

Optika és relativitáselmélet - Vizsgatematika

2016/2017, I. félév

Cserti József előadása II. éves BSc fizikusoknak

1. **Bevezetés:** a fénysebesség mérésének módszerei, Feynman-féle pályák, Fermat-elv és alkalmazása sík- és parabola tükörrre, illetve törőközegre, a Snellius--Descartes-törvény, teljes visszaverődés.
2. **A fényhullámok tulajdonságai:** az elektromágneses spektrum, síkhullám vákuumban, Poynting-vektor, szuperpozíció elve, komplex írásmód, hullámegyenlet levezetése a Maxwell-egyenletekből, a hullámegyenlet megoldásai (sík-, gömb-, „evaneszcens” hullámok), a Snellius--Descartes-törvény levezetése a fázisok illesztésével, Fresnel-formulák (TE és TM módusok, Brewster-szög), diszperzió és csoportsebesség.
3. **Fényelhajlás (diffrakció):** Huygens--Fresnel-elv, Kirchhoff-elmélet, Fresnel-diffrakció (elhajlás élen, kerek résen, kerek akadályon, Poisson-folt, Babinet-elv), Fraunhofer-diffrakció (vékony rés, téglalap alakú rés, optikai rács, transzmissziós-, reflexiós diffrakciós rács), Bragg-reflexió, diffrakció véletlen közegben, az optikai eszközök felbontóképessége.
4. **Interferencia, interferométerek és vékonyrétegek:** az interferencia feltételei, interferencia hullámfront-osztással (Young-féle kétréses kísérlet, Fresnel-féle kettőtűkőr, Rayleigh-interferométer, több sugaras interferencia szappanhártyákon, Newton-gyűrűk), interferencia amplitudó-osztással (Mach--Zehnder-, Michelson-, Fabry--Perot-interferométer), optikai vékonyrétegek: transzfermátrix-módszer, tükrözésgátló rétegek, tökéletes tükrök (sokrétegű dielektrikum-tükrök).
5. **Polarizáció és kristályoptika:** Polarizációs vektor (lineáris, cirkuláris, elliptikus polarizáció), Jones-mátrix, késleltetők, polarizációs forgatók, Fresnel-rombusz, Brewster-lemezek, kristályoptika alapjai, diszperzió egy-, kéttengelyű kristályokban, ordinárius és extraordinárius sugarak, kettőtörés, hullámfrontok és az energia terjedése, polarizáló eszközök: késleltetők, polarizáló osztók, polarizációs forgatók, Faraday-effektus, egyéb polarizációs jelenségek (az égbolt színe és polarizációja).
6. **Geometriai optika - I. (hullámegyenlet alapján, eikonál, nemfény optika):** az eikonál-közelítés, hullámfront és fénysugár, a pálya (Fermat-elv ismét), részecske-optika: elektronmikroszkóp, pályaszámítás a Fermat-elvvel és alkalmazásai (optikai szálak, változó törésmutató: SELFOC lemez, rúd, lencse, délibáb, hangterjedés az óceánban, akusztóoptika, fényterjedés plazmában, fényterjedés gravitációs térben).
7. **Geometriai optika – II. (sugároptika vagy mátrixoptika):** paraxiális-közelítés, és a paraxiális optikai rendszerek építőkövei (szabad terjedés, törés gömbfelületen, visszaverődés gömbfelületről), fókuszpont, a leképezés feltétele, összetett optikai rendszerek, általános leképezés (fókusz és fősíkok), képszerkesztés általános esetben, leképezési hibák (ponthibák, színhibák), immerziós mikroszkóp, kausztikák, a szivárvány (fő és mellékszivárvány, Cartesius-sugármenet), a szivárvány polarizációja, járulékos ívek, a Mie-elmélet alapja, korona, glória.

8. **Optikai eszközök és műveletek (Fourier-optika):** vetítógép, fényképezőgép, lupe, szemüveg, mikroszkóp és felbontása, távcsövek (konfokális és tükrös), csillagászati interferometria, pásztázó alagút mikroszkóp, Fourier-optika alapjai (Fourier-transzformáció), az eredeti kép rekonstrukciója (4f-elrendezés), maszkolás (alacsonyrendű, magasrendű Fourier-komponensek szűrése), fáziskontraszt-mikroszkóp, holográfia.
9. **Elektrooptika, nemlineáris optika:** nemlineáris polarizáció, Pockel-, és Kerr-effektus, folyadékkristályok optikai tulajdonságai, felharmonikus keltés, frekvencia-konverzió, fázisillesztés, háromhullám-keverés (paraméteres erősítő, és oszcillátor), kétfoton-források (paraméteres lekonvertálás), harmadrendű nemlinearitás (négyhullám-keverés, azaz a fáziskonjugáló tükrök), önfókuszálás, Kerr-mikroszkóp, ultra rövid lézerimpulzusok.
10. **kvantumoptika, lézerek:** hőmérsékleti sugárzás, fotoelektromos effektus, atomok színeképe, spontán és indukált emisszió, lézerhatás (populáció inverzió), lézerek elvi felépítése és fajtái (gáz-, szilárdtest-ionlézerek, félvezető lézerdiódák).
11. **Bevezetés a speciális relativitáselméletbe – I. Tér, idő, téridő:** Doppler-effektus, szimmetriaelvek a klasszikus mechanikában, Galilei-invariancia a klasszikus mechanikában és az elektrodinamikában, Michelson--Morley-kísérlet az éter kimutatására, a relativitás elve, Minkowski-féle téridő, Lorentz-transzformáció, sebességek összeadása, az egyidejűség relativitása, fénykúp és a kauzalitás, a hosszúság relativitása, ikerparadoxon, sajátidő (műon élettartama).
12. **Bevezetés a speciális relativitáselméletbe – II. Relativisztikus fizika:** Lorentz-transzformáció több dimenzióban (négyesvektorok, négyes skalár szorzat), relativisztikus Doppler-effektus, abberáció, négyesimpulzus, invariáns tömeg, tömeghég, bomlási jelenségek, négyessebesség, négyeserő, négyes Newton-törvény.