

NORGES TEKNISKE HØGSKOLE
INSTITUTT FOR FYSIKK
GRUPPE FOR ANVENDT OPTIKK

Faglig kontakt under eksamen:

Navn: Hans M. Pedersen

Tlf: 3587

EKSAMEN I FAG 74181 OPTIKK

Torsdag 14. desember 1989

Tid: kl. 0900–1300

Tillatte hjelpemidler:

Godkjent lommekalkulator

K.J. Knutsen: Formler og data i fysikk

O.H. Jaren og K.J. Knutsen: Formelsamling i matematikk

K. Rottmann: Matematische Formelsammlung

C. Barrett/T.M. Crown: Mathematical Formulae

Oppgave 1

To tynne linser L_1 og L_2 med fokallengder $f_1=24$ cm og $f_2=-16$ cm er montert etter hverandre i luft ($n=1$) med en innbyrdes avstand på 16 cm. Begge lensene har aperturer med diameter 4cm.

- a) Finn overgangsmatrisen fra første til siste flate i det sammensatte systemet.
Hva er systemets diopsterstyrke ("power")?
- b) Finn fokallengdene og posisjonene av hovedplan og fokalplan for linsekombinasjonen.
- c) Finn billedavstanden for et objekt i avstand 144 cm foran første linse, L_1 .
Hva er forstørrelsen i avbildningen?

- d) Finn apertureblenden, feltblenden, plassering og størrelse av utgangspupillen og utgangsvinduet, og systemets F -tall (blendertall) på billedsiden for avbildningen under c).
- e) Hvor stor avstand kan det være mellom to inkoherente objektpunkter hvis de akkurat skal løses opp etter Rayleigh-kriteriet og avbildningen under c) er diffraksjonsbegrenset. Bølgelengden er 550 nm.
- f) Ved avbildningen under c) avbildes et utstrakt objekt med radians lik $5000 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ srad})$. Bestem irradiansen (i W/m^2) på aksens i bildet dersom vi har 3% refleksjonstap pr flate i systemet. Hvor stor er irradiansen på kanten av billedfeltet?

Oppgave 2

I et Youngs interferenseksperiment benyttes en skjerm S_1 med to hull. Avstanden mellom hullene er 1,0 mm. Hullene er så små at vi kan anta at de er sekundære kilder som emitterer tilnærmet perfekte kulebølger. Optisk akse står loddrett på skjermen midt mellom hullene. Skjermen belyses av en planbølge med bølgelengde 550 nm og loddrett innfall.

Interferensstripene observeres på en skjerm S_2 som er parallell med S_1 og er plassert 1 m bak denne. Skjermen S_2 er 1 m bred og sentrert på aksens.

- a) Hva er avstanden mellom de observerte interferensstripene nær aksens? Hva er det største antall interferensstriper som kan observeres på skjermen S_2 ?

Vi antar nå at det loddrett innfallende lyset består av to frekvenser med samme flukstetthet og at den minste bølgelengden er 550 nm.

- b) Skisser kvalitativt hvordan stripemønsteret blir. Hva må den andre bølgelengden være dersom stripene akkurat skal forsvinne på kanten av skjermen S_2 ?
- c) Hva blir den longitudinale koherenslengden for en uniform frekvensfordeling mellom de to frekvensene i b).

Anta at vi foran S_1 har en sirkulær, utstrakt kilde sentrert på aksens. Kilden emitterer kvasimonokromatisk lys med bølgelengde 550 nm.

- d) Hva er den minste vinkelutstrekning kilden kan ha dersom stripemønsteret på S_2 akkurat skal forsvinne?

- e) Den utstrakte kilden har en diameter på 10 cm. Hvor foran skjermen S_1 må kilden plasseres dersom vi skal observere interferensstriper med god visibilitet på S_2 ?
- f) Anta at vi har en utstrakt, polykromatisk kilde. Hva bestemmer longitudinal og transversal koherens i strålingsfeltet? Hvordan kan vi øke den longitudinale og transversale koherenslengden?

Oppgitt:

For en tynn linse er M_{12} -elementet lik $-\mathcal{P}$ der \mathcal{P} er linsens diopterstyrke ("power"), i luft er dette den inverse fokallengden. Ved gjennomgang gjennom en tynn linse (mellom de to sammenfallende hovedplanene) er $M_{11}=M_{22}=1$ og $M_{21}=0$.

For translasjonsmatrisen er M_{21} -elementet lik translasjonsavstanden delt på mediets brytningsindeks. De andre elementene er $M_{11}=M_{22}=1$ og $M_{12}=0$.

For et sammensatt system er plasseringen av hovedplanene (referert fra henholdsvis første og siste flate) gitt ved uttrykkene:

$$D = \frac{n}{M_{12}}(1-M_{11}) \text{ og } D' = \frac{n'}{M_{12}}(1-M_{22}),$$

hvor matriseelementene gjelder for overgangen fra første til siste flate.

Rayleigh-kriteriet for oppløsning: $\Delta x = 1.22\lambda F$.

(PS: Man kommer ofte langt ved å bruke linseformelen + sunn fornuft.)