

Sallitut apuvälineet: kirjoitusvälineet ja graafinen laskin. Muun oman materiaalin tuominen ei sallittu. Kokeen viimeisellä sivulla on muistin tueksi kaavoja ja tarvittavia vakioita. Perustele vastauksissasi käyttämäsi kaava ja esittele siinä esiintyvien symbolien merkitys.

Tämä on fysiikan kurssi, joten desimaalilleen oikeaa numeerista vastausta tärkeämpää on että osoitat ymmärtäneesi ongelman taustalla olevan fysiikan. Jokaisista tehtävää kannattaa ainakin yrittää. Onnea!

- Määrittele seuraavien termien merkitys mahdollisimman lyhyesti:
a) diffraktio b) tunneloituminen c) De Broglien aalto d) Faradayn induktiolaki e) dispersio (optiikassa) f) Poyntingin vektori
- Vastaa seuraaviin kysymyksiin lyhyesti, mutta täsmällisesti. Käytä tarvittaessa piirroksia vastauksen tukena. Pelkkä piirros ei kuitenkaan ole riittävä vastaus.
(a) Mikä tarkoitetaan siirrosvirralla (displacement current) Maxwellin yhtälöissä?
(b) Valonsäde kulkee ilmassa ja osuu lasipintaan. Onko kokonaisheijastus mahdollinen? Perustele vastauksesi.
- Toroidisoloidin poikkipinta-ala $A = 0.400 \text{ cm}^2$, säde $r = 9.00 \text{ cm}$ ja siinä on $N = 2000$ kierrosta. Laske induktanssi, kun toroidin sisällä on a) ilmaa, b) ferromagneettista ainetta, jonka suhteellinen permeabiliteetti $K_m = 600$.
- Siirtolinja koostuu kahdesta pitkästä a -säteisestä johtimesta, joiden välinen etäisyys d ja joissa kulkee muuttuva virta i vastakkaisiin suuntiin. Määritä siirtolinjan itseinduktanssi pituusyksikköä kohden, olettaen että $d \gg a$ jolloin johtojen sisällä kulkeva vuo voidaan jättää huomiotta. Lisäksi virran muutosnopeus on sen verran pieni, ettei signaalin äärellistä etenemisnopeutta tarvitse huomioida.
- Lasersäde ($\lambda = 1.064 \mu\text{m}$, halkaisija 4 mm) halutaan siirtää 1000 km päähän mahdollisimman pienellä hajaantumisella. Tätä varten säde halutaan levittää 20 cm halkaisijaiseksi. Voit olettaa lasersäteen olevan alunperin hyvin kollimoitu eli yhdensuuntainen.
(a) Suunnittele kahdella ohuella linssillä tilanteeseen sopiva säteenlaajennin. Systemistä ulostulevan säteen pitää olla edelleen yhdensuuntainen järjestelmän akselin suhteen. Ensimmäisen linssin polttoväli olkoon $f_1 = 75 \text{ mm}$. Mikä on toisen linssin polttoväli ja linssien välinen etäisyys? (3p)
(b) Linssisysteemin läpi tuleva teho halutaan maksimoida. Kun linssit on tehty tavallisesta BK7-lasista ($n_{\text{BK7}} = 1.50$), kuinka paksut MgF_2 -kerrokset tarvitaan linssien pinnalle? Magnesiumfluoridin taitekerroin on $n_{\text{MgF}_2} = 1.38$. (2p)
(c) Kuinka paljon alkuperäinen lasersäde on levinnyt 1000 km päässä verrattuna laajennettuun säteeseen? Ota vain diffraktiosta aiheutuva leviäminen huomioon. (1p)

Allowed material: writing implements and a graphical calculator. You are not allowed to use any other material. There are some formulas and constants tabulated in last page of the exam. Justify the formulas you use in your answers and introduce the meaning of the symbols within these formulas.

This is a physics course, so it is more important that you demonstrate that you understand the underlying physics than get a numerical answer that is perfect down to the last digit. It is worth to try every question. Good luck!

1. Define the following terms as shortly as possible:
a) diffraction b) tunnelling c) De Broglie wave d) Faraday's law of induction e) dispersion (in optics) f) Poynting's vector
2. Answer the following questions shortly but precisely. Use drawings to support your answer if needed. Using only drawings is, however, not a sufficient answer.
 - (a) Define the meaning of displacement current in Maxwell's equations.
 - (b) A ray of light is propagating in air and hits a glass surface. Is total internal reflection possible. Justify your answer.
3. A toroidal solenoid has cross-sectional area $A = 0.400 \text{ cm}^2$, radius $r = 9.00 \text{ cm}$, and it has $N = 2000$ windings. Calculate its inductance when it is a) filled with air, b) ferromagnetic material with relative permeability $K_m = 600$.
4. A transmission line consists of two long conductors with radius a . They are separated by d and they carry time-dependent current i in opposite directions. Determine the self-inductance of the transmission line by assuming that $d \gg a$ so that you may neglect the flux inside the conductors. Moreover, the rate of change for the current is small enough, so that the finite speed of the signal may be ignored.
5. We want to have a laser beam ($\lambda = 1.064 \text{ }\mu\text{m}$, diameter 4 mm) propagate a distance 1000 km with minimum possible divergence. To do this, the beam needs to be expanded so that its diameter is 20 cm. You may assume the original beam to be well-collimated.
 - (a) Using two thin lenses, design a beam expander which achieves the desired expansion. The beam emerging from the system has to remain well-collimated (parallel to system optical axis). Let the focal length of the first lens be $f_1 = 75 \text{ mm}$. What is the focal length of the second lens and distance between the lenses? (3p)
 - (b) We want also to maximize the power propagating through the system. Lenses are made from ordinary BK7 glass ($n_{\text{BK7}} = 1.50$). What is thicknesses of MgF_2 layers needed on the surfaces of the lenses to achieve this requirement? Refractive index for magnesium fluoride is $n_{\text{MgF}_2} = 1.38$. (2p)
 - (c) How much has the original laser beam widened after 1000 km propagation compared to the expanded beam? Take account only the divergence due to diffraction. (1p)