

1. Linsisysteemi koostuu kahdesta identtisestä ohuesta kuperasta linssistä L1 ja L2, joiden polttoväli on  $f = 6$  cm, ja jotka sijaitsevat samalla optisella akselilla. Jälkimmäinen linssi (L2) on kiinteä, mutta ensimmäisen linssin (L1) etäisyyttä jälkimmäisestä linssistä on mahdollista muuttaa välillä 1 – 5 cm. Mille etäisyyksille jälkimmäisestä linssistä systeemin optisen akselin suunnassa kulkevat säteet voidaan fokusoida? Ohuen linssin muunnostariisi on  $M$ . (6p)

$$M = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{f} & 1 \end{pmatrix}$$

2. a) Spektrisen radianssin määritelmä on

$$L_e = \frac{P_e}{\Omega A \cos \theta}$$

Selitä symbolien merkitys. (1 p)

b) Kynälamppu (suorakaiteen muotoinen) on homogeeninen Lambertin lähde. Laske säteilyteho lampun keskipisteen kautta kulkevalla normaalilla, kun lampun leveys  $x_0$  on niin pieni, että tarkastelukulma ja etäisyys voidaan olettaa leveyden suhteen vakioksi. Lampun pituus on  $2y_0$ . Tarkastele lisäksi erikoistapausta, jossa lampun etäisyys vastaanottavasta pisteestä on paljon suurempi kuin lampun pituus. Teholle voidaan johtaa lauseke radianssin määritelmästä,

$$P_e = \int_A \int_{A'} L_e \frac{\cos \theta \cos \theta' dA dA'}{R^2},$$

missä  $dA'$  on vastaanottavan pinnan infinitesimaalinen pinta-alaelementti, joka on yhdensuuntainen säteilylähteen kanssa. (5 p)

3. Kaksi keskenään koherenttia, likimain yhdensuuntaista tasoaaltoa interferoi. Johda lauseke mitattavalle intensiteetille, kun tasoaaltojen aaltovektorit ovat  $\vec{k}_1$  ja  $\vec{k}_2$ , kulmataajuudet  $\omega_1$  ja  $\omega_2$  sekä intensiteetit  $I_1$  ja  $I_2$ . Tasoaaltojen vaihe-ero pisteessä  $\vec{r} = 0$  hetkellä  $t = 0$  on  $\Delta\Phi$ . Minkälainen on nopealta fotodiodilta saatavan virtasignaalin aikariippuvuus, kun tasoaaltojen aallonpituudet ovat 1550.00 nm ja 1550.01 nm? Valon nopeus on noin  $3 \cdot 10^8$  m/s.



4. Tasoaalto, jonka aallonpituus on  $\lambda$  ja sähkökentän amplitudi  $E_0$ , osuu suorakulmaiseen aukkoon, jonka sivujen pituudet ovat  $2x_0$  ja  $2y_0$ . Laske intensiteetti etäisyydellä  $z$  aukosta Fraunhoferin approksimaatiossa lähtien liikkeelle diffraktiointegraalista

$$E(\vec{r}) = \frac{1}{i\lambda} \int_{S'} E_{inc}(\vec{r}') \frac{e^{ik|\vec{r}-\vec{r}'|}}{|\vec{r}-\vec{r}'|} dS'.$$

5. Selosta tekijöitä, jotka aiheuttavat optisen signaalin vaimenemista kuidussa.