Fjernlab-avbildning med optikk

Started: Apr 28 at 8:37am

Quiz Instructions

Denne fjernlab skal erstatte både labdagen og labjournalene og forutsetter at man har lest øvelsesteksten og gjort prelaben. Vi har laget videoer av de enkelte målinger og lagt ut data, som dere må analysere, som dere ville ha gjort i labjournalen. Fjernlaben må godkjennes for å ta eksamen.

Question 1 — 1 pts

Intro

Video intro (https://uio-my.sharepoint.com/:v:/g/personal/nina_uio_no/EVDGJp5sGKJGqiZ_c0UExJUBPfmZljuDIgUNulFHpxk3aQ?e=v4Rhbc)

Hvis objektet og bildeskjermen fikseres, hvor mange posisjoner av linsen vil gi en skarpt bilde? Forklar hvorfor

HTML Editor

12pt Paragraph

Intuitivt forventer man at det skal finnes to posisjoner av linsen som gir et skarpt bilde. Det er det samme for oss om lyset går fra objekt til bildeskjerm eller motsatt, slik at vi burde kunne plassere linsen i to posisjoner som er "like" dersom man snur retningen til lyset. Dette gjelder dersom både objekt og bildeskjerm er på den optiske aksen eller dersom vi har lov til å flytte den optiske aksen når vi flytter linsen.

Vi kan regne på det også. Dersom objektet og bildeskjermen ligger på den optiske aksen, kan vi enkelt regne ut de to verdiene for s som gir skarpt bilde.

For at vi skal få et skarpt bilde må vi alltid ha $s > f$. Fra prelaben kjenner vi følgende uttrykk for avstanden mellom linsen og bildepunktet:

$s\acute{} = \frac{sf}{s-f}$. For at vi skal ha flere posisjoner av linsen som gir et skarpt bilde, må vi ha flere muligheter for at $s + s\acute{}$ skal ha samme verdi.

$s + s\acute{} = s + \frac{sf}{s-f} = \frac{s^2 - sf + sf}{s-f} = \frac{s^2}{s-f} = c$, der $c = s + s\acute{}$ er en konstant (avstanden mellom objekt og bildeskjerm). De forskjellige verdiene for s som løser denne likningen er

$s^2 = cs - cf \Rightarrow s^2 - cs + cf = 0 \Rightarrow s = \frac{c \pm \sqrt{c^2 - 4cf}}{2}$

Her ser vi at for å få et reelt svar må

$c^2 - 4cf \geq 0 \Rightarrow c \geq 4f$

$c = 4f$ gir $s = s\acute{} = \frac{c}{2} = 2f$, et slags spesialtilfelle som er beskrevet i videoen der vi heller ikke får noen forstørrelse eller forminskning av bildet. Her er det altså bare én posisjon av linsen, midt mellom objekt og bildeskjerm, som gir et klart bilde.

For $c > 4f$, har vi flere løsninger for likningen. Men vi ser at

$s\acute{} = c - s = c - \frac{c \pm \sqrt{c^2 - 4cf}}{2} = \frac{c \mp \sqrt{c^2 - 4cf}}{2}$, som betyr at de to løsningene er "like" dersom man tenker at lyset går forskjellig vei langs strålen i de to tilfellene.

p

255 words

Eksperiment 1

[Link (https://uio-my.sharepoint.com/:v:/g/personal/nina_uio_no/ES4SbdNHCNREuRutaES9zg0B7FR7WRlNal3Kt6DYVn6k2w?e=q9toWH)](https://uio-my.sharepoint.com/:v:/g/personal/nina_uio_no/ES4SbdNHCNREuRutaES9zg0B7FR7WRlNal3Kt6DYVn6k2w?e=q9toWH) til video

Tabell med måleverdier for to posisjoner av skjermen hvor bildet ses. For hver bildeposisjon finnes to plasseringer av linsen hvor bildet blir skarpt. Diameteren på mønstret målt direkte er 1,500 cm.

Objekt-bilde-avstand	Objekt-linseavstand	Diameter på

(cm)	(cm)	mønster (cm)
90,0	30,2	3,020
90,0	59,0	0,740
120,0	25,0	5,714
120,0	94,8	0,357

Usikkerheten på plassering av lyskilden er 0,5 cm. Usikkerheten på avlesning av posisjon av linse og skjerm er 0,2 cm. Usikkerheten i skyvelærsmålingene er 0,002 cm

Question 2

1 pts

Eksperiment 1 - fokallengden

Beregn linsens fokallengde utfra linseformelen og avstandsmålingene oppgitt ovenfor.

Hvordan stemmer verdien du får med den pålydende verdien?

HTML Editor

12pt Paragraph

Kode

Linseformelen løst for fokallengden er

$f = \frac{ss'}{s+s'} = \frac{s(c-s)}{c} = s - \frac{s^2}{c}$, der $c = s + s'$ er objekt-bilde-avstanden.

Ved å partiellderivere får vi

$$s_f = \sqrt{\left(\left(1 - \frac{2s}{c}\right) s_s\right)^2 + \left(\frac{s^2}{c^2} s_c\right)^2}$$

Ved å bruke alle verdiene for objekt-bilde-avstanden og objekt-linse-avstanden, får vi N verdier for fokallengden med tilhørende usikkerhet. Vårt beste estimat er gjennomsnittet av disse målingene:

$$f = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} f_i$$

$$s_f = \frac{1}{\sqrt{N}} \sqrt{\sum_{i=1}^{N} (s_{f,i})^2}$$

Med dette får vi

$f = 20.0 \pm 0.2$ cm

For å sammenlikne denne verdien med måledataene

p 51 words

Question 3 1 pts

Eksperiment 1 - forstørrelse

Beregn forstørrelsen for hver bildeavstand

Hvordan stemmer dine verdier med de teoretiske verdier?

HTML Editor

12pt Paragraph

Eksperimentelt har vi

$$M = -\frac{D_{\text{bilde}}}{D_{\text{objekt}}} = -D_{\text{bilde}} \cdot D_{\text{objekt}}^{-1}$$

Usikkerheten er da gitt ved

$$s_M = M\sqrt{\left(\frac{s_{D_{\text{bilde}}}}{D_{\text{bilde}}}\right)^2 + \left(\frac{s_{D_{\text{objekt}}}}{D_{\text{objekt}}}\right)^2}$$

For hver objekt-bilde-avstand får vi to punkter der bildet er skarpt. Vi vet at med tanke på fokus er det effektivt det samme hvilken vei lyset går. Dersom bildet blir forstørret med en faktor M den ene veien, vil det bli forstørret med en faktor $\frac{1}{M}$ den andre veien. Det betyr at begge verdier vi finner med formelen $M = -\frac{D_{\text{bilde}}}{D_{\text{objekt}}}$ gir "samme" verdi for forstørrelsen. For hver av objekt-bilde-avstandene vil vi derfor bruke begge målepunktene til å finne én verdi for forstørrelsen. Vi "velger" størrelsen som er over 1. Då må vi også tilpasse usikkerheten. Dersom vi har en verdi $M_{\text{lav}} < 1$ som vi ønsker å gjøre om, kan vi altså definere

$$M_{\text{høy}} = \frac{1}{M_{\text{lav}}} = M_{\text{lav}}^{-1}$$

$$s_{M_{\text{høy}}} = M_{\text{høy}}\sqrt{\left(\frac{s_{M_{\text{lav}}}}{M_{\text{lav}}}\right)^2} = \frac{M_{\text{høy}}}{M_{\text{lav}}} s_{M_{\text{lav}}}$$

Da får vi på samme måte som i forrige oppgave.

$$M = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{2} M_i$$

$$s_f = \frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{\sum_{i=1}^{2}(s_{M,i})^2}$$

Med dette får vi

$$M_{90} = -2.020 \pm 0.005$$

$$M_{120} = -4.01 \pm 0.02$$

De teoretiske verdiene er gitt ved

$$M = -\frac{s^{\prime}}{s} = -\frac{c-s}{s} = 1 - \frac{c}{s}$$

Igjen "velger vi" den verdien som er over 1, når vi ser på paret av verdier som hører sammen.

Teoretisk fant vi

$$M_{90} = -1.94 \pm 0.03$$

$$M_{120} = -3.78 \pm 0.07$$

Vi finner ganske stor forskjell på disse to resultatene. Ved å definere

$$D = |M_{\text{eksperimentell}} - M_{\text{teoretisk}}|$$

$$s_D = \sqrt{(s_{M_{\text{eksperimentell}}})^2 + (s_{M_{\text{teoretisk}}})^2}$$

får vi $D > 2s_D$, som ikke er ønskelig.

Kanskje har vi regnet feil med usikkerhetene, eller underestimert dem til å begynne med.

p 188 words

Question 4

1 pts

Eksperiment 1 - krumningsradius

[Video av måling med sfærometer (https://uio-my.sharepoint.com/:v:/g/personal/nina_uio_no/ERg63xUO0aJJoQ2DUPEQTpQByEkZht6nKL-Kv6LNtzutzQ?e=nhDfxP)](https://uio-my.sharepoint.com/:v:/g/personal/nina_uio_no/ERg63xUO0aJJoQ2DUPEQTpQByEkZht6nKL-Kv6LNtzutzQ?e=nhDfxP)

Måling med sfærometer med diameter 2,4 cm: Høyde d= 0,362 $\pm$ 0,002 mm (se figur 4 i øvelsesteksten)

Glasset i linsen er N-BK7, anta at vi har lys med bølgelengde 546.1 nm.

Beregn linsens krumningsradius utfra målingen med sfærometer

Hva blir fokallengden nå?

kommentér de to måter å måle fokallengden.

HTML Editor

12pt Paragraph

Med formelen fra prelaben

$R = \frac{x^2+d^2}{2d}$ fant vi at krumningsradien var

$R = 19.9 \pm 0.1$ cm. Fokallengden er beskrevet av

$f = \frac{R}{2(n-1)}$

Vi får

$f = 19.2 \pm 0.1$ cm.

I stad fikk vi $f = 20.0 \pm 0.2$ cm. Det er et relativt avvik på ca 4% mellom de to verdiene. Regner vi på forskjellen D på samme måte som i forrige oppgave får vi at $D > 3s_D$

Det er ikke så lett å si hvilken metode som gir det mest riktige svaret. Det er vanskelig å estimere, og regne med, usikkerheten i alle disse målingene. Linsemakerformelen, som vi brukte for å finne den siste verdien, er i seg selv en tilnærming. Det er vanskelig å se for seg effekten av slike mulige feilkilder.

p 104 words

Question 5

1 pts

Eksperiment 2

Vi har nå en linse med fokallengde 100 mm som vi setter i en bestemt avstand fra en (nesten) punkt-lyskilde, hvoretter vi beveger bildeskjermen bort fra linsen. Se på [videoen (https://uio-my.sharepoint.com/:v:/g/personal/nina_uio_no/EdKAG8Us2sVFvCrFmq-zMSgBsDoMozoG4dVhG7rNjWT-5Q?e=Vfmu1X)] og beskriv. Hva skjer når vi vi flytter bildeskjermen bortover hvis:

1) Avstanden mellom lyskilden og linsen er ca 5 cm?

2) Avstanden mellom lyskilden og linsen er 10 cm?

3) Avstanden mellom lyskilden og linsen er 15 cm?

4) Avstanden mellom lyskilden og linsen er 20 cm?

Forklar observasjonene. Diskuter kort hvordan vi med en linse kan sende mest mulig lys til et punkt i endelig avstand og til et punkt veldig langt borte.

HTML Editor

12pt Paragraph

Fokallengde er 10 cm.

1) 5 cm

Når avstanden mellom lyskilden og linsen er ca 5 cm vil vi aldri få et fokusert bilde på skjermen. 5 cm er mindre enn fokallengden, og lysfronten vil ha positiv krumningsradius på begge sider av linsen. Det vil si at diameteren til lysbunten/lysstrålen blir større og større etterhvert som vi flytter skjermen lenger bort. Vi ser dette som at den grønne flekken blir stærre og større.

2) 10 cm

Her er avstanden mellom lyskilden og linsen den samme som fokallengden. Da vil lysstrålene være parallelle med den optiske aksen etter at lyset har passert gjennom linsen. Det vil si at vi heller ikke nå kan finne en avstand der vi får et fokusert bilde på skjermen, men her er den grønne flekken like stor hele tiden selv om vi flytter skjermen lenger bort fra linsen.

3) 15 cm

Nå er avstanden mellom lyskilden og linsen større enn fokallengden. Da får vi negativ krumningsradius etter at lyset har passert gjennom linsen, og det vil finnes et punkt (i en avstand $s' > 2f$ fra linsen) på andre siden av linsen der vi får et fokusert bilde. Her er lysflekken på sitt minste. Etter dette blir flekken større og større etterhvert som vi flytter skjermen lenger bort.

4) 20 cm

Nå er avstanden mellom lyskilden og linsen dobbelt så stor som fokallengden. På samme måte som for 15 cm får vi nå et fokusert bilde på skjermen på andre siden av linsen. Denne gangen vil det skarpe bilde komme i en avstand $s' = 2f = 20$ cm fra linsen. Nå vil også lysflekken på det skarpe bildet være akkurat like stor som lyskilden som sender ut lyset vi studerer. Det er spesielt for avstanden $s = 2f$.

Diskuter kort hvordan vi med en linse kan sende mest mulig lys til et punkt i endelig avstand og til et punkt veldig langt borte.

For å sende mest mulig lys til et punkt i en endelig avstand kan vi utnytte linseformelen. Ved å bruke en linse med en kjent fokallengde, kan vi fokusere en lysstråle på et hvilket som helst punkt. Vi plasserer linsen og en lyskilde på linje med punktet vi ønsker å treffe. Da vil lysstrålen som kommer ut gjennom linsen fokuseres på et punkt i en avstand s' fra linsen. Sammenhengen mellom s', avstanden s mellom lyskilden og linsen og fokallengden f til linsen er $\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$.

For å sende mest mulig lys til et punkt langt borte bør vi plassere linsen og lyskilden i forhold til hverandre slik at $s = f$. Da vil lysstrålene som har passert gjennom linsen gå parallelt med den optiske aksen. Lysstrålen vil aldri spre seg eller bli tynnere for så å spre seg. Lysstrålen vil bevege seg bortover med samme diameter helt til den treffer noe som stopper den.

Jo lenger unna punktet vi vil treffe er, jo mindre bør fokallengden være for at vi skal få størst mulig intensitet på lysstrålen som treffer punktet. Dette gjelder bare dersom lyset fra lyskilden brer seg med f.eks. sfærisk lysbølgefront. For oppsettet på videoen kan vi enkelt få hele lysstrålen til å treffe linsen, og så lenge vi sørger for det har ikke fokallengden noe å si for intensiteten til lyset som når fram. (Så lenge vi selvfølgelig setter opp etter linseformelen)

p » span 535 words

Question 6

1 pts

Eksperiment 3

Nå plasseres 100 mm linsen 10 cm fra punktlyskilden og begge lys skrues på. **Se videoen (https://uio-my.sharepoint.com/:v:/g/personal/nina_uio_no/EaV6cIHZWiNBkgLvlOdGEIoBs3qSxduFkvVE1vn5lYgI7w?e=hHgZC5)** .

1. Hvordan endres forholdet mellom den røde og den grønne strålebunten seg når vi flytter på skjermen? Hvordan tror du den grønne og den røde lysdiode er plassert i forhold til midtlinjen av den grå boksen (hvilken er til høyre/venstre)?

Nå fjerner vi skjermen og plasserer kameraet (øyet) på høyre siden av linsen i stedet. **Se videoen (https://uio-my.sharepoint.com/:v:/g/personal/nina_uio_no/EQeRr8QSrH9KI-XudVZt_nEBQn4vnqVmS78on9bqULBeLw?e=JkgZcD)** (beklager den blir litt uskarp).

2. Hvordan endres forstørrelsen og utsnittet av det vi ser, når ser gjennom linsen mot lyskilden (fjerner skjermen) og gradvis endrer avstanden (går bakover)? Kan du forklare det man observerer utfra teori om lupe og figur 3 i øvelsesteksten?

HTML Editor

12pt Paragraph

1)

Siden avstanden mellom linsen og lyspunktkilden er den samme som fokallengden, vil lysflekken som treffer skjermen være like stor uansett hvor langt unna linsen skjermen plasseres. Vi ser imildlertid at lyset som er en blanding av rødt og grønt, deler seg når skjermen trekkes lenger og lenger unna. Dette er fordi lysdiodene ikke ligger akkurat på den optiske akse, men litt ved siden av den.

Vi får, på samme måte som vi har sett på tidligere, et bilde i fokus (at både rødt og grønt lys brytes og kommer til samme sted) for en viss avstand mellom skjermen og linsen. Når vi trekker linsen lenger unna enn dette, sprer lysstrålene seg og bildet kommer "ut av fokus".

Dersom vi ser i retning til lyset som sendes ut fra den grå boksen tror jeg at den grønne lysdioden er på høyre side av midtlinjen av boksen og den røde lysdioden er på venstre side.

2)

Så lenge øyet er på den optiske aksen vil vi alltid se det som er på den optiske aksen på den andre siden av lupen. Dette lyset tilsvarer de grønne linjene på figur 3 i øvelseseteksten. Etterhvert som vi beveger oss bakover vil imidlertid utsnittet av det vi ser bli mindre. Det ser vi av de røde linjene på figuren. Beveger vi oss lenger bak, vil ingen av de røde linjene treffe øyet, og vi ser ikke lenger kilden til dette lyset. Området som sender ut lys som når øyet blir på den måten mindre og mindre etterhvert som vi beveger oss lenger bort. Forstørrelsen er imidlertid den samme hele tiden fordi avstanden mellom linsen og det vi studerer er den samme som fokallengden til linsen.

p 281 words

Question 7 1 pts

Eksperiment 3

Videoen her (https://uio-my.sharepoint.com/:v:/g/personal/nina_uio_no/EbJw7c_yMs9PspzJQYYs0OkBwnVos_wEah2cjcQUs7zXng?e=wzBqcY) tilsvarer videoen i foregående spørsmål (den uskarpe), men nå er linsen skiftet fra 100 til 50 mm, som er plassert i 5 cm fra objektet. Hvordan er forstørrelsen i forhold til med 100 mm linsen? Hvordan stemmer det med teorien for lupe? En lupe angis gjerne med en forstørrelse, f.eks. 5X. Hva sier denne størrelsen oss? Er dette en forstørrelse som kan defineres på samme måte som forstørrelsen i eksperiment 1?

HTML Editor

12pt Paragraph

0 words

Question 8

1 pts

Eksperiment 4

Les beskrivelsen av eksperiment 4 om teleskop i øvelseteksten. Tegn en skisse av eksperimentet etter at mattskive er tatt bort og forklar kort (gjerne på tegningen) plasseringen og funksjonen til 200 mm linsen og til 50 mm linsen.

Upload Choose a File

Question 9

1 pts

Eksperiment 5

[Se videoen her](https://uio-my.sharepoint.com/:v:/g/personal/nina_uio_no/EUWahAxx7pRAis1j29RpeUkB0CY5xG5ESCuqBnMyo6oqPg?e=1MlWzV) (https://uio-my.sharepoint.com/:v:/g/personal/nina_uio_no/EUWahAxx7pRAis1j29RpeUkB0CY5xG5ESCuqBnMyo6oqPg?e=1MlWzV)

Last opp MATLAB-scriptene script-image.m og image_noise_analysis.m og de 10 bilder (bilde 6-15)).

Se igjennom bildene. I hvilke bilder klarer du å se støy? Hvordan avhenger den visuelle støyen av lysnivået?

HTML Editor

B I U A A T_x ... 12pt Paragraph

0 words

Question 10

1 pts

Eksperiment 5

Start MATLAB og åpne script-image.m og image_noise_analysis.m. Legg inn riktig filadresse til mappen med skriptene og .bmp-filen i første linje av script-image.m (filsadressen kan du kopiere fra File Explorer i Windows ved å høyreklikke på adressefeltet og velge «Copy address as text»). Husk å avslutte filadressen med « \ ». Nå kan du kjøre skriptet. Skriptet analyserer bildedataene i en 100 x 100 rute i midten av bildet (for den grønne fargekanalen) og gir ut middelverdi $\bar{D}$ og variansen til differansen mellom nabopiksler$Var\left(D_1 - D_2\right)$. (se ligning 9)

Bruk middelverdier $\bar{D}$ og variansen til differansen mellom nabopiksler $Var\left(D_1 - D_2\right)$ for alle bildene til å lage en graf av varians i én piksel, $Var(D)$, som funksjon av middelverdi $\bar{D}$ (grafen lastes opp i neste spørsmål). Vurder resultatet: Ser du tegn til at kvantemekaniske effekter opptrer? Hvordan blir resultatene ved de høyeste og laveste lysnivåene, og hvorfor?

HTML Editor

B I U A A T_x ... 12pt Paragraph

0 words

Question 11

1 pts

Eksperiment 5

Her kan du laste opp grafen av varians i én piksel, $Var(D)$, som funksjon av middelverdi $\bar{D}$

Upload Choose a File

Question 12

1 pts

Eksperiment 5

Lag en ny graf som viser forholdet signal/støy som funksjon av middelverdi $\bar{D}$ (Hint: finn først G fra ligning 9)

Upload Choose a File

Quiz saved at 11:31pm Submit Quiz