

1 Optikk - Linser og speil

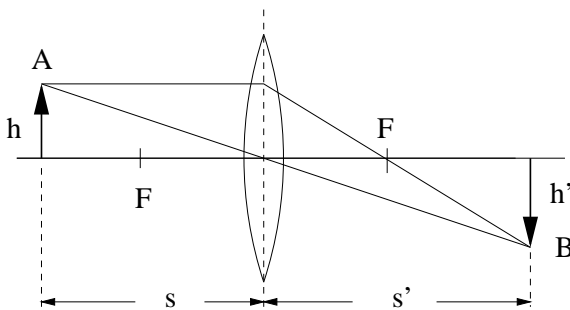
Innledning

Øvelsen skal gi praktisk erfaring med oppstilling av linser og speil på en optisk benk. Brennvidden for en tynn konveks linse bestemmes ved bruk av både positiv og negativ objektavstand.

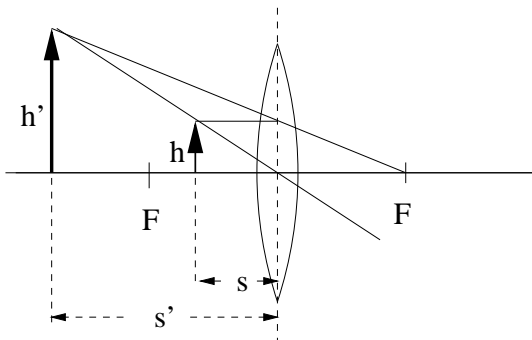
Brennvidden for en konkav linse bestemmes ved å kombinere den med en konveks hjelpelinse slik at et reelt bilde oppnås og objekt- og bildeavstand kan måles. Til slutt skal du bestemme brennvidden (radius) til et hulspeil.

Litt repetisjon om avbildning.

Vi minner her om linseformelen for tynne linser, og om hvorledes vi konstruerer billedannelsen i linser.

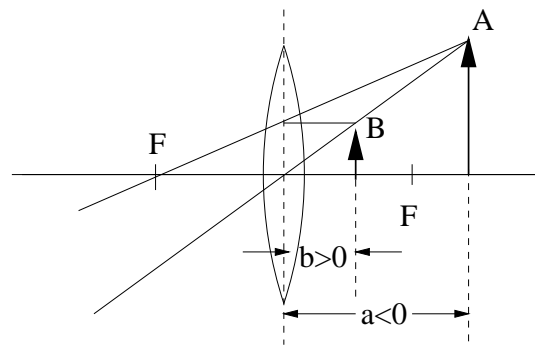


Figur 1: Lysgang og bildekonstruksjon for en tynn konveks linse. A er *objektpunktet* som er reelt fordi det står til venstre for linsen. B er *bildepunktet*, som her er reelt og kan vises på en skjerm.

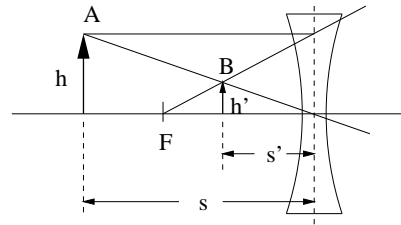


Figur 2: Lysgang og bildekonstruksjon når objekt-punktet A er reelt, men ligger innenfor linsens brennplan. En observatør bak linsen kan se et virtuelt bilde i B. Et virtuelt bilde kan *ikke* fanges opp på en skjerm.

Objektavstanden s mellom linse og objektplan regnes positiv mot lysretningen. *Bildeavstanden* s'



Figur 3: Lysgang og bildekonstruksjon når objekt-punktet A virtuelt (det ligger til høyre for linsen). Bildet i B blir her reelt og kan fanges opp på en skjerm.



Figur 4: Lysgang og bildekonstruksjon i en tynn konkav linse. En observatør bak linsen (dvs. til høyre) kan se et virtuelt bilde i B.

mellom linse og bildeplan regnes positiv med lysretningen. Med disse fortegnreglene gjelder *linseformelen*:

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f} \quad (1)$$

hvor f er linsens brennvidde. I følge fortegnreglene har den konvekse linsen positiv og den konkave linsen negativ brennvidde.

Optisk benk

Alle målingene utføres på en optisk benk med lampe, objektboks og forskyvbare ryttere for linse og mattskive, se figur 5. Posisjonene avleses på en mm-skala. Objektboksen er utstyrt med slisser for innføring av fargefiltre og avbildningsobjekter

Mattskiven skal vende den matte siden mot lyset, men bildet observeres best fra baksiden (i gjennomfallende lys).

Oppgave 1. Den tynne, konvekse linse

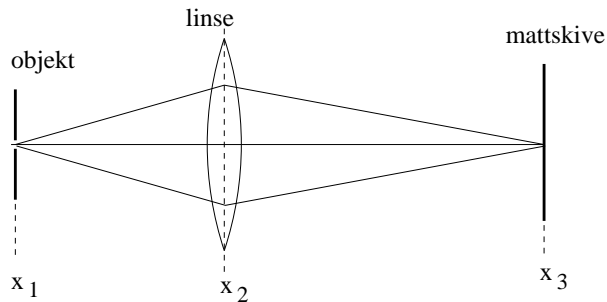
a) Reelt objekt, reelt bilde ($s > f$, $s' > f$)

Benytt den optiske benken med lampehus, objektboks, linse og mattskive montert på forskyvbare ryttere. Legg merke til hvordan den enkelte optiske



Figur 5: Optisk benk med lampehus, linser og skiver.

komponent er plassert i forhold til avlesningsmerket på rytteren. Oppstillingen er vist på fig. 6.



Figur 6: Objekt (punktformet lys på den optiske akse), linse og mattskive.

Før opp dine observasjoner i tabell:

Tabell 1: Observasjonsskjema for oppgave 1 a):

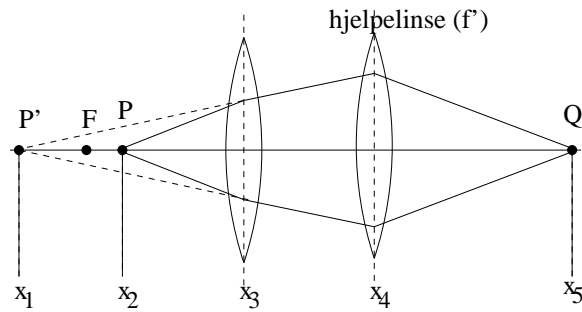
x_1	x_2	x_3	$s = x_2 - x_1$	$s' = x_3 - x_2$	$f = \frac{ss'}{s+s'}$

Velg i alt 5 linseposisjoner. Innstill mattskiven så du får et skarpt bilde av objektet. Den matte siden av glassplaten skal vende mot lyset. Bildet observeres best i gjennomfallende lys. De verdier du får for brennvidden f bør alle være ganske nær hverandre. Beregn til slutt middelerdien for f .

b) Reelt obj., virtuelt bilde ($0 < s < f, s' < 0$)

For verdier av s mellom 0 og f vil strålene divergere etter å ha passert linsen. Det lar seg ikke gjøre å få fram et reelt bilde på mattskiven. Vi plasserer

en konveks hjelpelinse med kjent brennvidde f' til høyre for hovedlinsen for å oppnå konvergens. Oppstillingen er vist på fig. 7.



Figur 7: Objekt, linse, hjelpelinse og mattskive.

Betegnelser:

$$s = x_3 - x_2 (< f)$$

$$s' = x_1 - x_3 (< 0)$$

Avstanden mellom linsene:

$$\Delta = x_4 - x_3$$

$$t = x_4 - x_1$$

$$t' = x_5 - x_4$$

t beregnes fra linseformelen:

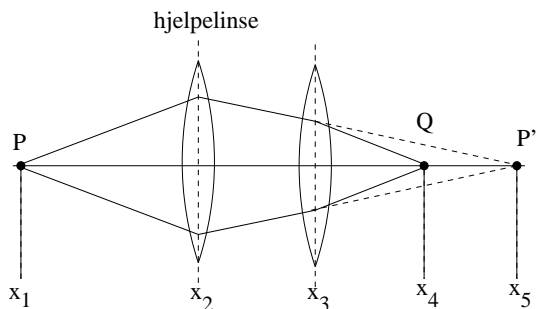
$$\frac{1}{t} + \frac{1}{t'} = \frac{1}{f'}$$

der f' er oppgitt.

I figur 7 har vi gått ut fra et punkt P i hovedlinsens objekt. Linsen danner et virtuelt bilde av objektet i et plan vinkelrett på den optiske akse i punktet P' . Objektavstanden s er valgt mindre enn f , men større enn null. Hovedlinsens virtuelle bilde er et reelt objekt for hjelpelinsen, som igjen danner et reelt bilde i et plan vinkelrett på den optiske akse i punktet Q . Verdiene for x_2, x_3, x_4 og x_5 leses av på benkens mm-skala. Så beregnes s, Δ, t', t og $s' = \Delta - t$. Til slutt beregner du størrelsen

$$f = \frac{ss'}{s + s'}$$

Gjør i alt 4 målinger med forskjellige verdier for s . Sammenling resultatene du finner med den verdien for f du kom fram til i punkt a).



Figur 8: Objekt, hjelpelinse, linse og mattskive.

c) Virtuelt obj., reelt bilde ($s < 0, 0 < s' < f$)

Hjelpelinsen plasseres nå til venstre for hovedlinsen. Oppstillingen er skissert på figur 8.

Betegnelser:

$$s = x_3 - x_5$$

$$s' = x_4 - x_3$$

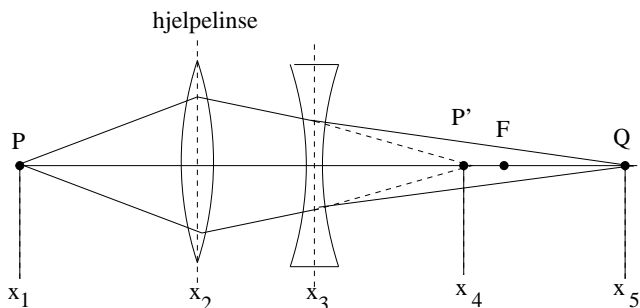
Hjelpelinsens objekt ligger i planet gjennom **P**. Det tilhørende reelle bilde ligger i planet gjennom **P'**. Dette bildet fanges opp på mattskiven før hovedlinsen monteres på benken. Når hovedlinsen er satt på plass, oppstår et reelt bilde i planet gjennom **Q**. Det første bildet (i planet gjennom **P'**) blir nå et virtuelt objekt for hovedlinsen. Verdiene for x_3 , x_4 , og x_5 avleses. Så beregnes s og s' (legg merke til at $s < 0$). Til slutt beregnes brennvidden

$$f = \frac{ss'}{s + s'}$$

Gjør i alt 4 målinger med forskjellige verdier for s . Sammenlign igjen med verdien du fant i punkt a).

Oppgave 2. Den tynne, konkave linse.

Her skal du finne brennvidden for en tynn konkav linse. Apparatoppstillingen er vist i figur 9.



Figur 9: Brennvidden for en tynn konkav linse.

Betegnelser:

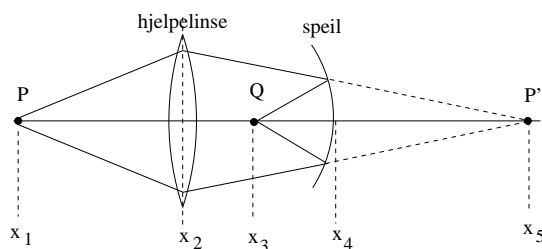
$$s = x_3 - x_4$$

$$s' = x_5 - x_3$$

Hjelpelinsens objekt ligger i planet gjennom **P**. Det tilhørende reelle bilde ligger i planet gjennom **P'**. Dette bildet fanges opp på mattskiven før den konkave linsen monteres på benken. Når den konkave linsen er satt på plass, oppstår et reelt bilde i planet gjennom **Q**. Det første bildet (i planet gjennom **P'**) blir nå et virtuelt objekt for den konkave linsen. Verdiene for x_3 , x_4 , og x_5 avleses. Så beregnes s og s' . Til slutt beregnes den konkave linsens brennvidde. Gjør i alt 4 målinger med forskjellige verdier for s og s' .

Oppgave 3. Det konkave, sfæriske speil.

Her skal du finne krumningsradius for et konkavt sfærisk speil. Apparatoppstillingen er vist i figur 10.



Figur 10: Oppstilling for måling av radius for et konkavt sfærisk speil.

Betegnelser:

$$s = x_4 - x_5$$

$$s' = x_4 - x_3$$

Hjelpelinsens reelle bilde i planet gjennom **P'** blir et virtuelt objekt for speilet. Speilets reelle bilde fanges opp på en liten hvit plate som står vinkelrett på den optiske akse i punktet **Q**. Vi har:

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{2}{R}$$

der **R** er speilets krumningsradius. Velg komponentenes posisjoner slik at det dannes et skarpt bilde på den hvite platen. Avles x_3 , x_4 , og x_5 . Beregn s , s' og **R**. Gjør i alt 4 målinger med forskjellige verdier for s og s' .