

Teori akustik

$$I = \frac{P}{A} \quad \begin{array}{l} I = \text{intensitet} \quad [W/m^2] \\ P = \text{effekt} \quad [W] \\ A = \text{area} \quad [m^2] \end{array}$$

$$I = \frac{1}{2} \frac{P_{\max}^2}{Z} \quad \begin{array}{l} P_{\max} = \text{tryckamplitud} \quad [N/m^2] \\ Z = \text{akustisk impedans} \quad [kg/(m^2s)] \\ Z_{\text{luft}} = 420 \text{ kg}/(m^2s) \\ Z_{H_2O} = 1,5 \cdot 10^6 \text{ kg}/(m^2s) \end{array}$$
$$= \frac{1}{2} \underbrace{S_0^2}_{\text{amplitud}} \omega^2 Z$$

$$K = v \cdot Z = \text{kompressionsmodul}$$

$$\text{Ljudintensitetsnivå: } \beta = \log_{10} \left(\frac{I}{I_0} \right) \cdot 10 \text{ dB}$$

$$I_0 = 10^{-12} \text{ W}/m^2 = \text{referensintensitet}$$

$$R = \frac{I_{\text{in}}}{I_{\text{ut}}} \quad \text{reflektion}$$

$$R = \left(\frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \right)^2$$

Logaritmlagen av värde:

$$\log \left(\frac{x}{y} \right) = \log x - \log y$$

$$\log(x \cdot y) = \log x + \log y$$

$$n \cdot \log(a) = \log(a^n)$$

Kameraklisch

Sökt: $v_{\max}$ för membranet

Givet: $r = 1 \text{ mm}$

$$\beta = 40 \text{ dB}$$

$$I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$$

Formler: $A_c = \pi r^2$ arean hos cirkel

$$A_s = 4\pi r^2$$

$$I = \frac{P}{A} \quad \text{och} \quad I = \frac{1}{2} a^2 \omega^2 Z =$$

$$\beta = 10 \log_{10} \left(\frac{I}{I_0} \right) \text{ dB}$$

Beräkning:

$$A_c = \pi (1 \cdot 10^{-3})^2 = \pi 10^{-6} \text{ m}^2 \quad r_c = 1 \text{ mm}$$

$$A_s = 4\pi \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \pi \text{ m}^2 \quad r_s = \frac{1}{2} \text{ m}$$

$$\beta = 10 \log_{10} \left(\frac{I}{I_0} \right) \Leftrightarrow \frac{\beta}{10} = \log_{10} \left(\frac{I}{I_0} \right) \Leftrightarrow 10^{\beta/10} = \frac{I}{I_0}$$

$$\Leftrightarrow I = I_0 \cdot 10^{\beta/10}$$

$$I_s = \left[\begin{array}{l} r = 0,5 \text{ m} \\ \beta = 40 \text{ dB} \end{array} \right] = I_0 \cdot 10^{40/10} = 10^{-12} \cdot 10^4 = 10^{-8} \text{ W/m}^2$$

$$I_s = \frac{P}{A} \Rightarrow P = I \cdot A = 10^{-8} \cdot \pi = \pi \cdot 10^{-8} \text{ W}$$

$$I_c = \frac{P}{\frac{A_{\text{mem}}}{A_c}} = \frac{\pi \cdot 10^{-8} \text{ W}}{\pi \cdot 10^{-6} \text{ m}^2} = 10^{-2} \text{ W}$$

Antag att membranet rör sig sinusformat!

$$y = a \sin \omega t \Rightarrow v = \frac{dy}{dt} = a\omega \cos \omega t$$

$$\Rightarrow v_{\max} = a\omega \text{ eftersom } \cos \omega t \in [-1, 1]$$

Från FS-teori vet vi $I = \frac{1}{2} a^2 \omega^2 Z$

$$v_{\max} = \sqrt{a^2 \omega^2} \Rightarrow I_c = \frac{1}{2} \omega^2 v_{\max}^2 Z \Rightarrow v_{\max} = \sqrt{\frac{2I_c}{\omega^2 Z}} \quad Z = 420 \text{ kg/(m}^3\text{s)}$$

$$\Rightarrow \frac{2I_c}{\omega^2 Z} = 0.14 \text{ m/s} = 14 \text{ mm/s}$$

Akustik Ekolog

Lösning:

Alla parametrar samma, men olika medium!

$$I = \frac{1}{2} a^2 \omega^2 Z$$

$$Z_{\text{luft}} = 420 \text{ kg/(m}^2\text{s)}$$

$$Z_{\text{H}_2\text{O}} = 1,3 \cdot 10^6 \text{ kg/(m}^2\text{s)}$$

$$\frac{I_{\text{H}_2\text{O}}}{I_{\text{luft}}} = \frac{Z_{\text{H}_2\text{O}}}{Z_{\text{luft}}} = \frac{1,3 \cdot 10^6}{420} = 3809,5$$

$$I_{\text{H}_2\text{O}} = I_{\text{luft}} \cdot 3809,5 = \underline{\underline{0,190 \text{ W}}}$$

Teori Elektrostatik 1

Coulombs lag

$$F = \frac{q_1 \cdot q_2}{4\pi \epsilon_0 r^2} \quad \epsilon_0 \approx 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$$

Elektriska fält

$$\vec{E} \text{ [N/C = V/m]}$$

på avstånd r från laddning

Punktladdning q [C]

$$E = \frac{q}{4\pi \epsilon_0 r^2}$$

Linjeladdning λ [C/m] = laddningsföret

$$E = \frac{\lambda}{2\pi \epsilon_0 r}$$

Ytladdning σ [C/m²] = laddningsföret

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \quad \text{Obs! Avständsoberoende!}$$

För linje- och ytladdning:

gäller då $r \ll$ längd på linje/yta

E-fält superpositioneras!

Lägg ihop (addera) för att få totalfältet.

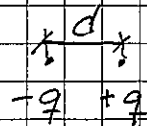
Elektrisk dipol

TVå motsatta laddningar

på litet avstånd d :

Dipolmoment

$$\vec{p} = q \cdot \vec{d} \text{ [Cm]}$$



Elektrisk kraft

på laddning q :

$$F = q \cdot E, \quad E \text{ ytre elektriskt fält}$$

Teori Elektrostatik 2

Gauss sats

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

Integralen över slutna Gaussyta
ger totala laddningen som
innesluts av ytan

Spänning

skillnad i elektrisk potential
mellan två punkter a och b

$$U_{ab} = U_a - U_b = \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{r} \quad [V]$$

Obs! Oberoende av väg.

Potentiell energi hos laddning
q på potential U är energin
som krävs för att flytta

laddningen från potential 0 till U.

$$W = q \cdot U \quad [J]$$

Mer allmänt: energin för att

flytta en laddning från startpotentialen
 U_1 till slutpotentialen U_2

$$W = q(U_2 - U_1)$$

Garnfragment

Sökt: Fäststyrka E

Givet: $\ell = 1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$

$$Q = 10^6 e$$

$$d = 20 \mu\text{m} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\rho = 500 \text{ kg/m}^3$$

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Och: $F_E = 100 F_g$ (100 ggr högre kraft från elektrostatiskt fält)

$$E_{\text{överslag}} = 2 \text{ MV/m} = 2 \cdot 10^6 \text{ V/m}$$

$$\text{Formler: } V_{\text{cylinder}} = A \cdot h = \pi r^2 \cdot h = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 h$$

$$m = \rho \cdot V$$

$$F_g = \rho \cdot V \cdot g$$

$$F = Q \cdot E$$

Lösning: Kraften från det elektriska fältet blir:

$$F_E = Q \cdot E = 10^6 e \cdot E \text{ med } e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Men man vill ha } F_E = 100 \cdot F_g \\ \text{och } F_g = \rho \cdot V \cdot g \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$10^6 \cdot e \cdot E = 100 \rho V g$$

$$E = \frac{100 \rho V g}{10^6 \cdot e} = \frac{500 \cdot \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot h \cdot g}{10^4 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} =$$

$$= \frac{500 \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot 10^{-2} \cdot 9,8}{1,6 \cdot 10^{-16}} = \frac{5 \pi (2 \cdot 10^{-5})^2 \cdot 9,8}{1,6 \cdot 10^{-15}}$$

$$\approx 9,6 \cdot 10^6 \text{ V/m} \approx 10 \text{ MV/m} \} \Rightarrow$$

$$E_{\text{överslag}} \approx 2 \text{ MV/m}$$

Svar: Det tänkta E -fältet är alltså

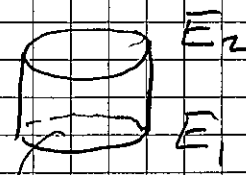
ca 5 ggr större än överslagsspänningen för luft, varför detta inte kommer att fungera!

Åskmoln

Givet: $\uparrow$

$$h_2 = 2210 - 36,4 \text{ kV/m} = E_2$$

$$h_1 = 2150 - 47,1 \text{ kV/m} = E_1$$



$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/(\text{Nm}^2)$$

Sökt: Laddningstätheten

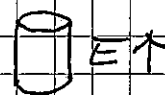
Formler: $\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{Q}{\epsilon_0}$ Gauss sats

$Q =$ laddning innesluten av ytan S

Lösning: Bidrag till integralen

från mantelytan är 0

eftersom fältet är vinkelrätt mot ytan



Det som är kvar är alltså bidragen från ändytorna:

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = E_2 \cdot A - E_1 \cdot A$$

Laddningstätheten blir

$$\rho = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{A \cdot (h_2 - h_1)} = \frac{\epsilon_0 (E_2 A - E_1 A)}{A \cdot (h_2 - h_1)} =$$

$$= \epsilon_0 \frac{E_2 - E_1}{h_2 - h_1} = \epsilon_0 \frac{36,4 \cdot 10^3 - 47,1 \cdot 10^3}{2210 - 2150} =$$

$$= \left[\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/(\text{Nm}^2) \right]$$

$$= -1,578 \cdot 10^{-9} \text{ C/m}^3$$

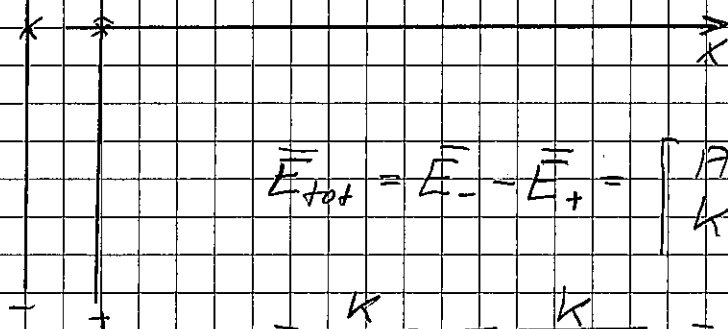
Svar: $\rho = -1,6 \cdot 10^{-9} \text{ C/m}^3$ laddningsfäthet

Elstängsel

sökt: $E(1\text{ m})$ $E(0,3\text{ m})$

Lösning: FS: $E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r}$ [avståndet r mkt mindre än trädets längd]

Linjeladdning λ [C/m]
 $d \sim \text{ngn cm}$



$$E_{\text{tot}} = E_- - E_+ = \left[\text{Försett träd laddningen} \right]$$

$k = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0}$ samma

$$= \frac{k}{r - \frac{d}{2}} - \frac{k}{r + \frac{d}{2}} = k \left(\frac{1}{r - \frac{d}{2}} - \frac{1}{r + \frac{d}{2}} \right)$$

$$= k \frac{r + \frac{d}{2} - (r - \frac{d}{2})}{(r - \frac{d}{2})(r + \frac{d}{2})} = k \frac{d}{r^2 - \frac{d^2}{4}}$$

Om $d \ll r$ förs

$$E_{\text{tot}} = \frac{k d}{r^2}$$

Kvoten mellan E_1 och E_2

$$\left[\begin{array}{l} r_1 = 0,3\text{ m} \\ r_2 = 1\text{ m} \end{array} \right]$$

$$\frac{1}{0,09} = \frac{11}{1}$$

$$\frac{E(r_1)}{E(r_2)} = \frac{k d / r_1^2}{k d / r_2^2} = \frac{r_2^2}{r_1^2} = \frac{1}{0,3^2} = 11$$

Svar: Kvoten mellan $E(1\text{ m})$ och $E(0,3\text{ m})$ är alltså 11

Följdfrågor:

1) Hur sitter träderna? .. eller:
Vilka konsekvenser får de olika
arrangemangen?

2) Lite klurigt tal eftersom man
aldrig beräknar $E(x)$

Kondensatorer

Oljenivåmätning

Sökt: Kapacitansen $C = C(h)$ där h = oljenivå

Givet: $d = 10 \text{ mm}$

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$$

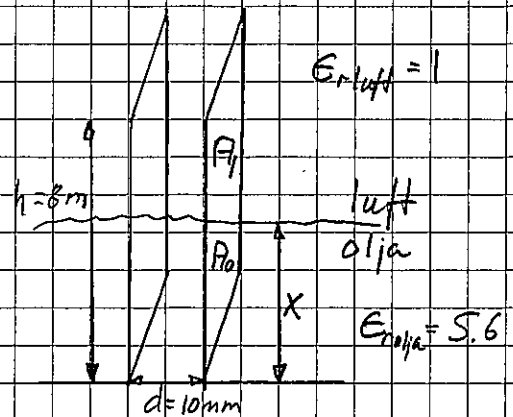
$$b = 120 \text{ mm}$$

$$h = 8 \text{ m}$$

$$\text{Oljens } \epsilon_r = 5,6$$

Formler: $C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d}$

$$C_H = C_{\text{luft}} + C_{\text{olja}}$$



Lösning: $C_{\text{tot}} = \sum C$

Oljedelen: $C_0 = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A_0}{d} = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{x b}{d}$

Luftdelen: $C_1 = \epsilon_0 \epsilon_{r,\text{luft}} \frac{A_1}{d} = \epsilon_0 \epsilon_{r,\text{luft}} \frac{(h-x) b}{d}$

Totala kapacitansen blir: $[\epsilon_{r,\text{luft}} = 1]$ linjens ekv.

$$C = C_0 + C_1 = \frac{\epsilon_0 b}{d} (\epsilon_r x + h - x) = \frac{\epsilon_0 b h}{d} + \frac{\epsilon_0 (\epsilon_r - 1) b}{d} x$$

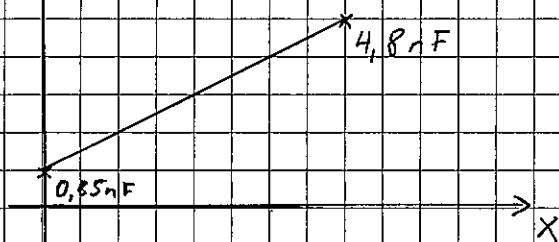
Detta är en linjär funktion som går från

$$C(0 \text{ m}) = \frac{\epsilon_0 b h}{d} = \left[\begin{array}{l} \epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m} \\ b = 0,12 \text{ m} \\ h = 8 \text{ m} \end{array} \right] = 8,496 \cdot 10^{-10} \text{ F} = 0,85 \text{ nF}$$

til

$$C(8 \text{ m}) = \frac{\epsilon_0 b h}{d} + \frac{\epsilon_0 (\epsilon_r - 1) b}{d} \cdot x = \left[\begin{array}{l} \epsilon_r = 5,6 \\ x = 8 \text{ m} \end{array} \right] = 0,85 + 3,9 = 4,76 \text{ nF}$$

Svar: C



Kondensatorer

Gnista

Sökt: Energi överförd

Givet: $d = 9 \text{ mm}$

Lösning: Gnista fås vid överlagsfält i luft

$$E_D \approx 2 \text{ MV/m} \approx 2000 \text{ V/mm}$$

Betrakta fingertopp och kran som plattkondensator.

Antag $A = 1 \text{ cm}^2$

$$\epsilon_r \approx 1$$

$$E_{\text{pot}} = W$$

$$E = \frac{U}{d} \Leftrightarrow U = E \cdot d$$

$$E_{\text{pot}} = \frac{1}{2} C U^2 = \frac{1}{2} \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d} (E \cdot d)^2 =$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{1 \cdot 10^{-4}}{9 \cdot 10^{-3}} (2 \cdot 10^6 \cdot 9 \cdot 10^{-3})^2 =$$

$$= 1,593 \cdot 10^{-5} = 0,16 \mu\text{J}$$

Svar: $0,16 \mu\text{J}$

Kondensatorer

Kondensatormikrofon

Sökt: Strömmen i [V]

Givet: $U = 12 \text{ V}$

$$C_{\text{vika}} = 11 \mu\text{F}$$

$$d_1 = 0,495 \text{ mm} \quad d_2 = 0,505 \text{ mm}$$

$$f = 500 \text{ Hz}$$

$$\text{Lösning: } I = \frac{dQ}{dt} = \left[Q = CU \right] = \overset{\text{konst.}}{U} \frac{dC}{dt} = \overset{\text{kedjeregeln}}{U} \frac{dC}{dd} \frac{dd}{dt}$$

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d(t)} \Rightarrow \frac{dC}{dd} = -\epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d^2(t)}$$

$$\frac{dd}{dt} = \left[d = d_0 + A \sin \omega t \right] = A \omega \cos(\omega t)$$

$d_0 = 0,5 \text{ mm} \quad A = 5 \mu\text{m}$

$$I = U \frac{dC}{dd} \frac{dd}{dt} \approx -U \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d^2} \omega A \cos(\omega t)$$

$$\approx \left[d_0 \gg A \Rightarrow d \approx d_0 \right] \approx -U \frac{C}{d_0} \omega A \cos(\omega t)$$

$$= -4,1 \text{ mA} \cdot \cos(\omega t)$$

Magnetism

Teori

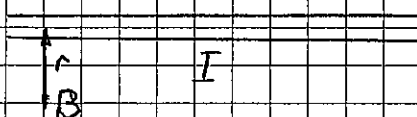
$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} q \frac{\vec{v} \times \hat{r}}{r^2} \quad \text{där } \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$$

$\otimes B$

$q \rightarrow$

r = avstånd mellan källan och punkt av intresse

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$



$$B = \frac{\mu I N}{L}$$

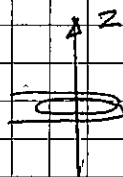
"lång spole"



L

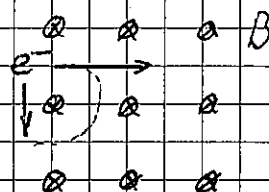
$L \gg a$

$$B = \frac{\mu_0 I N a^2}{2(a^2 + z^2)^{3/2}} \hat{z}$$

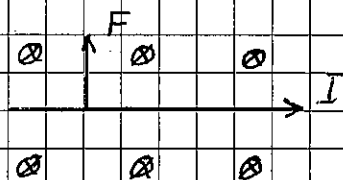


Formler för kraftverkan

$$\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B}$$



$$\vec{F} = \vec{L} \cdot \vec{I} \times \vec{B} = - \vec{B} \times \vec{I} \cdot \vec{L}$$

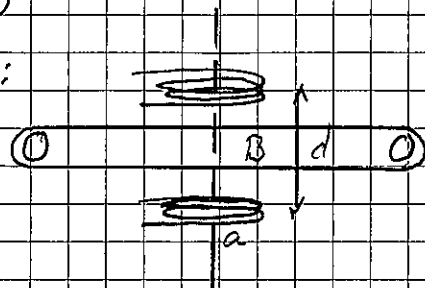


Magnetism

Magnetseparation

Sökt: B

Lösning:



Radier $a = 2 \text{ dm}$

Avstånd $d = 2,2 \text{ dm}$

Antal varv $N = 200$

Strömmen $I = 2,4$

$$B_{\text{tot}} = B_1 + B_2 \quad \left[\begin{array}{l} \text{symmetri} \\ \Rightarrow B_1 = B_2 \end{array} \right] = 2 \cdot B_1$$

Kortspole:

$$B = \frac{2 N \mu_0 I a^2}{2(a^2 + z^2)^{3/2}} \quad \begin{array}{l} \text{radie} \\ a = 0,2 \text{ m} \\ N = 200 \end{array}$$

$$\left[z = \frac{d}{2} \right] \quad \text{avst spolens mitt till punkt}$$

$$= \frac{200 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m} \cdot 0,2^2}{2(0,2^2 + 0,11^2)^{3/2}} \cdot 2,4 \text{ A} = 2,029 \text{ mT}$$

Svar: $2,0 \text{ mT}$

Magnetism

startmotor

Sökt: B

Lösning: $U = 12 \text{ V}$

$P = 1 \text{ kW}$

Antag: $r = 0,5 \text{ m}$ mellan startmotor-kabel o förare

Kabeln är en rak ledare

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = \left[\begin{array}{l} \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \\ P = U \cdot I \Rightarrow I = \frac{P}{U} = \frac{1 \text{ kW}}{12 \text{ V}} \approx 100 \text{ A} \end{array} \right]$$
$$= \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 100}{2\pi \cdot 0,5} = 4 \cdot 10^{-5} = 40 \cdot 10^{-6} \frac{\text{H}}{\text{m}^2} = 40 \mu\text{T}$$

Svar: $B \sim 40 \mu\text{T}$

Anm: Jordens magnetfält kan

variera mellan $30 \mu\text{T}$ och $60 \mu\text{T}$

Magnetism

Spismagnet

Sökt: Magnetfältet B

Lösning: $I = 5 \text{ A}$

$$N = 100$$

$$r_i = 4 \text{ cm} = 0,04 \text{ m}$$

$$r_y = 30 \text{ cm} = 0,3 \text{ m}$$

Antag kort spole med "medelradie"

$$a = \frac{0,3 - 0,04}{2} = 0,13 \text{ m}$$

$$B = \frac{N \cdot \mu_0 \cdot I \cdot a^2}{2(a^2 + z^2)^{3/2}} = \left[\begin{array}{l} \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m} \\ z = 0 \end{array} \right]$$

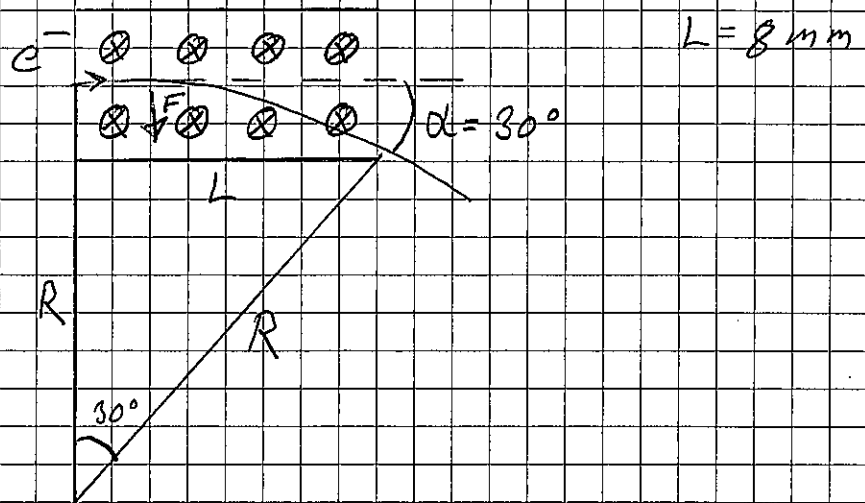
$$= \frac{100 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 5 \cdot 0,13^2}{2(0,13^2)^{3/2}} = \frac{1,3 \cdot 10^{-6}}{0,13^3} = 2,4 \text{ mT}$$

Magnetism

Bildrör

Sökt: Magnetfältet B

Lösning:



$$F = q \vec{v} \times \vec{B}$$

$$F = \frac{mv^2}{R} \leftarrow \text{kraften på en massa i en cirkelbana}$$

$$\Rightarrow q \vec{v} \times \vec{B} = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow R = \left| \frac{mv}{qB} \right|$$

$$L = R \cdot \sin 30^\circ \Rightarrow R = \frac{L}{\sin 30}$$

$$\Rightarrow \frac{mv}{qB} = \frac{L}{\sin 30} \Rightarrow B = \frac{mv \sin 30}{Lq}$$

$$m_e = 9,10 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$q = e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$v = 5,6 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

$$\Rightarrow B = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 5,6 \cdot 10^6 \cdot \sin 30}{8 \cdot 10^{-3} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} \approx 2 \text{ mT}$$

$$\frac{2,55 \cdot 10^{-24}}{1,28 \cdot 10^{-21}} \approx 2 \text{ mT}$$

Magnetism

Faradayrotator

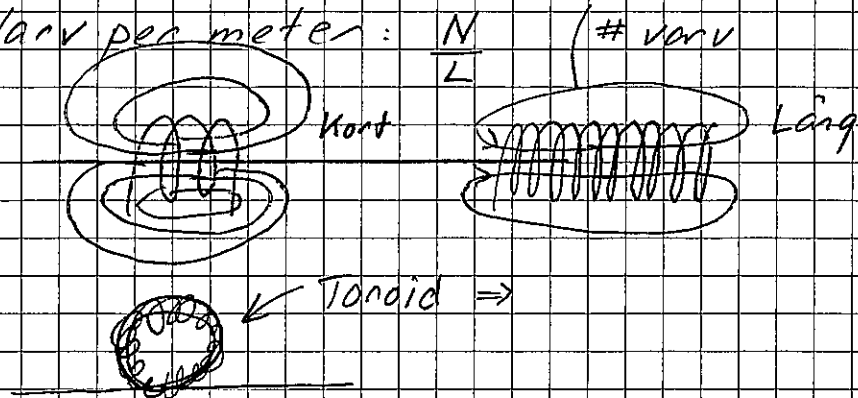
Givet: $B = 0,5 \text{ T}$

$$I \approx 1 \text{ A}$$

$$A = \text{area} = 8 \text{ mm}^2$$

Fråga: Varv per meter: $\frac{N}{L}$ (# varv)

Lösning:



$$B = \frac{\mu_0 I N}{L} \Leftrightarrow \frac{N}{L} = \frac{B}{\mu_0 I}$$

$$\frac{N}{L} = \frac{0,5 \text{ T}}{4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{H}}{\text{m}} \cdot 1 \text{ A}} = \frac{1}{8\pi \cdot 10^{-7}} \text{ varv/meter}$$

$$\approx 3,98 \cdot 10^5 \text{ varv/meter} \approx 4 \cdot 10^4 \text{ varv/dm}$$

$$\approx 4 \cdot 10^3 \text{ varv/cm} \approx 4 \cdot 10^2 \text{ varv/mm}$$

Svar: 400 varv/mm

Induktion

Nämn tillämpningar:

spis
mobilladdare
el-tandborste
hängampere meter

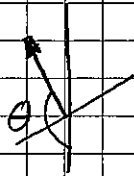
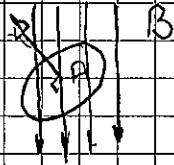
Teori

$$\Phi = \vec{A} \cdot \vec{B} = AB \cos \theta$$

där

A = area

B = magnet fält

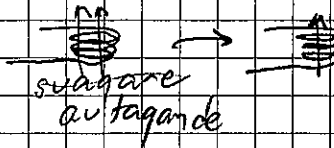
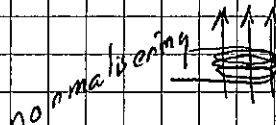


$\theta = 0$ om de pekar
åt samma håll

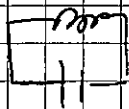
Visualisera med dusch-glas!

Inducerad
spänning:

$$U = N \frac{d\Phi}{dt}$$



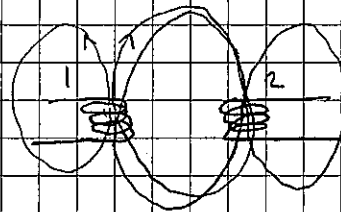
$$L = N \frac{\Phi}{I}$$



Självinduktans

Ömsesidig induktans

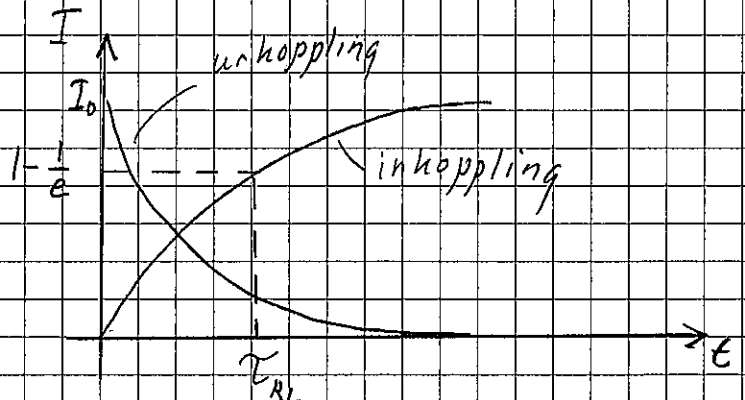
$$M = N_1 \frac{\Phi_1}{I_2} = N_2 \frac{\Phi_2}{I_1}$$



Tröghet

Inkoppl. $I = I_0 (1 - e^{-t/\tau_{RL}})$

Utkoppl. $I = I_0 e^{-t/\tau_{RL}}$



Spolar är alltså
strömtröga.

(Kondensatorer
är spänningströga.)

$$\tau_{RL} = \frac{L}{R}$$

Induktion

Induktion - Proaktiv säkerhet

Sökt: Alstrad spänning $U_{\max}$

Lösning: $B = B_0 \sin(\Omega t + \varphi)$, $B_0 = 0,17 \text{ T}$

$$\begin{array}{|c|c|} \hline \otimes \otimes \\ \hline \otimes \otimes \\ \hline \end{array} L = 5 \text{ cm}$$

$$N = 1$$

$$\Phi = A \cdot B \cdot \cos \theta \quad \swarrow \text{vinkelrätt } \perp$$

$$= (5 \text{ cm})^2 \cdot B \cdot 1$$

$$U = N \cdot \frac{d\Phi}{dt} = 1 \cdot \frac{d}{dt} ((5 \text{ cm})^2 \cdot B_0 \sin(\Omega t + \varphi))$$

$$= (5 \text{ cm})^2 B_0 \Omega \cos(\Omega t + \varphi)$$

$$U_{\max} = \left[\cos(\Omega t + \varphi) = 1 \right] =$$

$$= (0,05)^2 B_0 \Omega = \left[\Omega = 200 \cdot 2\pi \right]$$

$$\uparrow$$

$$f = 200 \text{ Hz}$$

$$= (0,05)^2 \cdot 0,17 \cdot 200 \cdot 2 \cdot \pi$$

$$= 0,53 \text{ V}$$

Svar: $0,53 \text{ V}$

Induktion

Cykellyse

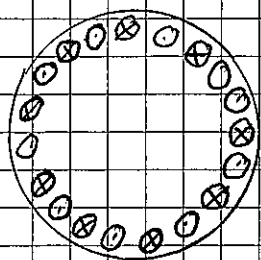
Sökt: N

Lösn:

$$U = 3 \text{ V}$$

$$B_0 = 0,4 \text{ T}$$

$$A = 2 \text{ cm}^2$$



50 st magneter

1,5 varv/sekund

} 75 passager per sekund
 $\frac{75}{2}$ ty bara hälften $\Rightarrow \omega = \frac{75}{2} 2\pi$

$$B = B_0 \sin(\omega t)$$

$$U = N \frac{d\Phi}{dt} = N \frac{d(BA)}{dt} = NA \frac{dB}{dt} = \left[\begin{array}{l} B = B_0 \sin \omega t \\ \omega t = \frac{75 \pi}{2} t \end{array} \right]$$
$$= NA \omega B_0 \cos \omega t$$

$$U_{\max} = 3 \text{ V} \Rightarrow 3 = NA \omega B_0 \Rightarrow$$

$$N = \frac{U_{\max}}{A \omega B_0} = \frac{3}{2 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{75 \pi}{2} \cdot 0,4} \approx 159$$

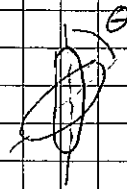
svar: $N > 160$ varv

Obs! En annan approach har använts i facit!

Kika på den också!

Induktion

Tröghetsnavigering



Lösning: Kolla hur θ förändras om M ökar med $1/10000$ för $\theta_1 = 45^\circ$ och $\theta_2 = 0^\circ$

Omsesidig induktans:

$$M = N_1 \frac{\Phi_1}{I_2} = \underbrace{N_1 \frac{A_1 B_1}{I_2}}_{M_0} \cos \theta = M_0 \cos \theta$$

$$M(\theta) \Rightarrow M(45^\circ + \Delta \theta) = \left(1 + \frac{1}{10000}\right) M(45^\circ)$$

$$= \left(1 + \frac{1}{10000}\right) M_0 \cos 45^\circ$$

$$\Rightarrow M_0 \cos(45^\circ + \Delta \theta) = \left(1 + \frac{1}{10000}\right) M_0 \cos(45^\circ)$$

$$45^\circ + \Delta \theta = \arccos\left(\left(1 + \frac{1}{10000}\right) \cos 45^\circ\right)$$

$$\Delta \theta_{45} = 0,006^\circ$$

Samma sak fast för 0° :

$$M(0^\circ + \Delta \theta) = M(0^\circ) \left(1 + \frac{1}{10000}\right)$$

$$\Rightarrow M_0 \cos(\Delta \theta) = M_0 \cos(0) \cdot \left(1 + \frac{1}{10000}\right)$$

$$\Delta \theta_0 = \arccos\left(1 + \frac{1}{10000}\right) = 0,81^\circ$$

Svar: $\Delta \theta_0 = 0,81^\circ$

$$\Delta \theta_{45} = 0,006^\circ$$

Geometrisk optik

Teori repetition

7,5 varv runt jorden på en sek

$$c = 299792458 \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$n = \frac{c}{v}$$

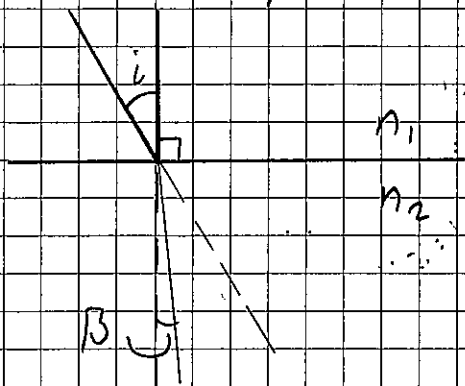
$$n_{\text{vakuum}} = 1 \approx n_{\text{luft}}$$

$$n_{\text{vatten}} = 1,33$$

$$n_{\text{glas}} \approx 1,5$$

Brytningsindex: n

Schnells lag



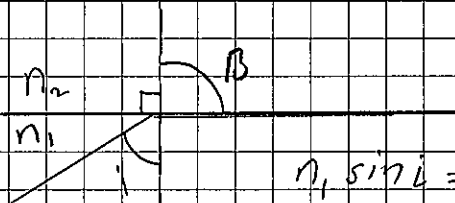
i = infallsvinkel

β = brytningsvinkel

$$n_1 \sin i = n_2 \sin \beta$$

Totalreflektion

$$i_c = \sin^{-1} \left(\frac{n_2}{n_1} \right)$$



$$n_1 \sin i_c = n_2 \sin 90$$

$$i_c = \sin^{-1} \frac{n_2}{n_1}$$

Avbildning

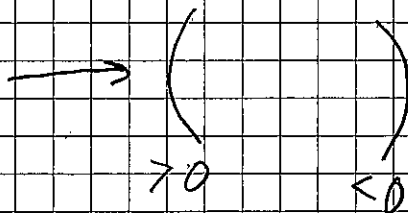
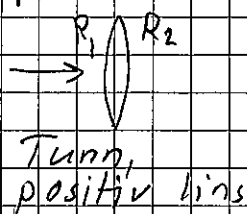
Förstoring

$$M = \frac{h'}{h} = \frac{s'}{s} \quad \text{där } \begin{array}{l} h = \text{objektstorlek} \\ h' = \text{bildstorlek} \\ s = \text{objektavstånd} \\ s' = \text{bildavstånd} \end{array}$$

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f} \quad \text{där } f = \text{fokallängd}$$

Linsmakers formel:

$$\frac{1}{f} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad \begin{array}{l} R_1 \geq 0 \\ R_2 \leq 0 \end{array}$$

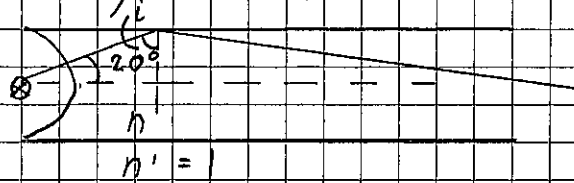


Geometrisk optik

Ljusledare

Sökt: Brytningsindex n

Givet:



Lösning:

Totalreflektion

$$i = \sin^{-1}\left(\frac{n'}{n}\right) \quad n' = 1$$
$$i = 90^\circ - 20^\circ = 70^\circ$$

$$70^\circ = \sin^{-1}\left(\frac{1}{n}\right) \Leftrightarrow \sin 70 = \frac{1}{n} \Rightarrow n = \frac{1}{\sin 70} = 1,064$$

Om $n \neq 1,064$, ska vi leta högre eller lägre värde?

Svar: $n \geq 1,064$

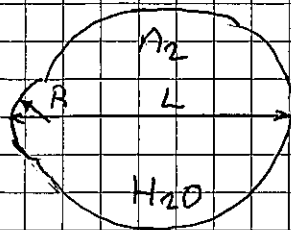
Geometrisk optik

Ögonmodell

Sökt: Objektavstånd s

Lösning:

$n_1 = \text{luft}$



$$n_2 = 1,3306$$

$$R = 5,1 \text{ mm}$$

$$L = 22 \text{ mm} = s'$$

$$s' \approx 22 \text{ mm}$$

Sfärisk avbildning

$$\frac{n_1}{s} + \frac{n_2}{s'} = \frac{n_2 - n_1}{R}$$

"går igenom en gränssyta och stannar i materialet"

$$\Leftrightarrow \frac{n_1}{s} = \frac{n_2 - n_1}{R} - \frac{n_2}{s'}$$

$$= \frac{(n_2 - n_1)s' - n_2 R}{R s'} \Leftrightarrow$$

$$s = \frac{R \cdot s'}{(n_2 - n_1)s' - n_2 R} \cdot \frac{1}{n_1} = \left[\frac{n_1 = 1}{1} \right] = \frac{R \cdot s'}{(n_2 - n_1)s' - n_2 R}$$

$$= \frac{5,1}{\frac{1,33 - 1}{22} - \frac{1,33}{5,1}} = \frac{1}{\frac{0,33}{5,1} - \frac{1,33}{22}} = \frac{0,33}{5,1} = 0,0608$$

$$= 2,31 \text{ mm}$$

Svar: 231 mm och närsynt $\sim 25 \text{ cm}$

Vartför? $230 \text{ mm} = 23 \text{ cm} = 2,3 \text{ dm}$

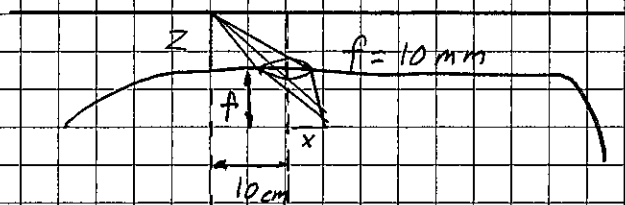
Saker och ting är mao skarpa på avståndet 2,3 dm

Geometrisk optik

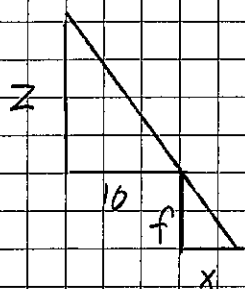
Triangulering

Sökt:

Lösning:



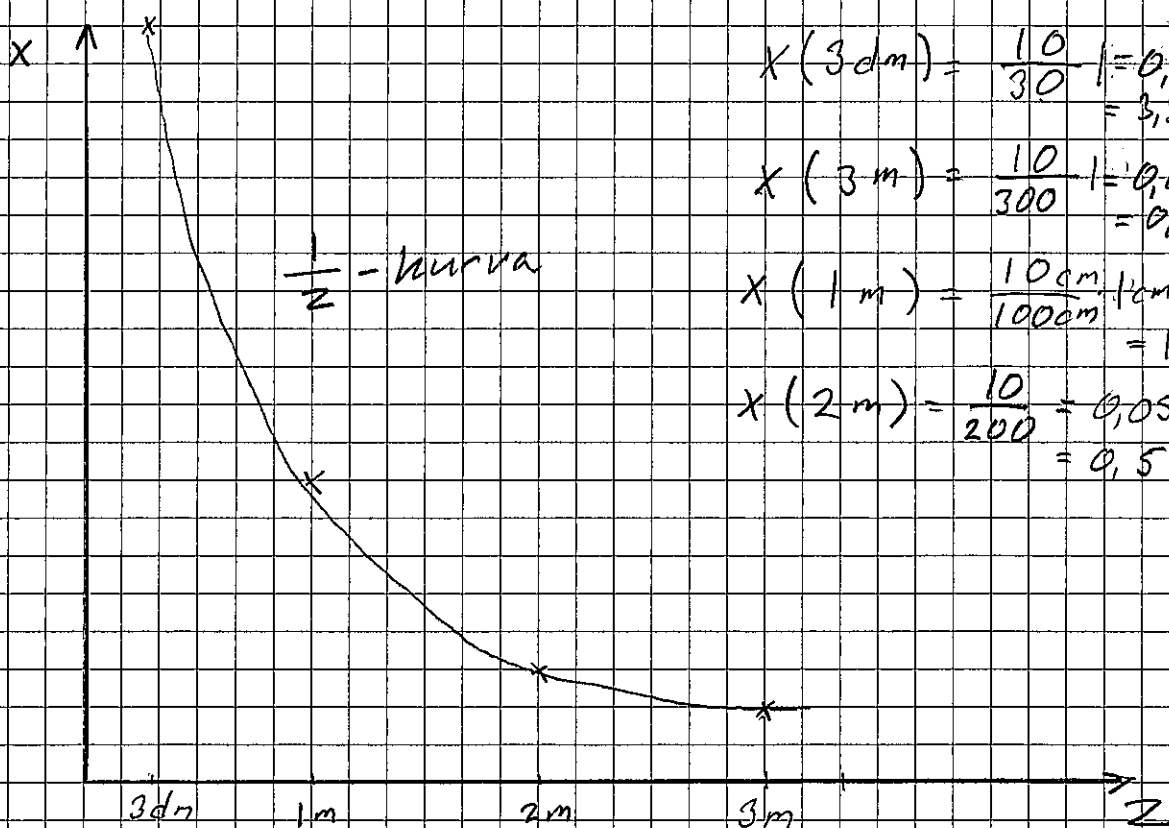
Rita två trianglar:



$$\frac{z}{f} = \frac{10}{x} \Leftrightarrow x(z) = \frac{10 \text{ cm}}{z} \cdot f$$

Obs! Inte linjärt
ty $\frac{1}{z}$

Plotta vid 3 dm och 3 m



$$x(3 \text{ dm}) = \frac{10}{30} \cdot 1 = 0,33 \text{ cm} = 3,3 \text{ mm}$$

$$x(3 \text{ m}) = \frac{10}{300} \cdot 1 = 0,033 \text{ cm} = 0,33 \text{ mm}$$

$$x(1 \text{ m}) = \frac{10 \text{ cm}}{100 \text{ cm}} \cdot 1 \text{ cm} = 0,1 \text{ cm} = 1 \text{ mm}$$

$$x(2 \text{ m}) = \frac{10}{200} = 0,05 \text{ cm} = 0,5 \text{ mm}$$

Varför viktigt? 300 000 ton

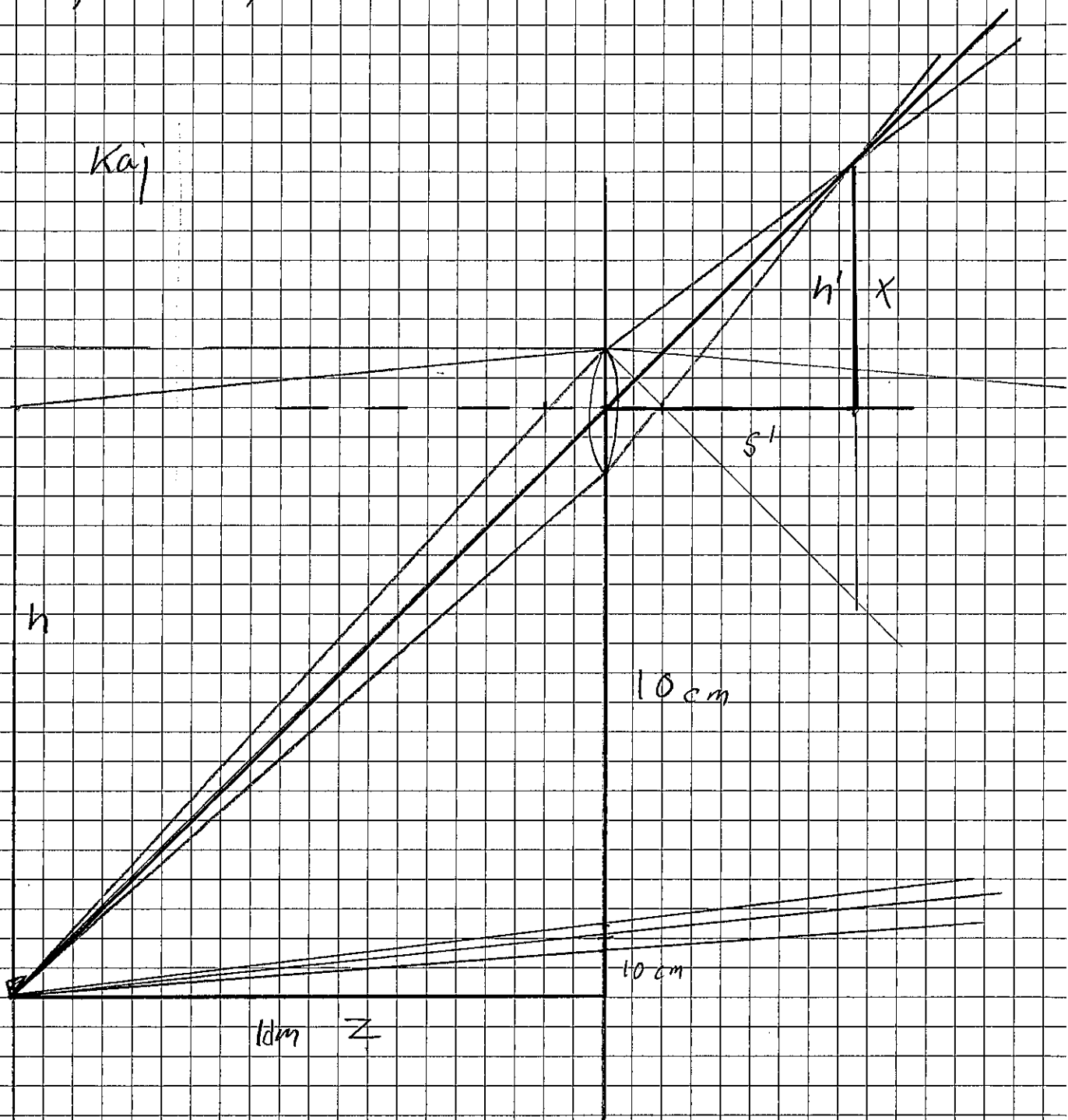
En 104 vägar ca 2000 k = 2 ton

$\Rightarrow$ 150 000 bilar

370 bilar / 1000 invånare

1 miljon invånare $\Rightarrow$ 370 000 bilar " Hålltten ...

Optiska system



$$\frac{z}{s'} = \frac{10 \text{ cm}}{x} \Leftrightarrow \frac{x}{10 \text{ cm}} = \frac{s'}{z} \Leftrightarrow x = 10 \text{ cm} \cdot s' \cdot \frac{1}{z}$$

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f} \Leftrightarrow \frac{1}{z} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{10 \text{ mm}} \Leftrightarrow \frac{1}{s'} = \frac{1}{10 \text{ mm}} - \frac{1}{z}$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{s'} = \frac{z - 10 \text{ mm}}{z \cdot 10 \text{ mm}}$$

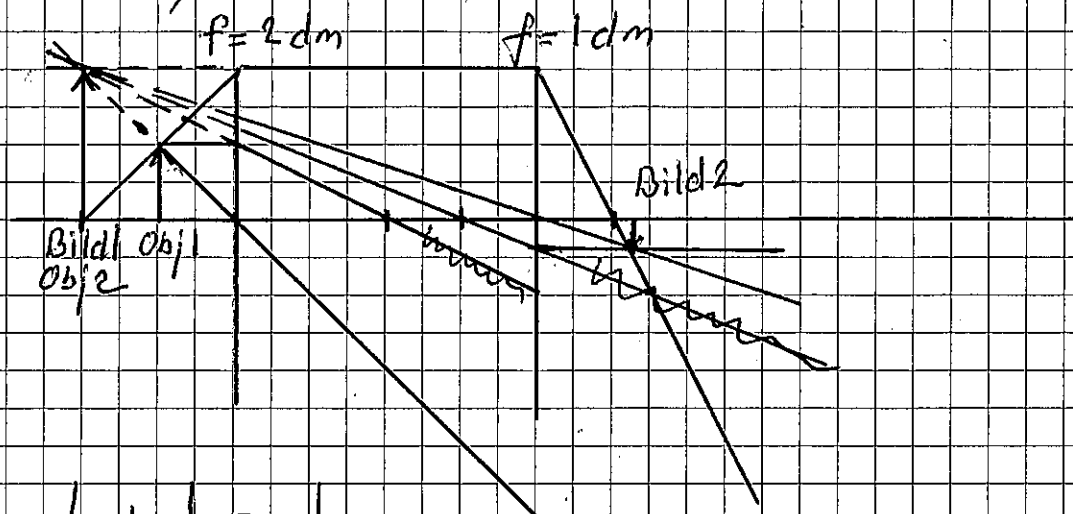
$$\Leftrightarrow s' = \frac{z \cdot 10 \text{ mm}}{z - 10 \text{ mm}}$$

$$x = 10 \text{ cm} \cdot \frac{z \cdot 10 \text{ mm}}{z - 10 \text{ mm}} \cdot \frac{1}{z} = 10 \text{ cm} \cdot \frac{10 \text{ mm}}{z - 10 \text{ mm}} =$$

$$= 1000 \text{ mm} \cdot \frac{1}{z - 10 \text{ mm}} = 1000 \text{ mm} \cdot \frac{1}{z - 10 \text{ mm}}$$

Optiska system

Linsystem



$$\frac{1}{s_1} + \frac{1}{s_1'} = \frac{1}{f}$$

$$s_1 = 1 \text{ dm} \quad f_1 = 2 \text{ dm} \quad s_1' = \frac{s_1 f_1}{s_1 - f_1} = \frac{2}{-1} = -2 \text{ dm}$$

$$s_2 = 6 \text{ dm} \quad f_2 = 1 \text{ dm} \quad s_2' = \frac{s_2 f_2}{s_2 - f_2} = \frac{6 \cdot 1 \text{ dm}^2}{(6-1) \text{ dm}} = \frac{6}{5} \text{ dm} = 1,2 \text{ dm}$$

Förstoring:

Mät i bilden

$$M = -\frac{0,4}{1} = -0,4$$

Teoretiskt

$$M = -\frac{s'}{s}$$

$$M_1 = -\frac{2}{1} = -2$$

$$M_2 = -\frac{1,2}{6} = -0,2$$

$$M_{\text{tot}} = M_1 \cdot M_2 = -0,4$$

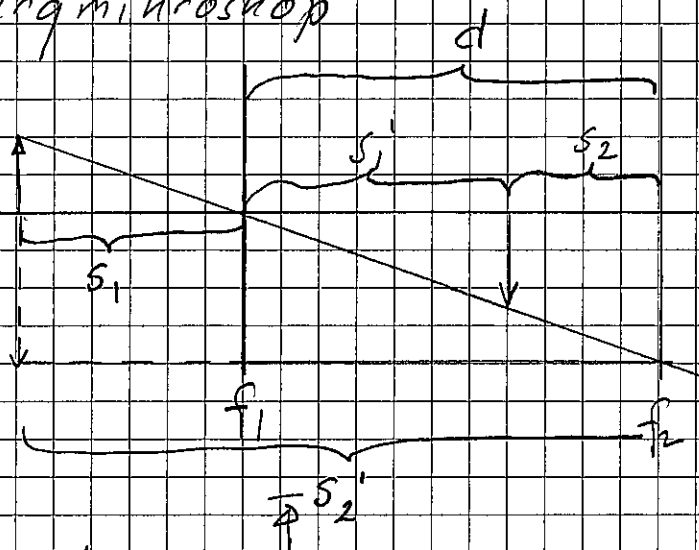
°° Rita om det går!

Om för stort, rita delsystem.

Korrekt ritning och mätning och lösning!

Optiska system

Kirurgisk mikroskop



$$s_1 = 400 \text{ mm}$$

$$f_1 = 50 \text{ mm}$$

$$f_2 = -15 \text{ mm}$$

Sökt: d

Lösning: $d = s_1' + s_2 = -s_2' - s_1$

$$s_1' = \frac{s_1 f_1}{s_1 - f_1} = \frac{400 \cdot 50 \text{ mm}^2}{400 - 50 \text{ mm}} = \frac{2 \cdot 10^4}{350} \text{ mm} = 57,1 \text{ mm}$$

$$-s_2' = d + s_1 = \underbrace{s_1' + s_1}_{x} + s_2 \Leftrightarrow$$

men $s_2' = \frac{s_2 f_2}{s_2 - f_2} = -(x + s_2)$

$$\frac{s_2 f_2}{s_2 - f_2} = -x - s_2 \Leftrightarrow s_2 f_2 = (x - s_2)(s_2 - f_2)$$

$$s_2 f_2 = x s_2 + x f_2 - s_2^2 - s_2 f_2$$

$$2 s_2 f_2 = x (s_2 + f_2)$$

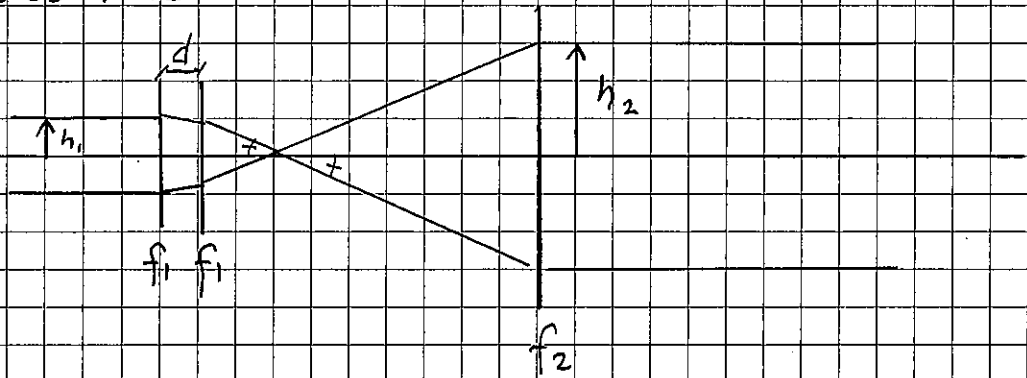
$$\Rightarrow \boxed{s_2 = -15,5 \text{ mm}} \\ = -441 \text{ mm}$$

$$d = s_2 + s_1' = \boxed{41,6} \text{ eller ngt } < 0$$

Optiska system

Ljusbom 2

Tveklösam



$$f_1 = 20 \text{ mm}$$

$$f_2 = 200 \text{ mm}$$

$$0 < d < 20 \text{ mm}$$

Plotta h_2 vs d

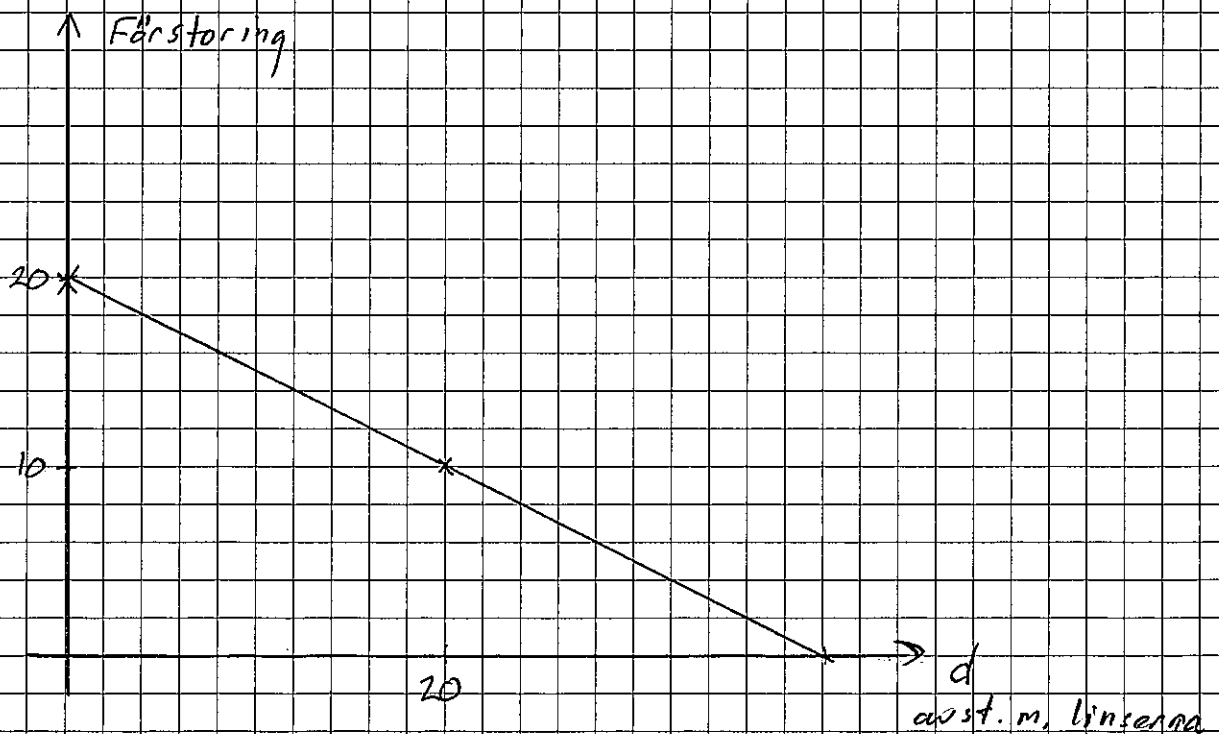
Gör ekvivalent system av de två första linserna!

$$\frac{1}{f_{\text{tot}}} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_1} - \frac{d}{f_1 f_1} = \frac{2}{f_1} - \frac{d}{f_1^2} \Leftrightarrow \frac{1}{f_{\text{tot}}} = \frac{2f_1 - d}{f_1^2}$$

$$\text{Förstoringen } M = \frac{f_2}{f_{\text{tot}}} = \frac{f_2}{f_1} \left(2 - \frac{d}{f_1} \right) = \frac{200}{20} \left(2 - \frac{d}{20 \text{ mm}} \right) = 10 \left(2 - \frac{d}{20 \text{ mm}} \right)$$

$$M(d=0) = 20 \text{ ggr}$$

$$M(d=20) = 10 \text{ ggr}$$



Optiska system

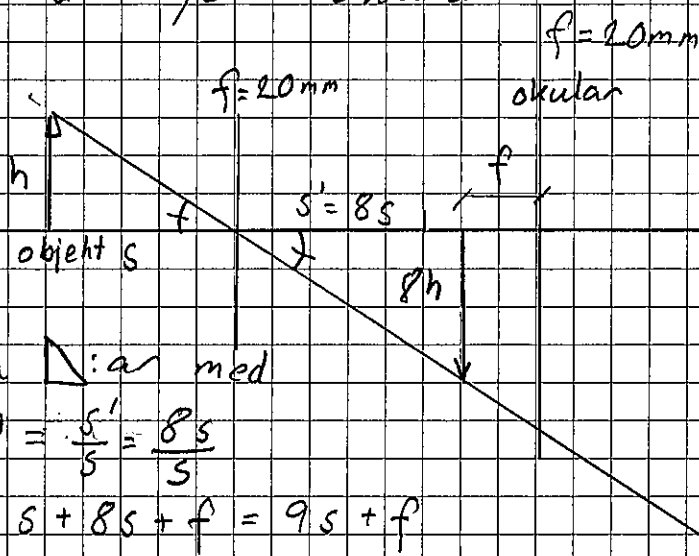
Mikroskop

$M = 8$ (objektivförstoring)

$$f_{ob} = f_{ok} = 20 \text{ mm} = f$$

sökt, avstånd objekt-okular

Lösning:



Likformiga Δ :ar med

$$h \text{ och } \frac{8h}{8} = \frac{s'}{s} = \frac{8s}{s}$$

$$\text{Avstånd} = s + 8s + f = 9s + f$$

f givet, sök s

$$\text{Skarp bild: } \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{s} + \frac{1}{8s} = \frac{8+1}{8s} = \frac{9}{8s} = \frac{1}{f} \Rightarrow s = \frac{9}{8} f = \frac{9}{8} \cdot 20$$

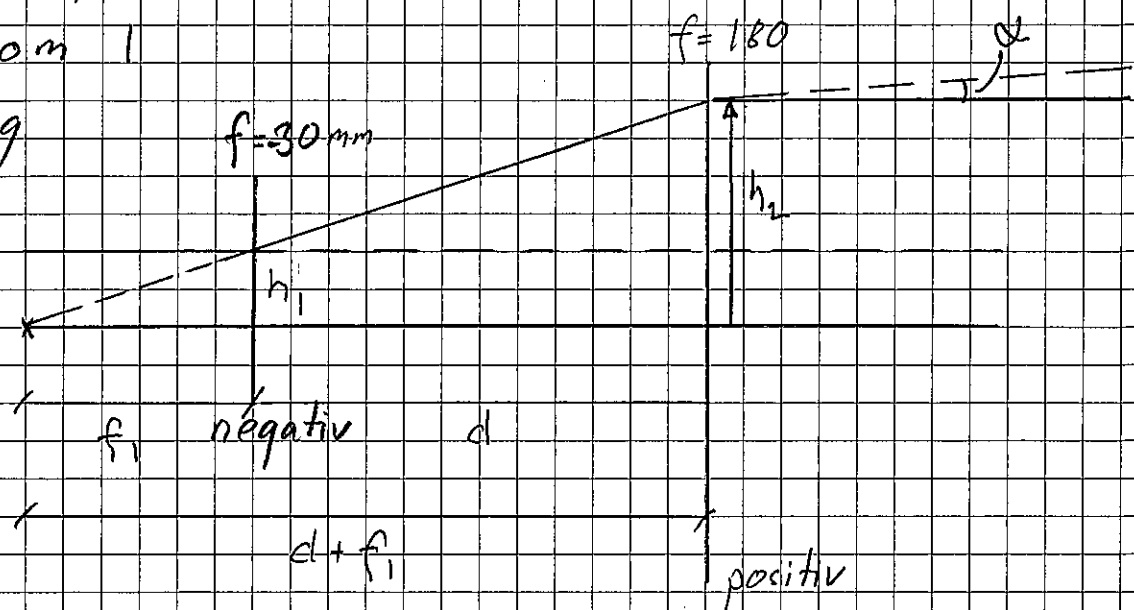
$$\therefore s = 22,5 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \text{avstånd} = 9 \cdot 22,5 + 20 = 222,5 \text{ mm}$$

Optiska system

Ljusbom 1

Lösning



$$d = 152 \text{ mm}$$

$$f_1 = -30 \text{ mm}$$

$$s_2' = \frac{s_2 f_2}{s_2 - f_2} = \frac{(d + f_1) f_2}{(d + f_1) - f_2}$$

$$= \frac{182 \text{ mm} \cdot 180 \text{ mm}}{2 \text{ mm}} =$$

$$= 16,4 \text{ m}$$

Approximera!

$$\alpha = \frac{h_2}{s_2'} \quad \text{Varför?} \quad \frac{h_1}{h_2} = \frac{f_1 + d}{f_1} \text{ ty likformiga linor}$$

$$h_2 = \frac{f_1 + d}{f_1} h_1 = \frac{182}{30} \cdot 2 \text{ mm} \approx 12,1 \text{ mm}$$

$$\alpha = \frac{12,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{16,4 \text{ m}} = 0,73 \cdot 10^{-3} \text{ rad} = 0,73 \text{ mrad}$$

Interferens

Teori

$OPL = n x$ där $n =$ brytningsindex
 $x =$ fysisk sträcka
Optical Path Length

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta OPL \quad \text{interferens term}$$

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos(\Delta\varphi)$$

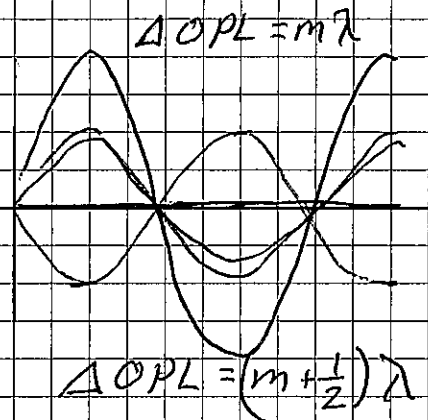
Konstruktiv interferens

Max; konstruktiv interferens om

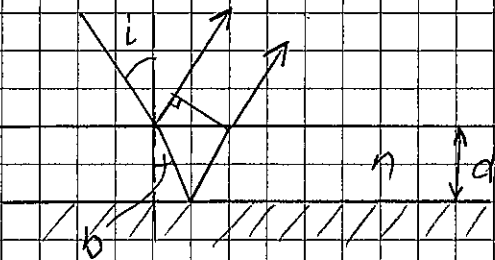
$$\Delta OPL = m\lambda \quad m = \text{heltal}$$

Min; destruktiv interferens om

$$\Delta OPL = (m + \frac{1}{2})\lambda \quad m = \text{heltal}$$



Tunf skikt



$$\Delta OPL = 2nd \cos \theta + \begin{cases} \lambda/2 & \text{om en av reflektionerna} \\ & \text{är mot tätare medium} \\ 0 & \text{annars} \end{cases}$$

Om θ/θ är stor vinkel så tillbringa
ljuset mkt tid i materialet

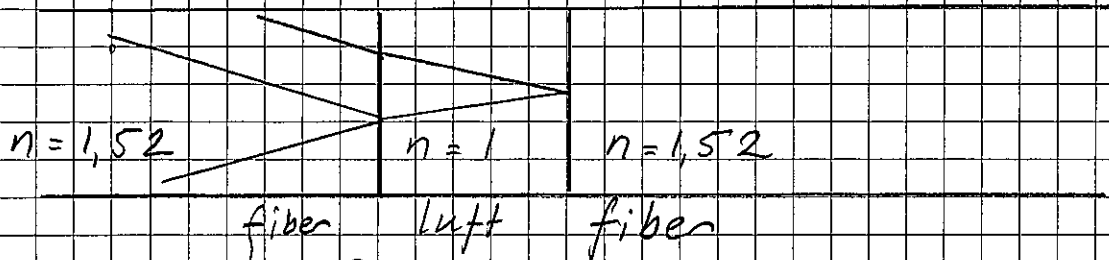
Reflektionskoefficienter

$$R = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2 \quad \text{Fresnellreflektion}$$

Interferens

Luftspalt

$$d = 400 \text{ nm}$$



$$\Delta OPL = 2 \cdot d + \frac{\lambda}{2} \quad \text{eftersom en av "studarna" är mot hårdare medium}$$

$$(\lambda = 1 \rightarrow \lambda = 1,52)$$

Konstruktiv interferens ("reflekteras starkast")

$$\Rightarrow \Delta OPL = m \lambda \quad (m \text{ heltal})$$

$$\Rightarrow 2d = \left(m - \frac{1}{2}\right) \lambda \Leftrightarrow$$

$$\lambda = \frac{2d}{m - \frac{1}{2}}$$

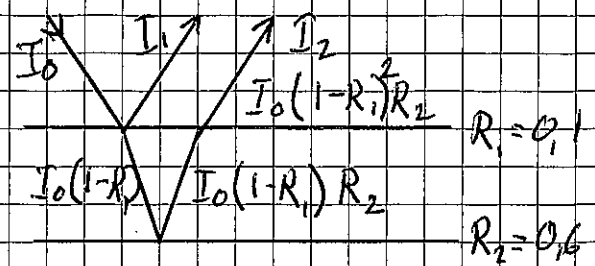
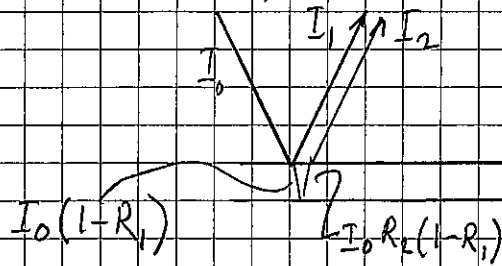
Telekomm.

Tabellera:

m	λ	
1	1600 nm	~ 1550 nm
2	533 nm	
3	320 nm	
4		

↓
Utanför synligt spektrum

Interferens Rälsmörjning



olja $R_1 = 10\% = 0,1$
metall $R_2 = 60\% = 0,6$

$$m = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$$

Bortse från multipelinterferens.

$$I_{\text{tot}} = I_1 + I_2 + \sqrt{I_1 I_2} \cos \Delta \varphi$$

$$\Rightarrow I_{\max} = I_1 + I_2 + \sqrt{I_1 I_2}$$

$$I_{\min} = I_1 + I_2 - \sqrt{I_1 I_2}$$

$$\Rightarrow m = \frac{\sqrt{I_1 I_2}}{2(I_1 + I_2)}$$

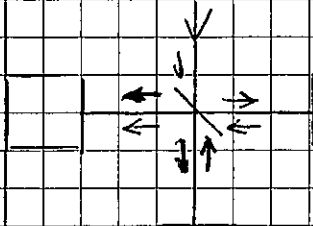
$$I_1 = I_0 R_1 = 0,1 I_0$$

$$I_2 = I_0(1-R_1)^2 R_2 = 0,486 I_0$$

$$\Rightarrow m = \frac{I_0 \sqrt{0,1 \cdot 0,486}}{I_0 2(0,586)} = \underline{\underline{0,75}}$$

Interferens Deformation

Michelsoninterferometer



Avståndet mellan de svarta ringarna
är en hel våglängd

Avståndet mellan mitten och första
ringen är en halv våglängd.

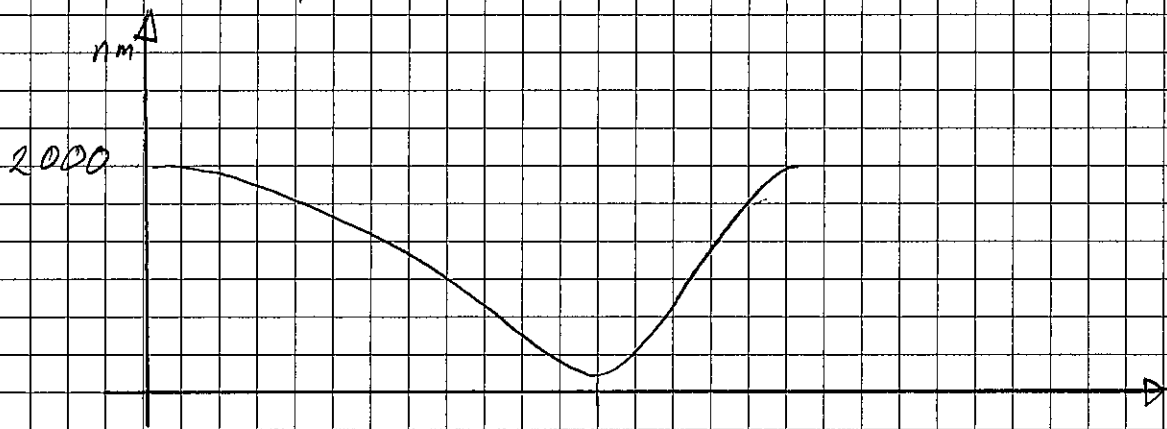
$$\Delta OPL = 6,5 \lambda$$

$$\Delta OPL = 2h$$

$$\left. \begin{array}{l} \Delta OPL = 6,5 \lambda \\ \Delta OPL = 2h \end{array} \right\} h = 3,25 \lambda \approx 2000 \text{ nm}$$

$$\text{ty } \lambda = 633 \text{ nm}$$

ty två gånger
genom motri



Interferens

Vinkel-AR

Givet: AR-behandlad @ 45° , 550 nm

$$n_{\text{skikt}} = 1,35$$

$$n_{\text{substrat}} = 1,72$$

Sökt: R @ 0° , 550 nm

Lösning:

$$\Delta OPL = \frac{\lambda}{2}$$

$$\Delta OPL = 2 n_{\text{skikt}} d \cos b$$

$$b = \sin^{-1}\left(\frac{1}{45}\right)$$

$$\Rightarrow b = 31,6^\circ$$

ty $n_1 \sin i = n_2 \sin b \leftarrow$ Snells lag

$$2 n_{\text{sk}} d \cos b = \frac{\lambda}{2} \Leftrightarrow d = \frac{\lambda}{4 n_{\text{sk}} \cos b}$$

$$= \frac{550 \text{ nm}}{4 \cdot 1,35 \cos 31,6^\circ} = 120 \text{ nm}$$

$$R = \frac{I_R}{I_0} = \frac{I_1 + I_2 + \sqrt{I_1 I_2} \cos \Delta \varphi}{I_0} \quad (1)$$

$$I_1 = I_0 R_1$$

$$I_2 = I_0 (1 - R_1)^2 R_2$$

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

$$R_2 = \left(\frac{n_{\text{sk}} - n_{\text{sub}}}{n_{\text{sk}} + n_{\text{sub}}} \right)^2 = \left(\frac{1,35 - 1,72}{3,07} \right)^2 = 0,139$$

$$I_1 = 0,022 I_0$$

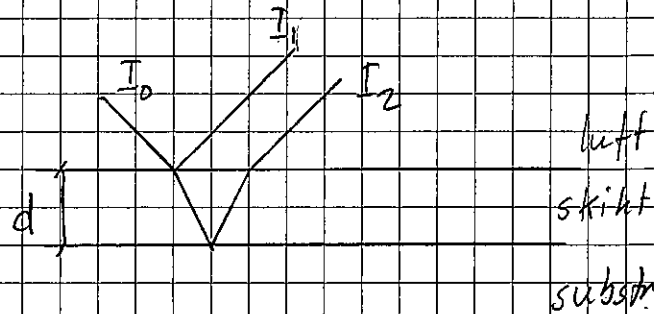
$$I_2 = 0,0139 I_0$$

$$\Delta \varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \Delta OPL = \frac{2\pi}{\lambda} 2 n_{\text{skikt}} d = 7,38 \text{ rad}$$

$$R = (1) =$$

$$= 0,0061$$

$$= 0,6 \%$$



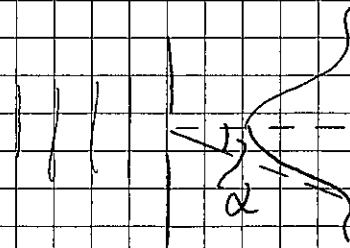
Diffraction och Polarisation Teori

Diffraction från cirkulär öppning

$$\sin \alpha_R = 1,22 \frac{\lambda}{D} \quad \text{Rayleigh kriteriet, första min}$$

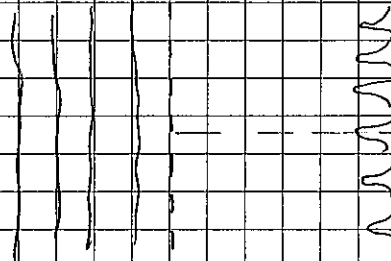
Enkelspalt

$$\sin \alpha = \frac{\lambda}{a}$$



Gitter

$$m\lambda = d \sin \alpha_m$$



Polarisation

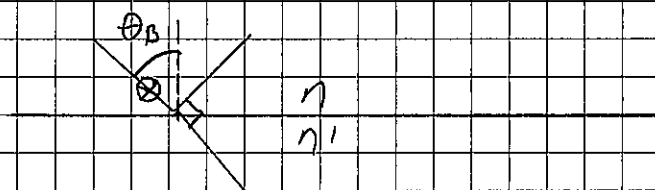
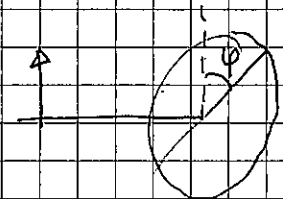
Vinkel hos elektriska
fältet hos ljus

Laser vs annat ljus

$$I_{\text{out}} = I_{\text{max}} \cos^2 \varphi \quad (\text{Malus lag})$$

$$\theta_B = \tan^{-1} \left(\frac{n'}{n} \right) \quad (\text{Brewster})$$

för polariserat ljus

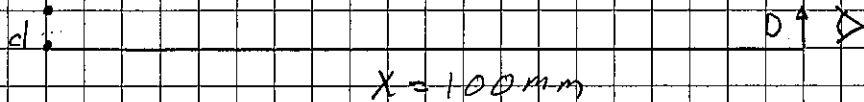


Diffraktion

DPI

Given: $10D \Rightarrow 100\text{ mm}$

$$D = 2\text{ mm}$$



Lösning:

Rayleigh:

$$\sin \alpha_R = \frac{1,22 \lambda}{D}$$

Sökt: minsta α_R

$$\text{Lösning } \alpha_R = \sin^{-1} \frac{1,22 \lambda}{D} \approx \left[\alpha \text{ liten} \right] = \frac{1,22 \lambda}{D}$$

$$d \approx X \alpha_R = \frac{1,22 \lambda}{D} X$$

Synligt ljus: $\lambda = 550\text{ nm}$, grönt, mitten

$$d = \frac{1,22 \cdot 550\text{ nm}}{2\text{ mm}} \cdot 100\text{ mm} = 34\text{ }\mu\text{m}$$

Men vi vill ha DPI

$$\frac{1}{d} = \frac{1}{34\text{ }\mu\text{m}} = 30 \cdot 10^3 \frac{\text{dots}}{\text{m}} = \left[\frac{\text{dot}}{\text{inch}} = \frac{\text{dot}}{\text{m}} \frac{\text{m}}{\text{inch}} \right] = \left[\frac{1\text{ inch}}{2,54\text{ cm}} \right]$$

$$= 30 \cdot 10^3 / 39,37 = \underline{\underline{762\text{ DPI}}}$$

Diffraktion

Jättemegafon

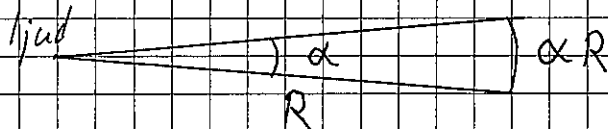
Givet: $D = 12 \text{ m}$ $v = 330 \text{ m/s}$
 $f = 115 \text{ Hz}$

Lösning:

$$\sin \alpha = \frac{1,22 \lambda}{D} \Rightarrow \left[\lambda = \frac{v}{f} \right]$$

$$\alpha = \sin^{-1} \frac{1,22 \lambda}{D} = \sin^{-1} \left(\frac{1,22 \cdot \frac{330}{115}}{12} \right) = 0,3 \text{ rad}$$

Jämför med och utan megafon:



$$A' \approx (\alpha R)^2 \pi$$

Utan megafon

$$A = 4 \pi R^2$$

$$\frac{I'}{I} = \frac{P/A'}{P/A} = \frac{1/A'}{1/A} = \frac{A}{A'} = \frac{4 \pi R^2}{\pi \alpha^2 R^2} = \frac{4}{\alpha^2}$$

Ljudintensitetsnivå

$$B = \log_{10} \left(\frac{I}{I_0} \right) \cdot 10 \text{ dB} \Rightarrow \left[\text{logaritmlagarna} \right]$$

$$\Delta B = \log \left(\frac{I'}{I} \right) \cdot 10 \text{ dB} = \log \frac{4}{(0,3)^2} \cdot 10 \text{ dB} = 16,2 \text{ dB}$$

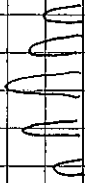
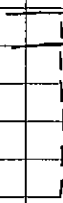
Diffraction

Laserkräst

Given: $\lambda = 633 \text{ nm}$

$a = \text{spaltbredd}$

Gitter



$d = \text{spaltseparation}$

$$\sin \alpha = \frac{\lambda}{a}$$

$$m \lambda = d \sin \alpha_m$$

$$25 \text{ strålar} = 12 + 1 + 12$$

$$\alpha = 20^\circ \Rightarrow a = \frac{\lambda}{\sin 20^\circ} = \frac{633 \text{ nm}}{\sin 20^\circ} = 1850 \text{ nm}$$

$$13 \lambda = d \sin \alpha = d \sin 20^\circ \Rightarrow d = \frac{13 \lambda}{\sin 20^\circ} = 24000 \text{ nm}$$

Linjetätheten

$$\begin{aligned} \frac{1}{d} &= \frac{1}{24 \cdot 10^{-6} \text{ m}} = 41562 \text{ spalter/m} = \\ &= 41 \text{ spalter per mm} \end{aligned}$$

Polarisation

Polarisationsperiskop

$$n_g = 1,55$$

Brewster

$$\theta_B = \tan^{-1}\left(\frac{n'}{n}\right)$$

$$= \tan^{-1}\left(\frac{n_g}{1}\right)$$

$$= \tan^{-1}(1,55)$$

$$= 57^\circ = \text{infallsvinkel, räknas från normalen}$$

$$? = \theta_B + 90^\circ = \underline{\underline{147^\circ}}$$

