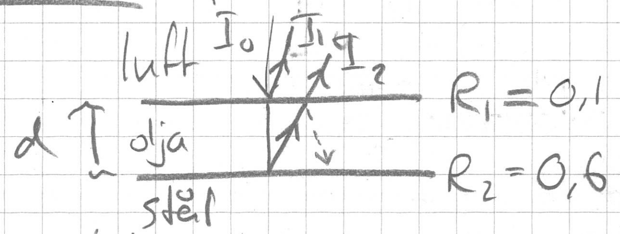
Rälssmörjning – IMTP 2006-10-26

5 **Givet:** tunnskiktsinterferens i oljefilm



Intensiteten I_1 och I_2 kommer variera med d enligt (8.4), enskilda ytor för given reflektans

$$I_1 = I_0 \cdot R_1 = 0,1\, I_0 \qquad (1)$$

$$I_2 = I_0 \underset{\text{luft-olja}}{(1-R_1)} \cdot \underset{\text{olja-stål}}{R_2} \cdot \underset{\text{olja-luft}}{(1-R_1)} = R_2' I_0 = 0,9^2 \cdot 0,6\, I_0 = 0,49\, I_0 \qquad (2)$$

Anta: inga multipelreflexer utöver ovan

Sökt: $m = \dfrac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}}$

Interferensen mellan I_1 och I_2 modulerar totala reflekterade intensiteten från $I_1 + I_2$ till:

$$I_R = I_1 + I_2 + \underbrace{2\sqrt{I_1 I_2}\cos(\Delta\phi)}_{\text{Interferens!}} = \qquad (8.3)$$

$$= \{(1), (2)\} = R_1 I_0 + R_2' I_0 + 2\sqrt{I_0^2 R_1 R_2'}\cos(\Delta\phi) =$$

$$= I_0\left(R_1 + R_2' + 2\sqrt{R_1 R_2'}\cos(\Delta\phi)\right)$$

$\Delta\phi$ avgör $\underset{\cos(\Delta\phi)=1}{I_{max}}$ och $\underset{\cos(\Delta\phi)=-1}{I_{min}}$

$$\Rightarrow \quad I_{max} = I_0\left(R_1 + R_2' + 2\sqrt{R_1 R_2'}\right)$$

$$I_{min} = I_0\left(R_1 + R_2' - 2\sqrt{R_1 R_2'}\right)$$

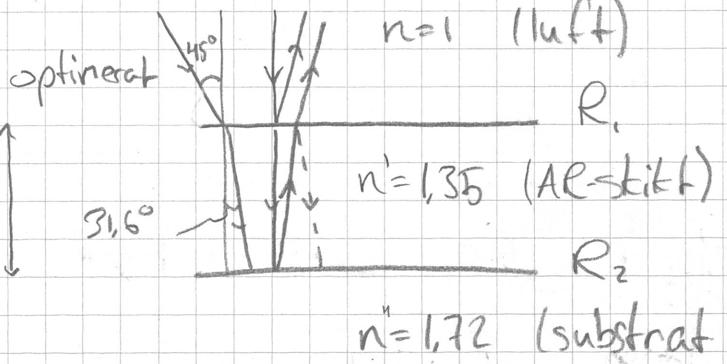
vilket ger modulationen

$$m = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}} = \frac{\cancel{I_0}\left(R_1 + R_2' + 2\sqrt{R_1 R_2'}\right) - \cancel{I_0}\left(R_1 + R_2' - 2\sqrt{R_1 R_2'}\right)}{\cancel{I_0}\left(R_1 + R_2' + 2\sqrt{R_1 R_2'}\right) + \cancel{I_0}\left(R_1 + R_2' - 2\sqrt{R_1 R_2'}\right)} = \frac{\cancel{R_1} + \cancel{R_2'} + 2\sqrt{R_1 R_2'} - \cancel{R_1} - \cancel{R_2'} + 2\sqrt{R_1 R_2'}}{R_1 + R_2' + \cancel{2\sqrt{R_1 R_2'}} + R_1 + R_2' - \cancel{2\sqrt{R_1 R_2'}}} =$$

$$= \frac{4\sqrt{R_1 R_2'}}{2(R_1 + R_2')} = \frac{2\sqrt{R_1 R_2'}}{R_1 + R_2'} = \frac{2\sqrt{0{,}1 \cdot 0{,}486}}{0{,}1 + 0{,}486} = 0{,}752 = \underline{\underline{0{,}75}}$$

Vinkel-AR - MTI 2003-08-29

4 Givet: $i = i' = 0°$, $\lambda = 550$ nm



För ensam gränsyta fås ($i = 0°$)

$$R = \frac{I_R}{I_i} = \left(\frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1}\right)^2 \qquad (8.5)$$

Sökt: $R_{tot} = \frac{I_{R,tot}}{I_0}$ vid $i = 0°$

AR-lagret är optimerat vid $i = 45°$, vilket bestämmer tjockleken. Snells lag

$$n \sin(i) = n' \sin(i') \qquad (6.2)$$

$$\Rightarrow \quad i' = \sin^{-1}\left(\frac{n}{n'} \sin(i)\right) = \sin^{-1}\left(\frac{1}{1{,}35} \sin(45°)\right) = 31{,}6°$$

Maximal destruktiv interferens fås då

$\Delta OPL = (m + \frac{1}{2})\lambda$, $m = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots$

Detta bestämmer tjockleken för det tunna skiktet som har optisk vägskillnad

$$\Delta OPL = 2n'd\cos(i') \qquad (8.4)$$

$$\Rightarrow \quad d = \frac{(m + \frac{1}{2})\lambda}{2n'\cos(i')} = 120 \text{ nm}, 359 \text{ nm}, 598 \text{ nm}, \ldots$$

Vi väljer $d = 120$ nm (så tunnt som möjligt)

Vi räknar nu ut reflektansen vid de båda gränsytorna

$$R_1 = \left(\frac{1,35 - 1}{1,35 + 1}\right)^2 = 0,0222$$

$$R_2 = \left(\frac{1,72 - 1,35}{1,72 + 1,35}\right)^2 = 0,0145$$

Enskilda ytor ger intensiteten

$$I_1 = I_0 R_1$$

$$I_2 = (1-R_1) I_0 R_2 (1-R_1) = I_0 R_2',$$

där $R_2' = 0,0139$

Totala reflekterade intensiteten med interferens blir

$$I_{R,tot} = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos(\Delta\phi) \qquad (8.3)$$

där fasskillnad $\Delta\phi = \frac{2\pi \Delta OPL}{\lambda} = \{(8.4)\} =$ (8.2)

$$= \frac{4\pi n' d \cos(i')}{\lambda} = \frac{4\pi \cdot 1,35 \cdot 120 \text{ nm} \cdot 1}{550 \text{ nm}} = 3,688$$

Dividera $I_{R,tot}$ med I_0 och sätt in I_1 och I_2

$$R_{tot} = \frac{I_{R,tot}}{I_0} = \frac{I_1}{I_0} + \frac{I_2}{I_0} + 2\sqrt{\frac{I_1 I_2}{I_0^2}} \cos(\Delta\phi) =$$

$$= R_1 + R_2' + 2\sqrt{R_1 R_2'} \cos(\Delta\phi) = \underline{\underline{0,0061}}$$

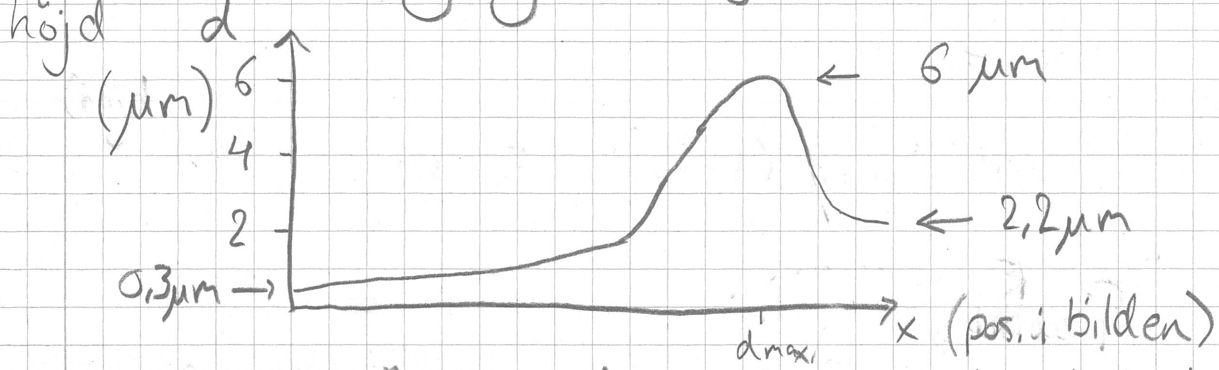
Facit ignorerar intensitetsskillnaden $(1-R_1)$ och åter-reflexen $(1-R_1)$ i andra laget (R_2 istället för R_2') men får i princip samma svar ($R_{tot} = 0,00603$)

Deformation - ILMP 2005-01-11

5) **Givet:** spridningsmönster från Michelson-interferometer med $\lambda = 633$ nm

Sökt: Plotta höjdvariationerna i spegeln längs med svarta linjen

Varje svart frans (destruktiv interferens) betyder en halv våglängd i höjdskillnad Δd



Optiska vägskillnaden vid $i=0$ (vinkelrät reflektion) ges av (jämför tunnt skikt) för en viss punkt på spegeln

$$\Delta OPL = 2nd = 2d$$

$n=1$ i luft

Maximal destruktiv interferens fås vid

$$\Delta OPL = (m+\tfrac{1}{2})\lambda, \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \ldots$$

Skillnaden i $\underbrace{\text{väg}}_{\text{optisk}}$ mellan 2 svarta $\underbrace{\text{fransar}}_{\text{som ligger bredvid varandra } (m_1 = m_2 \pm 1)}$ är alltså

$$\Delta OPL_2 - \Delta OPL_1 = (m_2 + \tfrac{1}{2})\lambda - (m_1 + \tfrac{1}{2})\lambda =$$

$$= (m_2 - m_1)\lambda = \Delta m \lambda, \quad \text{där } \Delta m = \pm 1$$

Detta bestämmer höjdskillnaden $\Delta OPL_2 - \Delta OPL_1 = 2d_2 - 2d_1 = \Delta m \lambda = 2\Delta d$

$$\Rightarrow \quad \Delta d = \frac{\lambda}{2}\Delta m$$

Eftersom $\Delta m = \pm 1$ ser vi ingen skillnad på toppar och bottnar i spegeln. Förutsatt de ljusa centret i cirklarna är en topp i spegelns topografi så kommer de svarta franserna runt omkring motsvara en nedgång med 316,5 nm (hel period)

Åt vänster i bilden har vi 18 franser

$$\Rightarrow \Delta d = \frac{18\lambda}{2} = 5697 \text{ nm} = 5{,}7 \mu m$$

Åt höger i bilden har vi 12 franser

$$\Rightarrow \Delta d = \frac{12\lambda}{2} = 3798 \text{ nm} = 3{,}8 \mu m$$

Ultraljudskontroll – FBOMTI 2009-08-17

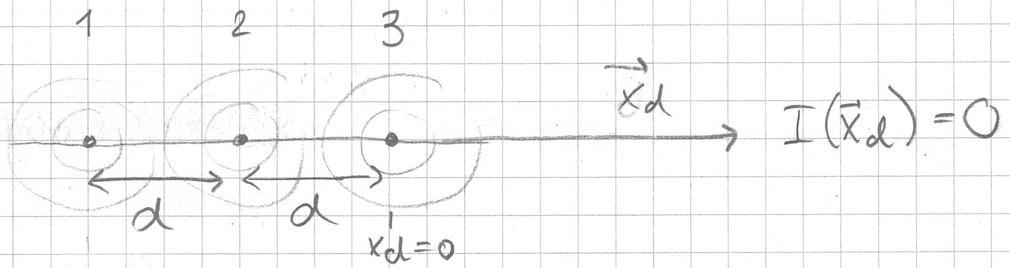
B3 Givet: Ultraljudsvåg från fjärrkontroll (i luft)

förskjutning $s = \frac{A}{r} \sin(kr - \omega t + \delta)$

$A = 2 \cdot 10^{-9}\ m^2$, $\omega = 188\,000$ rad/s,
$k = 589$ rad/m $\Rightarrow \lambda = \frac{2\pi}{k} = 10{,}67$ mm

3 elektriskt kontrollerade sändare med samma frekvens och fas placerade på rad

Sökt: Avstånd d mellan dem så $I = 0$ längs $\vec{x}_d$



Vid en viss tidpunkt t_0 i en viss punkt x_0 längs $\vec{x}_d$ kommer avståndet r från de 3 sändarna att vara:

$r_1 = x_0$
$r_2 = x_0 + d$
$r_3 = x_0 + 2d$

Detta ger en total förskjutning

$$s_{tot} = s_1 + s_2 + s_3 = \frac{A}{r_1}\sin(\underbrace{kr_1 - \omega t_0 + \delta}_{\phi_1}) + \frac{A}{r_2}\sin(\underbrace{kr_2 - \omega t_0 + \delta}_{\phi_2})$$
$$+ \frac{A}{r_3}\sin(\underbrace{kr_3 + \omega t_0 + \delta}_{\phi_3})$$

Vid stora x_0 är $\frac{A}{r_1} \approx \frac{A}{r_2} \approx \frac{A}{r_3} \approx \frac{A}{x_0}$

ty $x_0 + d \approx x_0$ då $d \ll x_0$

Detta betyder att s_{tot} förenklas till

$$s_{tot}(x_0 >> d) \approx \frac{A}{x_0}\left(\sin\phi_1 + \sin\phi_2 + \sin\phi_3\right) =$$

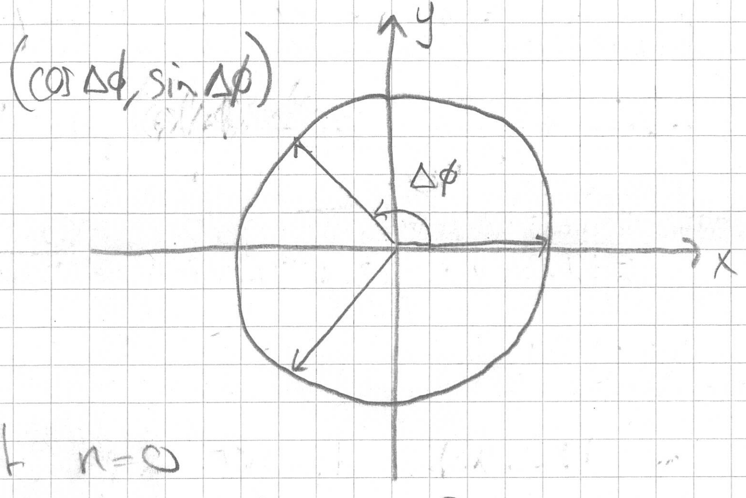
$$= \frac{A}{x_0}\left(\sin\phi_1 + \sin(\phi_1 + \Delta\phi) + \sin(\phi_1 + 2\Delta\phi)\right), \text{ där } \Delta\phi = kd = \frac{2\pi d}{\lambda}$$

Om $I(\vec{x}_d) = 0 \quad \forall\ x_d$ och $\forall\ t$

så måste $s_{tot} = 0 \quad \forall\ \phi_1$

$$\Rightarrow \quad \sin(0) + \sin(\Delta\phi) + \sin(2\Delta\phi) = 0$$

Detta fås endast om $\Delta\phi = 2\pi(n + \frac{1}{3})$, $n = 0, \pm 1, \pm 2$ vilket ses lätt i enhetscirkeln



Sätt $n = 0$

$$\Rightarrow \quad \Delta\phi = \frac{2\pi d}{\lambda} = \frac{2\pi}{3} \quad \Rightarrow \quad d = \frac{\lambda}{3} = \underline{\underline{3{,}6 \text{ mm}}}$$