

Fresnels formler

19 okt. 2026, 3 min läsning

UTKAST

#fysik #optik #samband

Kurs: F0005T Förkunskaper: Polarisation, Snells lag

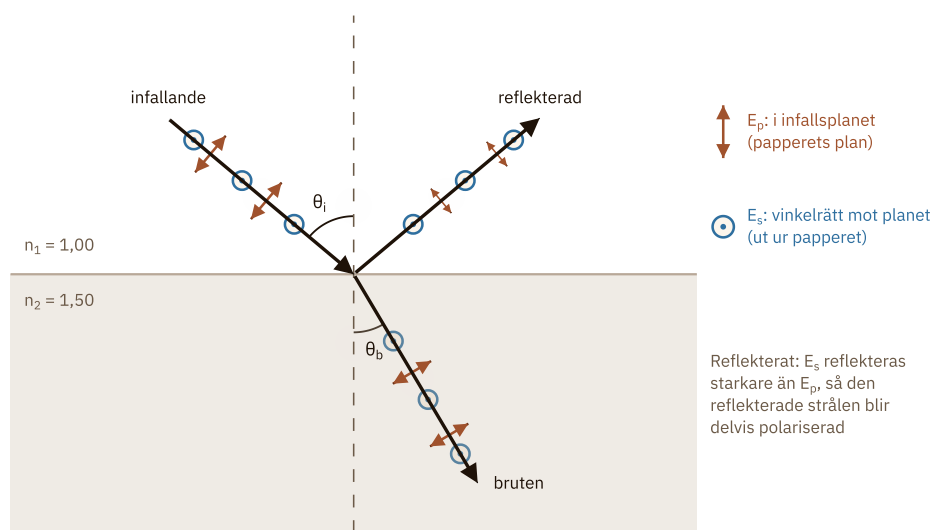
Fresnels formler ger förhållandet mellan infallande, reflekterad och transmitterad våg vid en gränsyta, som funktion av infallsvinkeln och brytningsindexen. De behandlar de två polarisationsriktningarna relativt infallsplanet var för sig, eftersom dessa reflekteras olika mycket.

1. Infallsplanet och de två komponenterna

Infallsplanet är det plan som innehåller den infallande strålen och normalen till ytan. Relativt det planet delas ljusvektorn upp i två komponenter:

$$E_{ip} \parallel \text{infallsplanet} \quad E_{is} \perp \text{infallsplanet}$$

Uppdelningen är nödvändig därför att de två komponenterna reflekteras enligt var sin formel — det är hela anledningen till att reflektion polariserar ljus.



Infallsplanet är papperets plan: E_p svänger i planet (pilar vinkelrätt mot strålen) och E_s vinkelrätt mot det ($\odot$). Den reflekterade strålen har kortare p -pilar eftersom $R_p < R_s$.

2. Formlerna

Med infallsvinkeln θ_i och brytningsvinkeln θ_b ger Maxwells ekvationer de reflekterade amplituderna

$$E_{rp} = E_{ip} \cdot \frac{\tan(\theta_i - \theta_b)}{\tan(\theta_i + \theta_b)} \quad E_{rs} = -E_{is} \cdot \frac{\sin(\theta_i - \theta_b)}{\sin(\theta_i + \theta_b)}$$

Vinklarna är inte fria från varandra utan kopplade av **brytningslagen**:

$$n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_b$$

Fysika: Fc6a

3. Reflektanserna

Kvadrering ger intensiteterna, och kvoten mellan reflekterad och infallande intensitet för respektive komponent kallas reflektansen:

$$R_p = \frac{I_{rp}}{I_{ip}} = \frac{\tan^2(\theta_i - \theta_b)}{\tan^2(\theta_i + \theta_b)} \quad R_s = \frac{I_{rs}}{I_{is}} = \frac{\sin^2(\theta_i - \theta_b)}{\sin^2(\theta_i + \theta_b)}$$

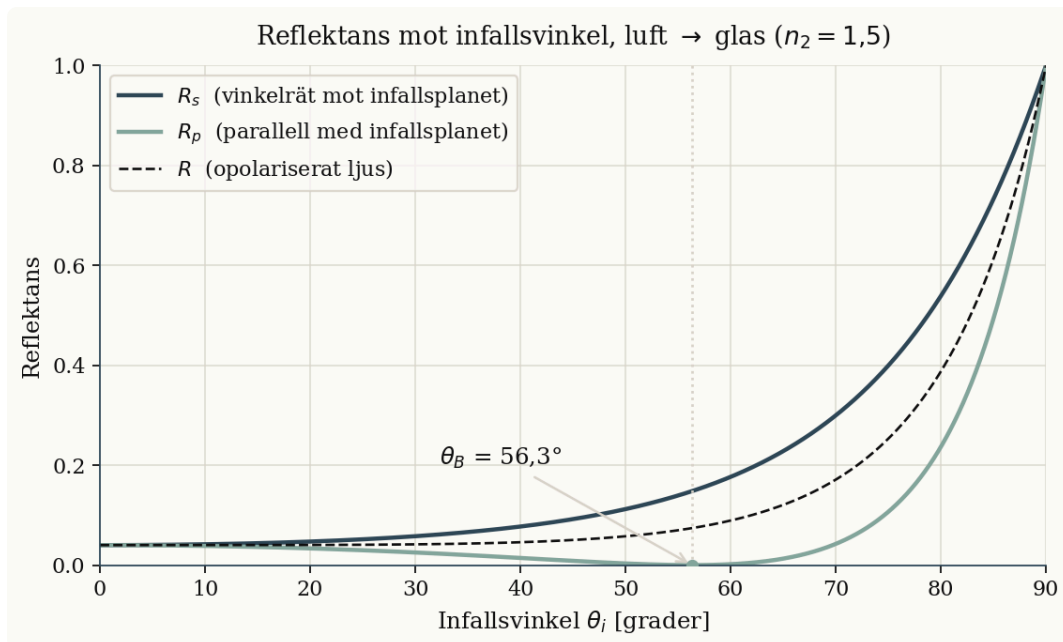
Fysika: Fc3 (Fresnels formler, i formen $R_{\parallel} = \tan^2(i - b)/\tan^2(i + b)$ och $R_{\perp} = \sin^2(i - b)/\sin^2(i + b)$)

Är det infallande ljuset opolariserat med intensiteten I_0 fördelar det sig jämnt mellan komponenterna,

$$I_{ip} = I_{is} = \frac{I_0}{2}$$

och den totalt reflekterade intensiteten blir $I_r = I_{rp} + I_{rs}$.

Plottar vi reflektanserna mot infallsvinkeln syns skillnaden mellan komponenterna direkt: R_s växer monotont, medan R_p först dyker ned till noll och sedan stiger. Vid vinkelrätt infall sammanfaller de, och vid strykande infall går båda mot 1.



Nollstället hos R_p är **Brewsters vinkel**.

4. Specialfall: små vinklar

Är infallsvinkeln liten blir även brytningsvinkeln liten, och serieutveckling ger approximationer av typen $\sin(\theta_i - \theta_b) \approx \theta_i - \theta_b$. Formlerna blir då

$$E_{rp} = E_{ip} \cdot \frac{\theta_i - \theta_b}{\theta_i + \theta_b} \quad E_{rs} = -E_{is} \cdot \frac{\theta_i - \theta_b}{\theta_i + \theta_b}$$

Med brytningslagen i samma approximation, $n_1\theta_i = n_2\theta_b$, faller vinklarna bort helt:

$$E_{rp} = E_{ip} \cdot \frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1} \quad E_{rs} = -E_{is} \cdot \frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1}$$

Eftersom båda komponenterna nu reflekteras lika mycket gäller $I_{rp} = I_{rs}$, och reflektansen beror bara på brytningsindexen:

$$R = \frac{I_r}{I_i} = \frac{(n_2 - n_1)^2}{(n_2 + n_1)^2}$$

Fysika: Fc3 (vinkelrätt infall)

5. Fassprånet vid reflektion

Tecknet i formlerna bär fysik. Om $n_1 < n_2$ är

$$\frac{E_{rs}}{E_{is}} = -\frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1} < 0$$

och den negativa kvoten betyder att den reflekterade vågen fasförskjuts π radianer, vilket motsvarar en vägskillnad på en halv våglängd. Samma sak gäller den parallella komponenten, eftersom de positiva riktningarna för E_{ip} och E_{rp} är motriktade.

Vid reflektion mot ett optiskt *tunnare* medium, $n_1 > n_2$, blir kvoten positiv och något fassprång uppstår inte. Skillnaden är avgörande för **interferens i tunna skikt**.

Läsning

- 33.5 Polarization — Polarization by Reflection
- Vågkompendiet (Fällström), avsnitt 2.2 *Reflektion av ljus*

Se även

- Polarisation
- Snells lag
- Brewsters vinkel
- Reflektion av vågor
- Interferens i tunna skikt
- Totalreflektion

Resurser

- [Wikipedia: Fresnel equations](#)
-
-