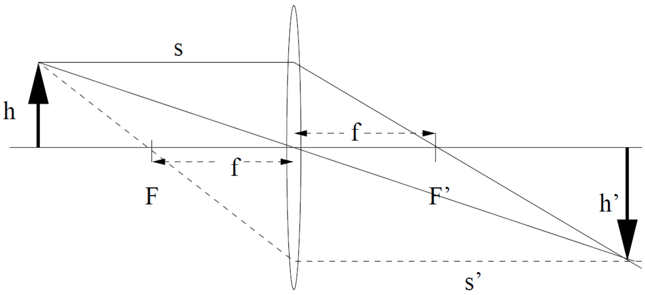
FASIT
Ukeoppgave FYS 1000 uke 16 vår 2010

Oppgave 1



a) Figuren viser konstruksjonen av bildet. De heltrukne linjene (hhv. gjennom linsens midtpunkt og linjen parallellt med den optiske aksen) er tilstrekkelig for konstruksjonen. Alternativt kan den stiplede linjen ersatte en av de andre.

b) Linseformelen:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} \tag{1}$$

Symbolene i linseformelen er vist på figuren: f = brennvidden, positiv for konveks, negativ for konkav linse.
s = objektavstanden, positiv for reelt objekt (på "innkommendeside av linsen), negativ for virtuelt objekt (på motsatt side).
s' = bildeavstanden, positiv for reelt bilde (på "utgåendeside av linsen), negativ for virtuelt bilde (på motsatt side).

På figuren er også objekthøyden h og bildehøydenh' vist. Fortegnskonvensjonen for disse er:
h og h' er positiv når objekt / bilde peker opp fra den optiske aksen, negative når bildet peker ned fra aksen.

c) Med fjernpunkt $x_f = 1$ m finner vi først øyets linsestyrke P_f i "hvilestilling":

$$P_f \;=\; \frac{1}{1 \text{ m}} \;+\; 50 \text{ m}^{-1} \;=\; 51 \text{ dioptrier.}$$

Med akkomodasjon lik 3 dioptrier blir øyets linsestyrke P_n med maksimal fokusering (på nærpunktet):

$$P_n \;=\; (51 \;+\; 3) \text{ dioptrier} \;\;=\; 54 \text{ dioptrier .}$$

Vi finner derved nærpunktet x_n fra linseformelen:

$$\frac{1}{x_n} \;=\; (54 \;-\; 50) \text{ dioptrier} \;=\; 4 \text{ dioptrier.}$$

Nærpunktet blir derved $x_n = 25$ cm, og brennvidden blir da $f = 1/P = 1/54$ m $= 1,85$ cm)

d) øyet kan fokusere innenfor 1 m avstand, og feilen kalles nærsynt. For å kunne fokusere på objekter i det uendelig fjerne må vi legge en linsestyrke P_l til øyets P_f slik at $P_l + P_f = 50$ dioptrier, dvs. $P_l = 50 - P_f = -1$ dioptrier.

e) Den samlede linsestyrken ved fokusering på nærpunktet blir nå:

$$P_n \ + \ P_l \ = \ (54 \ - \ 1) \text{ dioptrier } = 53 \text{ dioptrier.}$$

Det nye nærpunktet finner vi derved fra linseformelen:

$$53 \text{ dioptrier } \ = \ \frac{1}{x_n} \ + \ 50 \text{ dioptrier, og derved } x'_n \ = \ 33,3 \text{ cm.}$$

f) Forstørrelsen m blir:

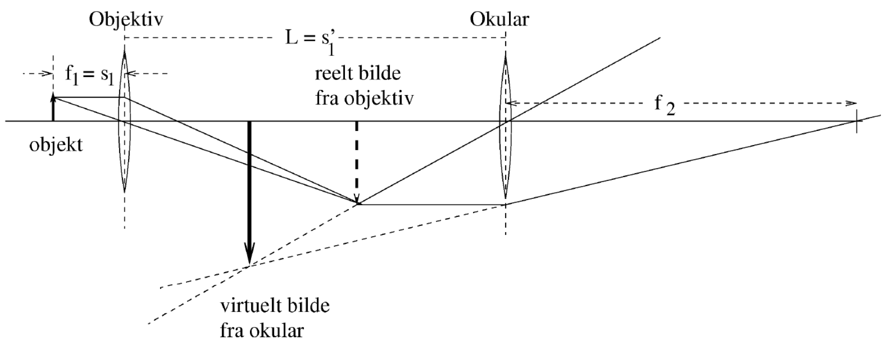
$$m \ = \ \frac{h'}{h} \ = \ \frac{-4,6 \cdot 10^{-6}}{0,767 \cdot 10^{-3}} \ = \ -6,00 \cdot 10^{-3}.$$

g) Forstørrelsen er også lik $-s'/s$. Det gir for objektavstanden s:

$$-\frac{s'}{s} \ = \ \frac{-2 \cdot 10^{-2} \text{ m}}{s} \ \Rightarrow \ s \ = \ \frac{-s'}{m} \ = \ 3,33 \text{ m.}$$

Oppgave 2

a)



Husk at dette er en skjematisk skisse! Dimensjonene på figuren er sterkt overdrevet i forhold til et virkelig mikroskop. Spesielt blir tilnærmelsen $L \simeq s'_1$ svært grov på denne tegningen. Normalt er forstørrelsen i et mikroskop flere hundre ganger, forsøk å se for deg på tegningen hvordan størrelsen på bildet fra objektivet øker når f_1 minker.

b) Objektivet skal lage et bilde mellom seg selv og okularet, dvs et reelt bilde. Fra fortegnsreglene for f, s og s' for en konveks linse har vi at $s' > 0$ når bildet er reelt. For å oppnå det viser linseformelen at s_1 må være større enn f_1:

$$\frac{1}{s'_1} = \frac{1}{f_1} - \frac{1}{s_1} > 0 \Rightarrow \frac{1}{f_1} > \frac{1}{s_1} \ \Rightarrow f_1 < s_1 \tag{2}$$

Altså må objektet plasseres utenfor fokalpunktet. Hvis objektet plasseres innenfor fokalpunktet vil bildet bli dannet på feil side i forhold til okularet. Kikk på figur 34.37 i boka for å se hvordan posisjonen til bildet avhenger av posisjonen til objektet.

c) Forstørrelsen er gitt ved $m_1 = s'_1/s_1$. I praksis plasseres objektet så *nær* fokalpunktet til objektivet at $s_1 \simeq f$ er en god tilnærmelse, dermed får vi $m_1 = -s'_1/f_1$.

d) Vi har allerede funnet et uttrykk for objektivets lineære forstørrelse. Den angulære forstørrelsen for okularet dersom vi antar at det reelle bildet fra objektivet (dvs okularets objekt) er plassert nær fokalpunktet til okularet, er $M_2 = n/f_2$ (se forklaringen på lupe i boka). Den totale angulære forstørrelsen blir derfor

$$M = m_1 \cdot M_2 = -\frac{n \cdot s_1'}{f_1 \cdot f_2}. \tag{3}$$

(Minustegnet betyr at det endelige bildet er opp-ned i forhold til det opprinnelige objektet.)

e) Siden mikroskopets lengde er en god del større enn fokallengdene, kan vi med relativt god tilnærmelse sette $s_1' = L$.

f) Uttrykket for M gir:

$$f_2 = -\frac{L \cdot n}{f_1 \cdot M} = \frac{30 \text{ cm} \cdot 25 \text{ cm}}{0,25 \text{ cm} \cdot 1200} = 2,50 \text{ cm}.$$

g) Når okularet er borte er det $m = -s_1'/s_1$ som gjelder. Vi kjenner $s_1' = 277$ mm og $f_1 = 2,5$ mm, dermed kan vi finne ut at $s_1 = 2,52$ mm fra linseformelen (legg merke til at s_1 er såvidt litt større enn f_1, som diskutert i b). Dette gir forstørrelsen $m = -109,9$. Dermed vil 1,15 cm på figuren være lik 0,10 mm i virkeligheten og tøffeldyret vil ha en virkelig lengde i underkant av 0,2 mm. Hvis vi bruker tilnærmelsen $m = -s_1'/f_1$ blir forstørrelsen $m = -110,8$ som også gir at 1,15 cm på figuren er lik 0,10 mm i virkeligheten. Tilnærmelsen var altså helt OK innenfor vårt nøyaktighetsområde.