

Geometrisk Optik - Eksperimenter - Fysik Camp 2018

Christoffer H. og Jacob H.

20. juli 2018

Dette er en øvelsesvejledning til de forsøg, som I skal lave i Geometrisk Optik. Først er der dog en kort introduktion, til det der kaldes for ophobningsloven, som er en meget anvendt metode til at estimere usikkerheder i fysik.

Ophobningsloven

Ophobningsloven er kort sagt en måde, hvorpå man kan bestemme usikkerheden af et udtryk, som selv er sammensat af størrelser med en usikkerhed. Et eksempel kunne f.eks. være, hvis man ville bestemme gennemsnitsfarten af en bil v_{av} , ved at måle både længden L som bilen har kørt, og tiden t som det tog bilen at køre stykket L . Da kan man bestemme gennemsnitsfarten som

$$v_{av} = \frac{L}{t}.$$

Når man måler L og t , vil der dog altid være en usikkerhed i disse målinger, σ_L og σ_t , og der må derfor også være en usikkerhed i vores beregnede gennemsnitsfart $\sigma_{v_{av}}$. Spørgsmålet er så bare, hvad denne usikkerhed må være, og hvordan den afhænger af usikkerhederne σ_L og σ_t ? Svaret på disse spørgsmål er givet af ophobningsloven, der lyder således:

Hvis man skal beregne usikkerheden σ_f , for et udtryk f som er sammensat af forskellige størrelser a, b, c, \dots , så tænker man på ens udtryk som en funktion af disse, altså $f(a, b, c, \dots)$, og usikkerheden vil da være givet ved:

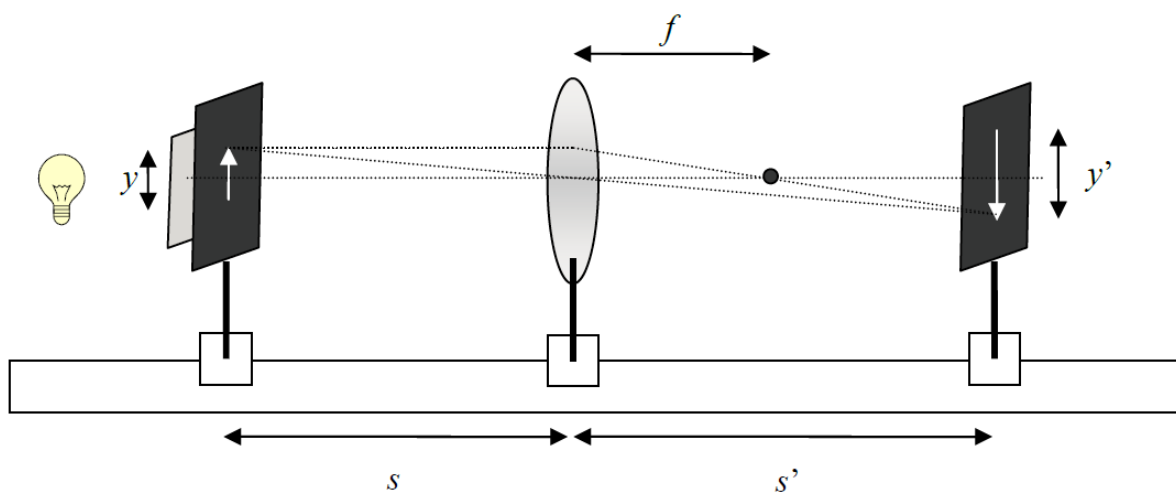
$$\sigma_f = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial a}\right)^2 \cdot \sigma_a^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial b}\right)^2 \cdot \sigma_b^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial c}\right)^2 \cdot \sigma_c^2 + \dots},$$

hvor $\sigma_a, \sigma_b, \sigma_c, \dots$ er usikkerhederne for hhv. a, b, c, \dots

For eksemplet med gennemsnitsfarten vil usikkerheden blive:

$$\sigma_{v_{av}} = \sqrt{\frac{1}{t^2} \cdot \sigma_L^2 + \frac{L^2}{t^4} \cdot \sigma_t^2}.$$

Øvelsesvejledning



Figur 1: Forsøgsopstilling med en enkelt linse.

Første del: Undersøg, som beskrevet på side 111-112 i kompendiet, om billedafstanden s' kommer tættere og tættere på fokallængden f , når man gør objektafstanden s større og større. Altså at $s' \rightarrow f$, når $s \rightarrow \infty$. Vælg den linse som har den korteste fokallængde f til denne del.

Andel del: Tag et sæt af 15 sammenhørende målinger af s og s' , og indsæt dem i følgende skema. Her skal I også angive usikkerhederne for s og s' ved hver måling, som I selv skal estimere.

s [cm]	σ_s [cm]	s' [cm]	$\sigma_{s'}$ [cm]

Beregn fokallængden f som et gennemsnit af de første 5 målinger og bestem usikkerheden for dette gennemsnit σ_f . Gentag så dette, men nu hvor I tager alle 15 målinger med. Hvad sker der med usikkerheden σ_f , når man tager flere og flere målinger med? Hvordan kan dette forklares?

Tredje del: Tag 3 af jeres målinger (s og s') fra før og bestem den tværgående forstørrelse

$$m = -\frac{s'}{s}.$$

Tag målinger af y (højden af objektet) og y' (højden af billedet), for de 3 sæt af målinger I har valgt, og se om I får den samme forstørrelse vha. formlen:

$$m = \frac{y'}{y}.$$

Fjerde del: Brug den introducerede teori for linser i kompendiet, til at give et teoretisk bud på, hvad der sker, når man bruger to linser efter hinanden, hvor både objekt og billede for begge processer (brydning i hver linse) er placeret udenfor fokallængderne f_1 og f_2 for linserne.

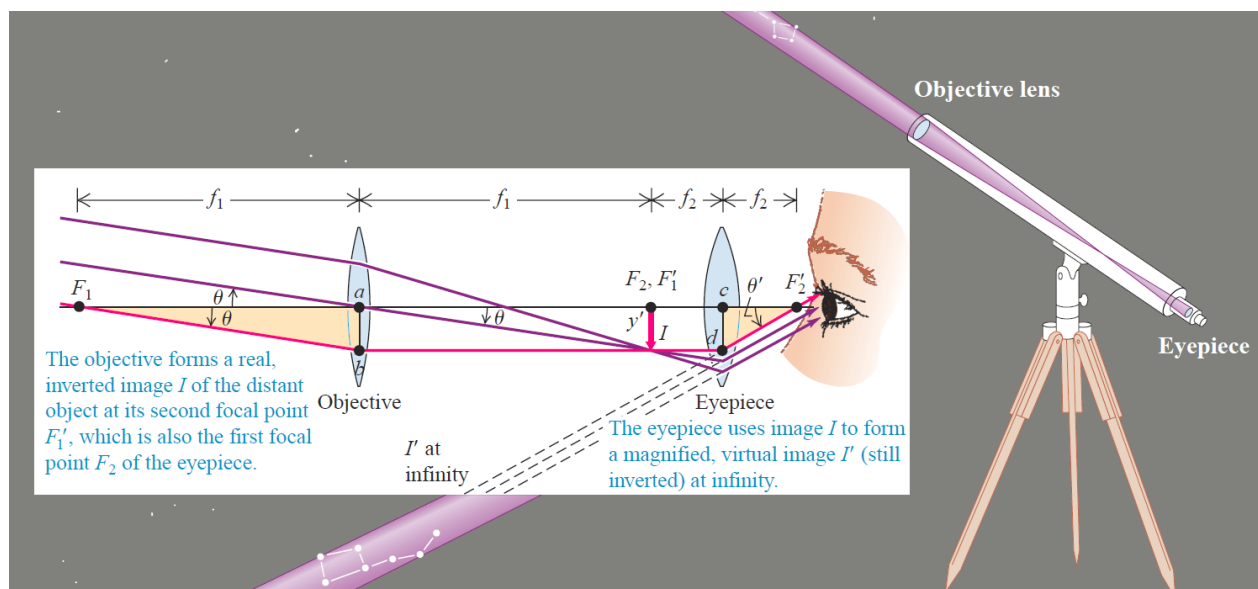
Brug to linser til at lave et forstørrelsesglas, og indstil opstillingen så I får en forstørrelse m på hhv. 1, 2 og 3. Stemmer længderne s og s' med det man ville forvente teoretisk?

Ekstra del: Hvis I er hurtigt færdige med de andre dele, kan I kigge på denne. Her skal I prøve at bygge et teleskop vha. linserne I har til rådighed. Her skal I bruge definitionen af en vinkel-forstørrelse, som er givet nedenunder, og kan få hjælp af figuren, der er placeret til sidst.

Vinkelforstørrelse: I kompendiet blev den tværgående forstørrelse introduceret, men det er ikke den eneste måde at måle forstørrelsen. En anden måde er vinkelforstørrelsen. I stedet for at finde forholdet imellem højden af billedet og objektet, så finder man her forholdet mellem de vinkler, som objektet og billedet udspænder ift. den optiske akse (se evt. figuren nedenunder). Den er defineret som

$$m_\theta = \frac{\theta'}{\theta},$$

hvor θ refererer til objektet og θ' refererer til billedet.



Figur 2: Illustration af et teleskop.