

ZÁRÓVIZSGA TÉTELEK fizikus MSc

A tételek

1. A hamiltoni mechanika alapjai

Legkisebb hatás elve a mechanikában, Lagrange függvény, Euler-Lagrange egyenletek. Hamilton függvény, kanonikus egyenletek. Lagrange formalizmus a klasszikus mezők elméletében

2. Az elektromágneses mező dinamikája

Maxwell-egyenletek. Elektromágneses potenciálok. Dipólus sugárzás, tetszőlegesen mozgó töltés tere, Larmor formula. Az elektrodinamika relativisztikus megfogalmazása.

3. Elektromágneses hullámok közegekben

A diszperzió és a törésmutató egyszerű modellje, anomális diszperzió, rezonáns abszorpció, Kramers-Kronig reláció. A csoportsebesség, hullámcsomag terjedése diszperzív közegben. A vezetőképesség elemi modellje, vezetőképesség alacsony és nagyon magas frekvencián.

4. Elektronikai erősítők és méréstechnikai alkalmazások

Műveleti erősítők és alkalmazásaik, összeadó és kivonó erősítők, integrálás, differenciálás. A/D és D/A konverterek felépítése, és tulajdonságai. Felbontás, működési sebesség, néhány alkalmazási példa. Szenzorok. Hőmérséklet-, nyomás-és mozgásérzékelők, optikai szenzorok. Fázisérzékeny detektálás, lock-in erősítők.

5. Az impulzusnyomaték és a spin a kvantummechanikában

Felcserélési relációk, sajátértékek, mellék-kvantumszám és mágneses kvantumszám, egész és feles spin, kapcsolat az anyagok mágnességével. Pályaimpulzus-nyomaték, gömbfüggvények, paritás.

6. Atomspektrumok

A H atom spektruma, az állapotok osztályozása, finomszerkezet, hiperfinom szerkezet, Lamb eltolódás. Periódusos rendszer, az alkáli atomok spektruma, a Hélium spektruma. A Stark effektus és a Zeeman effektus kvantummechanikája.

7. Molekulák spektrumai

Két-és többatomos molekulák spektruma, elektron, rezgési és rotációs spektrumok. Raman spektroszkópia. A elektron és a magmozgás szétválasztása, adiabatikus és Born-Oppenheimer közelítés.

8. A lézerek működésének fizikai alapjai

Einstein koeficiensek, hatáskeresztmetszetek, ezek közötti relációk. Populáció inverzió, erősítés, telítődés, visszacsatolás, a lézerek működésének küszöbfeltételei. Sebességi egyenleten alapuló erősítési és lézer modellek.

9. Lézertípusok, rezonátorok

Szilárdtestlézerek, folyadéklézerek gerjesztési módszerei, felépítésük. Gázlézerek és gerjesztési módszereik. Ultrarövid lézerimpulzusok előállítási módszerei. Rezonátorok matrix optikai leírása. Gauss nyalábok. Longitudinális és transzverzális módusok. Lézerek hangolási módszerei. Q kapcsolás, módusszinkronizáció.

10. Atomok, molekulák és szilárdtestek elektronszerkezetének meghatározásának módszerei

Hartree és Hartree-Fock módszer, a sűrűségfunkcionál elmélet alapjai.

11. A statisztikus fizika alapvető módszerei.

Mikrokanonikus, kanonikus és nagykanonikus eloszlások, termodinamikai potenciálok. Reális gázok. A folyadék-gőz átalakulás van der Waals elmélete.

12. Ideális kvantumgázok

Azonos független részecskékből álló rendszerek, betöltési számok. Ideális fermiongáz: a fémek Sommerfeld féle szabadelektron-gáz modellje. Ideális bozongáz, Bose-Einstein kondenzáció.

13. Az elektromágneses mező kvantumos szerkezete, a foton

A Planck törvény, fotongáz, az atom-mező kölcsönhatás tárgyalása.

14. Rácsrezgések szilárdtestekben

Az egy- és háromdimenziós rács rezgései, fononok, Állapotsűrűség, szilárdtestek termikus tulajdonságai, fajtái.

15. Elektronállapotok szilárdtestben

Egyelektron közelítés, transzlációs szimmetria, Bloch függvények, az energiaspektrum tulajdonságai. Sáv szerkezet. Fermi felület. Vezetők, szigetelők, félvezetők. Szupravezetők.

16. Az anyagok mágneses tulajdonságai

Független részecskék mágnessége. Para- és diamágnesség. Curie törvény. Landau nívók. Ferromágneses anyagok, a Weiss-féle átlagtér közelítés.

17. Az atommagok kötési energiája

A kötési energia értelmezése a Fermi-féle gázmodellben, cseppmodell, héjmodell, a magterők tulajdonságai. Mágikus számok, oszcillátor potenciál közelítés, a spin pálya kölcsönhatás.

18. A részecskefizika standard modellje

Alapvető kölcsönhatások; Kölcsönható fermionok és kölcsönhatást közvetítő bozonok; Megmaradási törvények, CPT szimmetria; Feynmann diagrammok; $U(1) \times SU(2) \times SU(3)$ részecskefizikai standard modell, Yang-Mills elméletek, spontán szimmetriasértés.

B tételek

A hallgató a záróvizsga jelentkezéskor megjelöli, hogy melyik két modulból (elvileg több modult is teljesíthet) szeretne záróvizsgázni. Mivel a modulban elvégzett tárgyak teljesen egyéniek, a hallgató azt is megadja, hogy az adott modulon belül melyik három tantárgy lesz a záróvizsga B tételeinek alapja. A hallgatónak összesen 6 különböző tárgyat kell megjelölnie. Minden modulhoz 3 tétel tartozik. Így a záróvizsgán minden hallgatóhoz személyre szabottan 18 B tétel fog tartozni.

Az államvizsgára ajánlott könyvjegyzék fizikus MSc szak
(a kötelező tárgyak akkreditációban megadott irodalomjegyzéke alapján)
/ Átmeneti irodalomjegyzék, amelyet fel fog
váltani (a jövőben) egy részletes képletgyűjtemény! /

1. Tietze U , Schenk G: Analóg és digitális áramkörök, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1993
2. Data Acquisition and Control Handbook, Keithley Instruments Inc., 2001
3. Schnell L. szerk., Jelek és rendszerek mérés technikája, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985
4. CohenTannoudji C., Diu B., Laloe F.: Quantum mechanics. Vol. 12. Paris Wiley Hermann, NY 1993
5. Sakurai J.J.: Modern Quantum Mechanics, AddisonWesley, Reading, 1994
6. Jackson J. D.: Klasszikus elektrodinamika, Typotex Kiadó, Budapest, 2004.
7. L.D. Landau, E.M. Lifsic: Elméleti fizika VIII (Tankönyvkiadó, Budapest); 1986.
8. Györgyi Géza: Elméleti magfizika, Műszaki Kiadó, Bp. 1968
9. K. N. Muhin: Kísérleti magfizika , Tankönyvkiadó, Bp. 1985
10. Lovas István: Részecskefizika, Egyetemi jegyzet, DE
11. Patkós András, Polónyi János: Sugárzás és részecskék Bevezetés az elemi részek fizikájába, Typotech, Bp. 2000
12. Nagy Károly: Termodinamika és statisztikus mechanika, Tankönyvkiadó, Budapest, 1991.
13. F. Reif: Fundamentals of statistical and thermal physics, McGrawHill, Auckland Bogota etc : X, 1985
14. L.D. Landau, M. Lifsic: Elméleti fizika 5. Statisztikus fizika, Tankönyvkiadó, Budapest, 1981.
15. Sólyom Jenő: A modern szilárdtestfizika alapjai I. II. III. ELTE, Eötvös Kiadó, Budapest, 2003
16. C. Kittel: Bevezetés a szilárdtestfizikába Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984
17. J. Callaway: Quantum Theory of the Solid State Academic Press, London , 1991
18. Atkins P. W.: Molecular Quantum Mechanics, Oxford University Press, oxford, 1983
19. Weissbluth M.: Atoms and Molecules, Academic Press, NY 1980
20. Kapuy E., Török M.: Az atomok és molekulák kvantumelmélete, Akadémiai K., Bp. 1975.
21. B. E. A. Saleh, M. C. Teich: Fundamentals of Photonics, John Wiley and Sons, New York 1991.
22. W. Demtröder: Laser Spectroscopy, Sptinger Verlag Berlin, Heidelberg, New York 2003.

Fizikus mesterszak záróvizsga tételek

B tételek

A hallgató a záróvizsga jelentkezéskor megjelöli, hogy melyik két modulból (elvileg több modult is teljesíthet) szeretne záróvizsgázni. Mivel a modulban elvégzett tárgyak teljesen egyéniek, a hallgató azt is megadja, hogy az adott modulon belül melyik három tantárgy lesz a záróvizsga B tételeinek alapja. A hallgatónak összesen 6 különböző tárgyat kell megjelölnie. Minden modulós tárgyhoz 3 tétel tartozik. Így a záróvizsgán minden hallgatóhoz személyre szabottan 18 B tétel fog tartozni. 2012-ben utoljára az Asztrofizika és Csillagászat modul egy modulnak tekintendő.

Asztrofizika modul

FMN624 Az általános relativitáselmélet alapjai*

1. A gravitáció geometrizálása Az Einstein egyenletek. Levezetésük variációs elvből. Bianchi azonosságok. Kovariáns derivált és geodetikus egyenlet. A Riemann-görbület fizikai értelmezése, mint árapály-erő (a deviációs egyenlet).
2. Gyenge tér közelítés és gravitációs hullámok A Poisson-egyenlet és az egyenesvonalú, egyenletes mozgás, mint az Einstein egyenletek és a geodetikus egyenletek gyenge tér, lassú mozgás közelítései. Gravitációs hullámok, harmonikus mérték, polarizációk. A gravitációs hullámok (a) közvetett kimutatása kettős pulzárok segítségével, (b) közvetlen kimutatása interferometrikus berendezésekkel.
3. Schwarzschild téridő Az Einstein egyenletek gömbszimmetrikus, sztatikus vákuum-megoldása, Birkhoff tétele. Eseményhorizont, Eddington-Finkelstein és Kruskal-Szekeres koordináták. Fekete-, fehér-, féreglyuk. Tömeges és tömegnélküli részecskepályák Schwarzschild téridőben. Naprendszer-teszt: perihélium-elfordulás, fényelhajlás, radarvisszhang.

FMN523 Elméleti asztrofizika 1.

1. A csillagok alapvető fizikai paraméterei és azok mérési módszerei (fényesség, szín, hőmérséklet, tömeg, sugár, kémiai összetétel, rotáció, mágneses tér)
2. Csillagok belső szerkezete (hidrosztatikai egyensúly, állapotegyenlet, elfajult anyag, Chandrasekhar-tömeg, sugárzási diffúzió, konvektív energiaterjedés)
3. Energiatermelés a csillagokban (magnétikus energetikája, Coulomb-gát, az alagúteffektus szerepe, Gamowcsúcs, proton-proton ciklus, CNO-ciklus, 3-alfa folyamat)

FMN623 Elméleti asztrofizika 2.

1. A csillagok keletkezése (Jeans-tömeg, gravitációs kontrakció, szabadesési időskála, teljesen konvektív protocsillagok, Hayashi-vonal, az impulzusmomentum szerepe)
2. Csillagfejlődés (Hertzsprung-Russell diagram, fősorozat, óriáság, kis- és nagytömegű csillagok fejlődési útvonalai, csillagfejlődési végállapotok)
3. Csillagfejlődés szoros kettős rendszerekben (Roche-geometria, a tömegcsere szerepe, Algol-paradoxon, akkréciós korong, akkréciós luminozitás, röntgenkettősök, Ia-típusú szupernóvák)

FMN723 Elméleti asztrofizika 3.

1. Csillagászati hidrodinamika, csillagpulzáció (kontinuitási egyenlet, Euler-egyenlet, energiaegyenlet, Euler- és Lagrange-kép, lineáris radiális adiabatikus pulzáció alapegyenlete, Sturm-Liouville probléma, periódus-sűrűség reláció, növekedési ráta)
2. A sugárzás terjedése asztrofizikai közegekben (specifikus intenzitás és fluxus, optikai mélység, transzferegyenlet és egyszerű megoldásai, szélsőtétel, szürke atmoszféra, Eddington-Barbier reláció)
3. Csillaglégkörök atomfizikája (Saha-egyenlet, lokális termodinamikai egyensúly, feketetest-sugárzás, folytonos és vonalas abszorpció, természetes vonalszélesség, nyomási- és Doppler-kiszélesedés, Zeeman-effektus)

FMN913 Relativisztikus asztrofizika

1. Erősen relativisztikus objektumok Relativisztikus csillagmodellek. Hidrodinamikai egyensúly: az Oppenheimer-Volkoff egyenlet. Fekete lyuk képződése gravitációs kollapszusban: az Oppenheimer-Sneider modell.

2. Forgó fekete lyukak és környezetük. Kerr fekete lyuk. Vékony akkréciós korong hidrodinamikai modellje, Bardeen akkréció. Nyílt és zárt mágneses erővonalak: Blandford-Znajek effektus. Spin limit és az energiakonverzió hatékonysága. Részecske-nyalábok és tanulmányozásuk VLBI technikákkal.
3. A sötét anyag és gravitációs lencsézés Galaktikus forgásgörbék és galaxishalmazok dinamikája. Hideg és forró sötét anyag jelöltek, módosított gravitációs dinamika. Gyenge és erős gravitációs lencsézés Schwarzschild téridőben, többszörös relativisztikus képek, Einstein gyűrűk. Mikrolencsézés.

FMN823 Kozmológia 1.

1. A standard kozmológiai modell Folytonossági, Friedmann és Raychaudhuri egyenletek. Az Ősrobbanás szükségszerűsége. Az Univerzum története, nukleoszintézis, rekombináció. Kozmológiai fejlődés a sugárzás- és a por-dominált univerzumokban.
2. A kozmológiai állandó és a sötét energia Sztatikus Einstein univerzum és stabilitása. Sötét energia szükségszerűsége az Ia típusú szupernóvák távolságmeghatározásából. De Sitter univerzum. Sötét energia modellek.
3. Inflációs kozmológia A standard kozmológiai modell hiányosságai és feloldásuk. Inflációs modellek (Guth, lassan gördülő, hibrid), eszereződés, az infláció vége.

FMN923 Kozmológia 2.

1. Kozmológiai perturbációs számítás Friedmann univerzum perturbációi és harmonikus felbontásuk mérték-invariáns változókban. Skalár (sűrűség), vektor (sebesség) és tenzor (gravitációs hullám) perturbációk. Hangebesség. Liouville és Boltzmann egyenletek.
2. Struktúra-képződés Newtoni struktúra-képződés: folytonossági-, állapot-, Euler-, Poisson-egyenletek, gravitációs instabilitás. Általános relativisztikus struktúra-képződés. A perturbációk fejlődése sötét anyag háttérén.
3. Kozmikus mikrohullámú háttérsugárzás (KMHS) A KMHS kialakulása. A KMHS, mint feketetest-sugárzás. A KMHS teljesítmény-spektruma és polarizációja. A Sunyaev-Zel'dovich effektus. A Sachs-Wolfe és integrált Sachs-Wolfe effektusok.

Csillagászat modul

FMN564 Csillagászati műszertechnika

1. Távcsovek felépítése, fajtái. Leképezési hibák. Adaptív optika.
2. Fotometria. Szűrőrendszerek. Detektorok. CCD képek feldolgozása. Interferometria, rádiótávcsövek.
3. Űrtávcsövek, űrcsillagászat minden hullámhosszon. Gravitációs hullám és neutrínó detektorok.

FMN632 Csillagászati spektroszkópia

1. Spektroszkópok alapvető felépítése és paraméterei (bontóelemek, szögdiszperzió, reciprok lineáris diszperzió, felbontóképesség, fényerő, a belépő rész szerepe, átviteli függvény és meghatározása Fourier-transzformációval)
2. Csillagászati spektroszkópok (objektív prizma, Cassegrain-spektrográf, Coudé-spektrográf, echellespektrográf, multiobjektum-spektrográfok, Fourier-transzformációs spektrométer, csillagászati alkalmazások)
3. Csillagászati színeképek kiértékelése és elemzése (hullámhossz-kalibráció, fluxus-kalibráció, a légkör hatása, radiális sebességek mérési módszerei, színekvonalak ekvivalens szélessége, kémiai összetétel meghatározása)

FMN542 Obszervációs csillagászat 1.

1. Fedési kettőscsillagok, foltos változócsillagok (fényváltozás okai, a fénygörbe alakjának elemzése, radiális sebességek, fizikai paraméterek meghatározása a megfigyelésekből, Doppler-leképezés)
2. Pulzáló változócsillagok (pulzáló csillagok megfigyelhető jellemzői, pulzáló csillagok a HRD-n, gerjesztési mechanizmusok, periódus-fényesség reláció, a pulzáló csillagok szerepe az asztrofizikában és a kozmológiában)
3. Eruptív és katalizmikus változócsillagok (típusok, megfigyelhető jellemzők, fényváltozást okozó fizikai folyamatok, szupernóva-robbanások fizikája)

FMN642 Obszervációs csillagászat 2.

1. Geometriai távolságmérési módszerek (Csillagászati Egység, távolságmérés a Naprendszerben, geometriai parallaxis, távolságmérés a Tejútrendszer rotációja alapján, konvergenciapont-módszer)
2. Fotometriai távolságmérési módszerek (abszolút fényesség, távolságmódulus, standard gyertya módszer és alkalmazásai, csillaghalmazok szín-fényesség diagramja, táguló fotoszféra módszer)
3. Extragalaktikus távolságmérési módszerek (a Magellán-felhők távolsága, cefeidák periódus-fényesség relációja, Tully-Fisher és Faber-Jackson reláció, felületi fényesség fluktuáció, Szunyajev-Zeldovics effektus, Iatípusú szupernóvák, Hubble-törvény, Hubble-diagram)

FMN521 Égi mechanika

1. Kepler-mozgás Az N-test probléma mozgásállandói. A kéttest probléma visszavezetése egy-centrum problémává, mozgásállandók. Kör-, ellipszis-, parabola- és hiperbola-pályák. A mozgás paraméterezése valódi és excentrikus anomáliával. Pályaelemek és dinamikai állandók kapcsolata. A Kepler-mozgás integrálása: a Kepler-egyenlet.

2. Perturbált kéttest probléma. A Kepler mozgás állandóinak időfejlődése általános perturbáló erő hatására. A pályasík és a periasztron precessziója. A pályaelemek fejlődése: a Lagrange planetáris egyenletek. A perturbált kéttest probléma paraméterezései. A perturbált Kepler-egyenlet. Alkalmazások.
3. A háromtest probléma Korlátozott háromtest probléma. Euler és Lagrange pontok. Pályák stabilitása. Alkalmazások.

FMN533 Galaktikus csillagászat 1.

1. A Tejútrendszer szerkezete (diszk-, szferoid-, halo-komponens, rotációs görbe, Oort-konstansok, központi fekete lyuk)
2. Galaktikus dinamika (individuális csillagpályák, epiciklus közelítés, Lindblad-rezonanciák, Boltzmannegyenlet)
3. Extragalaxisok fizikai jellemzői (spirál- és elliptikus galaxisok, kölcsönható galaxisok, aktív galaxisok, galaxishalmazok)

FMN664 Digitális képrögzítés

1. Modern detektorok az elektromágneses spektrum különböző tartományaiban. Fájlfarmátumok, a fits formátum.
2. Geometriai képtorzítások. Műszer PSF, zaj és mintavételezettség hatása kép és színekép készítésekor.
3. Kiértékelő algoritmusok (intenzitásmérés, spektroszkópia). Képrekonstrukció.

(2012-ben utoljára az Asztrofizika és Csillagászat modul egy modulnak számít)

Elektronikai mérések és adatfeldolgozás modul

FMN734 Elektronika alkalmazásai

1. Műveleti erősítők paramétereinek jelentése, tipikus és határértékei. A műveleti erősítő paramétereinek hatása különböző alapkapcsolások esetén.
2. Három műveleti erősítővel felépített mérőerősítő kapcsolás. Feszüléstartományok konverziója. Abszolútérték, csúcserőteljesítmény mérés műveleti erősítővel.
3. Szenzorok illesztése, jelkondicionálás műveleti erősítővel. Rezisztív szenzorok, mérőhidak erősítése. Fotodióda-erősítők, kapcsolt integrátorok.

IB315 Mikrovezérlők alkalmazástechnikája (korábban FMN544 Mikrovezérlők)

1. A C8051Fxxx architektúrája, memóriefajták, perifériák. Utasításkészlet, a mikrovezérlő felprogramozása, debug lehetőségek.
2. Megszakításkezelés, prioritáskezelés, a megszakítások programozásának alapelvei. Timerek használata.
3. Kapcsolat a külvilággal, port input/output. Digitális I/O beállítások, crossbar, analóg I/O. Kapcsolók, LED-ek, 7-segmenses kijelző kezelése.

FMN518 Rendszerelmélet

1. Lineáris rendszerek leírása időtartományban, időfüggő és időfüggetlen esetek. A mátrix exponenciális kiszámítása. Megfigyelhetőségi és vezérelhetőségi mátrixok és alkalmazásuk. Állapotváltozós és állapotváltozó nélküli reprezentációk és kapcsolatok. Linearizálás időtartományban.
2. A Fourier-sor és a Fourier-transzformáció fogalma és fontosabb tulajdonságai. DFT, FFT. Általánosított függvények Fourier-transzformációja. A Laplace-transzformáció fogalma és fontosabb tulajdonságai. Az $\exp[At]$ mátrix meghatározása Laplace-transzformációval. A Laplace-transzformáció alkalmazása állandó együtthatós lineáris differenciálegyenlet megoldására.
3. Lineáris rendszerek leírása frekvenciatartományban. Rendszerjellemző függvények. Átviteli függvény, súlyfüggvény. Impulzus, szinuszos és egységugrás gerjesztésre adott válaszok. Ideális holtidős átviteli tag, ideális differenciáló tag és ideális integráló tag. Linearizálás frekvenciatartományban.

IFMN640 Virtuális mérés-technika

1. A LabVIEW programozás alapjai. Vezérlők, kijelzők, adattípusok, numerikus műveletek, programvezérlés.
2. A csillapodó rezgés differenciálegyenletének megoldása Euler-módszerrel LabVIEW környezetben.
3. Szöveges és bináris adatfájlok írása és olvasása. Kommunikáció soros porton, TCP/IP porton.

Fizikai anyagtudomány modul

FMN511 Kontinuummechanika

1. Az elmozdulásmező és a feszültségmező leírása, továbbá kapcsolatuk rugalmas izotrop közegek, valamint ideális, ill. viszkózus folyadékok esetén.
2. Rugalmas hullámok homogén izotrop közegben. A húr rezgései.
3. Megmaradási tételek ideális folyadékokban. A közeg által kifejtett erőhatások ideális, ill. viszkózus folyadékokba merülő testekre.

FMN332 Lézeres anyagmegmunkálás

1. A lézeres anyagmegmunkálás termikus modellje Empirikus diagram, anyagspecifikus grafikon, normalizált nyalábteljesítmény – normalizált előtolási sebesség grafikon származtatása, kalibráció és kinetikai effektusok.
2. Atermális mechanizmusú (fotoelektromos, fotokémiai megmunkálás, anyagmegmunkálás ultrarövid impulzusokkal, fotolitográfia) és felületi hőkezeléssel járó módszerek (keményítés, deformáció, törés, felülettisztítás) bemutatása
3. A felszín megolvasztásával és elpárologtatásával járó anyagmegmunkálási folyamatok Lézeres bevonatolás, a keveréses kötés fajtái, vágás és hegesztés lézerrel.

FMN626 Nanoeszközök kvantumfizikája

1. Transzportjelenségek kvalitatív leírása nanométeres skálán: szabad úthossz, diffúzív és ballisztikus transzport
2. A vezetőképesség és a kvantummechanikai transzmissziós valószínűség kapcsolata
3. A mágneses tér hatása a vezetési jelenségekre, egész kvantumos Hall effektus

FMN629 Pásztázó szondamikroszkópia

1. Ismertesse a pásztázó szondamikroszkópok működési elvét! (Mi a szonda feladata? Hogyan készül a 3D kép? Milyen előnyökkel és hátrányokkal jár, ha a képet zárt szabályozási körrel (visszacsatolás) készítjük?)
2. Ismertesse az atomi erőmikroszkóp legjellemzőbb működési módjait (kontakt mód, laterális erő mód, amplitúdó modulált mód, fázis modulált üzemmód)!
3. Ismertesse a pásztázó alagútmikroszkóp üzemmódjait! (állandó áram üzemmód, állandó magasság üzemmód, Barrier Height Imaging, LDOS mód)!

FMN526 Vékonyrétegek előállítás és alkalmazása

1. A vékonyrétegek, növekedésük és jellemzőik A rétegépülés fontosabb lépései és szakaszai; szigetes, réteges és kevert rétegépítés; termodinamikai megfontolások; epitaxia; struktúra-zóna modell, fedettség, textúra.
2. Fizikai elven alapuló vékonyrétegépítési eljárások Párologtatás; porlasztás; molekulásugaras epitaxia, MBE; bevonatolás, coating; spray-technikák.
3. Kémiai változással kísért vékonyrétegépítési módszerek Kémiai gőzfázisú leválasztás, CVD; atomi-réteg leválasztás, ALD; Langmuir-Blodgett filmépítés; galvanizálás.

FMN426 Vizsgálati módszerek az anyagtudományban

2011:

1. Szilárdtestek és a fény alapvető kölcsönhatásai, szilárdtestek vizsgálata optikai spektroszkópiával. Fémek félvezetők, szigetelők és ionos kristályok abszorpciós tulajdonságai. Félvezetők tulajdonságainak meghatározása abszorpciós spektrumokból. A fotolumineszcencia jelensége. Félvezetők fotolumineszcenciája. Az abszorpció és a fotolumineszcencia mérésére alkalmas spektroszkópiai mérések.
2. A fény kölcsönhatása sík felületű tömbi anyagokkal és vékonyrétegekkel. Ellipszometria. A fény polarizációja sík felületen történő reflexiónál (Fresnel-formulák). Vékonyrétegrendszerek reflexiós tulajdonságai. Az ellipszometria mérési elve. Az ellipszometerek felépítése, típusai. Vékonyrétegek vizsgálata ellipszometriával. Vékonyrétegek vastagságának és optikai jellemzőinek meghatározása transzmissziós spektrum kiértékelésével.
3. Szilárdtestek és az elektronsugár alapvető kölcsönhatásai. A pásztázó elektronmikroszkópia. Elektronok kölcsönhatása az atom részével: másodlagos és visszaszórt elektronok keltése, a fékezési és karakterisztikus röntgensugárzás keletkezése. A pásztázó elektronmikroszkóp felépítése és képalkotása. A röntgen-mikroanalízis alapjai.

2012-től:

1. Szilárdtestek és a fény alapvető kölcsönhatásai, szilárdtestek vizsgálata optikai spektroszkópiával. Fémek félvezetők, szigetelők és ionos kristályok abszorpciós tulajdonságai. Félvezetők tulajdonságainak meghatározása abszorpciós spektrumokból. Az abszorpció mérésére alkalmas spektroszkópiai mérések.
2. Szilárdtestek vizsgálata fotolumineszcencia spektroszkópiával és Raman-spektroszkópiával. A fotolumineszcencia jelensége. Félvezetők fotolumineszcenciája. Félvezetők fotolumineszcenciájának mérése. Rugalmatlan szóródási spektroszkópiák. A Raman-effektus. Kristályos anyagok Raman-spektrumának kialakulása, jellemzői. Raman-spektroszkópok felépítése.
3. A fény kölcsönhatása sík felületű tömbi anyagokkal és vékonyrétegekkel. Ellipszometria. A fény polarizációja sík felületen történő reflexiónál (Fresnel-formulák). Vékonyrétegrendszerek reflexiós tulajdonságai. Az ellipszometria mérési elve. Az ellipszometerek felépítése, típusai. Vékonyrétegek vizsgálata ellipszometriával. Vékonyrétegek vastagságának és optikai jellemzőinek meghatározása transzmissziós spektrum kiértékelésével.

Haladó matematika modul

MMN007 Általánosított függvények és alkalmazásai

1. Disztribúciók, regularizációk, közönséges differenciál-operátorok alapmegoldásai
2. Kvadratúra-probléma, a hullám-, hővezetés- és Laplace-operátorok alapmegoldásai, Dirac-delta-sorozatok

3. Fourier-transzformáció D-ben és D'-ben, konstans együtthatójú parciális differenciáloperátorok alapmegoldásainak létezése: a Hörmander-lépcső

MBNX651 Analízis alkalmazásokkal

1. Normált vektorterek, folytonosság, kompaktság, folytonos multilineáris leképezések, Stone-Weierstrass tétel, differenciálhatóság
2. Kontrakciók, implicit- és inverzfüggvény-tétel, közönséges differenciálegyenletek megoldásának létezése és egyértelműsége
3. Konvolúció, Fourier-transzformáció, alkalmazás parciális differenciálegyenletekre

MMN022 Banach algebrák és operátorelmélet

1. Banach-algebra, spektrum, spektrálsugár
2. C*-algebrák, Gelfand-transzformáció
3. Kompakt operátorok

MMN151 Differenciálegyenletek és numerikus megoldásaik

1. Megmaradási törvények, elsőrendű lineáris és kvázilineáris egyenletek, a karakterisztikák módszere, numerikus módszerek
2. Másodrendű parciális differenciálegyenletek, a Laplace-egyenlet, a hővezetés egyenlete és a hullámegyenlet megoldása Fourier-módszerrel
3. Maximumelvek elliptikus és parabolikus egyenletekre, peremérték-feladatok, Cauchy-probléma, numerikus módszerek

MMN131 Differenciálható sokaságok és topológia

1. Differenciálformák integrálása és Stokes tétele
2. Kovariáns deriválás, Christoffel-szimbólumok, torzió, Riemann-görbület és geodetikuskok
3. Riemann-metrika, Levi-Civita-féle kovariáns deriválás és geodetikuskok

MMN124 Funkcionálanalízis

1. A Hahn-Banach-tétel és következményei
2. A teljesség következményei, egyenletes korlátosság, nyílt leképezések
3. Az L^p terek duálisai

MBN521 Közönséges differenciálegyenletek

1. A kezdetiérték-probléma megoldásának létezése és egyértelműsége, folytathatósága.
2. Lineáris differenciálegyenletek, konstansvariáció, konstans együtthatós egyenletek és rendszerek
3. Egyensúlyi helyzet stabilitása, és aszimptotikus stabilitása, példák

MBNX321 Lineáris terek és operátorok*

1. Operátorok kanonikus mátrixai
2. Ortonormált vektorrendszerek
3. Normális operátorok spektrálfelbontása

MMN252 Parciális differenciálegyenletek

1. A hullámegyenlet, membránok rezgései, többdimenziós alakzatok rezgései, hullámterjedés páros és páratlan térdimenziókban, a leereszkedés módszere.
2. Hővezetési és diffúziós problémák, maximum-minimum elv általános lineáris és nemlineáris parabolikus egyenletekre, forrásfüggvény és szerepe a hővezetés egyenletére kitűzött Cauchy probléma megoldásának előállításában
3. Stacionárius hőeloszlás, a Laplace egyenlet és alapmegoldása, harmonikus függvények, a Green-függvény, a belső Dirichlet-probléma megoldása tetszőleges dimenziós gömbben (a Poisson-formula), Harnack tételei, a Harnack-egyenlőtlenség, a Liouville-tétel, harmonikus függvények sorozatai

Környezetfizika modul

FMN151 Természeti jelenségek fizikája

1. A Föld, mint forgó rendszer, a forgás következtében fellépő jelenségek Rossby-szám, ciklonok és anticiklonok, általános légkörzés.
2. A légkör optikai jelenségei A Föld sugárzási egyenlete, üvegházhatás, fényszórás, fényelnyelés, speciális légköri optikai jelenségek.
3. Aeroszollok, felhőfizika.

FMN556 Globális környezeti katasztrófák

1. A Föld belső hője. Vulkanizmus, vulkántípusok
2. Meteorbecsapódások és következményeik
3. Atomerőmű-balesetek

FMN558 Környezeti folyamatok matematikai modellezése

1. Az ideális folyadékok mozgásegyenletei
2. Az anyag áramlása: diffúzió
3. A hőáramlás és hőterjedés folyamata anyagi közegben

KBN840 Környezetünk fizikai kémiaja

1. Reaktív rendszerek termodinamikája.
2. Összetett reakciók kinetikája.
3. Fotokémia alapfogalmai és alkalmazása.

KBN827 Alternatív energiaforrások

1. A fosszilis tüzelőanyagok történeti szerepe, jelenlegi súlya, jövőbeni lehetőségei, környezeti hatásai, a környezetszennyezés csökkentésének lehetőségei.
2. Mik a megújuló energiaforrások? Előnyeik, hátrányaik?
3. A biomassa energetikai hasznosításának lehetőségei?

FMNxxx Léggöri aeroszolok fizikája

1. Léggöri aeroszolok felosztása és jellemzése spektrális szempontból. (fekete korom, barna korom, ásványi porok, nitrát és szulfát aeroszolok)
2. Léggöri aeroszolok abszorpciójának és szórásának on-line mérésére, alkalmazott mérés technikai eljárások és jellemzésük. (filteres, különbségi, fotoakusztikus mérési módszer, polár nephelometer)
3. Léggöri aeroszolok méreteloszlása, módusok és jellemzésük. (nukleációs, akkumulációs, durva módus, módusok közötti átjárhatóság, aeroszol élettideje és a méret közötti összefüggés)

Kvantumfizika, atom- és molekulafizika modul**FMN625 Haladó kvantummechanika alkalmazásokkal**

1. Perturbációszámítás, és alkalmazása a H atom Stark effektusára. Alap és gerjesztett állapotok.
2. A He atom stacionárius állapotainak meghatározása perturbációszámítással. A kicserélődési kölcsönhatás. A He atom alapállapota variációszámítással
3. A relativisztikus kvantummechanika elemei, Klein-Gordon egyenlet, Dirac egyenlet és következményei a H atom spektrumában

FMN725 Kvantumelektrodinamika és kvantumoptika

1. A mező kvantálása; a mező számállapotai, koherens állapotai, termikus állapotok
2. A mező préselt állapotai: definíció, előállításuk, detektálás
3. Egymódusú kvantált mező és kétnívós atom kölcsönhatása, Jaynes-Cummings modell

FMN635 Kvantuminformatika

1. Qubitek és kvantum kapuk, összefonódás. Nemklónozhatósági tétel. Teleportáció és sűrű kódolás
2. A Shor féle algoritmus, a perióduskeresés kvantum módszere
3. A Grover féle keresési algoritmus

FMN925 Kvantumtérelmélet

1. Lagrange-formalizmus a klasszikus mezők elméletében. Variációs elv. Euler-Lagrange egyenlet. Noether-tétel. Kanonikus energia-impulzus tenzor. Klein-Gordon mező és elektromágneses mező Lagrange-sűrűsége, Euler-Lagrange egyenlete és kanonikus energia-impulzus tenzora. Az elektromágneses mező szimmetrikus energia-impulzus tenzora.
2. Klasszikus mezők kanonikus kvantálása. Poisson zárójel és Hamilton-formalizmus a klasszikus mezők elméletében. A Klein-Gordon mező mint példa. Dirac kvantálási szabálya. A Klein-Gordon mező kanonikus kvantálása. A négyesimpulzus spektruma és annak részecske interpretációja. A szabad elektromágneses mező kanonikus kvantálása, fotonok mint a mező kvantumai.
3. Dirac egyenlet. A szabad Dirac egyenlet bevezetése. A féles spin mint az egyenlet relativisztikus invarianciájának következménye. Csatlós külső elektromágneses mezőhöz. A Dirac egyenlet nem-relativisztikus határesetek: az elektron Pauli-féle egyenlete.

FMN722 Modern spektroszkópia

1. Fényterjedése anyagi közegben Klasszikus és kvantummechanikai modellek és egyszerű alkalmazásai (Raleigh-szóródás, törésmutató). A fény terjedése anizotróp közegben. Brillouin szórás.
2. Atomok spektroszkópiája Multifoton spektroszkópia és alkalmazásai. Hűtés és befogás. Frekvencia-metrológia. Ultragyors időbontott spektroszkópia.
3. Molekulák spektroszkópiája Molekulák külső térben. Raman spektrumok kialakulása. Elektronikus átmenetek és spektrumok. Makro- és biomolekulák.

FMN647 Nemlineáris folyamatok intenzív lézertérben

1. Nem relativisztikus és relativisztikus elektrópályák erős elektromágneses síkhullámban
2. Nem relativisztikus Volkov-állapotok, többfotonos indukált direkt és inverz fékezési sugárzás
3. a) Többfotonos ionizáció Keldish-Faisal-Reiss féle elmélete b) magasabb rendű felharmonikus keltés attoszekundumos impulzuson

Matematikai fizika modul

FMN411 Analitikus mechanika*

1. Poisson zárójel az analitikus mechanikában. Poisson zárójel fogalma, tulajdonságai. A Hamilton-féle mozgásegyenlet kifejezése a Poisson zárójellel. Mozgásállandók zártsága a Poisson zárójelre. Az impulzusmomentum komponensek Poisson zárójeljei. Poisson zárójel és kvantummechanikai kommutátor kapcsolata.
2. Kanonikus transzformációk. Kanonikus transzformáció fogalma, Jacobi mátrixának jellemzése. Hamilton egyenlet fázisárama kanonikus transzformáció. Generátorfüggvénnyel definiált kanonikus transzformációk. Hamilton-Jacobi egyenlet.
3. Szimmetriák megjelenése Lagrange és Hamilton-formalizmusban. Infinitézimális szimmetriák és megmaradó mennyiségek Lagrange-formalizmusban. A Galilei csoporthoz tartozó 10 mozgásállandó. A Noether-tételből adódó megmaradó mennyiségek mint szimmetria generátorok a Hamilton-formalizmusban. Az impulzusmomentum Poisson zárójeljeinek kapcsolata az infinitézimális forgatások algebrájával.

FMN624 Az általános relativitáselmélet alapjai*

1. A gravitáció geometrizálása Az Einstein egyenletek. Levezetésük variációs elvből. Bianchi azonosságok. Kovariáns derivált és geodetikus egyenlet. A Riemann-görbület fizikai értelmezése, mint árapály-erő (a deviációs egyenlet).
2. Gyenge tér közelítés és gravitációs hullámok A Poisson-egyenlet és az egyenesvonalú, egyenletes mozgás, mint az Einstein egyenletek és a geodetikus egyenletek gyenge tér, lassú mozgás közelítései. Gravitációs hullámok, harmonikus mérték, polarizációk. A gravitációs hullámok (a) közvetett kimutatása kettős pulzárok segítségével, (b) közvetlen kimutatása interferometrikus berendezésekkel.
3. Schwarzschild téridő Az Einstein egyenletek gömbszimmetrikus, sztatikus vákuum-megoldása, Birkhoff tétele. Eseményhorizont, Eddington-Finkelstein és Kruskal-Szekeres koordináták. Fekete-, fehér-, féreglyuk. Tömeges és tömeg nélküli részecskepályák Schwarzschild téridőben. Naprendszer-teszt: perihélium-elfordulás, fényelhajlás, radarvisszhang.

FMN514 Elektrodinamika*

1. Elektrodinamika négyes írásmódban: Négyes áramsűrűség, az elektromágneses tértenzor, a négyespotenciál, a térmennyiségek transformációs törvényei, az elektromágneses mező energia-impulzus tenzora
2. Dipólsugárzás: a potenciálok dipólusközelítésben, a térerősségek, a kisugárzott teljesítmény, a sugárzás jellemzése
3. Tetszőleges mozgó pontszerű töltés tere, a Lienard-Wiechert potenciálok, a térerősségek. Gyorsuló töltés sugárzási tere, Larmor formula, szinkrotron sugárzás

FMN625 Haladó kvantummechanika alkalmazásokkal

1. Perturbációszámítás, és alkalmazása a H atom Stark effektusára. Alap és gerjesztett állapotok.
2. A He atom stacionárius állapotainak meghatározása perturbációszámítással. A kicserélődési kölcsönhatás. A He atom alapállapota variációszámítással
3. A relativisztikus kvantummechanika elemei, Klein-Gordon egyenlet, Dirac egyenlet és következményei a H atom spektrumában

FMN725 Kvantumelektrodinamika és kvantumoptika

1. A mező kvantálása; a mező számállapotai, koherens állapotai, termikus állapotok
2. A mező préselt állapotai: definíció, előállításuk, detektálás
3. Egymódusú kvantált mező és kétnívós atom kölcsönhatása, Jaynes-Cummings modell

FMN925 Kvantumtérelmélet

1. Lagrange-formalizmus a klasszikus mezők elméletében. Variációs elv. Euler-Lagrange egyenlet. Noether-tétel. Kanonikus energia-impulzus tenzor. Klein-Gordon mező és elektromágneses mező Lagrange-sűrűsége. Euler-

Lagrange egyenlete és kanonikus energia-impulzus tenzora. Az elektromágneses mező szimmetrikus energia-impulzus tenzora.

2. Klasszikus mezők kanonikus kvantálása. Poisson zárójel és Hamilton-formalizmus a klasszikus mezők elméletében. A Klein-Gordon mező mint példa. Dirac kvantálási szabálya. A Klein-Gordon mező kanonikus kvantálása. A négyesimpulzus spektruma és annak részecske interpretációja. A szabad elektromágneses mező kanonikus kvantálása, fotonok mint a mező kvantumai.
3. Dirac egyenlet. A szabad Dirac egyenlet bevezetése. A feles spin mint az egyenlet relativisztikus invarianciájának következménye. Csatlós külső elektromágneses mezőhöz. A Dirac egyenlet nem-relativisztikus határesetét: az elektron Pauli-féle egyenlete.

FMN628 Szimmetriák a fizikában*

1. Tér-idő szimmetria csoportok. A newtoni mechanika tér-idő fogalma és a Galilei csoport. Minkowski-tér-idő. Lorentz és Poincaré csoport fogalma, szerkezetük. Az $SL(2, \mathbb{C})$ és a Lorentz csoport kapcsolata. Maxwell egyenletek Poincaré invarianciája.
2. A forgáscsoport és néhány alkalmazása. Az $SO(3)$ csoport definíciója, véges részecskecsoportjai, kristálytani pontcsoportok. Az $SU(2)$ és az $SO(3)$ csoportok kapcsolata. Feles spin csoportelméleti értelmezése. Impulzusmomentum összeadás mint $SU(2)$ ábrázolások tenzori szorzata.
3. Csoportábrázolások. Csoportábrázolás fogalma, irreducibilis és unitér ábrázolás. Véges csoport minden komplex végesdimenziós ábrázolása unitér. Unitér ábrázolások teljes rendszere. Mátrixelemek és karakterek ortogonalitási és teljességi tételei. Konkrét példa: az $S(3)$ permutációcsoport ábrázolásai. Az $S(n)$ permutációcsoport egydimenziós ábrázolásai és alkalmazásuk a kvantummechanikában.

FMN718 Válogatott fejezetek a matematikai fizikából

1. A Coulomb-Kepler probléma dinamikai szimmetriája. A klasszikus Coulomb-Kepler probléma dinamikai szimmetriája. A Kepler törvények levezetése a mozgásegyenlet megoldása nélkül. A kvantummechanikai Coulomb-Kepler probléma szimmetriája. Hidrogénatom spektrumának csoportelméleti levezetése.
2. A Hamiltoni mechanika geometriai modellje. Poisson zárójel, Hamilton rendszer, szimplektikus vektortér és szimplektikus sokaság fogalma. Lie-Poisson zárójel és kanonikus fázistér (kotangens nyaláb) mint alapvető példák. Geodetikus mozgás Riemann téren és szimmetriái.
3. Merev test mechanikájának geometriája. Egy pontjában rögzített szabad merev test Euler egyenleteinek levezetése. A mozgásegyenletek modellje Lagrange és Hamilton formalizmusban: geodetikus mozgás az $SO(3)$ csoporton. Csoportelméleti általánosítások.

Optika és lézerfizika modul

FMN712 Femto- és nemlineáris optika alapjai

1. Ultrarövid lézerimpulzusok és terjedésük anyagi közegben Ultrarövid fényimpulzusok jellemzése és megadása. Határozatlansági és határozatlansági jellegű relációk Rövid impulzusok terjedése lineáris diszperzív közegben. Formulák időben Gauss-eloszlású impulzusokra.
2. Ultrarövid lézerimpulzusok összenyomása és fókuszálása Rövid lézerimpulzusok terjedése szögdiszperzív rendszereken keresztül. Az impulzuskompresszió elve és megvalósítása. Szélessávú fényjelek fókuszálása. Optikai aberrációk és impulzusfront torzulás.
3. Nemlineáris optika alapjai A fény terjedése anizotróp közegben. Hullámegyenlet nemlineáris polarizációval. Másodharmonikus keltés, háromhullám keverés. Optikai parametrikus erősítés és oszcilláció. Rövid impulzusok önfázismodulációja és következményei. Optikai roncsolás.

FMN725 Kvantumelektrodinamika és kvantumoptika

1. A mező kvantálása; a mező számállapotai, koherens állapotai, termikus állapotok
2. A mező préselt állapotai: definíció, előállításuk, detektálás
3. Egymódusú kvantált mező és kétnívós atom kölcsönhatása, Jaynes-Cummings modell

FMN332 Lézeres anyagmegmunkálás

1. A lézeres anyagmegmunkálás termikus modellje Empirikus diagram, anyagspecifikus grafikon, normalizált nyalábteljesítmény – normalizált eltolási sebesség grafikon származtatása, kalibráció és kinetikai effektusok.
2. Atermális mechanizmusú (fotoelektromos, fotokémiai megmunkálás, anyagmegmunkálás ultrarövid impulzusokkal, fotolitográfia) és felületi hőkezeléssel járó módszerek (keményítés, deformáció, törés, felülettisztítás) bemutatása
3. A felszín megolvasztásával és elpárologtatásával járó anyagmegmunkálási folyamatok Lézeres bevonatolás, a keveréses kötés fajtái, vágás és hegesztés lézerrel.

FMN844 Optoelektronika

1. Dielektrikum hullámvezetők, optikai szálak tulajdonságai; A félvezetők tulajdonságai, LED-ek, fotodetektorok
2. A polarizáció alkalmazásai, optikai logikai áramkörök, kapcsolók

3. Optikai átviteli rendszerek felépítése, csillapítás és diszperzió vezérelt tervezés

FMN902 Sugárzáselmélet és lézerek

1. A fény–anyag kölcsönhatás: diszperzió, abszorpció; rövid impulzusok jellemzésére szolgáló mennyiségek: a specifikus intenzitás (brightness), fázis és impulzusfront, koherencia. A stacionárius és átmeneti dipólmomentum, az Einstein–féle koeficiensek és skálázódásuk, az abszorpciós és emissziós hatáskeresztmetszetek, a lézerműködés alapjai.
2. 2, 3 és 4 szintes rendszerek. Az abszorpció és az erősítés telítődése. A lézerek nemstacionárius elmélete. Rövid impulzusok erősítése átlátszó és abszorbeáló közegben.
3. A szögdiszperzió, az impulzusfront dőlés és a csoportsebesség diszperzió (GVD) kapcsolata. Haladó hullámú gerjesztés: longitudinális és transzverzális gerjesztés. A GVD kompenzálása. Pump-probe technika. Lencsék impulzusfront torzulása és kompenzációja. Az impulzusidőnek és az impulzusfront térbeli alakjának mérése. Autokorreláció.

FMN522 Bevezetés a lézerplazmák fizikájába

1. Plazmafizikai alapfogalmak, Debye-hossz, plazmafrekvencia, Debye-Hückel modell.
2. Diszperzív közegek elektrodinamikája, diszperziós relációk.
3. A plazma saját rezgései, a longitudinális és transzverzális hullámok diszperziós relációi ütközésmentes esetben.

FMN812 A femtoszekundumos lézerektől az attoszekundumos fizikáig

1. Atomok erős lézertérben (optikai ionizáció, magasrendű felharmonikusok keltése, küszöbfeletti ionizáció stb.)
2. Attoszekundumos impulzusok karakterizálása
3. Attófizikai jelenségek

FMN825 A lézer-anyag kölcsönhatás alapjai

1. 1. Optikai Bloch egyenletek, az optikai Rabi probléma
2. A lézerműködés mérlegegyenleteinek származtatása a Bloch egyenletekből. Relaxációs tagok és pumpálás.
3. Lassan változó amplitúdó közelítés a mezőre, a módusokra vonatkozó lézerküszöb. Erősítési tényező, stacionárius állóhullám megoldás.

FMN647 Nemlineáris folyamatok intenzív lézertérben

1. Nem relativisztikus és relativisztikus elektronpályák erős elektromágneses síkhullámban
2. Nem relativisztikus Volkov-állapotok, többfotonos indukált direkt és inverz fűkezési sugárzás
3. a) Többfotonos ionizáció Keldish-Faisal-Reiss féle elmélete b) magasabb rendű felharmonikus keltés attoszekundumos impulzuson

Orvosi fizika és biofizika modul

FMN627 Lézerek az orvostudományban

1. A lézersugár hatása az élő szövetre. Függése a lézer és a szövet paramétereitől, fototermikus hatások, fotokémiai hatások, fotodisztrupciós hatások.
2. A szoft-lézer terápia alkalmazása a bőrgyógyászatban. A szoft-lézeres besugárzás hatásai, pikkelysömör kezelése, epilálás, a terápia előnyei, hátrányai, korlátai.
3. A lézersebészet szemészeti alkalmazásai. Zöldhályog gyógyítása, refraktív sebészet, beavatkozások a retinán.

Számítógépes fizika modul

FMN713 Alkalmazott statisztikus fizika

1. Komplex hálózatok (példák, jellemzők, modellek és azok analízise).
2. Kooperatív viselkedés, vírus terjedése, szándékos rongálás komplex hálózatokon.
3. Pénzügyi kockázatok elmélete (Reális pénzügyi és gazdasági adatsorok elemzése, a pénzügyi kockázat objektív mérése).

FMN635 Kvantuminformatika

1. Qubitek és kvantum kapuk, összefonódás. Nemklónozhatósági tétel. Teleportáció és sűrű kódolás
2. A Shor féle algoritmus, a perióduskeresés kvantum módszere
3. A Grover féle keresési algoritmus

IBN852 Programozási ismeretek

1. Az objektum-orientált (OO) tervezés alapjai; model, nézet, UML diagramok; objektum, osztály, csomag fogalma; osztályok kapcsolatai; ezek megvalósítása Java nyelven (csomag, osztály, attribútumok, operációk, öröklődés).

2. Az OO három alappillére (egységbezárás, öröklődés, polimorfizmus), újrafelhasználhatóság OO környezetben. Ezen fogalmak megvalósítása Java nyelven (láthatóságok, statikus és dinamikus polimorfizmus, egyszeres és többszörös öröklődés, absztrakt osztályok és interface-ek).
3. Komplexitás-kezelés és a Java nyelv speciális elemei: Inicializálás (öröklődés esetén is), adattárolás, lokális változók, adattagok, primitív és objektum típusok, memóriakezelés, tömbök (rendezés), kollekciók, kivételkezelés, final és static kulcsszavak.

FMN420 Számítógépes szimulációk a fizikában

1. Közönséges differenciálegyenlet-rendszerek numerikus megoldásának modern módszerei.
2. Parciális differenciálegyenlet-rendszerek kezdetiérték-problémáinak megoldása véges differencia módszerekkel.
3. Végeselemes szimulációk: matematikai és numerikus alapok, tipikus megoldási lépések, nemlineáris és csatolt feladatok.

FMN520 Szimbolikus nyelvek alkalmazása a fizikában

1. Függvények, operátorok, szabályok. Kifejezések szimbolikus manipulálása. Paraméterek megszorítása.
2. Lináris algebra, egyenletek, egyenletrendszerek szimbolikus megoldása.
3. Szimbolikus differenciálás és integrálás, differenciálegyenletek szimbolikus megoldása.

IFMN640 Virtuális mérés technika

1. A LabVIEW programozás alapjai. Vezérlők, kijelzők, adattípusok, numerikus műveletek, programvezérlés.
2. A csillapodó rezgés differenciálegyenletének megoldása Euler-módszerrel LabVIEW környezetben.
3. Szöveges és bináris adatfájlok írása és olvasása. Kommunikáció soros porton, TCP/IP porton.

FMN413 Statisztikai vizsgálatok a fizikában (2012-ig)

1. Adatbányászat, kiválasztási térfogat, tisztaság, teljesség. Becslések, momentumok. Becslések jellemzői, különböző eloszlások optimális becslései.
2. A modell illesztés feladata, a modell jellemzői. Legkisebb négyzetek, maximum likelihood és Bayes módszerek.
3. Bootstrap alkalmazásai becslésekben és modell illesztésekben.

Módosítás 2013.05.25.

Az alább felsorolt – modulokban szereplő – tárgyakhoz nincs tétel megadva, így ezek a tárgyak nem választhatók ki a B tételekhez:

FMN516 Digitális áramkörök tervezése

FMN836 Elektronikus eszközök fizikája

FMN559 Környezetfizikai mérések

FMNxxx Fotoakusztika alapjai

FMN512 Alkalmazott optika

FMN602 Fizikai optika

FMN636 Nanotechnológia alkalmazásai

FMN822 Femtoszekundumos optika MathCad-del

FMN849 Optika és lézerfizika lab. gyakorlatok 1.

FMN859 Lézerfizikai laboratóriumi gyakorlatok 1.

FMN869 Lézerfizikai laboratóriumi gyakorlatok 2.

FMN842 Optikai rendszerek tervezése

FMN779 Biofizikai laboratóriumi gyakorlatok

FMN634 Bioelektronika

FMN657 Bioenergetika

FMN747 Molekuláris biofizika