ett solglasöga med varierbar transmittans genom att använda två polarisationsfilter efter varandra. Vilken vinkel ska det vara mellan genomsläppsriktningarna för att den totala transmittansen för opolariserat solljus ska vara 25%.

Givet: Två polarisationsfilter som tillsammans ger 25 % transmittans för opolariserat ljus.

Sökt: Vad är vinkeln, θ , mellan filtrens genomsläppsriktningar?



Det första filtret

Det första filtret släpper igenom 50 % eftersom det inkommande ljuset är opolariserat.

$$I_1 = \frac{I_0}{2}$$

Nu är ljuset polariserat i genomsläppsriktningen.

Det andra filtret

När polariserat ljus infaller mot ett filter med genomsläppsriktning med vinkel θ mot polarisationsriktningen ges transmittansen av Malus lag:

$$I_2 = I_1 \cos^2 \theta$$

I vårt fall är $I_1 = 0.5 I_0$ och det var givet att $I_2 = 0.25 I_0$. Om vi sätter in det i Malus lag får vi:

$$0.25 I_0 = 0.5 I_0 \cos^2 \theta \rightarrow \cos^2 \theta = 1/2$$

Med det kan vi räkna ut vinkeln mellan polarisationsfiltren:

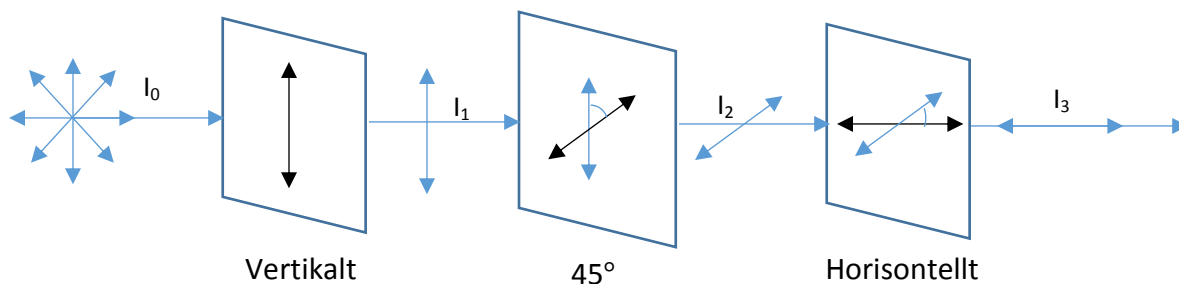
$$\cos \theta = \sqrt{1/2} \rightarrow \theta = \arccos(\sqrt{1/2}) = 45^\circ$$

26.) En opolariserad laserstråle får gå igenom tre polarisationsfilter efter varandra. Det första har vertikal genomsläppsriktning, det andra är vridet 45° och det tredje har horisontell genomsläppsriktning. Hur stor andel av det infallande ljuset går genom alla tre filtren?

Givet: Tre polarisationsfilter som i figuren.

Opolariserat laserljus.

Sökt: Sammanlagd transmitans, dvs $\frac{I_3}{I_0}$



Det första filtret

Genom första filtret transmitteras 50 % eftersom det inkommande ljuset är opolariserat.

$$I_1 = \frac{I_0}{2}$$

Det andra filtret

Filter nummer två står i 45° vinkel mot det numera vertikalt polariserade ljuset.

$$I_2 = I_1 \cos^2 \theta = \frac{I_0}{2} \cos^2 45^\circ = \frac{I_0}{4}$$

Det tredje filtret

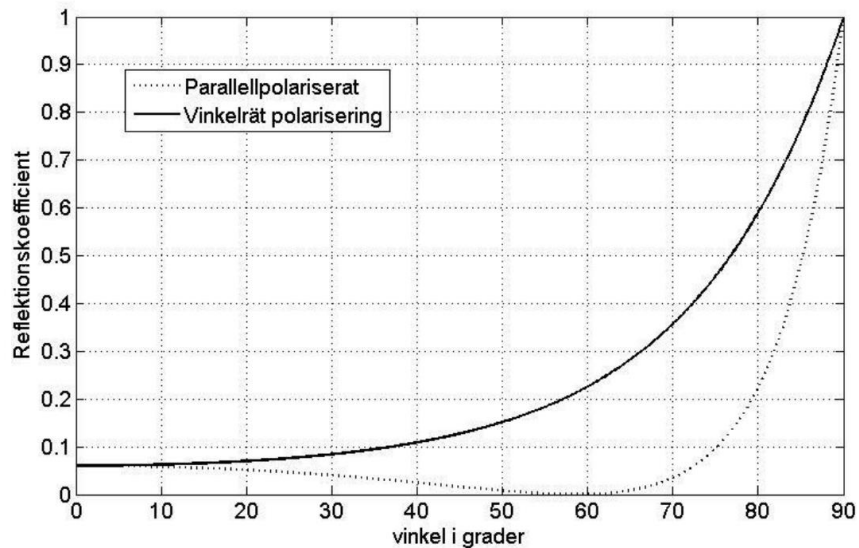
Det tredje filtret med horisontell genomsläppsriktning är vridet 45° relativt filter 2.

$$I_3 = I_2 \cos^2 \theta = \frac{I_0}{4} \cos^2 45^\circ = \frac{I_0}{8}$$

En åttondel av det inkommande ljuset transmitteras!

EXTRA: Vad hade hänt med transmissionen om man tar bort filter 2?

28.) När ljus faller in från luft mot ett genomskinligt material, med olika infallsvinkel, blir reflektansen den som visas i grafen nedan. Ungefär vilket brytningsindex har materialet?



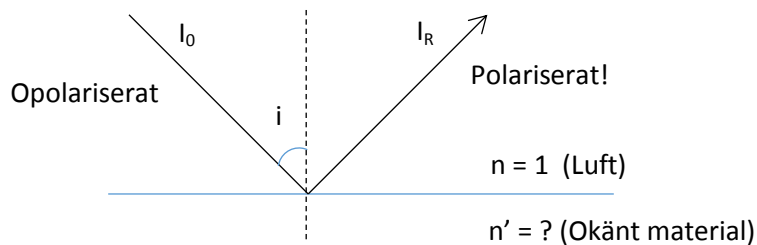
Givet: Graf med reflektans vid olika infallsvinklar och polarisation, se ovan.

Sökt: Materialets brytningsindex.

Metod 1

Precis som i uppgift 22 kan man koppla Brewstervinkeln till brytningsindex.

Vi ser i grafen att den parallellpolariserade reflektionen är noll för infallsvinkeln $i = 58^\circ$, det är Brewstervinkeln.



Man kan beräkna Brewstervinkeln genom $i_B = \arctan\left(\frac{n'}{n}\right)$

Eftersom vi redan vet att $i_B = 58^\circ$ kan vi istället räkna ut n' :

$$\tan(i_B) = \frac{n'}{n} \rightarrow n' = n \tan(i_B)$$

$$n' = 1 \cdot \tan(58^\circ) = 1.6$$

Glaset har brytningsindex 1.6

Metod 2 (det räcker att använda en metod)

Istället för att använda Brewstervinkeln kan man titta på reflektansen vid vinkelrät infall, när $i = 0$.

För vinkelrät infall beräknas reflektansen (som är densamma för båda polarisationsriktningarna) genom:

$$R = \left(\frac{n - 1}{n + 1} \right)^2$$

I grafen kan vi läsa av att reflektansen vid $i = 0$ är ungefär $R \approx 0.06$. Nu gäller det bara att lösa ut n .

Först drar vi roten ur båda sidor i uttrycket och får

$$\pm\sqrt{R} = \frac{n - 1}{n + 1}$$

Eftersom $n > 1$ ser vi att vänsterledet måste vara positivt och vi kan bortse från fallen med minustecken

$$\sqrt{R} = \frac{n - 1}{n + 1}$$

Löser man ekvationen fås att

$$n = \frac{1 + \sqrt{R}}{1 - \sqrt{R}}$$

Och sätter man in $R = 0.06$ får man $n \approx 1.65$. Inte riktigt samma svar som med Metod 1, men det beror på hur man läser av grafen.