



LUNDS UNIVERSITET
Lunds Tekniska Högskola

F8 Polarisation



Dagens föreläsning



- F4 – Elektromagnetiska vågor
 - F5 – Bøjning och upplösning
 - F6 – Interferens och bøjning
 - F7 – Interferens i tunna skikt
 - F8 – Polarisation
-





AVATAR

DECEMBER 18 2009 WORLDWIDE

Film i 3D



Maxwells ekvationer i vakuum

$$\left\{ \begin{array}{l} \nabla \cdot \mathbf{E} = 0 \\ \nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \\ \nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \\ \nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \end{array} \right.$$

Transversella "plana"
störningar längs x-axeln

$$\Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial^2 E_y}{\partial t^2} = \frac{1}{\mu_0 \epsilon_0} \frac{\partial^2 E_y}{\partial x^2} \\ \frac{\partial^2 B_z}{\partial t^2} = \frac{1}{\mu_0 \epsilon_0} \frac{\partial^2 B_z}{\partial x^2} \end{array} \right.$$

Hur blir det om $\mathbf{E} \parallel \hat{e}_z$?

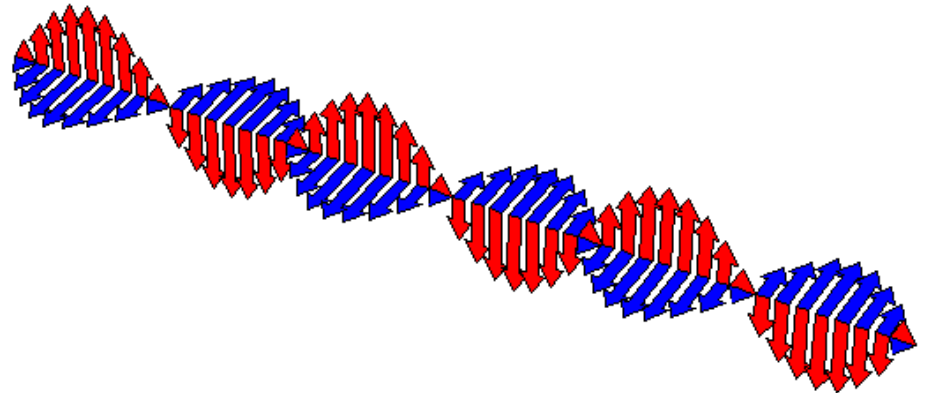
$$\Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial^2 E_z}{\partial t^2} = \frac{1}{\mu_0 \epsilon_0} \frac{\partial^2 E_z}{\partial x^2} \\ \frac{\partial^2 B_y}{\partial t^2} = \frac{1}{\mu_0 \epsilon_0} \frac{\partial^2 B_y}{\partial x^2} \end{array} \right.$$



Elektromagnetisk våg

En tredimensionell våg i vektorfält

- Vi har hittills betraktat vågor i ett skalärt fält
 - Ett värde i varje punkt i rummet
- En elektromagnetisk våg innehåller 6 värden i varje punkt
 - Elektriskt fält (3 komponenter)
 - Magnetiskt fält (3 komponenter)
 - I många fall är dessa komponenter inte oberoende



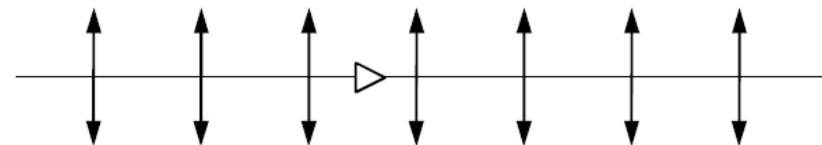
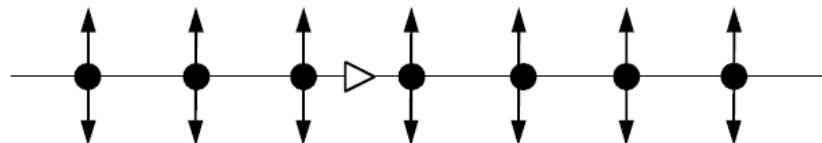
Polarisationstillstånd

Planpolariserat ljus

Framifrån



Från sidan



Opolariserat ljus

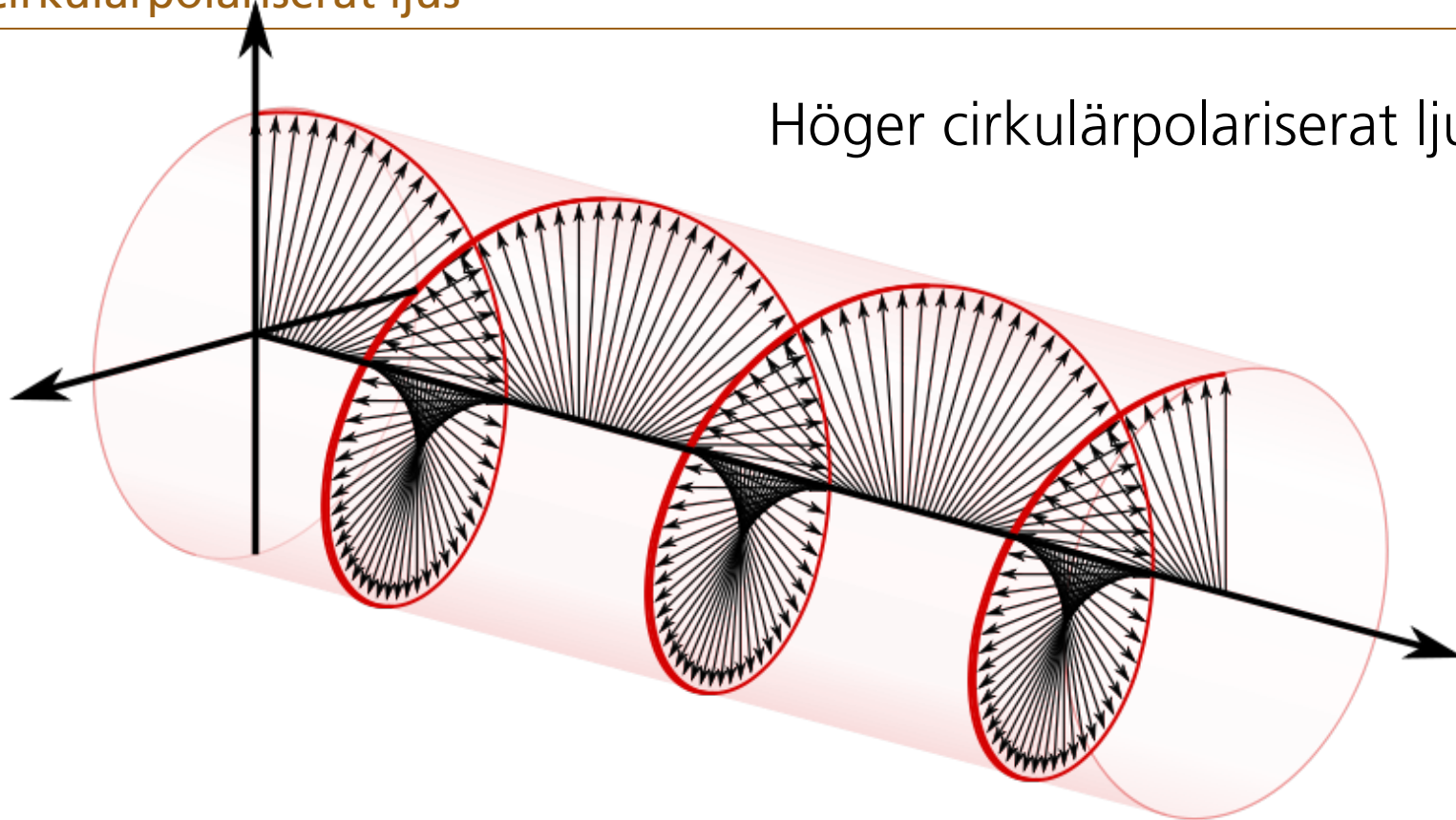
Planpolariserat ljus
(linjärpolariserat)



Polarisationstillstånd

Cirkulärpolariserat ljus

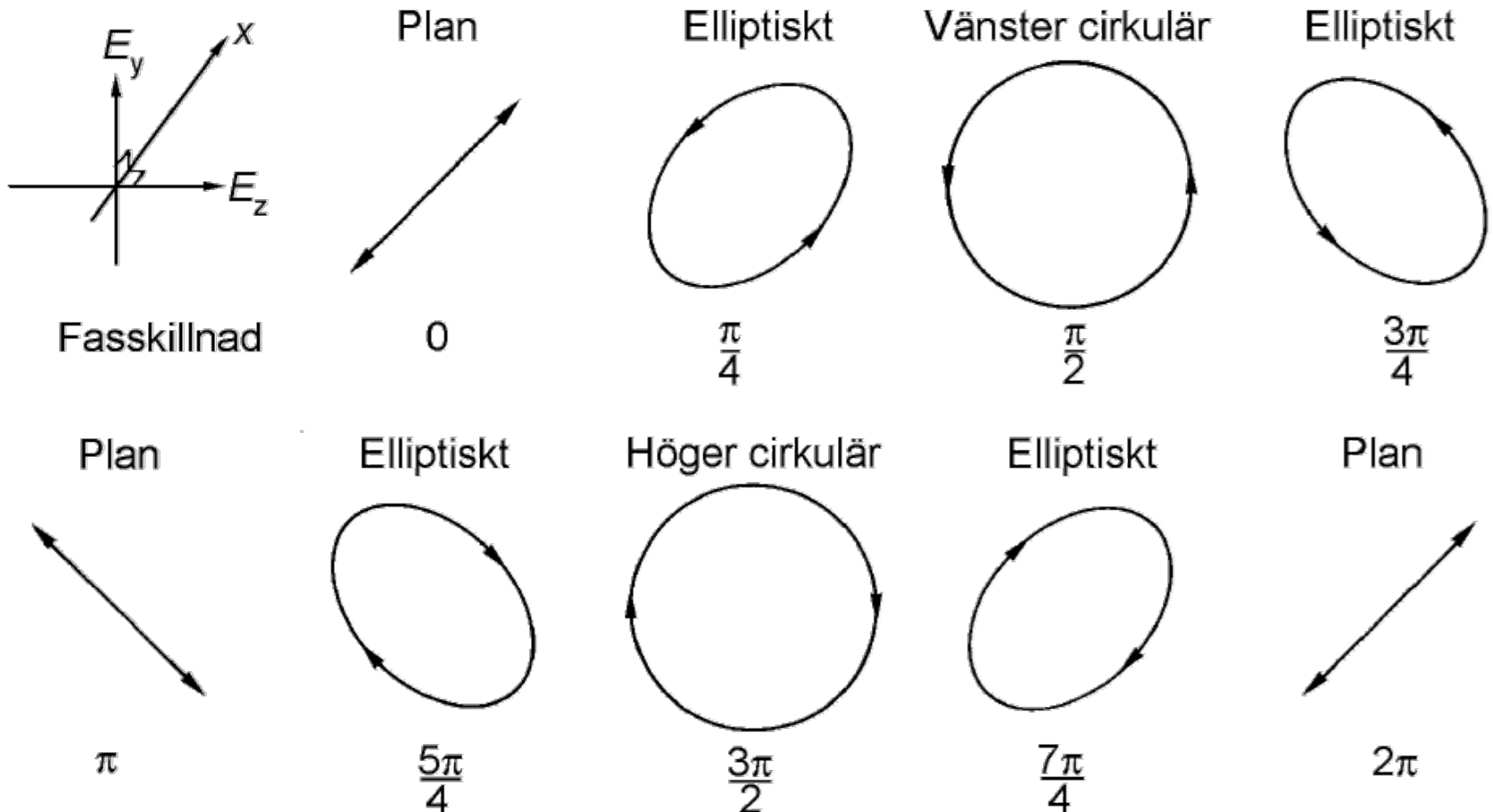
Höger cirkulärpolariserat ljus



Då man tittar i riktning **mot källan** rör sig elektriska fältvektorn **medurs**.



Polarisationstillstånd



Polarisatorer

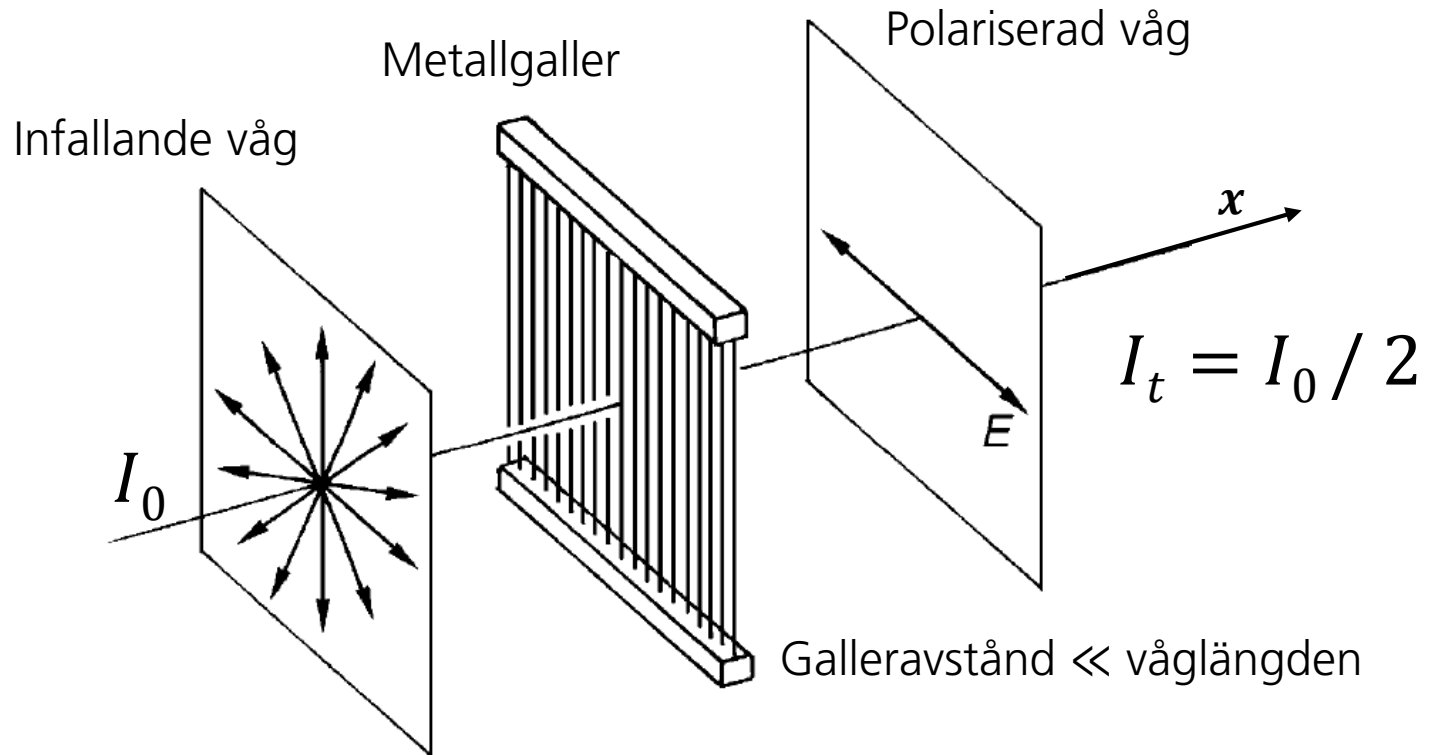
Hur skapas polariserat ljus?

- Dikroism
- Spridning
- Reflektion
- Dubbelbrytning
- Lasrar



Dikroism

Material med olika optiska egenskaper för olika polarisationstillstånd

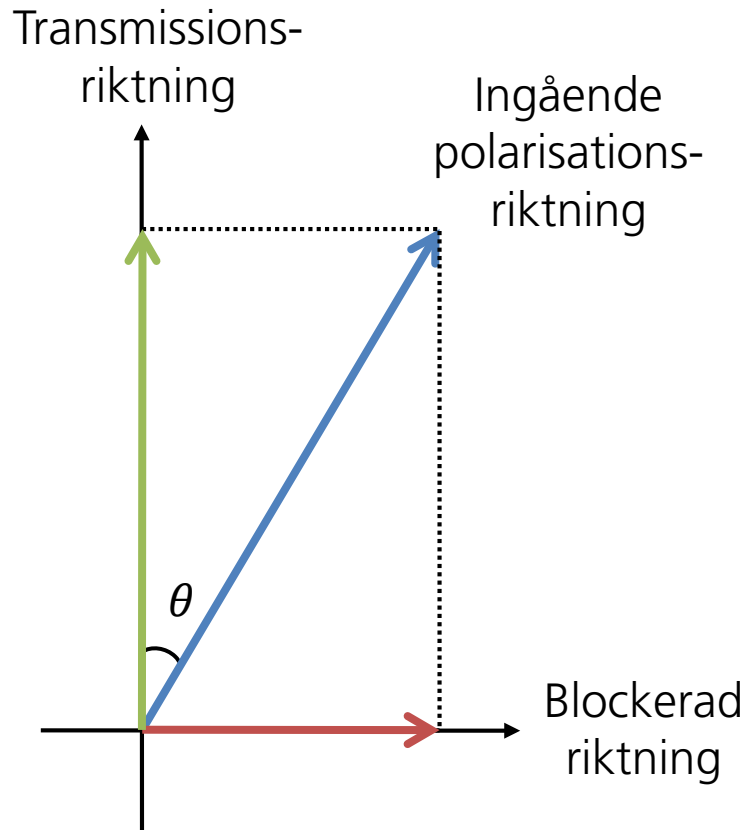


- Det elektriska fältet kan driva elektronerna effektivt i vertikal led vilket leder till absorption av den vertikala komponenten



Planpolarisator

Malus' lag



- Transmitterat elektriskt fält:
$$E_t = E_0 \cos \theta$$
- Transmitterad intensitet:
$$I_t = kE_t^2 = kE_0^2 \cos^2 \theta = I_0 \cos^2 \theta$$

θ är vinkeln mellan inkommande polarisationsriktning och polarisatorns transmissionsriktning

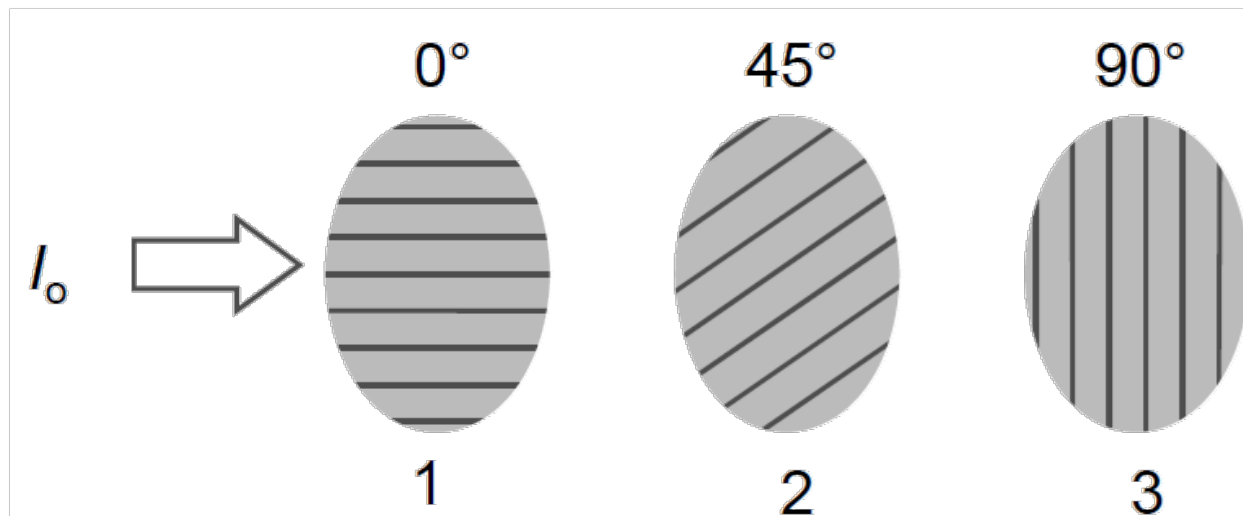


Exempel

Uppgift 20.3

Tre polaroider placeras efter varandra. Den första belyses med opolariserat ljus med intensiteten I_0 . Transmissionsriktningen hos den andra och den tredje polaroiden vrids 45° respektive 90° i förhållande till den första.

- a) Ange intensiteten mellan polaroid 1 och 2 uttryckt i I_0 .
- b) Ange intensiteten mellan polaroid 2 och 3 uttryckt i I_0 .
- c) Ange intensiteten efter polaroid 3 uttryckt i I_0 .



Polarisation vid reflektion



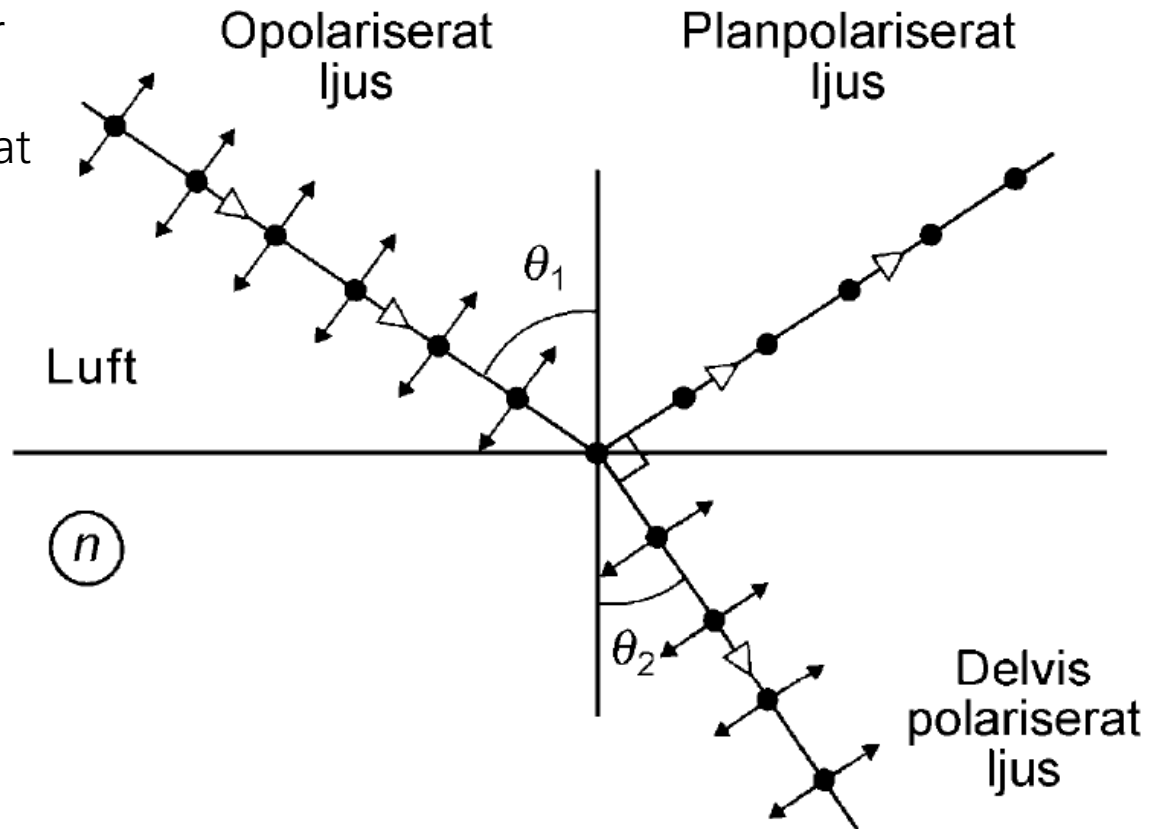
Utan polarisator



Med polarisator

Polarisation vid reflektion

- Infallsplanet innehåller inkommande och reflekterad stråle
- Randvillkor vid gränsytan leder till att olika polarisation har olika reflektans
- Vid **Brewstervinkeln** blir det reflekterade ljuset fullständigt planpolariserat
 - $\theta_B = \arctan n$



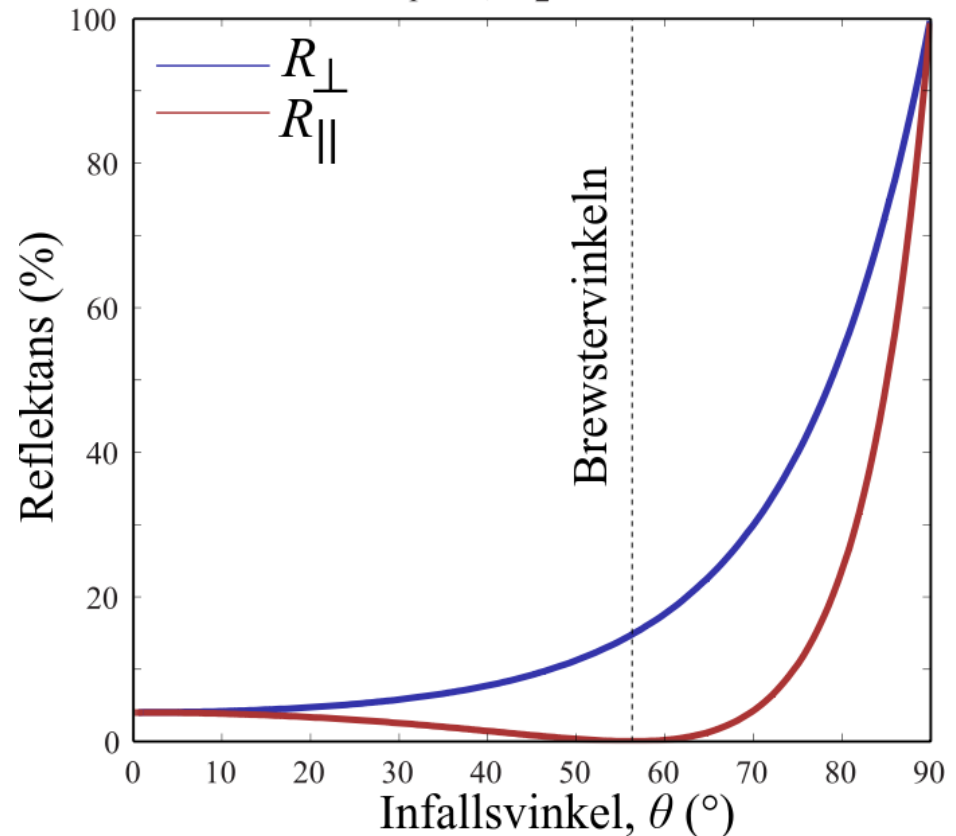
Polarisation vid reflektion

- R_{\perp} - reflektans för ljus polariserat **vinkelrätt** mot infallsplanet
 - R_{\parallel} - reflektans för ljus polariserat **parallellt** med infallsplanet
- $n_1 = 1, n_2 = 1.5$

Fresnells reflektionslagar

$$R_{\parallel} = \frac{\tan^2(\theta_1 - \theta_2)}{\tan^2(\theta_1 + \theta_2)}$$

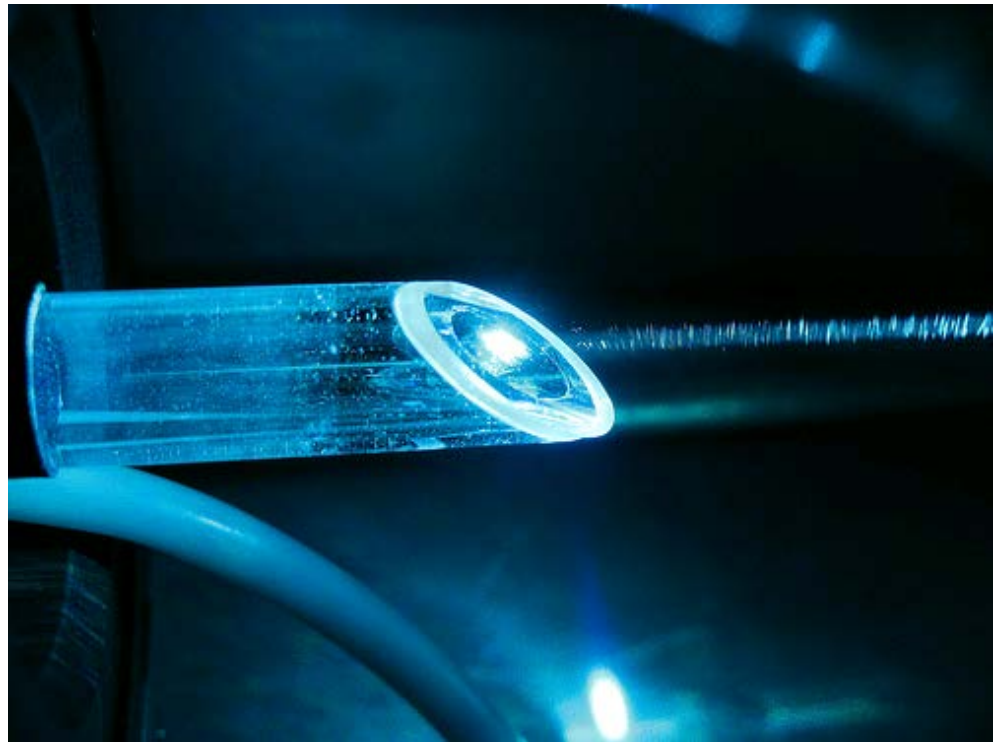
$$R_{\perp} = \frac{\sin^2(\theta_1 - \theta_2)}{\sin^2(\theta_1 + \theta_2)}$$



Exempel

Förlustfri inkoppling av laserljus

- Med ett vakuumfönster i Brewstervinkeln transmittas allt ljus om polarisationen är rätt!



Spridning av ljus från en molekyl

Polariserat ljus

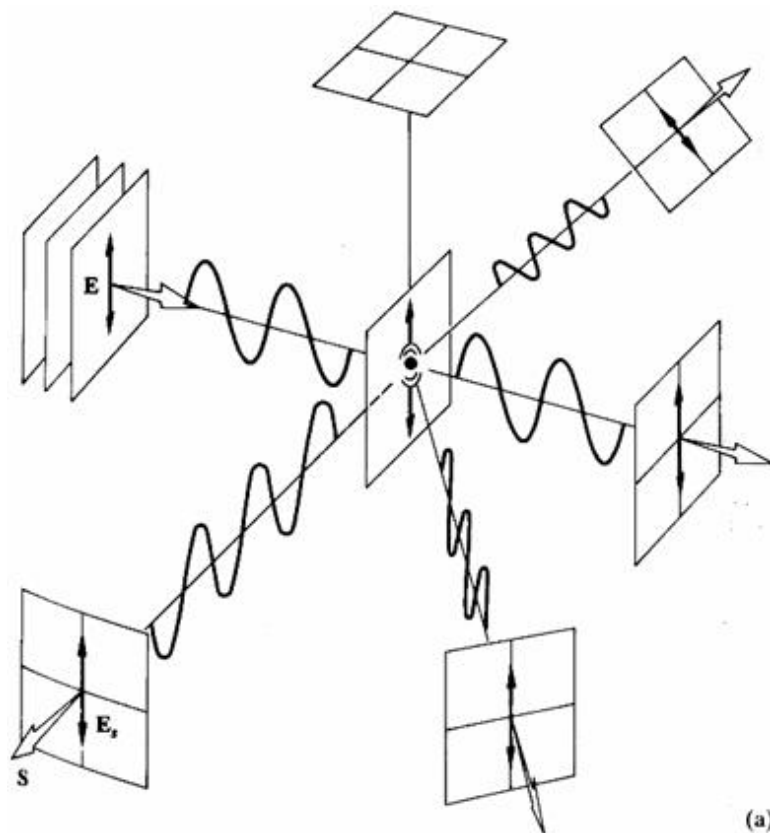


FIGURE 8.35a Scattering of polarized light by a molecule.

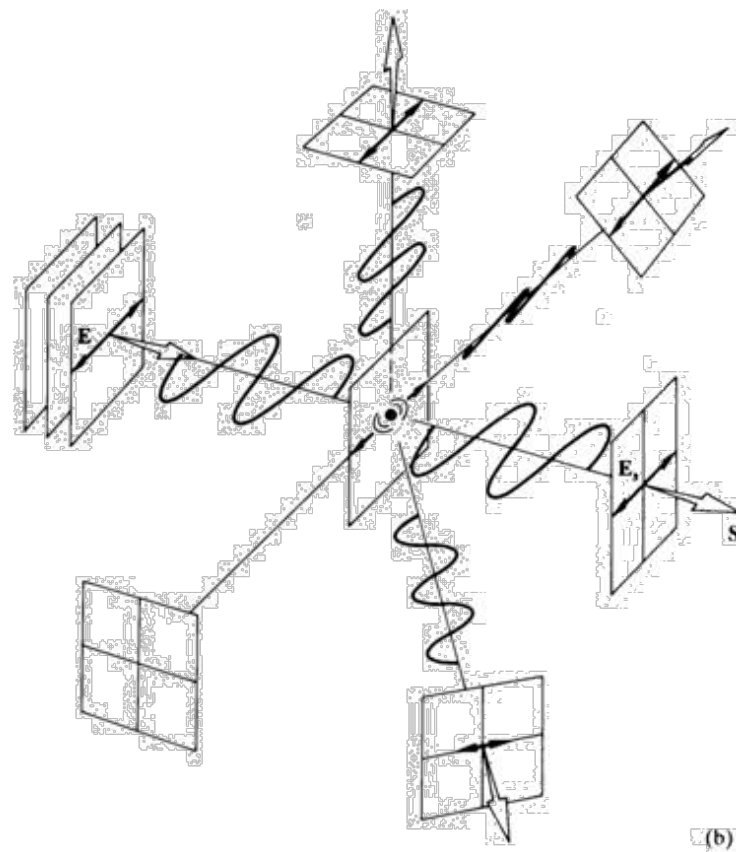
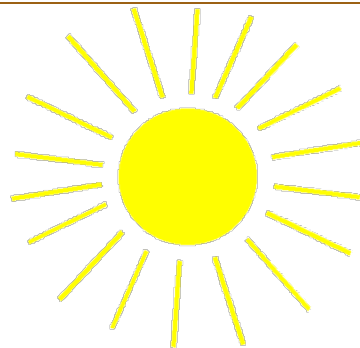


FIGURE 8.35b



Spridning av ljus från en molekyl

Opolariserat ljus



Rayleighspridning:

$$I_s \propto 1/\lambda^4$$

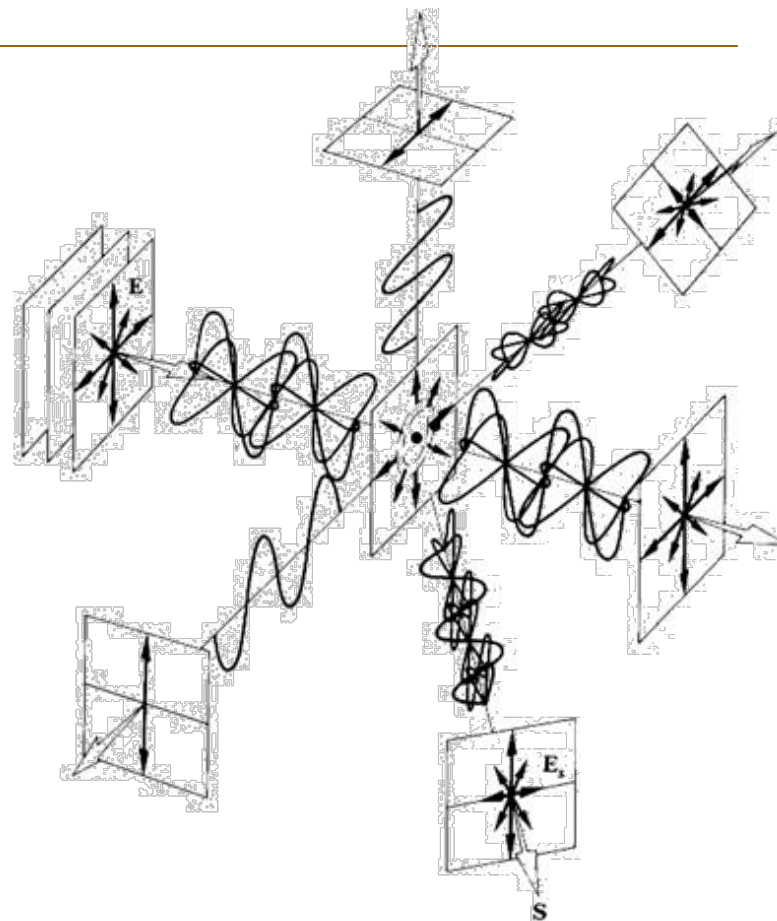


FIGURE 8.36 Scattering of unpolarized light by a molecule.



Polarisation genom spridning



Utan polarisator



Med polarisator

Polarisation vid reflektion och Rayleighspridning...

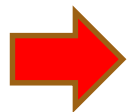
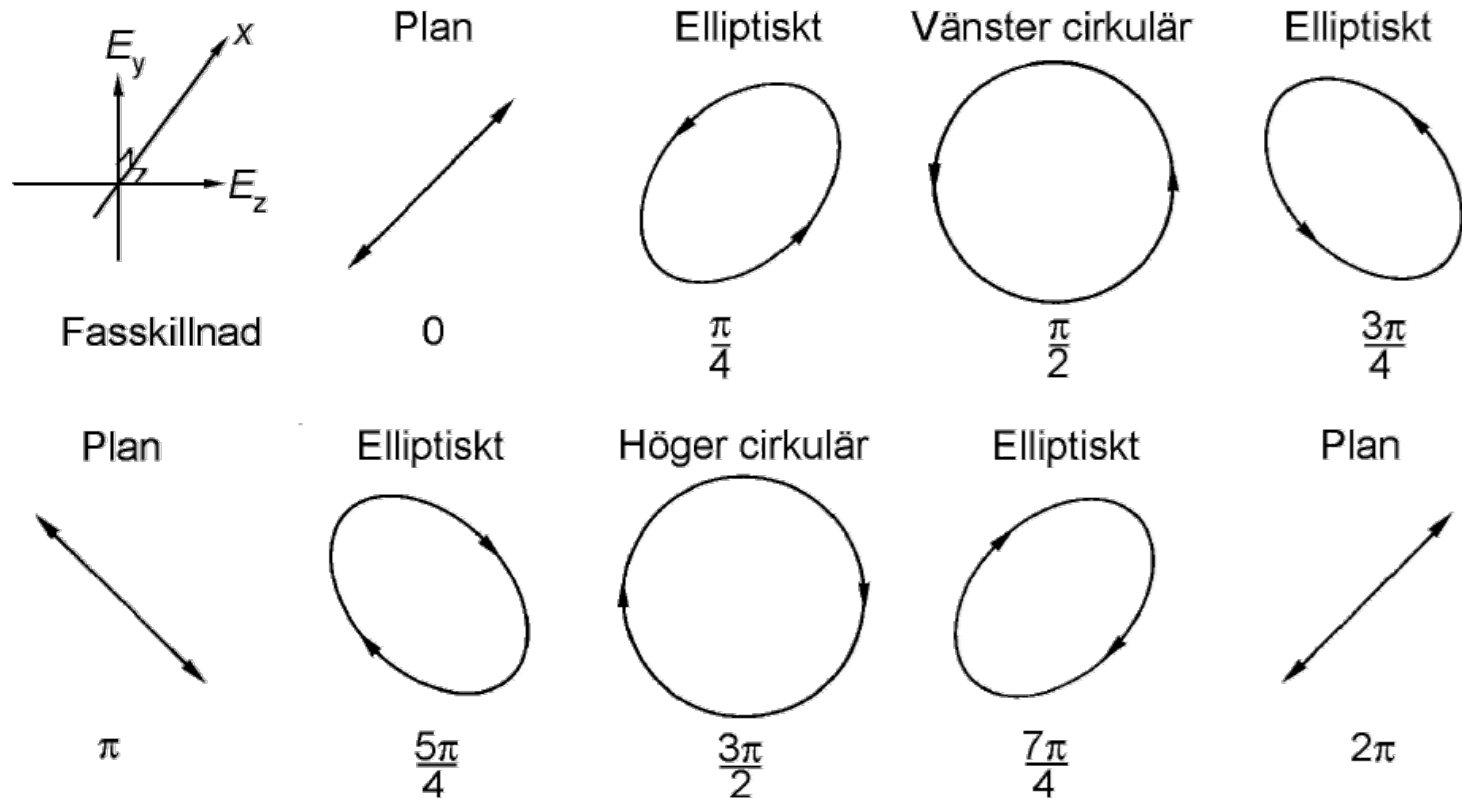


Utan polarisator



Med polarisator

Hur kan man ändra polarisationen?

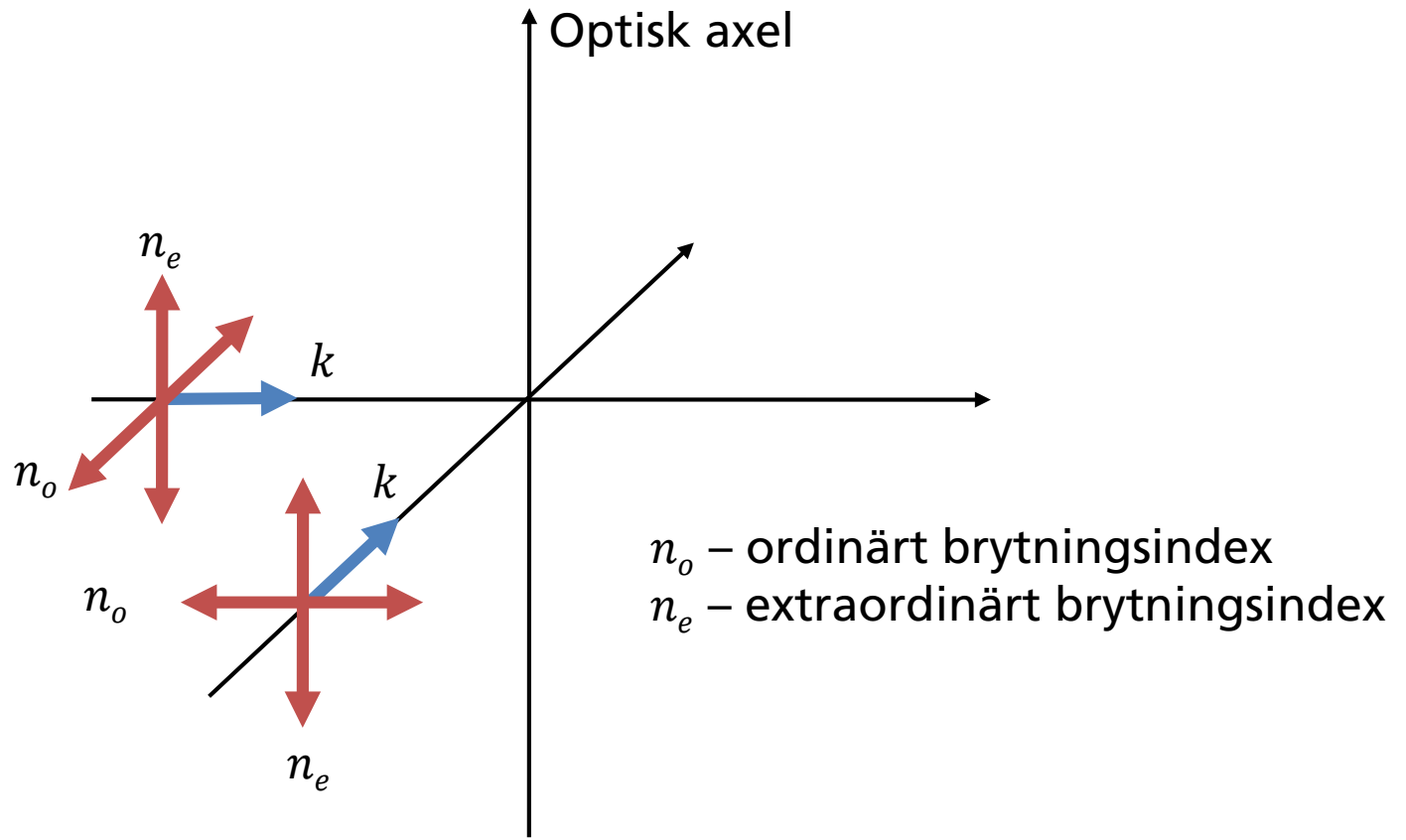


Ändra fasskillnaden mellan komponenterna!



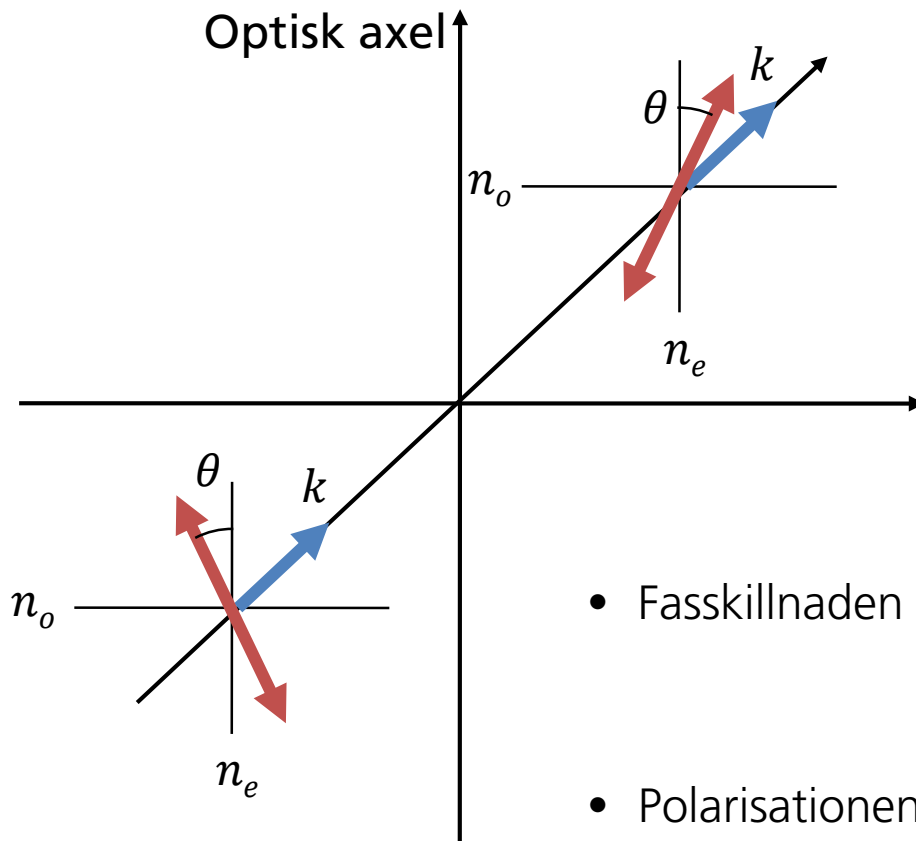
Dubbelbrytande material

Material där brytningsindex beror på polarisationsriktningen



Dubbelbrytande material

Halvvågsplatta



- Fassettnaden mellan ordinär och extraordinär stråle

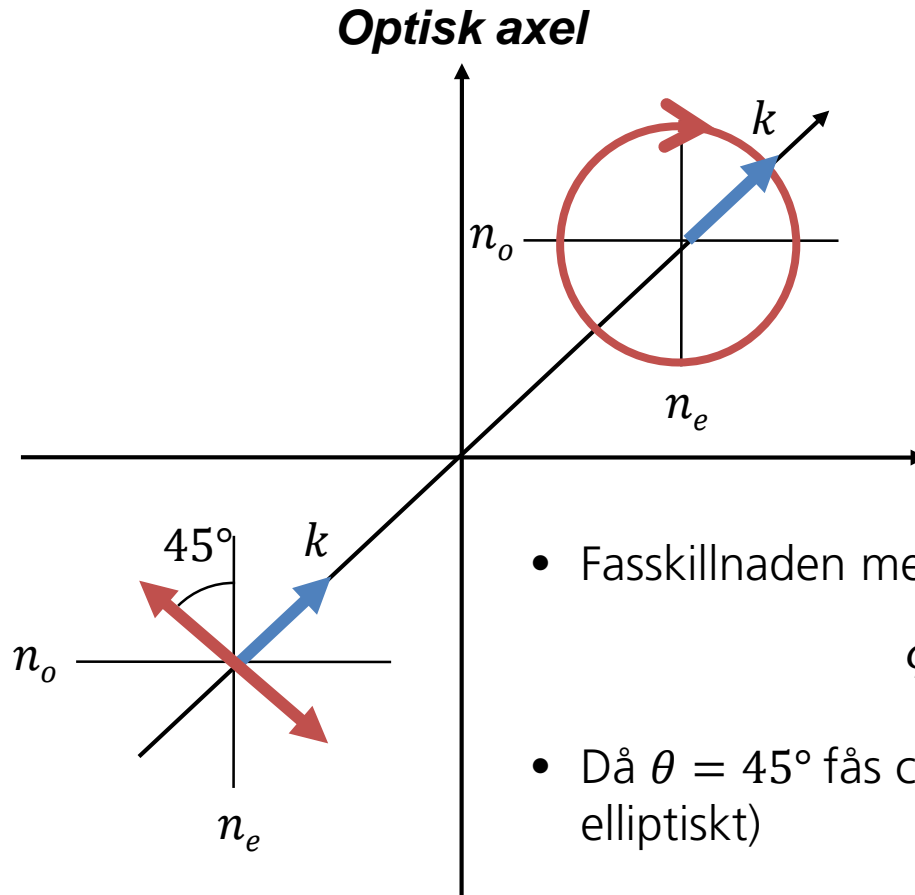
$$\phi = \frac{2\pi}{\lambda_0} (n_e - n_o) d = \pi$$

- Polarisationen roteras en vinkel 2θ (spegling i optiska axeln)



Dubbelbrytande material

Kvartsvågsplatta (cirkulär polarisator)



- Fassettskillnaden mellan ordinär och extraordinär stråle

$$\phi = \frac{2\pi}{\lambda_0} (n_e - n_o) d = \frac{\pi}{2}$$

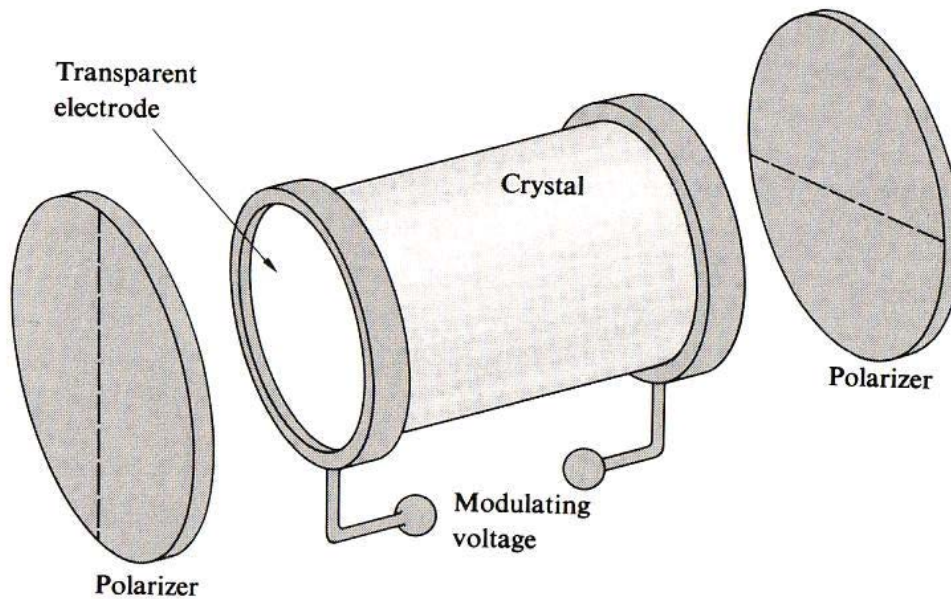
- Då $\theta = 45^\circ$ fås cirkulärpolariserat ljus (annars blir det elliptiskt)



Inducerad dubbelbrytning

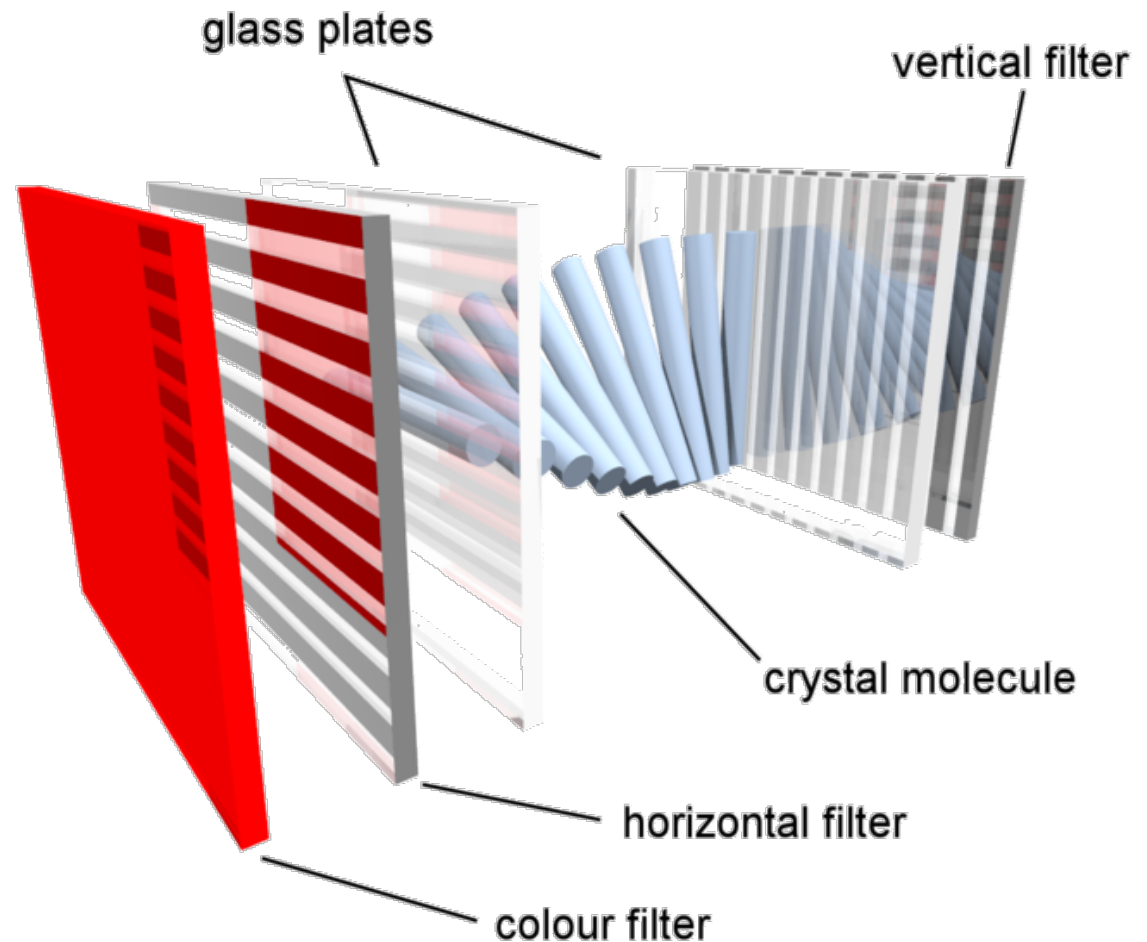
Pockelcell

- Dubbelbrytning inducerad av elektriskt fält
- Högspänning krävs (1 – 10 kV)



Flytande kristalldisplay (LCD)

- När en spänning läggs över kristallerna upphör rotationen





AVATAR

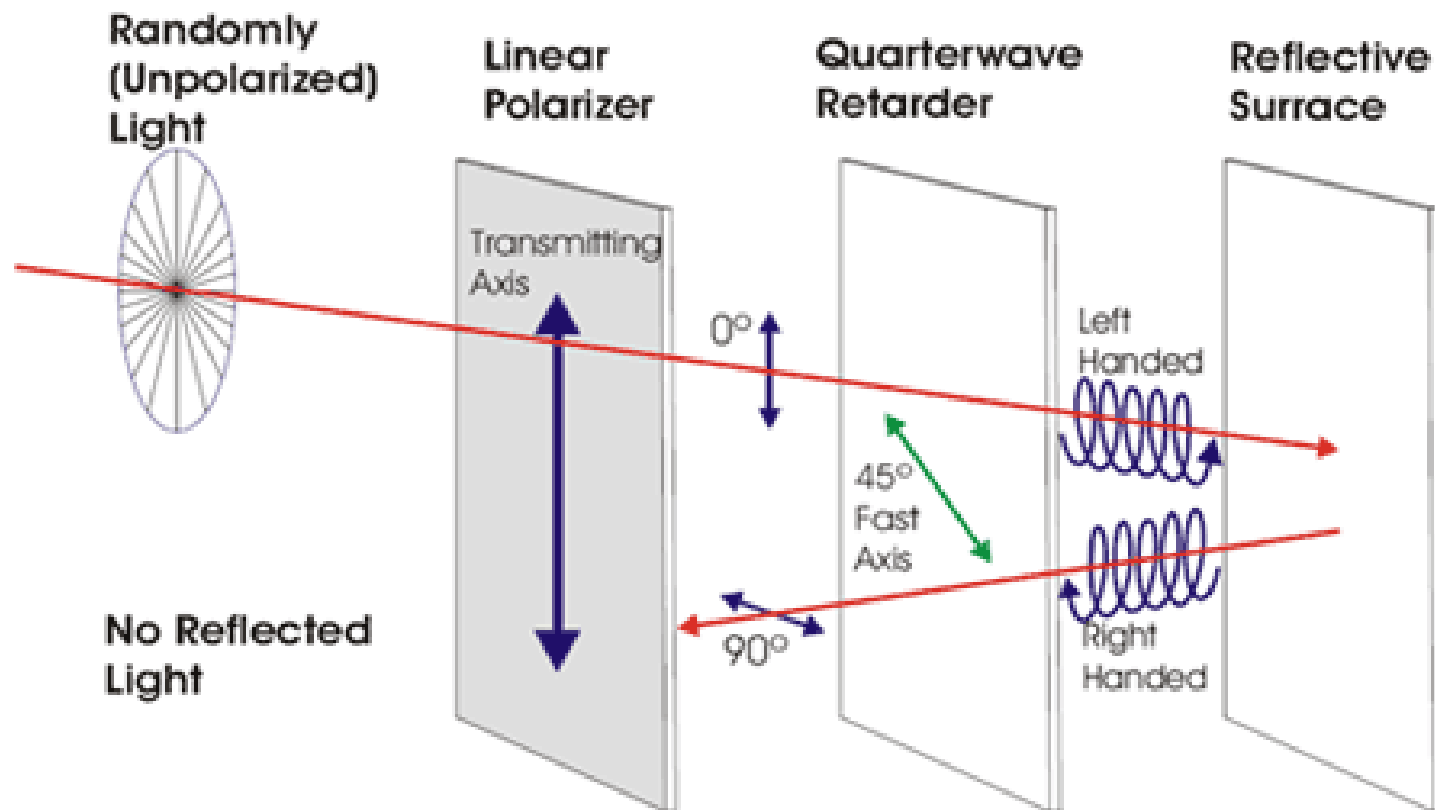
DECEMBER 18 2009 WORLDWIDE

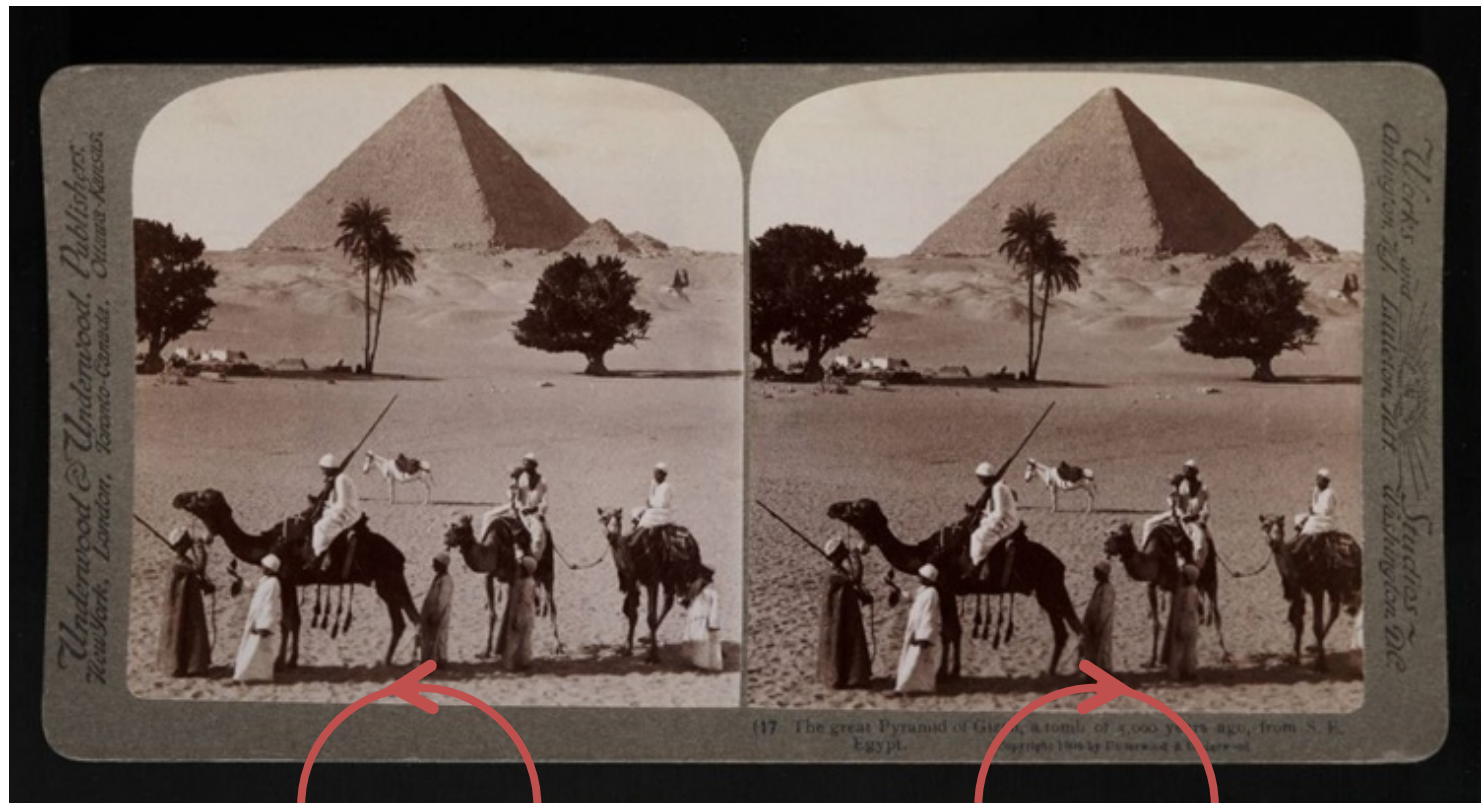
Så hur var det nu?

Stereoskop



LUNDS UNIVERSITET
Lunds Tekniska Högskola





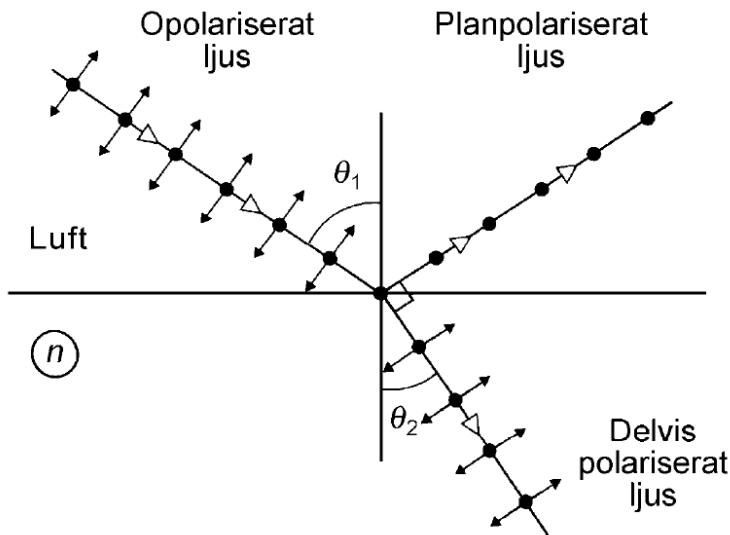
Polarisation

Sammanfattning

- Transmission genom polarisator: $I_t = I_0 \cos^2 \theta$
- Reflektans: $R_{\parallel} = \frac{\tan^2(\theta_1 - \theta_2)}{\tan^2(\theta_1 + \theta_2)}$ och $R_{\perp} = \frac{\sin^2(\theta_1 - \theta_2)}{\sin^2(\theta_1 + \theta_2)}$
- Brewstervinkeln (ger $R_{\parallel} = 0$): $\theta_B = \arctan(n_2/n_1)$
- Fassettnad i dubbelbrytande material: $\phi = \frac{2\pi}{\lambda_0} (n_e - n_o)d$



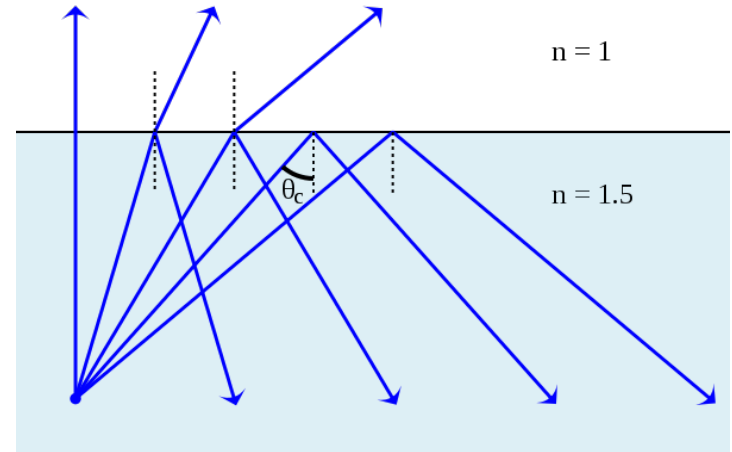
Brewstervinkel och totalreflektion



$$\theta_B = \arctan(n_2/n_1)$$

Brewstervinkeln är den infallsvinkel då ljus med en viss polarisation transmitteras perfekt, alltså utan reflektionsförluster.

Då opolariserat ljus infaller i *Brewstervinkeln* blir det reflekterade ljuset perfekt polariserat.



$$\theta_B = \arcsin(n_2/n_1)$$

En stråle från ett optiskt tätare medium blir dels reflekterad, dels transmitterad med en större vinkel från normalen.

När infallsvinkeln blir större än *gränsvinkeln för totalreflektion*, är en transmitterad stråle inte möjlig, och allt ljus reflekteras.

