

A FIZIKAI TUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA KÉPZÉSI PROGRAMJÁNAK TÁRGYCSOPORTJAI ÉS A TÁRGYAK TEMATIKÁJA

Szilárdtestfizika tárgycsoport

Modern szilárdtestfizika (3/2/0/v/7)
Mágnesség elmélete I (2/1/0/v/5)
Mágnesség elmélete II (2/0/0/v/3)
Kölcsönható spinrendszerek valós anyagokban (2/0/0/v/3)
Csoportelmélet a szilárdtest-kutatásban (2/0/0/v/3)
Szupravezetés (2/0/0/v/3)
Félvezetők fizikája (2/0/0/3)
Mágneses rezonancia (2/1/0/v/5)
Optikai spektroszkópia az anyagtudományban (3/0/0/v/5)
Szilárdtestek elektronszerkezete (2/1/0/v/5)
Topológikus szigetelők (2/0/0/v/3)

Nanofizika/Nanotechnológia tárgycsoport

A nanofizika alapjai (3/0/0/v/5)
Nanotechnológia és anyagtudomány (3/0/0/v/5)
Transzport komplex nanoszerkezetekben (2/0/0/v/3)
Elméleti nanofizika (2/1/0/v/5)
Korszerű félvezető eszközök (2/0/0/v/3)
Atomi szintű számítógépes szimuláció szilárdtestekben (1/0/1/f/3)
Kémiai módszerek a nanotechnológiában (2/0/0/v/3)
Nanotechnológia laboratórium (0/0/3/f/4)
Trendek a nanotechnológiában (2/0/0/f/2)
Kvantumszámítógép-architektúrák (2/0/0/v/3)

Kvantumrendszerek fizikája tárgycsoport

Soktestprobléma I (3/1/0/v/6)
Soktestprobléma II (2/1/0/v/4)
Részecskefizika (2/1/0/v/5)
Kvantumtérelmélet (3/2/0/v/7)
Egydimenziós rendszerek fizikája (2/0/0/v/3)
Haladó kvantumtérelmélet (2/1/0/v/4)
Kvantumoptika (2/1/0/v/5)
Kvantumösszefonódás (2/0/0/v/3)
Kvantumrendszerek koherens kontrollja (2/0/0/v/3)

Statisztikus fizika tárgycsoport

Statisztikus fizika II (2/1/0/v/5)
Fázisátalakulások (2/1/0/v/5)
Rendezetlen rendszerek fizikája (2/1/0/v/4)
Statisztikus térelmélet (2/1/0/v/4)
Dinamikai rendszerek (3/1/0/v/5)
Evolúciós játékelmélet (2/0/0/v/3)
Komplex hálózatok (2/0/0/v/3)
Mesterséges intelligencia az adattudományban (1/2/0/v/5)
Véletlen mátrix elmélet és fizikai alkalmazásai (2/0/0/v/3)

Optika tárgycsoport

Fizikai optika (2/1/0/v/5)
Lézerfizika (2/0/0/v/3)
Optoelektronikai eszközök (2/0/0/v/3)
Optikai anyagok és technológiák (3/0/0/v/5)
Optikai jelfeldolgozás és adattárolás (2/0/0/v/3)
Optikai mérés technika (2/0/0/v/3)
Optikai tervezés (2/2/0/v/6)
Fényforrások (2/0/0/v/3)
ELI előkészítő laboratórium (0/0/4/f/4)
Lézerek és lézerrendszerek tervezése és építése (2/0/0/f/3)
Infravörös és Raman spektroszkópia (2/2/0/v/6)
A fotonika alapjai (2/1/0/v/5)
Kvantumoptika (2/1/0/v/5)
Lézerek ipari és biológiai alkalmazásai (2/0/0/v/3)
Nemlineáris optika alapjai és alkalmazásai (2/0/0/v/3)

Anyagtudomány tárgycsoport

Elektron- és ionoptikák (2/0/0/v/3)
Szilárdtestek elektromos és optikai tulajdonságai (2/0/0/v/3)
Vákuumfizika és -technika (2/0/0/v/3)
Anyagtudomány Laboratórium (0/0/3/f/4)
A felületfizika alapjai (2/0/0/f/3)
Felületfizika és vékonyrétegek (2/0/0/f/3)
Az anyagtudomány alapjai és alkalmazásai (2/0/0/v/3)
Fizikai anyagtudomány (2/0/0/f/3)
Mikro- és nanotechnológiák (2/0/0/f/3)
Trendek az anyagtudományban (1/0/0/v/2)
Spektroszkópia és anyagszerkezet (2/0/0/v/3)

Nukleáris technika tárgycsoport

Atomenergetikai alapismeretek (3/2/0/f/5)
Atomerőművek (3/1/0/v/5)
Atomerőművi anyagvizsgálatok (2/0/0/v/3)
Atomerőművi kémia (2/1/0/f/4)
Atomreaktorok üzemtana (2/2/0/f/5)
Radioanalitika (3/0/2/f/6)
Nukleáris üzemanyagciklus (2/1/0/f/4)
A nukleáris leszerelés kérdései (2/0/0/v/3)
Atomenergia és fenntartható fejlődés (2/0/0/f/3)
Bevezetés a fúziós plazmafizikába (2/0/0/v/2)
Fúziós nagyberendezések (2/0/0/v/3)
Ütközéses transzport mágnesezett plazmában (1/2/0/f/4)
Reaktorszabályozás és műszerezés (2/1/0/v/4)
Sugárvédelem II (2/0/2/v/5)
Neutron- és gammatranszport számítási módszerek (2/1/0/f/4)
Atomerőművi szimulációs gyakorlatok (0/0/2/f/3)
Radioaktív anyagok terjedése környezeti és biológiai rendszerekben (2/1/0/v/3)
Radioaktív hulladékok (1/0/1/v/2)
Reaktorfizika (3/1/0/v/5)

Orvosi fizika tárgycsoport

- Sugárbiológia (2/1/0/v/4)
- Sugárterápia fizikai alapjai (2/0/2/v/5)
- Sugárterápia II (2/0/0/v/3)
- Brachyterápia (2/0/0/v/3)
- Minőségbiztosítás és jogi szabályozás (2/0/1/v/4)
- Sugárvédelem az orvosi fizikában (3/0/1/v/5)
- Mágneses rezonancia és klinikai alkalmazása (2/0/0/v/3)
- Nukleáris medicina (2/0/1/v/4)
- Orvosi képalkotás (3/1/0/v/4)
- Röntgendiagnosztika fizikai alapjai (2/1/0/v/4)
- Ultrahang diagnosztika (2/0/0/v/2)
- Méréstechnika a sugárterápiában (2/0/0/v/2)

TEMATIKÁK

SZILÁRDTESTFIZIKA TÁRGYCSOPORT

Modern szilárdtestfizika (3/2/0/v/7)

Tárgyfelelős: Virosztek Attila

A tantárgy a Fizika alapképzési (BSC) szakon megszerezhető szilárdtestfizika és statisztikus fizika ismeretekre építve a kölcsönható többrészecske rendszerek (elsősorban elektronrendszerek) leírását mutatja be a következő témakörök tárgyalásával: azonos részecskék, másodkvantálás, kölcsönható elektronrendszer Bloch- és Wannier-bázison, fémek ferromágnessége, lineáris válasz elmélet, fémek szuszceptibilitása, spinsűrűség-hullámok, Bose-folyadék.

Irodalom: L. D. Landau és E. M. Lifšic: Elméleti fizika III., Nemrelativisztikus kvantummechanika (Tankönyvkiadó, Budapest, 1978), A. A. Abrikosov, L. P. Gorkov and I. E. Dzyaloshinski: Methods of quantum field theory in statistical physics (Dover, New York, 1975), Sólyom Jenő: A modern szilárdtestfizika alapjai III., Kölcsönhatás az elektronok között (ELTE Eötvös Kiadó, 2003).

Mágnesség elmélete (2/1/0/v/5)

Tárgyfelelős: Virosztek Attila

A mágneses jelenségek mint elektron korrelációs effektusok kerülnek bemutatásra. A tárgy erősen épít arra a tudásra, melyet a "Modern szilárdtestfizika" tárgy sikeres teljesítésével lehet megszerezni. A következő témakörök kerülnek tárgyalásra: Landau nívók mágneses térben, kiterjedt elektronállapotok mágnessége, atomok és ionok mágnessége, magnetit, direkt kicserélődés, mozgási kicserélődés, Mott átmenet, Mott szigetelők, a mágneses rendeződés átlagtér elmélete, a ferromágneses Heisenberg modell, az antiferromágneses Heisenberg modell.

Irodalom: Patrik Fazekas: Lecture notes on electron correlation and magnetism (World Scientific, Singapore, 1999).

Mágnesség elmélete II (2/0/0/v/3)

Tárgyfelelős: Virosztek Attila

A tárgy első részének alapfogalmait és eredményeit ismertnek tételezzük fel. A következő témakörök kerülnek tárgyalásra: spontán szimmetriasértés a Heisenberg modellben, kristálytér elmélet, szimmetriák és degenerációk, átmenetifém atomok köbös kristálytérben, további szimmetriák és szimmetriasértések, itineráns ferromágnesség, korrelált fémek, nehézfermionok.

Irodalom: Patrik Fazekas: Lecture notes on electron correlation and magnetism (World Scientific, Singapore, 1999).

Kölcsönható spin rendszerek valós anyagokban (2/0/0/v/3)

Tárgyfelelős: Penc Karlo

A tantárgy célja Mott-szigetelők mágneses tulajdonságainak megértése nemcsak elméleti szinten, hanem kísérleti vonatkozásban is, építve a "Mágnesség elmélete II" tantárgyban elhangzottakra (de függetlenül is felvehető). Tematika: Különböző kicserélődések eredete anyagokban. Neutronszórás és optikai spektrumok. $S=1/2$ és $S=1$ spin-láncok gerjesztéseinek összehasonlítása, AKLT hullámfüggvény. Spin-létrák mágneses térben. Spin-hullámok LaCu_2O_4 -ben és más antiferromágnesekben, az elméleti számolások és kísérleti mérések összehasonlítása. Mágneszettségi platók $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ -ban és más frusztrált rendszerekben, a kvantum-fluktuációk és a rácstorzulások szerepe. Az alapállapotú degeneráció tárgyalása spin jégben, mágneses monopolusok. Nematikus és multipoláris rendeződés frusztrált rendszerekben. Magnetoelektromos kölcsönhatás multiferroikus anyagokban. A Kitaev modell megvalósulása irídium oxidokban, az erős spin-pálya csatolás szerepe. Topologikus mágneses gerjesztések.

Irodalom: válogatott összefoglaló cikkek

Csoportelmélet a szilárdtest-kutatásban (2/0/0/v/3)

Tárgyfelelős: Kriza György

Alapismeretek: szimmetria pontcsoportok, véges csoportokra vonatkozó fontosabb tételek, reprezentációk, karaktertáblák. Rezgési spektroszkópia: kiválasztási szabályok, direktszorzat-reprezentációk, faktorcsoport. Elektronátmenetek: kristálytér-felhasadás, $SO(3)$ és $SU(2)$ csoportok, korrelációs diagramok, kristály kettőscsoportok. Kristályrácsok szimmetriája: tércsoportok, krisztallográfiai nomenklátúra, *International Tables of Crystallography*. Elektronállapotok kristályokban: tércsoport ábrázolásai, kompatibilitási szabályok.

Irodalom: G. Burns, Introduction of Group Theory with Applications, (Academic Press, New York, 1977). Wigner Jenő: Csoportelméleti módszer a kvantummechanikában (Akadémia Kiadó, Budapest, 1979).

Szupravezetés (2/0/0/v/3)

Tárgyfelelős: Kriza György

Szupravezetők fenomenologikus leírása. Meissner-effektus, London-egyenletek, szupravezetők elektrodinamikája. Bardeen-Cooper-Schrieffer-elmélet: alapállapot, termodinamika és transzporttulajdonságok. Ginzburg-Landau-elmélet: szabadenergia, GL-egyenletek és megoldásuk, Abrikoszov-örvények, másodfajú szupravezetők mágneses tulajdonságai. Josephson-effektus és alkalmazásai. Magashőmérsékleti szupravezetők. A tárgy követéséhez szükséges előismeretek elsajátíthatók a *Modern szilárdtest-fizika* előadásban.

Irodalom: Michael Tinkham, Introduction to Superconductivity: Second Edition (Dover Books on Physics, 2004), L. D. Landau – E. M. Lifsic: Elméleti fizika IX., Statisztikus mechanika II. (Tankönyvkiadó, Budapest, 1981), Sólyom Jenő: A modern szilárdtestfizika alapjai III., Kölcsönhatás az elektronok között (ELTE Eötvös Kiadó, 2002-2003).

Félvezetők fizikája(2/0/0/v/3)

Tárgyfelelős: Simon Ferenc

Bevezetés: a félvezető fizika jelentősége, modern alkalmazások, az elektronika határai.

Töltéshordozók félvezetőkben: sávszerkezet, envelope function, rácshibák, szennyező atomok, lokalizált állapotok, sekély nívók, mély nívók. Félvezetők sávszerkezete: spin-pálya kölcsönhatás, kp közelítés. Transzportjelenségek hőmérsékleti egyensúlyban: kváziklasszikus dinamika, Boltzmann-egyenlet, vezetőképesség, Hall-effektus, mágneses ellenállás, termoelektromos és termomágneses jelenségek. Diffúziós jelenségek félvezetőkben: inhomogén félvezetők, diffúzió, Einstein-reláció, vezetési jelenségek, Gunn-dióda. p-n átmenet, Zener-dióda, alagútdióda, bipoláris tranzisztorok, JFET. Félvezetők előállítás és minősítése: hagyományos és epitaxiális növesztési eljárások, minősítő technikák, rácshillesztés, band-engineering, heteroszerkezetek, szuperrácsok, nagy mobilitású kétdimenziós elektrongáz és nagyfrekvenciás alkalmazásai, félvezető nanostruktúrák előállítása. A tér-effektus és alkalmazásai: felületi állapotsűrűség, távoli dópolás, Schottky-gát, Schottky-dióda, Ohmikus kontaktusok, MOS-szerkezetek, High-k dielektrikumok, flash memóriák, napelemek, CCD eszközök, a CMOS technológia alapjai. Félvezetők optikai tulajdonságai: kölcsönhatások fénnel, fotovezetés, szabad töltéshordozók abszorpciója, rekombinációs mechanizmusok, világító dióda (LED) és félvezető lézerek elve, felépítése, működése és alkalmazásai.

Irodalom: Yu and Cardona: Fundamentals of Semiconductors, Springer, 2010, Graduate Texts in Physics Series

Mágneses rezonancia (2/1/0/v/5)

Tárgyfelelős: Fehér Títusz

A BSC szakon megszerezhető elektrodinamika és kvantummechanikai ismeretekre építve a fizika-, kémia-, és orvostudományok egyik legfontosabb vizsgálati módszerét mutatja be, számos példával a modern kondenzált anyagkutatás területéről. Témakörök: elektron és magrezonancia kísérleti alapjai, Bloch egyenletek, dipól-dipól kölcsönhatás, mozgási keskenyedés, kristályterek és finomfelhasadás, hiperfinom felhasadás, kémiai eltolódás, mágneses rezonancia fémekben, szupravezetőkben, mágnesesen rendezett anyagokban. A mágneses rezonanciás képalkotás (MRI) alapjai.

Irodalom: C. P. Slichter Principles of Magnetic Resonance (Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 1992).

Optikai spektroszkópia az anyagtudományban (3/0/0/v/5)

Tárgyfelelős: Bordács Sándor

Elektromágneses hullámok vákuumban és izotróp közegekben; komplex dielektromos állandó, határfelületek, reflektivitás és transzmisszió. Optikai vezetőképesség dipólus közelítésben; lineáris válasz elmélet, Kramers-Kronig reláció, összegszabályok. Fémek, szigetelők egyszerű optikai modelljei; Drude modell, Lorentz oszcillátor. Optikai fononok, elektron-fonon kölcsönhatás. Optikai spektrométerek: monokromatikus és Fourier transzformációs spektrométerek. Kölcsönható elektronrendszerek optikai vizsgálata: exciton gerjesztések, fém-szigetelő átalakulás, szupravezetők. Mágneses-optika: módszerek és alkalmazások.

Irodalom: "Solid State Spectroscopy" H. Kuzmany (Springer, 1998)

"Solid State Physics: Problems and Solutions" L. Mihály and M.C. Martin (Wiley, 1996)

"Magneto-optics", S. Sugano and N. Kojima (Springer, 1999).

Szilárdtestek elektronszerkezete (2/1/0/v/5)

Tárgyfelelős: Szunyogh László

A tantárgy a kvantummechanika és szilárdtestfizika ismeretekre építkezve a modern szilárdtestfizikai elektronszerkezeti eljárások elméleti alapjainak és módszertanának megismertetését tűzi ki célul. Kiemelt témakörök: A statikus sűrűségfüggvény elmélet alapjai. Variációs és pszeudopotenciál módszerek. Korrelált elektronrendszerek ab initio leírására alkalmas módszerek (LDA+U, önkölcsönhatás korrekció, dinamikus átlagtér elmélet). Pontcsoport és időtükrözési szimmetriák az elektronszerkezetben. Felületi állapotok, a Bychkov-Rashba effektus. Ötvözetek leírása, a koherens potenciál közelítés. Fémes (itineráns) mágnesség ab initio elmélete, rendezetlen lokális momentumok módszere.

Irodalom: Sólyom Jenő: A Modern Szilárdtestfizika alapjai II., Elektronok a szilárd testekben (ELTE Eötvös Kiadó, 2003)

Topológikus szigetelők (2/0/0/v/3)

Tárgyfelelős: Pályi András

Az elmúlt évtized egyik meglepetése, hogy az elektromos vezetés kölcsönhatásmentes sávelemélete is tud még valami alapvetően újjal szolgálni. A topológikus szigetelők olyan elektronikusan szigetelő, kristályos anyagok, amelyek felszínén vezető – esetenként tökéletesen vezető – felületi állapotok alakulnak ki. A tantárgy keretében egyszerű példákon keresztül bemutatjuk a sáveleméletben lényeges szerephez jutó topológikus invariánsokat, elméleti módszereket adunk azok kiszámítására, és bemutatjuk, hogy miként védi meg a topológia a felületi állapotokat bizonyos perturbációktól. Betekintést adunk a topológikus szigetelők általános elméletébe és áttekintünk néhány kapcsolódó kísérleti elrendezést és eredményt.

Irodalom: J. K. Asbóth, L. Oroszlány, A. Pályi, A Short Course on Topological Insulators, Springer Lecture Notes in Physics, 919 (2016).

NANOFIZIKA/NANOTECHNOLÓGIA TÁRGYCSOPORT

A nanofizika alapjai (3/0/0/v/5)

Tárgyfelelős: Halbritter András

A mindennapjainkban használt elektronikai eszközök építőkövei már súrolják a nanométeres mérethatárt, és a további miniatürizálás újszerű technológiák bevezetését igényli. Azonban a nanométeres méretskálán az elektronok koherens viselkedése és kölcsönhatása, ill. az anyag atomi kvantáltsága számos újszerű, a makroszkópikus skálán ismeretlen jelenséget eredményez. A kurzus ezen jelenségkörökbe kíván bepillantást nyújtani elsősorban kísérleti eredmények bemutatásán és szemléletes megértésén keresztül, az alábbi témakörökre koncentrálva: Karakterisztikus méretskálák a nanofizikában. A kvantum transzport alapjai, vezetőképesség-kvantálás. Koherens és inkoherens transzport, interferencia-jelenségek nanoszerkezetekben. Mezoszkópikus jelenségek atomi és molekuláris nanoszerkezetekben. Kvantált Hall jelenség. Zajjelenségek nanoszerkezetekben. Grafén nanoszerkezetek és kétdimenziós heterostrukturák. Kvantumpöttyök.

Irodalom:

S. Datta: *Electronic Transport in Mesoscopic Systems*, Cambridge University Press, 1997.

T. Ihn: *Semiconducting nanostructures*, Oxford University Press, 2010.

Y.V. Nazarov, Y.M. Blanter: *Quantum Transport: Introduction to Nanoscience*, Cambridge University Press, 2009.

Nanotechnológia és anyagtudomány (3/0/0/v/5)

Tárgyfelelős: Csonka Szabolcs

A tárgy a nanotechnológia és anyagtudomány terén a legfotósabb trendeket, gyártástechnológiákat és anyagvizsgálati módszereket ismerteti korszerű kutatási és fejlesztési eredmények példáin keresztül. Tematika: Újszerű koncepciók és modern anyagsaládok alkalmazása a nanotechnológiában. Az anyag mikroszkópikus feltérképezése nanométeres skálán: pásztázó szondás módszerek, elektronmikroszkópia. Nanoszerkezetek gyártása "top-down" módszerekkel: foto- és elektronsugár-litográfia, rétegleválasztási és speciális megmunkálási módszerek. Nanoszerkezetek gyártása "bottom-up" módszerekkel: önszerveződő nanoszerkezetek. Félvezető technológia, új koncepciók az informatikában. Az anyag elektromos és rezgési tulajdonságainak vizsgálata optikai spektroszkópiai módszerekkel. Felületanalitikai módszerek.

Irodalom:

Douglas Natelson: *Nanostructures and Nanotechnology*,

Stuart Lindsay: *Introduction to Nanoscience*,

Springer Handbook of Nanotechnology

Transzport komplex nanoszerkezetekben (2/0/0/v/3)

Tárgyfelelős: Makk Péter

A tárgy különböző hibrid nanoszerkezetekben lezajló komplex fizikai folyamatokat tekint át elsősorban a szupravezető nanoszerkezetek és a spintronika alábbi területeire koncentrálva:

Bevezetés a mezoszkópikus szupravezetésbe. Andrejev-reflexió, BTK elmélet, mezoszkópikus proximity jelenségek. Többszörös Andrejev-visszaverődések. A Josephson effektus alkalmazásai. Andrejev kötött állapotok és az áram-fázis reláció vizsgálata. Andrejev kvantum bitek. Szupravezető szigetek, Andrejev-állapotok szupravezető kvantum pöttyökben. Majorana fermionok.

A spintronika alapjai. Mágneszettség mérések modern módszerei: mágneses erő mikroszkópia, pásztázó NV centrumok, XMCD, stb. Mágnesellenállás-jelenségek (AMR, GMR, TMR). Spininjektálás, nemlokális mérések. Félvezető spintronika, Rashba effektus, spinrelaxáció, gyenge antilokalizáció. Spintronika kvantumpöttyökben. Optikai spininjektálás, elektron spin rezonancia. Spin Hall jelenségek. Exotikus spinstrukturák, multiferroikus anyagok, skyrmionok. Antiferromágneses spintronika. Spinnyomaték, spinpumpálás.

Irodalom: válogatott összefoglaló cikkek/selected review articles

Elméleti nanofizika (2/1/0/v/5)

Tárgyfelelős: Zaránd Gergely

A mezoszkópikus és nano-rendszerek a modern szilárdtestfizika egyik legintenzívebben tanulmányozott területét képviselik: A litográfiai eljárások eredményeképp olyan félvezető eszközöket és fémcsémákat tudnak építeni, melyekben az elektronok koherensen mozognak. Molekulákat és szemcséket tudnak kontaktálni, és mikrorezonátorokba helyezni. A tárgy az ilyen eszközök leírásával és a fellépő új jelenségekkel foglalkozik. Apró szemcsék leírása (Coulomb kölcsönhatás, koherencia, egyrészesecske szintek). A véletlen mátrix elmélet alapjai (szinttasztítás, univerzalitási osztályok). Coulomb blokádnak és spektroszkópia (mester egyenletek, co-tunneling, Kondo effektus), - Pont kontaktusok vezetőképessége és kvantum-zaja, - Na- nocsövek, él-állapotok, - Molekuláris transzport, - Szupravezető szemcsék, Josephson-átmenetek és kvantum-bitok, - Kvantum spin manipuláció. A hallgatók a félév során kiadott problémásorozatokat is megoldanak oktatói segédlettel.

Irodalom:

Supriyo Datta, Lessons from Nanoscience: A New Perspective on Transport, World Scientific, 2012;
E. Akkermans, G. Montambaux, J.-L. Pichard, and J. Zinn-Justin: Mesoscopic Quantum Physics, North Holland, 1996

Korszerű félvezető eszközök (2/0/0/v/3)

Tárgyfelelős: Volk János

A tárgy a modern információs technológiák hardver építőelemeit mutatja be a hagyományos félvezető eszközöktől a legkorszerűbb technológiáig és készülékekig. Tematika: A félvezető eszközök és a félvezető ipar története. Korszerű szilícium technológiák a kristálynövesztéstől a mikromegmunkálási és nanofabrikálási módszerekig. Szilícium eszközök a hagyományos MOS FET-ektől a trigate tranzisztorokig és CCD szenzorokig. Memóriaeszközök (SRAM, DRAM, Flash). Si napelemek. Vegyület-félvezetők, „band engineering”, kétdimenziós elektrongáz-rendszerek, kvantumvölgyek, fénykibocsátó- és lézerdiódák, nagy elektronmobilitású tranzisztorok, GaN technológia. Organikus félvezetők: polimer napelemek, OLED eszközök, nyomtatható elektronika. Perovszkit napelemek. Szenzorok és mozgatók: mikroelektromechanikai rendszerek, fizikai, kémiai és biológiai szenzorok, mozgatók, robotikus alkalmazások, biointerfészek, mesterséges tapintás és szaglás. Újfajta eszközök és technológiák az informatikában: spintronikai eszközök és rezisztív kapcsoló memóriák. Újfajta számítási architektúrák: neuromorfikus számítástechnika, számítás a memóriában, mesterséges neurális hálózatok hardver szintű megvalósítása.

Irodalom:

Simon M. Sze, Kwok K. Ng: Physics of Semiconductor Devices
Rainer Waser: Nanoelectronics and Information Technology: Advanced Electronic Materials and Novel Devices.

Atomi szintű számítógépes szimuláció szilárdtestekben (1/0/1/f/3)

Tárgyfelelős: Gali Ádám

A tárgy áttekinti a szilárdtestek atomi szintű számítógépes szimulációs módszereit az alábbi témák szerint: Bevezetés a lehetséges alkalmazásokba. Molekulák és tökéletes kristályok geometriája. A szilárdtestek különböző modelljei. Az atommagok és az elektronok szétválasztása: Born-Oppenheimer közelítés, pszeudopotenciálok, projektorok. Tipikus bázisfüggvények és tulajdonságaik: síkhullámok, lokalizált bázistípusok. Hartree-Fock elmélet, azon alapuló módszerek. Félempirikus számítási módszerek. Sűrűségfüggvény-elmélet: Hohenberg-Kohn, Kohn-Sham tételek, az elmélet (fél)lokális közelítései. A DFT-n alapuló szoros-kötés számítási módszer. Hibridfüggvény-elmélet. Időfüggő sűrűségfüggvény-elmélet, sokrészesecske perturbációs módszerek. Az elméleti alapok áttekintése mellett a hallgatók számítógépes laborgyakorlat keretében a fenti módszerek gyakorlati alkalmazását is elsajátítják.

Irodalom: Gali Ádám: Atomi szintű számítógépes szimuláció szilárdtestekben: elmélet és gyakorlat I.

Kémiai módszerek a nanotechnológiában (2/0/0/v/3)

Tárgyfelelős: Lagzi István László

A kurzus betekintés nyújt a kémiai módszerek alkalmazásába a nanotechnológiában és a anyagtudományban. Áttekintjük azokat a mérési technikákat, amelyekkel nanorészecskéket lehet vizsgálni: transzmissziós elektronmikroszkópia (TEM), pásztázó elektronmikroszkópia (SEM) és dinamikus fényszórás (DLS). A nanorészecskék szintézise: kémiai, fizikai és biológiai módszerek. A nanorészecskék kémiai stabilizálása. Nanorészecskék tisztítása és alak szerinti szétválasztása. Nanorészecskék stabilizálása. Részecskék közötti kölcsönhatások áttekintése. Nanostruktúrált anyagok tulajdonságai és csoportosításuk. Nanorészecskék felhasználása a kémiában és az orvostudományban (szabályozott és célzott hatóanyag leadás, tumorellenes szerek, nanorészecskék felhasználása az orvosi diagnosztikában és képalkotásban).

Irodalom:

Nanoseparations: strategies for size and/or shape-selective purification of nanoparticles, B Kowalczyk, I Lagzi, BA Grzybowski, Current Opinion in Colloid & Interface Science 16 (2), 135-148

A DNA-based method for rationally assembling nanoparticles into macroscopic materials, CA Mirkin, RL Letsinger, RC Mucic, JJ Storhoff, Nature 382 (6592), 607

Scanometric DNA array detection with nanoparticle probes, TA Taton, CA Mirkin, RL Letsinger, Science 289 (5485), 1757-1760

Nanotechnológia laboratórium (0/0/3/f/4)

Tárgyfelelős: Krafcsik Olga

A tárgy célja a nanotechnológia területén használt előállítási technológiák és vizsgálati módszerek elvi és gyakorlati szintű, az alkalmazási lehetőségekre is kiterjedő megismerése. A hallgatók egy egy miniprojekt keretében csatlakoznak egy technológiai laboratóriumi gyakorlathoz. A projektek nanoszerkezetek előállításából (pl. nanoáramkör gyártása elektronsugár-litográfiával), illetve az előállított nanoszerkezet mikroszkópiai vizsgálatából (pl. pásztázó elektronmikroszkópia, atomerőmikroszkópia, Raman mikroszkópia, stb) tevődnek össze. A hallgatók a témavezetővel konzultálva előzetes projekttervet készítenek, a félév során önállóan dolgoznak a projekten, és az eredményekről egy félévközi előrehaladási jelentés, majd egy projektjelentés keretében számolnak be.

Trendek a nanotechnológiában

Tárgyfelelős: Csonka Szabolcs

A tárgy a nanotechnológia legújabb eredményeibe, és a nanotechnológiában használt legmodernebb mérés- és gyártástechnikákba nyújt betekintést meghívott szakértők előadásai alapján. Tervezett témakörök: mikro- és nanomechanikai rendszerek; pásztázó szondás mérés technikák; félvezető nanoszerkezetek; nanobioszenzorika; nanoinformatika, stb.

Kvantumszámítógép-architektúrák (2/0/0/v/3)

Tárgyfelelős: Pályi András

Kvantumbitek alapjai: dinamika, mérés, műveletek, áramkörök, algoritmusok. Kvantumrendszerek vezérlése: modell-Hamilton-operátoroktól a logikai műveletekig. Elektronspin-alapú kvantumbitek. Elektronspin koherens vezérlése és kiolvasása. Elektronspin információvesztési mechanizmusai. Bevezetés a szupravezetésbe, Josephson-effektus. Szupravezető kvantumbitek vezérlése és kiolvasása.

Szupravezető kvantumbitek információvesztési mechanizmusai. Áramkörök kvantum-elektrodinamikája. Összefonódás szupravezető kvantumbitekben. Többkvantumbites eszközök. Aktuális kutatási irányok áttekintése.

KVANTUMRENDSZEREK FIZIKÁJA TÁRGYCSOPORT

Statisztikus fizika 2 (2/1/0/v/5)

Tárgyfelelős: Zaránd Gergely

Kritikus jelenségek: skálázás és kritikus kitevők, a renormálási csoport alapjai, korrelációs függvények és a Ginzburg-kritérium. Időfüggő korrelációk: egyensúlyi korrelációk, klasszikus fluktuációk, Onsager-reláció. A sűrűségoperátor, Neumann-egyenlet, entrópia. Kubo-formula, fluktuáció–disszipáció tétel.

Nemegyensúlyi dinamika: Brown-mozgás, diffúzió, Langevin-egyenlet, Fokker–Planck-egyenlet. Mester-egyenlet, H-tétel, a maximális entrópia elve. Részletes egyensúly és Monte-Carlo-szimulációk. Szimulált hűtés. Kölcsönható kvantumrendszerek: szuperfolyékonyság, Gross–Pitaevskii-egyenlet, kvantumgázok.

Választható téma: magas hőmérsékletű sorfejtés, Fermi-folyadék-elmélet.

Irodalom:

Kertész János, Zaránd Gergely, Deák András: Statisztikus Fizika jegyzet

David Chandler: Introduction to Modern Statistical Physics

Soktestprobléma (3/1/0/v/6)

Tárgyfelelős: Dóra Balázs

Második kvantálás, a Green-függvények definíciója és kapcsolatuk fizikai mennyiségekkel. Heisenberg-Schrödinger- és kölcsönhatási kép. Perturbációs számítás, diagrammatika (Wick-tétel, Feynman-diagramok), összegzések (önenergia, csúcspont-függvény, vázdiagramok), mozgásegyenlet-módszer. A sűrű, kölcsönható elektrongáz alapállapot energiája. Friedel-oszcillációk egy töltött szennyező körül. Anderson ortogonalitási katasztrófája és a Fermi-perem szingularitása. RKKY-kölcsönhatás lokalizált mágneses momentumok között. Kétdimenziós antiferromágnesek középmező-elmélete.

Irodalom:

G.D. Mahan: Many-Particle Physics (Plenum Press, New York and London, 1981); A.A. Abrikosov, L.P. Gorkov and I. Dzialoshinskii: Methods of Quantum Field Theory in Statistical Mechanics (1963)

Soktestprobléma 2 (2/1/0/v/4)

Tárgyfelelős: Dóra Balázs

Képzetes idő formalizmus, Matsubara-frekvenciák. Véges hőmérsékletű Green-függvények. Diagrammatikai szabályok, önenergia, Dyson-egyenlet. Fizikai mennyiségek kifejezése Green-függvények segítségével. Lehmann-reprezentáció, lineáris válaszelmélet. A véges hőmérsékletű kölcsönható elektrongáz tárgyalása, árnyékolás, gyűrűdiagramok, a kölcsönhatás korrekciója az elektrongáz állapotegyenletéhez. Szupravezetés véges hőmérsékleten középmező-elméletben, normális és anomális Green-függvények. Gap-egyenlet és annak megoldása $T = 0$ -nál és az átmeneti hőmérséklet közelében, állapot-sűrűség, spektrális függvény.

Irodalom:

G.D. Mahan: Many-Particle Physics (Plenum Press, New York and London, 1981)

A.A. Abrikosov, L.P. Gorkov and I. Dzialoshinskii: Methods of Quantum Field Theory in Statistical Mechanics (1963)

Részecskefizika (2/1/0/v/5)

Tárgyfelelős: Takács Gábor

A természetben előforduló skálák áttekintése. Speciális relativitáselmélet. A részecskék osztályozása. Klein–Gordon- és Dirac-egyenlet. Bevezetés a gyenge kölcsönhatásokba. Béta-bomlás, neutrínó. Paritás- és CP-sértés. CPT-szimmetria. Bevezetés az erős kölcsönhatásokba. Izospin, furcsaság. Az SU(3) kvarkmodell. Relativisztikus térelmélet, kanonikus formalizmus, Noether-tétel. A kvantumtérelmélet alapelvei. Feynman-szabályok. Gyenge kölcsönhatások: töltött áramok, FCNC és a GIM-mechanizmus. Ízkeveredés. Neutrínóoszillációk. Nem-abeli mértékelméletek. A kvantumszindinamika alapjai. Spontán szimmetriasértés, Goldstone-tétel. Higgs-mechanizmus. Elektroszlalos egyesítés. A Standard Modell. A Higgs-bozon. A részecskefizika legújabb fejleményeinek és nyitott problémáinak áttekintése.

Irodalom: David Griffiths: Introduction to Elementary Particles (Wiley-VCH); electronic lecture notes.

Kvantumtérelmélet (3/2/0/v/7)

Tárgyfelelős: Takács Gábor

Kanonikus kvantálás. Kvantált Klein–Gordon- és Dirac-mezők. A spin–statisztika tétel. Kölcsönható mezők. CPT-tétel. Szóráselmélet és az S-mátrix. Unitaritás és mikrokoziság. Perturbációs számítás, Feynman-szabályok a korrelációs függvényekre. Aszimptotikus állapotok. Feynman-szabályok az S-mátrixra. Hatáskeresztmetszetek és bomlási ráták. Az elektromágneses mező kvantálása. Mértékinvariancia. Källén–Lehmann-reprezentáció, összegszabályok. LSZ-redukciós formulák. Feynman-féle pályaintegrál Hamilton- és Lagrange-formalizmusban. Funkcionálformalizmus. Grassmann-változók és pályaintegrálok fermionokra. Renormálási elmélet. Divergenciák osztályozása, ellen-tag formalizmus. Szimmetriák és Ward-azonosságok. Spontán szimmetriasértés. Renormálási csoport, Callan–Symanzik-egyenlet. Kapcsolat a kritikus jelenségek elméletével.

Irodalom:

M.E. Peskin and D.V. Schroeder: An Introduction to Quantum Field Theory (Addison- Wesley)
C. Itzykson and J-B. Zuber: Quantum Field Theory (Dover Publications); S. Weinberg: The Quantum Theory of Fields I-III (Cambridge University Press)

Egydimenziós rendszerek fizikája (2/0/0/v/3)

Tárgyfelelős: Zaránd Gergely

A kurzus az egydimenziós kölcsönható elektron és spin rendszerek fizikájába vezeti be a hallgatókat. Ezek a rendszerek, amelyekben olyan alapvető jelenségek, mint pl. a spin- és töltéssűrűség hullámok, antiferromágneses korrelációk, egzotikus szupravezető állapotok stb. fordulnak elő, kiváló gyakorlóterepet biztosítanak a szilárdtest fizikusoknak, mivel egy dimenzióban rendkívül hatékony kvantum térelméleti módszerek állnak rendelkezésre. Ugyanakkor ilyen egydimenziós rendszerek gyakran megfigyelhetők a valóságban is például szén nanocsövekben, kvázi- egydimenziós rendszerekben, élállapotok formájában. A kurzus feltételezi a Green függvény technika alapvető ismeretét (Soktestprobléma I), és a következő témakörök köré szerveződik: a természetbeli egydimenziós rendszerek és a Hubbard modell (instabilitások, spin- és töltéssűrűség hullámok, leképezés a Heisenberg modellre), spinláncok alapvető tulajdonságai (a Haldane sejtés, spin koherens állapotok, spin folyadékok, a Bethe Ansatz alapjai), a folytonos leírás (renormálási csoport és a Tomonaga-Luttinger modell), bozonizáció (spin-töltés szeparáció, a Luttinger folyadék fázis, spin rendszerek bozonizációja), a rendezetlenség szerepe.

Irodalom:

G.D. Mahan: Many-Particle Physics (Plenum Press, New York and London 1981)
John Cardy: Scaling and Renormalization in Statistical Physics (Cambridge University Press 1997)
Jan von Delft, Herbert Schoeller: Bosonization for Beginners-Refermionization for Experts, Annalen Phys. 7, 225-305

Statisztikus térelmélet (2/1/0/v/4)

Tárgyfelelős: Takács Gábor

Másodrendű fázisátmenetek. Az Ising-modell térelméleti leírása d dimenzióban. Renormálási csoport, fixpontok, csatolások osztályozása. Landau–Ginzburg-leírás. Wilson-féle renormálási csoport a térelméletben, bétafüggvény. Az ε -kifejtés gondolata. Konform térelmélet d dimenzióban. Konform szimmetria, energia–impulzus tenzor, skálamezők. Konform Ward-azonosságok. Két- és hárompontos függvények. Konform szimmetria két dimenzióban. Primer és kváziprimer mezők, Ward-azonosság. Energia–impulzus tenzor, Ward-azonosság és kapcsolata a szabadenergiával. Virasoro-algebra. Operátor–állapot megfeleltetés. Leszármaztatott mezők korrelátorai Ward-azonosságokból. Legnagyobb súlyú reprezentációk. Verma-modulok. Szinguláris vektorok. Minimális modellek. Operátorszorzat-kifejtés minimális modellekben. Moduláris invariancia és partíciós függvények. Operátorszorzati együtthatók és konform bootstrap. A kritikus pont környezete. C-tétel. Perturbatív RG-folyamatok.

Irodalom:

G. Mussardo: Statistical Field Theory (Oxford University Press)

C. Itzykson and J-M. Drouffe: Statistical Field Theory (Cambridge University Press)

P. Ginsparg: Applied Conformal Field Theory (arXiv:hep-th/9108028)

Haladó kvantumtérelmélet (2/1/0/v/4)

Tárgyfelelős: Takács Gábor

Ez a kurzus a Kvantumtérelmélet tárgyra épül, és olyan haladó témákat tárgyal, mint (i) a renormálási csoport és a skálázás; (ii) a szimmetriák szerepe és sérülése; (iii) haladó funkcionálmódszerek, nemperturbatív módszerek és azok alkalmazásai; (iv) effektív hatás és effektív potenciál; valamint (v) instantonok és kvantumos alagúteffektus.

Irodalom: M.E. Peskin and D.V. Schroeder: An Introduction to Quantum Field Theory (1995, Addison-Wesley); C. Itzykson and J-B. Zuber: Quantum Field Theory (2006, Dover Publications); S. Weinberg: The Quantum Theory of Fields I-III (1995, 1996, 2000, Cambridge University Press)

Véletlen mátrix elmélet és fizikai alkalmazásai (2/0/0/v/3)

Tárgyfelelős: Varga Imre

A véletlen mátrixok elmélete betekintést nyújt abba, hogyan lehet viszonylag egyszerűen információt szerezni nagyon összetett viselkedésű rendszerekről. A tárgy a kvantummechanikában és statisztikus fizikában szerzett ismeretekre, valamint némi valószínűségelméleti háttérre építve áttekintést ad a véletlen mátrixok elméletéről. A Dyson-sokaságok definíciója és számos tulajdonságuk kerül bemutatásra, például a szinttávolság-eloszlás, a kétszintű korrelációs függvény és az ezekből származtatott mennyiségek. Ezután a szintek termodinamikai modelljét tárgyaljuk, valamint több átmeneti probléma modelljét szintdinamika segítségével. A fizikai alkalmazások között az univerzalitási osztályokat azonosítjuk a klasszikusan integrálható és kaotikus rendszerekhez kapcsolódva. Vizsgáljuk továbbá a dekoherencia problémáját. Ezt követően a kváziegydimenziós rendezetlen vezetők univerzális vezetőképesség-fluktuációit tanulmányozzuk. További modellek is szóba kerülnek: a rendezetlenség által kiváltott Anderson-átmenet és a kvantumpontok vezetésének véletlen kölcsönhatási modellje a Coulomb-blokád tartományában. Véletlen mátrixmodelleket használunk a kiralitás vizsgálatára kétdimenziós és Dirac-rendszerekben, valamint a normál–szupravezető határfelület esetében. A fennmaradó időben olyan problémákkal foglalkozunk, amelyek nem szigorúan fizikai rendszerekhez tartoznak: EEG-jelek elemzése, részvényárfolyamok fluktuációinak kovarianciája, tömegtranszport-fluktuációk stb.

Irodalom: M.L. Mehta: Random matrices (Elsevier, 2004); válogatott review cikkek: Th. Guhr, A. Müller-Groeling, H.A. Weidenmüller, Phys. Rep. 299 (1998) 198; C.W.J. Beenakker, Rev. Mod. Phys. 69 (1997) 731; Y. Alhassid, Rev. Mod. Phys. 72 (2000) 895; G. Montambaux, in *Les Houches, LXIII 1995 Quantum Fluctuations*, etc.

Kvantumoptika (2/1/0/v/3)

Tárgyfelelős: Domokos Péter

A kurzus bevezetést nyújt a kvantumoptikába. A tárgyalt témák:

Koherencia a klasszikus optikában. Sugárzási átmenetek kvantumos anyagban, atomokban és félvezetőkben. Fotondetekció, fotonstatisztika, szuper- és szub-Poisson-fény. Hanbury–Brown–Twiss-interferometria, fotonantibunching.

Koherens és préselt állapotok, Wigner-függvények. Rezonáns fény–atom kölcsönhatás, sűrűségállapotok, Rabi-oszcilláció. Atomok üregekben, Purcell-effektus, erős csatolás.

Hideg atomok, Bose-kondenzáció, optikai rácsok. Kvantumkriptográfia és kvantuminformáció. Összefonódás, kvantumteleportáció, Bell-egyenlőtlenségek.

Irodalom: Quantum Optics: an Introduction, Mark Fox, OXFORD MASTER SERIES IN PHYSICS, Oxford University Press 2006, ISBN-13: 978–0–19–856673–1 OP

Kvantumösszefonódás (2/0/0/v/3)

Tárgyfelelős: Lévay Péter

A tárgy célja a kvantumösszefonódás bemutatása véges dimenziós Hilbert tereken, ahol geometriai megközelítéssel az elvont fogalmak szemléletessé tehetőek. Témakörök: a felhasznált információelméleti, konvex-geometriai fogalmak bevezetése, diszkrét valószínűségeloszlások jellemzése (entrópiák) és rajtuk végzett műveletek (sztochasztikus leképezések), állapotok tere (projektív Hilbert tér és sűrűségmátrixok konvex tere), kvantumállapotok jellemzése (entrópiák) és rajtuk végzett műveletek (teljesen pozitív leképezések), kvantummérés (Schrödinger macskája), összetett rendszerek és összefonódás, műveletek (kvantum-teleportálás), összefonott állapotok osztályozásai (általános megfontolások, LOCC, SLOCC, 2 és 3 qubit eredmények), összefonódási kritériumok (witness-operátorok, CHSH-Bell-egyenlőtlenségek) és mértékek (általános megfontolások, 2 és 3 qubit eredmények).

Irodalom:

I. Bengtsson, K Zyczkowski, Geometry of Quantum States, Cambridge University Press, Cambridge, 2006

M. Nielsen, I Chuang, Quantum Information and Quantum Computation, Cambridge University Press, Cambridge, 2000

Kvantumrendszerek koherens kontrollja (2/0/0/v/3)

Tárgyfelelős: Kis Zsolt (Varga Imre)

Atomi átmenetek csatolása elektromágneses térrel. Kétszintes rendszerek: Rabi oszcilláció, analitikusan megoldható modellek. Sokszintes, degenerált energianívójú atomok koherens kontrollja. Robusztus kontroll mechanizmusok: adiabatikus populációtranszfer. A kvantumkontroll alkalmazása a kvantuminformatikában. Maxwell-Bloch egyenletek. Lineáris szuszceptibilitás. T1 és T2 idő mérése. Rezonáns nemlineáris optika: elektromágnesesen indukált transzparencia, koherens foton-memória. Molekulák rezgési állapotának koherens kontrollja.

Irodalom:

Bruce W. Shore: The Theory of Coherent Atomic Excitation;

Marlan O. Scully and M. Suhail Zubary: Quantum Optics;

William H. Louisell: Quantum Statistical Properties of Radiation;

Claude Cohen-Tannoudji, Jacques Dupont-Roc, Gilbert Grynberg: Atom-Photon Interactions

STATISZTIKUS FIZIKA TÁRGYCSOPORT

Statisztikus fizika 2 (2/1/0/v/5)

Tárgyfelelős: Zaránd Gergely

A kurzus az alábbi témákból ad áttekintést: Kritikus jelenségek: skálázás és kritikus exponensek, a renormalizációs csoport alapjai, korrelációs függvények, Ginzburg-kritérium. Idő függő korrelációk: egyensúlyi korrelációk, klasszikus fluktuációk, Onsager-relációk. A sűrűség operátor, Neumann-egyenlet, entrópia. Kubo-formula, fluktuáció disszipáció tétel. Nemegyensúlyi dinamika: Véletlen bolyongás, diffúzió, Langevin-egyenlet, Fokker-Planck-egyenlet. Mester egyenlet, H-tétel, maximális entrópia elve. Részletes egyensúly és Monte Carlo szimulációk. Szimulált hűtés. Kölcsönható kvantum rendszerek: Szuperfolyékonyság, Gross-Pitaevskij-egyenlet, kvantum gázok

Fázisátalakulások és kritikus jelenségek (2/1/0/v/5)

Tárgyfelelős: Zaránd Gergely

A kurzus egy áttekintést nyújt a statisztikus fizika, kvantummechanika, nemegyensúlyi statisztikus fizika fázisátalakulási és kritikus problémáiból. Az érintett témák a következők: Átlagtér elmélet, kritikus exponensek, Ginzburg-kritérium, alsó kritikus dimenzió, Goldstone-módus, Hubbard-Stratanovics-transzformáció, kontínuum elmélet, Goldstone-módus nagy N határeset, A renormalizáció alapjai: az egy dimenziós Ising-model decimációja, magasabb dimenziók, kritikus pont, két dimenziós Ising-model, az általánosított transzformáció, fix pontok, kritikus felületek, releváns és irreleváns operátorok, a szabadenergia kritikus skálázása, univerzális exponensek a skálafüggvény korrelációs függvénye, véges méret skálázás, kvantum kritikus rendszerek, az egy dimenziós Ising-lánc esete, kvantum-klasszikus megfeleltetés, magasabb dimenziós fázis diagrammok, Szuperfolyékonyság és az XY modell, vortexek és a Kosterlitz-Thouless fázisátalakulás, Felület durvulás, Family-Vicsek skálázás

Irodalom:

John Cardy: Scaling and Renormalization in Statistical Physics (Cambridge University Press, 1996).

Subir Sachdev, Quantum Phase Transitions, Cambridge University Press (2011).

Rendezetlen rendszerek (2/1/0/v/5)

Tárgyfelelős: Zaránd Gergely

A rendezetlenség mindenhol jelen van és csodálatos jelenségek okozója. A kurzus a következő témákat érinti: Strukturális rendezetlenség: fraktálok, folyadékok, üvegek, kvázikristályok, amorf fémek, szemcsés anyagok, Edwards sokaság, perkoláció. Rendezetlen mágneses rendszerek: hiszterézis, memória effektusok, Preisach-model. Mozgó doménfal: átlagtér elmélet, Barkhausen-zaj, rendezetlen ferromágnesek Griffith-fázis, Frusztrált spin rendszerek és spinüvegek: fenomenológia, Sherrington-Kirkpatrick-model, TAP egyenlet, replika és replika szimmetria sértés, droplet elmélet. Lokalizáció elmélet: rendezetlen félvezetőkészennyezett sávok, lokalizációs átmenet és Anderson-elmélet, a lokalizáció skálaelmélete. Coulomb-üveg: A Bose-üveg, Fisher-skálázás és erős rendezetlen fix point.

Irodalom: B. Kramer, A. MacKinnon, Review Rep. Prog. Phys. 56, 1469 (1993).

Statisztikus térelmélet (2/0/0/v/3)

Tárgyfelelős: Takács Gábor

A tantárgy bevezetést nyújt a relativisztikus kvantumtérelmélet statisztikus rendszerekre történő alkalmazásaiba. A fő témakörök a következők: Kritikus jelenségek, skálázás, skálainvariancia. Térelméleti leírás alapjai. Skálainvariancia, konform szimmetria tetszőleges dimenzióban. Két-dimenziós konform térelméletek. Virasoro algebra. Operátorok osztályozása, operátor-állapot megfeleltetés. Állapottér és partíciós függvény. Operátoralgebra. Korrelációs függvények konform térelméletekben. A kritikus pont környezetének leírása. Renormálási csoport folyamatok. Releváns és irreleváns perturbációk. Megmaradó mennyiségek. Integrálható kvantumtérelméletek. Analitikus S-mátrix elmélet, bootstrap. Form faktorok és korrelációs függvények integrálható kvantumtérelméletekben. Véges méret effektusok leírása. Termodinamikai Bethe Ansatz és csonkolt állapotter módszer. Nemintegrálható modellek.

Irodalom: Mussardo: Statistical Field Theory; Itzykson-Drouffe: Statistical Field Theory

Dinamikai rendszerek (3/1/0/v/5)

Tárgyfelelős: Gergely Barnabás

Folytonos és diszkrét idejű dinamikai rendszerek, folytonos versus diszkrét: követőfüggvény, diszkretizáció.

Egyensúlyi helyzetek lokális elmélete: Grobman–Hartman lemma, stabil-instabil-centrális sokaság, Poincaré normálforma. Attraktorok, Ljapunov-függvények, LaSalle-elv, fázisportré.

Strukturális stabilitás, egyensúlyi helyzetek/fixpontok és periodikus megoldások elemi bifurkációi, bifurkációs görbék biológiai modellekben. Sátor és logaritmikus függvények, Smale-patkó, szolenoid: topológiai, kombinatorikus, mértékelméleti tulajdonságok. Káosz a Lorenz-modellben.

Irodalom: P. Glendinning: Stability, Instability and Chaos, Cambridge University Press, Cambridge, 1994; C. Robinson: Dynamical Systems, CRC Press, Boca Raton, 1995; S. Wiggins: Introduction to Applied Nonlinear Analysis and Chaos, Springer, Berlin, 1988

Evolúciós játékelmélet (2/0/0/v/3)

Tárgyfelelős: Király Balázs

A tantárgy a Fizika alapképzési (BSC) szakon megszerezhető statisztikus fizika ismeretekre építve ad egy általános bevezetést a sokszereplős evolúciós játékelméletbe. Az előadássorozat a következő témakörök tárgyalására épül: Klasszikus játékelméleti fogalmak (stratégia, nyeremény, mátrix játék, Nash-egyensúly, stb.); Populációs játékelmélet; Evolúciós játékok rácsokon és gráfokon, Dinamikus párközelítés kiterjesztése. Érdekes jelenségek sokaságát elemezzük az evolúciós Fogolydilemma és Kő-Papír-Olló játékok példáján különböző kapcsolatrendszerek feltételezése mellett.

Irodalom: Karl Sigmund: Az élet játéka (Akadémiai Kiadó, Budapest, 2003); J. Hofbauer and K. Sigmund: Evolutionary Games and Population Dynamics (Cambridge University Press, 1998); G. Szabó and G. Fáth: Evolutionary games on graphs, cond-mat/0607344.

Komplex hálózatok (2/0/0/v/3)

Tárgyfelelős: Török János

A kurzus célja, hogy betekintést nyújtson a komplex hálózatok gyorsan fejlődő interdiszciplináris területébe. Tárgyalt témakörök: Komplex rendszerek. Perkoláció elmélet. Erdős-Rényi és kis-világ gráfok. Skálafüggetlen hálózatok. A konfigurációs modell. Hálózatnövekedési modellek. Lokális és hierarhikus struktúrák. Közösségek. Terjedés. Időbeli hálózatok. Szociális hálózatok. Gazdasági hálózatok. Projekt bemutatás.

Irodalom: A.-L. Barabási: Linked (2002), M. E. J. Newman: Networks: An introduction (2010)

Mesterséges intelligencia az adattudományban (1/2/0/v/5)

Tárgyfelelős: Török János

A kurzus célja, hogy egy gyakorlat orientált bevezetést adjon a neurális hálózatok és más adattudományban használt klasszifikációs eljárásokba. A cél a módszerek matematikai és statisztikai problémáinak megértése. A következő témaköröket érintjük: képszekvenciálás, döntési fák, véletlen erdők, mély tanulás, backpropagation, magasabb szintű implementációk (tensorflow, sklearn, keras), konvolúciós neurális hálózatok, előtanított modellek, szöveges adatok, idősorok, játékelmélet.

OPTIKA TÁRGYCSOPORT

Fizikai optika (2/1/0/v/5)

Tárgyfelelős: Koppa Pál

A kurzus célja a fényterjedés különböző modelljeinek bevezetése és azok használatának elsajátítása az alapvető optika jelenségek leírására. A tárgy a klasszikus elektromágneses hullámelmélet alapján bemutatja a homogén izotróp és anizotróp közegben történő terjedést, az optikai vékonyrétegeket, a dielektrikum hullámvezetőket, a fotonikai kristályokat, a geometriai optikai közelítést és a Fresnel-Kirchhoff féle diffrakcióelméletet.

Irodalom: Richter Péter: Bevezetés a Modern Optikába, I. kötet (Műegyetemi Kiadó), Solymár László: Elektromágneses térelmélet és alkalmazásai (Műszaki Könyvkiadó), Born-Wolf: Principles of Optics (Pergamon Press), Saleh-Teich: Fundamentals of Photonics (John Wiley & Sons).

Lézerfizika (2/0/0/v/3)

Tárgyfelelős: Maák Pál

A tantárgy a Lézertechnika tárgy folytatása. Félklasszikus és kvantumos lézerméletek. Másod harmonikus keltés. Nemlineáris polarizáció, fázisillesztés, parametrikus oszcilláció. Ultrarövid impulzusok. Módusszinkronizálás, impulzusösszenyomás, csörpölt tükrök. Szállérezek, optikai szolitonok. Hangolható ultrarövid impulzusok. Impulzusformálás. TW-os ultrarövid és attosec impulzusok. Ultrarövid impulzusok mérése.

Irodalom: Bevezetés a modern optikába, III. kötet, 050393 számú jegyzet; O. Svelto, Principles of lasers, Springer 1998 (4. kiadás); W. Demtröder: Laser Spectroscopy, Vol 2: Experimental Techniques, Springer 2008 (4. kiadás)

Optoelektronikai eszközök (2/0/0/v/3)

Tárgyfelelős: Barócsi Attila

A tantárgy a Fizika alapképzési (BSc) szakon megszerezhető szilárdtestfizika és optika ismeretekre építve a modern optoelektronikai eszközök felépítését és működését mutatja be a következő témakörök tárgyalásával: radiometriai és fotometriai alapok, fény-anyag kölcsönhatás és félvezető fényforrások, külső fotoeffektuson alapuló detektorok, félvezető fotodetektorok, mátrix detektorok, térbeli fénymodulátorok, speciális felépítésű (elektro-, akusztó-, nemlineáris optikai) eszközök.

Irodalom: Saleh-Teich: Fundamentals of Photonics 2nd Edition (ISBN 978-0-471-35832- 9, John Wiley, 2007), Safa Kasap: Optoelectronics & Photonics: Principles & Practices: International Edition 2nd Edition (ISBN 9780273774174, Pearson, 2013).

Optikai anyagok és technológiák (3/0/0/v/5)

Tárgyfelelős: Kocsányi László

E tárgy a mesterszakon (MSc) vehető fel és egy két féléves tárgy első részét képezi. Ebben, az első félévben az elektromágneses fényelmélet és a szilárdtestfizika eredményeire alapozva megismertetjük a hallgatóságot a fény és anyag közötti kölcsönhatás gyakorlati hasznosításaival. Tárgyaljuk a tömbi optikai elemek (lencsék, prizmák, tükrök stb.) előállítására, a különböző hullámhossztartományokban (ultraibolya, látható, infravörös) alkalmazható izotrop alap- és segédanyagok (üvegek, műanyagok, fémek stb.) legfontosabb tulajdonságait. Ismertetjük előállítási technológiáikat, így a legfontosabb felületkialakító eljárásokat (csiszolás, polírozás, tisztítás stb.) és azok eszköz rendszerét végül megadjuk az egyes elemek gyártásához szükséges technológiai lépéssorokat. Összefoglaljuk a legfontosabb minősítési módszereket. Konkrét esettanulmányokat mutatunk be és üzemeltetést látogatunk azzal a céllal, hogy hallgatóink az alapos elvi ismeretek mellett gyakorlati tapasztalatot is szerezzenek az elterjedtebb tömbi optikai eszközök kivitelezéséről és gyártásáról.

Irodalom: Kocsányi László-Várkonyi Sándor: Optikai anyagok és technológiák;

A „Bevezetés a modern optikába II”. kötetének (Megyetemi Kiadó, 1988, szerk. Richter Péter) 5. fejezete; Born M., Wolf E.: Principles of Optics, Pergamon Press 1959; Pohl, R.W.: Optik und

Atomphysik, Springer Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg, 1963; Joseph H. Simmons, Kelly S. Potter: Optical Materials, Academic Press, 2000; Horne, D.F.: Optical Production Technology, Adam Hilger 1983, ISBN 0-85274-350-5.

Optikai jelfeldolgozás és adattárolás (2/0/0/v/3)

Tárgyfelelős: Maák Pál

A tantárgy a BSc Fizika I.-II. és az Optika tárgy keretében megszerezhető ismeretekre építve a betekintést nyújt a klasszikus és a modern optikai kép és adatfeldolgozási technikák és rendszerek világába. Bemutatja a koherens és nemkoherens optikai képfeldolgozás, kiértékelés és összehasonlítás lehetőségeit, valamint a feladatra kidolgozott számos rendszer elvét, előnyeit, hátrányait és paramétereit. A klasszikus jelfeldolgozás továbbfejlődésének eredményeként részletesen bemutatja az optikai adattárolás, optikai számítógépek, és optikai radar-rendszerek elvét, a működő rendszereket és az ezekhez felhasznált általános célú eszközöket: akusztó-optikai, magneto-optikai és elektrooptikai eszközöket, valamint a különböző térbeli fénymodulátorokat és optikai kapcsolókat. A tárgy része a modern ultrarövid impulzusú lézerek technológiájának és szerteágazó felhasználhatóságának bemutatása is.

Irodalom: S. H. Lee, et al. Optical Information Processing, S. H. Lee, editor, Springer-Verlag, New York, 1981, J. W. Goodman, Introduction to Fourier Optics, J. (2. nd. Edition), McGraw-Hill, 1996, N. J. Berg, editor, Acousto-Optic Signal Processing, Marcel Dekker Inc., New York, 1983, Saleh, Bahaa E. A. / Teich, Malvin Carl Fundamentals of Photonics Wiley Series in Pure and Applied Optics. 2. Edition – 2007, International Trends in Applied Optics Editor(s): Arthur H. Guenther ISBN: 9780819445100 2002.

Optikai mérés technika (2/0/0/v/3)

Tárgyfelelős: Kornis János

A tantárgy célja áttekintést adni az optikai mérés technika módszereiről és ismertetni a legújabb eljárásokat és eredményeket. Témakörök: Optikai mérőrendszerek elemei. Fényforrások, detektorok, rögzítőanyagok. Optikai elemek sajátosságainak mérés technikája. Szög-, hosszúság-, párhuzamosság mérése klasszikus optikai és koherens optikai módszerekkel. Heterodin és fázistolásos interferometria. Holografikus és szemcsekép interferometria. Digitális holográfia. Optikai adatfeldolgozási módszerek a szemcsekép mérés technikában. Fotoelaszticitás. Fényvezetősál érzékelők. Színmérés, színes detektáláson alapuló mérés technika.

Irodalom: K. J. Gastvik: Optical Metrology, John Wiley&Sons, New York 1995, R.J. Keyes: Optical and infrared detectors, Springer Verlag 1980, R. S. Sirohi: Optical Components, Techniques, and Systems in Engineering, John Wiley&Sons, New York 1992.

Optikai tervezés (2/2/0/v/6)

Tárgyfelelős: Erdei Gábor

A tárgy az Alkalmazott fizika BSc képzésben megszerzett optikai alapismeretekre építve mutatja be az optikai elven működő leképező rendszerek tervezésének fogalom- és modellrendszerét, a szokásos minősítési módszereiket és a fontosabb leképező eszközök működési elvét. A tárgy keretén belül a hallgatók megismerik az optikai tervezőprogramok lehetőségeit és elsajátítják alapszintű használatukat, valamint gyakorolják a tervezési folyamat egyes lépéseit. A teljesség igénye nélkül foglalkozunk továbbá a gyártási hibák hatásának figyelembevételével és megismerkedünk a lencserendszerek foglалástechnikájának alapfogalmaival.

Irodalom:

Erdei G., „Az optikai tervezés alapjai – órai jegyzet”

W. J. Smith, „Modern Optical Engineering”, McGraw-Hill

J. W. Goodman, „Introduction to Fourier Optics”, McGraw-Hill

Richter P., „Bevezetés a Modern Optikába I.-II.”, Műegyetemi kiadó

Fényforrások (2/0/0/v/3)

Tárgyfelelős: Kocsányi László

A fizikus mesterszakon (MSc) előadásra kerülő tárgy célja, hogy megismertesse a különböző szakirányok hallgatóit a fényforrások különböző típusaival, azok működési elvével, sajátosságaival és alkalmazási területeivel. A félév során áttekintjük az ismert fotometriai és világítástechnikai mennyiségeket és azok mérési módszereit, valamint a fénykeltő eszközök fejlődését az izzólámpáktól a kisülő lámpákon keresztül egészen a LED-ekig. A tárgy célja az alapvető fizikai folyamatok bemutatása mellett az is, hogy megismertesse a hallgatókat az egyes lámpatípusok előnyeivel, hátrányaival és lehetséges alkalmazási területeivel.

Irodalom: Debreczeni G., Kardos F., Sinka J.: Fényforrások, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985, Elenbaas, W.: Light sources, Macmillan, 1972, Cayless, M.A., Marsden, A. M.: Lamps and Lighting, Arnold, 1997.

ELI előkészítő laboratórium (0/0/4/f/4)

Tárgyfelelős: dr. Maák Pál

A tárgy célja a hallgatók felkészítése a modern optikai mérésekből, korszerű méréstechnológiák és mérőeszközök megismerése, illetve kezelésének elsajátítása. Emellett a legújabb optikai és lézertechnológiai jellegű kutatási témákkal is megismerkednek a hallgatók, amelyek műveléséhez a legmodernebb optikai eszközökre van szükség: femtoszekundumos lézerekre, erősítőkre, Terahertz forrásokra, nemlineáris optikai elemekre, adaptív optikai eszközökre; és az ezekhez kapcsolódó diagnosztikára: interferométerek, spektrométerek, autokorrelátor. A tárgy megalapozza többek között az ELI szuperlézer-kutatóközpontban folyó kutatás-fejlesztési feladatokban való sikeres, aktív részvétel lehetőségét, mind az intézet fejlesztési, mind üzemelési fázisában.

Irodalom: Wolfgang Demtröder: Laser Spectroscopy Vol. 2., Springer, 2008, B.E.A. Saleh et al: Fundamentals of Photonics 2-nd ed., Wiley, 2007.

Lézerek és lézerrendszerek tervezése és építése (2/0/0/f/3)

Tárgyfelelős: Maák Pál

Lézerfizikai ismételés: koherens erősítés indukált emisszióval, lézerek felépítése, jellemzők. Az erősítő közeg tervezésének alapjai általánosan, szilárdtest, folyadék és gázhalmazállapotú erősítő közegek. Szilárdtest erősítő részletes elemzése, összetételek, kristálytani orientáció, geometriák - termikus viszonyok elemzése a különböző geometriai viszonyok esetén. Az erősítő kristályok befoglalásának és termikus kezelésének gyakorlati megvalósításai, vékonylemez és vékony rúd lézerek, tervezőprogramok alkalmazása a termikus és mechanikai stabilitás elérésére. Az erősítő közegben fellépő nemlineáris effektusok befoglalása a tervezésbe, a termikus, optikai és nemlineáris effektusok együttes hatása szerint az erősített sugárzás számítása. Rezonátorok felépítése, geometriai tervezés a stabilitás számítására három dimenzióban, alapvető rezonátor-konfigurációk kiépítése, tervezése specifikus tervezőprogrammal. Ultrarövid impulzusok létrehozásának feltételei, passzív móduscsatolás gyakorlati megvalósítása, konfigurációk. Tipikus impulzusparaméterek. Gyakorlati rezonátor, erősítő és pumpálási konfigurációk elemzése az impulzusparaméterek szempontjából, tipikus Z-konfiguráció tervezése Ti:zafir lézerben. SESAM és csörpölt tükrök, elérhető impulzusparaméterek.

Ultrarövid impulzusok erősítése, regeneratív illetve multipassz erősítők tervezési szempontjai, tipikus gyakorlati konfigurációk. Az erősítőkben fellépő nemlineáris hatások, csörp és zajok becsülésének módszerei. CPA erősítés elve és gyakorlati megvalósításai, stretcher és kompresszor konfigurációk, tervezési szempontok. Dazzler elve, alkalmazása. Parametrikus erősítés elve, anyagok, elérhető paraméterek, tervezési szempontok. NOPCPA konfigurációk. Fázis-vivő stabilizált impulzusok létrehozása, az oszcillátor és erősítő tervezése, kontraszt, tisztítás. Lézerdiódák fajtái, diódapumparendszerek tervezése. Szállézerek tervezési szempontjai, szálerősítők alkalmazása nagy impulzusenergiákra.

Irodalom:

W. Köchner: Solid State Laser Engineering, Springer London, Limited, 2006

R. Paschotta: Encyclopedia of Laser Physics and Technology, John Wiley & Sons, 2008

S. Watanabe: Ultrafast Optics V, Springer, 2007

Infravörös és Raman spektroszkópia (2/0/2/v/6)

Tárgyfelelős: Dr. Richter Péter

Elektromágneses sugárzás és anyag kölcsönhatása: abszorpció, emisszió, szórás. Infravörös abszorpció és Raman-szórás molekulákban, rezgési átmenetek. A kiválasztási szabályok kapcsolata a molekulaszimmetriával. Infravörös és Raman-gerjesztések szilárd testekben. Rácsrezgések és alacsony energiás elektronátmenetek tárgyalása a dielektromos formalizmus segítségével. Csatolt elektron-fonon gerjesztések. Lgy: Az FTIR módszer alapjai, instrumentális jelalak, apodizáció, fáziskorrektió, zerofilling. mFényforrások, monokromátorok, detektorok jellemzői. Abszorpciós és reflexiós alpmérések, a dielektromos függvény meghatározása. Fázisátalakulások spektroszkópiái követése. Kvalitatív és kvantitatív analízis. Infravörös mikroszkópia

Irodalom: P.R. Griffiths, J.A. De Haseth: Fourier Transform Infrared Spectrometry, Wiley-Interscience, 2007, D.A. Long: Raman spectroscopy, McGraw-Hill, 1977

A fotonika alapjai (2/1/0/v/5)

Tárgyfelelős: dr. Barócsi Attila

A kurzus célja, hogy általános optikai ismeretekre támaszkodva megismertesse a hallgatót a modern fotonika rohamosan bővülő területével. A fotonika mindinkább elterjedt olyan alkalmazásokban, ahol az elektronikai eszközök eléri sebesség és sáv szélesség korlátaikat. A kurzus szemléletesen, a legszükségesebb matematikai, fizikai és optikai alapokkal igyekszik áttekinteni a fotonikai eszközöket, bemutatva azok működését és alkalmazását.

Irodalom:

S.O. Kasap: Optoelectronics and Photonics: Principles and Practices, 2nd Edition (2013) Pearson, ISBN: 0-13-215149-9

B.E.A. Saleh, M.C. Teich: Fundamentals of Photonics, 2nd Edition (2007) John Wiley & Sons, ISBN: 978-0-471-35832-9

Kvantumoptika (2/1/0/v/5)

Tárgyfelelős: Domokos Péter

A tantárgy bevezetést nyújt a kvantumoptikába. A fő témakörök a következők: Koherencia a klasszikus optikában. Sugárzási átmenetek kvantumos anyagban, atomokban és félvezetőkben. Fotodetektálás, fotonstatisztikák, szuper- és szub-Poisson-statisztikájú fény. A Hanbury-Brown és Twiss-kísérlet, foton antibunching. Koherens és összenyomott állapotok, Wigner-függvények. Rezonáns atom-fény kölcsönhatás, sűrűségoperátor, Rabi-oszcilláció. Atomok rezonátorban, Purcell-effektus, erős csatolás. Hideg atomok, Bose-kondenzáció, optikai rácsok. Kvantumkriptográfia és kvantuminformatika. Összefonódás, kvantumteleportáció, Bell-egyenlőtlenségek.

Irodalom:

Quantum Optics: an Introduction, Mark Fox, OXFORD MASTER SERIES IN PHYSICS, Oxford University Press 2006, ISBN-13: 978-0-19-517042-0

Lézerek ipari és biológiai alkalmazásai (2/0/0/v/3)

Tárgyfelelős: Maák Pál

A tantárgy átfogó képet nyújt a lézerek alkalmazási területeiről, a lézertechnikán alapuló változatos műszerek és berendezések sokaságáról. A tárgy tematikája: Ipari lézeralkalmazások, bevezetés és jellemzés: anyagmegmunkálással és nem anyagmegmunkálással járó alkalmazások. Lézer-anyag kölcsönhatások, anyagok és lézerek jellemzői. Anyagfelületek lézeres megváltoztatása: hőkezelés, felületátolvasztás, felületedzés, felületek bevonása, felületötvözés, felületszilárdítás és tisztítás. Lézeres térfogati megmunkálások. Anyageltávolítás: fűrés, vágás, karcolás, jelölés, hegesztés, trimmelés. Anyagmegmunkálással nem járó alkalmazások: vonal- és szintkitűzés, hossz- és távolságmérés, vonalkód leolvasás, gyors prototípusgyártás. Lézerek alkalmazása felületek minőségének és alakjának mérésére, reflexiós és szórásos alapuló felületminőség mérés, letapogatásos interferometrikus kiolvasású felületmérics (Talysurf), atomerő-mikroszkópia. Interferometria

alkalmazása felületek minőségének és alakjának mérésére, alacsony koherenciájú interferometria, tipikus alkalmazások és műszerek. Lézeralapú technikák a félvezetőiparban. Lézeres mikroszkópia az iparban és orvostudományban, fluoreszcens és reflexiós konfokális mikroszkópia, optikai koherencia tomográfia, fajtái és alkalmazásai. Kétfoton mikroszkópia elve, technikai alapjai. Lézerek alkalmazása diagnózis és terápia készítésében. Lézerfény szöveti kölcsönhatásai. Lézeres diagnózis módszerei. Lézeres sebészet előnyei és hátrányai. Daganatok lézeres kezelése. Speciális lézer-alkalmazások: orvosi holográfia, lézercsipesz, lézere részecskegyorsítás és alkalmazása hadronterápiára, lézeres gyümölcsválogató berendezések, lézerek alkalmazása a műszemlencse-technológiában és fejlesztésben.

Irodalom:

R. Paschotta: Encyclopedia of Laser Physics and Technology, John Wiley & Sons, 2008

Demtröder: Laser Spectroscopy Vol. 1-2, 4. th edition, Springer, 2008;

saját jegyzet Bevezetés a modern

Nemlineáris optika alapjai és alkalmazásai (2/0/0/v/3)

Tárgyfelelős: Papp Zsolt József

Optikai adatátvitel: eikonál-egyenlet, szendvics szerkezet, egy és többmódusú optikai szálak, módusok, diszperzió, energia-viszonyok, száloptikai csatolók, meta-anyagok, csatolt módusok perturbációs elmélete, DFB lézer, szál-lézer, szálerősítők, száloptikai hálózatok, polarizáció-kontroll, egyéb alkalmazások (száloptikai mérések, optikai giroszkóp, stb.) Nemlineáris optika: kristályoptika, nemlineáris (klasszikus) optika, optikai aktivitás elmélete, Jones féle számítás, lineáris- és másodrendű elektrooptikai jelenség (Kerr, Faraday, Zeeman, Cotton-Mouton effektus, stb.), nemlineáris kristályok, másodharmonikus keltés, Maxwell-Bloch egyenletek, forgóhullámú közelítés, inhomogén kiszélesedés, területi elv, önindukált átlátszóság, fázis moduláció, telítődési jelenségek, nemlineáris spektroszkópia, haladó hullámú erősítés, parametrikus folyamatok, önfókuszálás, a nemlineáris impulzusterjedés alapjai, szolitonok, csillapodás, diszperzió, foton-párkeltés. Alkalmazások: kvantumradír, kvantum teleportáció, QKD, CQKD, a foton állapotának mérése, stb.

Irodalom:

Nussbaum & Phillips: Modern optika, Allen & Eberly: Optical resonance and two-level atoms

Mandel & Wolf: Optical coherence and quantum optics

Nussenzweig: Introduction to quantum optics

ANYAGTUDOMÁNYI TÁRGYCSOPORT

Elektron- és ionoptikák (2/0/0/v/3)

Tárgyfelelős: Hárs György

A tárgy anyaga az elektromosan töltött részecskék előállítás, analízis és detektálás folyamatainak tárgyalása, az alkalmazási lehetőségek ismertetése. A következő témák kerülnek megtárgyalásra: elektron- és ionforrások; energiaanalizátorok; tömeganalizátorok; általános pályagörbe megfontolások elektromos és mágneses tér jelenlétében; részecskegyorsítók; a tértöltés hatásainak tárgyalása; töltött részecskék detektálási lehetőségei.

Irodalom: Hárs György, Fizikai elektronika, (elektron és ionoptikák) Műegy. kiadó 1992, J 05007, Csurgai Árpád, Simonyi Károly, Az információtechnika fizikai alapjai (elektronfizika) Méhnöktovábbképző Intézet 1997, Simonyi Károly, Elméleti villamosságtan Tankönyvkiadó 1973.

Szilárdtestek elektromos és optikai tulajdonsága (2/0/0/v/3)

Tárgyfelelős: Gali Ádám

A tantárgy a Fizika alapképzési (BSC) szakon megszerezhető szilárdtestfizika és kvantummechanikai alapismereteket feltételezi. Szemléletesen elmagyarázzuk a szilárdtesteket összetartó különböző erőket, és abból következtetünk a szerkezetükre. Ismertetjük néhány tipikus fém és félvezető elektronszerkezetét, valamint elmondjuk, hogy milyen módszerekkel lehet azt kimérni, illetve kiszámítani. Ismertetjük a félvezetők technológiai definícióját, a vezetési elektron és lyuk fogalmát, valamint azt hogyan lehet kimérni vagy kiszámítani. Evvel kapcsolatban ismertetjük a Bloch-elektronok dinamikájának félklasszikus tárgyalását, és a félvezető eszközök működésének megértéséhez szükséges alapismereteket (Fermi-szint, n,p-típusú vezetés, exciton-állapotok). Megtárgyaljuk, hogy a ponthibák hogyan befolyásolják a félvezetőkristályok elektronszerkezetét: adalékolás fogalma, termikus (pont)hibák. Megvizsgáljuk, hogy az alacsonydimenziós rendszerekben hogyan változik meg a sáv szerkezet illetve az állapotűrűség, valamint összehasonlítjuk a kristályos és amorf anyagok elektronszerkezetét. Végül ismertetjük, hogy az elektromágneses sugárzás hogyan hat kölcsön az anyaggal a fémek, félvezetők, és szigetelők esetén.

Irodalom: Kittel: Bevezetés a szilárdtestfizikába, Sólyom Jenő: A modern szilárdtestfizika alapjai I-II (ELTE Eötvös Kiadó), Deák Péter-Kocsányi László-Giber János: Műszaki Fizika III (BME jegyzet).

Vákuumfizika és –technika (2/0/0/v/3)

Tárgyfelelős: Hárs György

Számos mérési technika valamint termelési technológia vákuum környezetet igényel. A berendezések üzemeltetéséhez szükséges a vákuum fizikájának, valamint vákuum létesítésének, fenntartásának és mérésének, azaz a vákuumtechnikának az ismerete. A tárgy keretében ismertetésre kerülnek a gázfázis törvényei, a vákuum fogalma, transzportjelenségek vákuumban, gáznemű és kondenzált anyagok kölcsönhatása, szivattyúk, vákuummérés, lyukkeresés, vákuumtechnikai anyagok.

Irodalom: Roth, Vacuum technology, Elsevier 1982, Carpenter, Vacuum technology, Hilger Bristol, 1983, Kenczler Ödön, Vákuumtechnika Tankönyvkiadó 1975, J 5-1175.

Anyagtudomány Laboratórium / Material Science Laboratory (0/0/3/f/4)

Tárgyfelelős: Homokiné Dr. Krafcsik Olga

A tárgy célja az anyagtudomány területén az anyagok jellemzésére használt mérési módszerek illetve technológiák elvi és gyakorlati szintű, az alkalmazási lehetőségekre is kiterjedő megismertetése. Az egyes laboratóriumi gyakorlatok során ismertetésre kerül egy-egy mérési módszer elve, a minta-előkészítés és -mérés technikai feltételei, valamint a mérésből nyerhető információk és azok kiértékelése. Bemutatásra kerülnek gyakorlati mérési példák és az azokból nyerhető technológiai információk. A laboratóriumi gyakorlat során a hallgatók az egyes részfeladatokat a lehetőségekhez mérten önállóan végzik.

A mérések esetenként egy miniprojekt keretében csatlakozhatnak egy technológiai laboratóriumi gyakorlathoz, így a hallgató a mintakészítéstől a mérés kiértékelésig átfogó képet kaphat az anyagtudomány egy-egy szakterületéről.

A kiválasztott módszerek mindegyikéről az adott témával foglalkozó elismert szakember tart laborgyakorlatot Budapesten, az elérhető legújabb berendezések mellett.

Tervezett témakörök: Rezgési spektroszkópiák, Infravörös spektroszkópia, Raman spektroszkópia, Elektron diffrakció, Röntgen diffrakció, Mag mágneses rezonancia (NMR), Elektron spin rezonancia (ESR), Félvezető szerkezetekkel kapcsolatos mérések.

Az egyes laboratóriumi gyakorlatok időtartama 6 óra, minden második héten.

Irodalom: Az egyes laboratóriumi gyakorlatvezetők által mellékelt aktuális segédletek

A felületfizika alapjai (2/0/0/f/3)

Tárgyfelelős: Homokiné Dr. Krafcsik Olga

A tantárgy célja, hogy az előző félévekben elsajátított fizikai ismeretekre alapozva a hallgatók megismerkedjenek a felületfizikában használatos alapfogalmakkal, alapvető mérés technikákkal és leggyakoribb alkalmazásokkal.

Témakörök: Felületfizika: definíció és jelentőség, Jól definiált felületek, határfelületek és vékonyrétegek előkészítése Vékonyréteg előállítási technológiák, Felületek, határfelületek és vékonyrétegek morfológiája és szerkezete, nukleáció, felületi szerkezet vizsgálati lehetőségei, Adszorpció a szilárdtest felületén: fiziszorpció, kemiszorpció, Tömbi és felületi diffúzió, Felületanalitikai mérési módszerek és összehasonlításuk

Irodalom:

H. Ibach: Physics of Surfaces and Interfaces 2006

H. Lüth: Solid Surfaces, Interfaces and Thin Films

Felületfizika és Vékonyrétegek (2/0/0/f/3)

Tárgyfelelős: Homokiné Dr. Krafcsik Olga

A tárgy szilárdtestfizikai alapismeretekre és A felületfizika alapjai c. tárgyra építve tárgyalja a felületfizika és vékonyréteg fizika főbb területeit. Részletes tárgyalásra kerül a felületek szerkezetének, elektronszerkezetének leírása. A tárgy foglalkozik a felületi töltésrétegekkel és a kilépési munkával, félvezető/félvezető, félvezető/fém és félvezető/szigetelő határfelületekkel, adhézióval, továbbá a felületi reakciók és transzportjelenségek leírásával.

Irodalom:

F. Bechstedt: Principles of Surface Physics, Springer, 2003

Ibach: Physics of Surfaces and interfaces, Springer, 2006

Az anyagtudomány alapjai és alkalmazásai (2/0/0/v/3)

Tárgyfelelős: Réti Ferenc

A tantárgy célja a modern anyagtudományi alapismeretek elsajátítása és alkalmazása fizika és a mérnöki tudomány különböző területein. Tárgyalt tématerületek: Anyagtudomány és mérnöki tevékenység. Modern anyagok, a velük szemben támasztott követelmények. Az első és másodrendű kötőerők szerepe az anyagok tulajdonságaiban. A termikus folyamatok jelentősége, termodinamika, termokémia, Hess tétel, Born-Haber ciklus. Kémiai potenciál, egyensúlyi állandó. Reakciósebességi egyenletek. Arrhenius és Eyring egyenlet. A kristályhibák jelentősége a gyakorlatban, pl. az elektromos és mechanikai tulajdonságokban. A kristály hibahelyeinek egyensúlyi koncentrációja. Érzékelők a mérnöki tudományban. Alapelvek, fizikai és kémiai szenzorok. Nyomásérzékelők, hőmérők, nyúlásmérő bélyegek, mágneses érzékelők. Roncsolásmentes anyagvizsgálat. Ultrahangos repedésvizsgálat, röntgenvizsgálat, mágneses elveket használó vizsgálatok. Konkrét alkalmazási példák. Alternatív energiaforrások és energiahordozók; a kérdéskör ellentmondásai. Hidrogéngazdaság, bioetanol. Tüzelőanyag cellák, mint folyamatos áramforrások.

Irodalom: Tisza M.: Az anyagtudomány alapjai, Miskolci Egyetemi Kiadó, 2008, P.W. Atkins, Fizikai-kémia, Tankönyvkiadó, 2002, W.D. Callister, Jr.: Materials Science and Engineering, An Introduction, John Wiley and Sons Inc., 6th edition, 2003

Fizikai anyagtudomány (2/0/0/f/3)

Tárgyfelelős: Réti Ferenc

A tantárgy az alapképzési (B.Sc.) szakon elsajátított fizika ismeretekre alapozva konkrét példákon keresztül célozza a hallgatók modern anyagtudományi tudásának megszerzését.

A tárgyalt tématerületek: A kémiai kötések szerepe az anyagok tulajdonságaiban. Másodrendű kötőerők. Kristályszerkezet, elemi cella, krisztallográfiai irányok és síkok. Egykristályok, polikristályos anyagok, anizotrópia, nemkristályos anyagok. Polimorfizmus és allotrópia. A szén és szilícium az anyagtudományban. Szén- és szilícium módosulatok, ezek sajátosságai. Monomerek, oligomerek, polimerek. A polimerek kémiája, molekulásúly, a molekulák alakja és szerkezete. Kopolimerek. Kristályos polimerek. Polimerek és műanyagok, a műanyagok adalékai. Kompozitok. Diffúziós mechanizmusok. Felületmenti és szemcsehatár diffúzió. Diffúzió ionos anyagokban és polimerekben. Fémek, kerámiák, polimerek mechanikai tulajdonságai, feszültség és rugalmas alakváltozás. Csúszás, plasztikus deformáció. A törés elméleti alapjai, törési mechanizmusok, fáradás, kúszás. Tervezés, kockázatok, biztonsági faktorok. Fázisdiagramok: oldhatósági határ, fázisok, mikroszerkezet, fázisegyensúlyok. A vas-szén rendszer. Fázisátalakulások. Szilárd fázisú reakciók kinetikája fémötvözetekben. Olvadás, kristályosodás és üvegesedés polimerekben. Elektron- és ionvezetés, szilárdtestek sáv szerkezete, elektronmozgékonyosság, fémek ellenállása. Félvezetők. Ionvezető kerámiák és vezető polimerek, dielektrikumok. A korrózió jelensége. Az anyagok mágneses tulajdonságai.

Irodalom: W.F. Smith, J. Hashemi: Foundations of Materials Science and Engineering, McGraw-Hill, Third edition 2004., W.D. Callister, Jr.: Materials Science and Engineering, An Introduction, John Wiley and Sons Inc., Sixth edition, 2003.

Mikro- és nanotechnológiák (2/0/0/f/3)

Tárgyfelelős: Kiss Gábor

Mikrotechnológia, nanotechnológia és molekuláris nanotechnológia definíciója, összehasonlítása, egymáshoz való viszonya. A technológia feltételei. Mikro- és nanofizika. Vékonyrétegek leválasztására alkalmas módszerek: fizikai rétegleválasztási módszerek (vákuumpárolgatás, lézerablációs párolgatás, molekulásugaras epitaxiás rétegnövesztés, porlasztás), kémiai rétegleválasztási módszerek (kémiai gőzfázisú leválasztás, kémiai folyadékfázisú leválasztás). Adalékolás (diffúzió, ionimplantáció). Litográfia (foto, röntgensugaras, elektronsugaras, ionsugaras). Rétegtávolítási technológiák: nedves "kémiai" marás, száraz marás (plazma, ionsugaras). Réteginősítési eljárások: röntgendiffrakció, transzmissziós elektronmikroszkópia, pásztázó elektronmikroszkópia, szekunder ion tömegspektrometria, röntgen fotoelektron-spektroszkópia, Auger elektronspektroszkópia, pásztázó alagútmikroszkópia, atomerő mikroszkópia. Vastagréteg technológia: szitanyomtatás, beégetés, vastagréteg paszták. Nanométeres eszközök, mikro-elektromechanikai rendszerek, molekuláris nanotechnológia.

Irodalom: Mojzes I.: Mikroelektronika és elektronikai technológia. Műszaki Könyvkiadó, 1995., C.Y.Chang and S.M.Sze (Ed.): VLSI Technology, McGraw Hill, 1996., R. Waser (Ed.): Nanoelectronics and information technology, Wiley-VCH, 2003.

Trendek az anyagtudományban (1/0/0/v/2)

Tárgyfelelős: Kiss Gábor

A tárgy célkitűzése az anyagtudományi eljárások, az anyagtudomány előtt álló feladatok és lehetőségek, a nemzetközi és a hazai piac elvárásainak megismertetése meghívott szakértők előadásai alapján, amelyeket a tárgy koordinátorainak előadásai fognak egybe. Alapvetően az anyagtudomány és a modern élet kapcsolatának, az anyagtudomány fontosságának megismertetése a fő szempont. Kiemelten szerepelnek az anyag- és energiatakarékos eljárások tömbi anyagokban, ötvözes, fémes, nem fémes és

kompozit szerkezetű anyagok, korrózió, speciális követelmények félvezető anyagokkal szemben, műanyagok, szerves- és biológiai anyagok stb. A tárgy tematikája rugalmasan tartandó. Előadások felsorolása: A nanotudomány gondjai, Fémnanokompozitok, Nanotechnológia mikrorendszerekben, Vékonyrétegek, Mechanikai ötvözés és alkalmazásai különös tekintettel a nanoszerkezetű anyagok előállítására, Félvezetők, Emissziós anyagok, A fényforrás technológia és anyagtudományi vonatkozásai, Szilárd elektrolit kondenzátorok, Integrált optika és alkalmazásai, Oxid félvezető alapú gázszenzorok.

Spektroszkópia és anyagszerkezet (2/0/0/v/3)

Tárgyfelelős: Richter Péter

A tantárgy a B.Sc. képzés során szerzett alapismereteket (közegek elektrodinamikája, kvantummechanika, csoportelmélet, statisztikus fizika, optika, optikai mérés technika) a spektroszkópia anyagvizsgálatra és szerkezetkutatásra való felhasználása szempontjából rendszerezi. A tárgyalt módszerek elsősorban optikai szerkezetvizsgálati eljárások (infravörös és látható/UV abszorpció és reflexió spektroszkópia, Raman-szórás, ellipszometria, optikai rotációs diszperzió, cirkuláris dikroizmus), de szó lesz a belső héjak, valamint az atommag gerjesztéseinek néhány esetéről is (röntgen-, fotoelektron-spektroszkópia, Mössbauer-spektroszkópia). A cél, hogy a hallgató a szerzett ismeretanyag felhasználásával adott feladatokra ki tudja választani az optimális spektroszkópai eljárást, és értelmezni tudja a kapott eredményeket.

Irodalom: Kamarás Katalin: *Spektroszkópia és anyagszerkezet*. Bevezetés a modern optikába V. kötet, 11. fejezet, szerkesztő: Richter Péter, Műegyetemi Kiadó, 2000, G. R. Fowles: *Introduction to Modern Optics*. Dover, 1989, F. Wooten: *Optical Properties of Solids*. Academic Press, 1972, H. Kuzmany, *Solid State Spectroscopy, an Introduction* Springer, Berlin, Heidelberg, 1998.

NUKLEÁRIS TECHNIKA TÁRGYCSOPORT

Atomenergetikai alapismeretek (3/2/0/f/5)

Tárgyfelelős: Szieberth Máté

Előadás: az atomenergetika története. Reaktorfizikai, reaktortechnikai alapok. A reaktor hőtechnikájának alapjai. Sugárvédelmi alapok. Az atomerőmű felépítése és berendezése, atomerőművek nukleáris biztonsága, nagy atomerőmű-balesetek. Az atomerőművek környezeti hatásai. Az atomerőművi villamosenergia-termelés gazdaságossága. Az atomerőmű helye az együttműködő villamosenergia-rendszerben, atomenergia-rendszerek.

Gyakorlat: reaktorfizikai számítások: sokszorozási tényező, reaktivitás, neutronfluxus, kétszerezési idő, konverziós tényező, xenonmérgezettség számítása. Hőtechnikai számítások: teljesítménysűrűség (térfogati, felületi, lineáris), hőmérséklet-eloszlás, remanens hő számítása. Sugárvédelmi számítások: felezési vastagság, felezési felületi sűrűség meghatározása, dozimetria számítások. Villamosenergia-egységköltség számítása.

Irodalom: Dr. Csom Gyula: Atomerőművek üzemtana I. kötet: A reaktorfizika és –technika alapjai, Műegyetemi Kiadó, 1997, Dr. Csom Gyula: Atomerőművek üzemtana II. kötet: Energetikai reaktorok üzemtana I. és II. rész, Műegyetemi Kiadó, 2005.

Atomerőművek (3/1/0/v/5)

Tárgyfelelős: Aszódi Attila

II., III. és IV. generációs atomerőművek bemutatása. Különböző típusú atomerőművek elvi hőkapcsolási sémáinak összehasonlítása, primer és szekunder körű főberendezések és rendszerek részletes bemutatása. A primer és szekunder körben jelentkező korróziós és eróziós folyamatok, primer és szekunder körű vízüzem alapelvei, gyakorlati megvalósítása. Levegőtisztító- és szellőző rendszerek. Technológiai berendezéseket befogadó épületek és helyiség-rendszerek. Vezénylőterem kialakítása, az ergonómiai és a balesetkezelési szempontok érvényesítése. A villamos berendezésének kiépítésének speciális szempontjai. Különböző típusú üzemi és üzemzavari hűtőrendszerek. Az atomerőmű-telepítés szempontjai.

Irodalom: Büki Gergely: Erőművek, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2004, T.H. Margulova: Atomerőművek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1977.

Atomerőművi anyagvizsgálatok (2/0/0/v/3)

Tárgyfelelős: Aszódi Attila

Nyomottvízes atomerőművek primer és szekunder körű főberendezéseinek ellenőrzési módszerei, vizsgálati eljárások, hibadetektálási technikák. Reaktortartály vizsgálatok. Gőzfejlesztő vizsgálati módszerek. Vizuális vizsgálati módszerek, manipulációs technikák, telemechanika alkalmazása atomerőművi környezetben. Speciális módszerek az alak- és mérethelyesség ellenőrzésére. Friss és kiegészített fűtőelem kötegek vizsgálata (tömörtség vizsgálatok, termohidraulikai ellenőrzések, tomográfias eljárások). Radioaktív hulladékot tartalmazó konténerek vizsgálati módszerei. Nukleáris anyagvizsgálati módszerek (pl. radiográfia, tomográfia).

Atomerőművi kémia (2/1/0/f/4)

Tárgyfelelős: Szalóki Imre

A tantárgy az atomerőművek főbb kémiai és radiokémiai folyamatait mutatja be az alábbi tematika szerint: atomerőművek vízüzeme, radioizotópok a fűtőelemekben és a hűtővízben, fűtőelem állapot értékelés, korróziós folyamatok, víztisztító rendszerek, dekontaminálás, radioaktív hulladékkezelés, környezetellenőrzés, radioanalitika az erőművekben. Látogatást szervezünk a Paksi Atomerőmű Zrt-be.

Irodalom: K.H. Neeb: The Radiochemistry of Nuclear Power Plants with Light Water Reactors (Walter de Gruyter, Berlin, 1997), V.V. Geraszimov, A.J. Kaszperovics, O.J. Martinova: Atomerőművek vízüzeme (Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1981).

Atomreaktorok üzemtana (2/2/0/f/5)

Tárgyfelelős: Czifrus Szabolcs

A tárgy keretében részletesen ismertetjük az atomreaktor üzemvitel szempontjából fontos paramétereit: elemezzük a reaktivitás-visszacsatolásokat és azok hatását az atomreaktor üzemeltetésére és nukleáris biztonságára, a xenon- és szamárium-mérgezettség üzemviteli folyamatokat befolyásoló hatását, az atomreaktorban kialakuló teljesítmény-eloszlást, azzal összefüggő hőtechnikai, illetve üzemi korlátokat, egyenlőtlenések kialakulását a kiegészítő ciklus alatt, ciklusvégi speciális üzemviteli vonatkozásokat (pl. manőverező képesség romlása). Ezen túlmenően foglalkozunk az atomreaktor aktív zónájának üzem közbeni monitorozásával, az in-core és ex-core detektorok speciális kérdéseivel. Bemutatjuk a töltettervező és kiterjesztő kódok alapvető tulajdonságait, az adatgyűjtés módjait, adatfeldolgozó rendszerek üzemét, a fűtőelemek üzemi sajátosságai és üzem közbeni állapotellenőrzésük lehetőségeit. A reaktortartály üzemvitellel összefüggő tulajdonságainak és állapotellenőrzésének ismertetése, valamint a reaktorszabályozás beavatkozó szervei és eszközei üzemének bemutatása zárja az előadást.

Irodalom: Csom Gyula: Atomerőművek üzemtana I-II.

Radioanalitika (3/0/2/f/6)

Tárgyfelelős: Szalóki Imre

A tantárgy a Fizika alapképzési (BSC) szakon megszereshető radiokémiai ismeretekre építve a radioanalitika alapjait tárgyalja az alábbi témakörökben: radioaktív izotópok elemzése radiokémiai elválasztási eljárások és nukleáris mérés-technikai módszerek segítségével, nukleáris módszerek alkalmazása az elemanalitikában és az anyagszerkezet-vizsgálatokban. A laboratóriumi gyakorlaton a hallgatók „nehezen mérhető” radioizotópok (urán és transzurán izotópok, stroncium-90 stb.) elemzési módszerét sajátítják el.

Irodalom: G. Choppin, J.O. Liljenzin, J. Rydberg: Radiochemistry and Nuclear Chemistry (Reed Educational and Professional Publishing Ltd., Oxford, 1996), K.H. Lieser: Nuclear and Radiochemistry (Wiley-VCH, Berlin, 2000).

Nukleáris üzemanyagciklus (2/1/0/f/4)

Tárgyfelelős: Szieberth Máté

A tantárgy a Fizika alapképzési (BSc) szakon megszereshető fizikai és magfizikai ismeretekre építve a nukleáris üzemanyagciklus egészéről kíván egységes áttekintést nyújtani az alábbi témakörökön keresztül: a nukleáris üzemanyagciklus felépítése; uránforrások és készletek; az uránércék bányászata és feldolgozása; izotópdúsítás, fűtőelemgyártás; az atomerőművek általános műszaki jellemzői; termikus reaktorral szerelt atomerőművek; gyorsreaktorral szerelt atomerőművek; a kiégett üzemanyag kezelése, újrafeldolgozása; reprocesszási technológiák; a radioaktív hulladékok kezelése és elhelyezése; transzmutáció; biztonsági kérdések; lehetséges nukleáris üzemanyagciklusok; nyílt üzemanyagciklus; zárt üzemanyagciklus; az atomerőművek üzemanyag-gazdálkodási jellemzői; összetett atomenergia-rendszerek; szimbiotikus atomerőmű-rendszerek üzemanyag-gazdálkodási jellemzői; atomerőművek fejlesztési irányai.

Irodalom: Dr. Csom Gyula: Atomerőművek üzemtana, II/1. kötet, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2004, Dr. Csom Gyula: Atomenergia rendszerek nukleáris üzemanyagciklusának továbbfejlesztési lehetőségei, Akadémiai Kiadó, 1988.

A nukleáris leszerelés kérdései (2/0/0/v/3)

Tárgyfelelős: Csige András

Atommagfizikai alapok. Atommagok kötési energiája. Atommagreakciók. A maghasadás és magfúzió. A láncreakció létrejötte és feltételei. Urándúsítás, plutóniumkinyerési technológiák. Maghasadáson alapuló atomfegyverek. Fúziós atomfegyverek. Légköri és földalatti robbantásokból nyerhető információk. Miniaturizálás és szimuláció. Nukleáris technológiák és nukleáris anyagok forgalmának ellenőrzésével (safeguards) kapcsolatos műszaki és fizikai alapismeretek. A nukleáris fegyverek jelentősége; nukleáris doktrínák; nukleáris kérdések a NATO-ban. A nukleáris non-proliferációs rendszer elemei, jelentősége,

működése. A nukleáris fegyverzetkorlátozás története: előzmények, Hiroshima és Nagaszaki, az atomkorszak és a hidegháború. Az Atomsorompó szerződés pontjai, a felülvizsgálati konferenciák és a kibővítési konferencia, az 1997-es PrepCom. Küszöbországok: a *de facto* atomhatalmak, a jó útra tértek, a potenciális küszöbországok és a szovjet utódállamok. Atomfegyvermentes övezetek lakatlan és lakott területeken. A nukleáris robbantások története és a korlátozásokra tett kísérletek: PTBT, küszöbszerződések, a CTBT. Biztonsági garanciák (pozitív és negatív), a "no first use" elve. Verifikáció, a szerződéses kötelezettségek betartásának ellenőrzése és annak problémái. Exportellenőrzés és a nemzetközi exportellenőrzési rendszerek. A nukleáris non-prolifерáció magyar vonatkozásai; a rendszer jövője.

Irodalom: Kenneth S. Krane: Introductory Nuclear Physics (1988), Jozef Goldblatt: Arms Control. A Guide to Negotiations and Agreements (1994), N. Rózsa Erzsébet: Az atomsorompó szerződés és az 1995-ös felülvizsgálati és kibővítési konferencia (1995) The NPT and the supervision conference in 1995, (In Hungarian), N. Rózsa Erzsébet: A nukleáris csend világa felé. (1996) Towards the nuclear silence (in Hungarian).

Atomenergia és fenntartható fejlődés (2/0/0/f/3)

Tárgyfelelős: Aszódi Attila

A fenntartható fejlődés definíciója, értelmezése, nemzetközi törekvések, egyezmények, az energiatermelési módok fejlődése és szerepe a fenntartható fejlődésben, energiahordozó készletek; fosszilis energiahordozók és bányászatuk; energiaellátás biztonsága; az energiaellátás és a gazdasági függetlenség kapcsolata, globális felmelegedés, kiotói megállapodás, klímavédelem, a megújuló energiaforrások és a nukleáris energiatermelés szerepe az egészséges energiaköztérben, atomreaktorok műszaki felépítése és típusai, különböző energiatermelési módok összehasonlítása, atomenergia-rendszerek, az atomenergia-hasznosítás rad.aktív hull. és melléktermékei, atomerőművek biztonsága és környezeti hatásai; Csernobil.

Irodalom: Szatmáry Z., Aszódi A.: Csernobil. Tények, okok, hiedelmek, Typotex, 2005.

Bevezetés a fúziós plazmafizikába (2/0/0/v/2)

Tárgyfelelős: Pokol Gergő

Általános plazmafizikai bevezető. Energiatermelés, fúziós reaktor felépítése, Lawson-kritérium, fúziós plazmák paraméterei. Tehetetlenségi fúzió. Töltött részecskék ütközésmentes mozgása mágneses térben. Termodinamikai egyensúly, ionizációs és sugárzási folyamatok plazmában. Mágneses összetartás: konfigurációk. Részecskék ütközése plazmában, transzport folyamatok. Plazmák elméleti leírása: kinetikus elmélet, folyadék elmélet, MHD. Mágnesesen összetartott plazma egyensúlya, instabilitások, plazmahullámok. Laboratóriumi kísérletek: plazma előállítás, fűtés, plazma-fal kapcsolat. Plazmadiagnosztika, méréstechnika. Aktuális eredmények fúziós plazma összetartás témában.

Irodalom: Pokol Gergő, Zoletnik Sándor, Papp Gergely, Horváth László: Bevezetés a fúziós plazmafizikába / Introduction to fusion plasma physics (elektronikus egyetemi jegyzet)

Fúziós nagyberendezések (2/0/0/v/3)

Tárgyfelelős: Pokol Gergő

A tantárgy röviden ismerteti a mágneses összetartásra alapozott fúziós energiatermelés elvét és bemutatja a fúziós energiatermelés megvalósításához szükséges technológiai rendszereket. Ezután történelmi bevezető, és a mai - már üzemelő, és még épülő – legjelentősebb tokamakok és sztellarátorok részletes bemutatása következik. Tárgyaljuk az ASDEXUpgrade, JET, ITER tokamakok, a Wendelstein 7-X sztellarátor és az aktuális eredmények tükrében kiválasztott egyéb berendezések működési elvét, tervezési szempontjait, főbb komponenseit, fontosabb kiegészítő berendezéseit és az üzemelő berendezések néhány kísérleti eredményét. Az előadásokhoz kötődően sor kerül aktuális magyar fejlesztések bemutatására is. A tárgy röviden foglalkozik a fúziós kutatások további irányával, és útmutatást ad az önálló tájékozódáshoz.

Irodalom: Pokol Gergő, Lazányi Nóra: Fúziós nagyberendezések / Fusion devices (elektronikus egyetemi jegyzet)

Ütközéses transzport mágnesezett plazmában(1/2/0/f/4)

Tárgyfelelős: Pokol Gergő

A plazma kinetikus és folyadék leírása. Az ütközési operátor. Plazma folyadék egyenletek. Transzport hengeres plazmában. Részecskepályák. Toroidális plazmák. Transzport toroidális plazmákban. Transzport a Pfirsch-Schlüter tartományban. Transzport a plató tartományban. Transzport a banán tartományban.

Irodalom: Per Helander and Dieter Sigmar: Collisional transport in magnetized plasmas (Cambridge University Press, 2002)

Reaktorszabályozás és műszerezés (2/1/0/v/4)

Tárgyfelelős: Pór Gábor

Elsősorban atomerőművi műszerezettséget ismertetjük, a hőmérséklet, nyomás, rezgés és nukleáris érzékelőktől a mérőláncokon keresztül a teljes mérés megvalósításig, majd a jelek feldolgozását, a biztonsági filozófiákat, a szabályozás alapelemeit beleértve a kettő a háromból elvet, valamint a függetlenség elvét, majd a nemzetközileg elfogadott osztályozásokat és a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség ajánlásait, a hatósági előírásokat, az ember gép kapcsolatot, az atomerőművi vezénylő kialakításának kérdéseit. Részletesen tárgyaljuk az atomerőművi korszerű mérőrendszereket (VERONA, C-PORCA, PDA, zónadiagnosztika, idegentest detektálás, szivárgásellenőrző rendszerek, akusztikus emissziós rendszerek, akusztikus detektáló rendszerek, öregedésvizsgáló rendszerek), és a várható fejlődési trendeket (vezeték nélküli mérőrendszerek, mérőszoftver megbízhatóság-ellenőrzése, kiértékelő és mesterséges intelligenciát használó operátorsegítő rendszerek).

Irodalom: Atomerőművi műszerezés (összeáll. Pór G. a MŰSZ alapján), IAEA TECDOC 3789, és 4568.

Sugárvédelem II (2/0/2/v/5)

Tárgyfelelős: Zagyvai Péter

A tantárgy a Fizika alapképzési (BSC) szakon megszerezhető sugárvédelmi és nukleáris fizikai ismeretekre építve a környezetben előforduló természetes és – adott esetben – mesterséges eredetű, általában kis mennyiségű radioaktív anyagoktól származó külső és belső sugárterhelés mérésével és számításokkal történő meghatározásait mutatja be. Témakörök: dóziszfogalmak részletes elemzése, az egyes fogalmak speciális problémái (KERMA és elnyelt dózis, egyenértékű dózis és effektív dózis sztochasztikus hatások értékelésére), dózis/kockázat-alapú sugárvédelmi szabályozási rendszer, dózis- és dózisteljesítmény mérési elve és kivitelezése, belső sugárterhelés számítása, nukleáris analízis alkalmazása a belső sugárterhelés meghatározásában, összetett sugárvédelmi mérések: radonanalízis, környezeti monitorozás.

Irodalom: Köteles Gy.: Sugáregészségtan (Medicina, Budapest, 2002.), Kanyár B.: Radioökológia és környezeti sugárvédelem (Veszprém, 2000.), Letölthető jegyzetek a Nukleáris Technikai Intézet internetes oldaláról. / Downloadable lecture outlines from the web site of the Institute of Nuclear Techniques.

Neutron- és gammatranszport számítási módszerek (2/1/0/f/4)

Tárgyfelelős: Czifrus Szabolcs

A tantárgy a elsősorban a Fizika alapképzési (BSc) szakon hallgatott „Reaktorfizika” tárgy keretében megszerzett ismeretek gyakorlati alkalmazását segíti. A tárgy előadásain és gyakorlatain először egyszerű, gyorsan megoldható problémákon keresztül mutatunk be olyan közelítő számítási eljárásokat, melyek alkalmasak fizikai sugárvédelmi (shielding) problémák becslő jellegű megoldására. A hallgatók megismerkedhetnek a MicroShield nevű programmal. A bonyolultabb problémák megoldása érdekében a hallgatók elsajátítják az MCNP nevű, világviszonylatban elismert, Monte-Carlo alapú, csatolt neutron-gamma-elektron részecsketranszport-kód használatának főbb lépéseit. A program segítségével a hallgatóknak sugárvédelmi-tervezési és reaktorfizikai problémákat kell megoldaniuk.

Irodalom: A.B. Chilton, J.K. Shultis, R.E. Faw: Principles of radiation shielding. Prentice Hall, 1984, J.F. Briesmeister (ed.): MCNP4C - A general Monte Carlo N-particle transport code. LA- 12625-M,

Los Alamos, November, 1993.

Atomerőművi szimulációs gyakorlatok (0/0/2/f/3)

Tárgyfelelős: Csige András

A tantárgy célja az atomerőművekkel kapcsolatos reaktorfizikai, termohidraulikai és egyéb műszaki ismeretek elmélyítése a BME NTI-nél, továbbá a KFKI Atomenergia Kutatóintézeténél rendelkezésre álló szimulátorok segítségével. A hallgatók a következő szimulátorokon folytatnak gyakorlatokat: PC² primerkörü szimulátor; SSIM szekunderkörü szimulátor; STEGENA gőzfejlesztő analizátor; APROS egydimenziós termohidraulikai rendszerkód, CFX háromdimenziós termohidraulikai kód; a paksi atomerőmű full-scope szimulátora (KFKI AEKI-ben).

Irodalom: Dr. Csom Gyula: Atomerőművek üzemtana, II/1. kötet, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2004, Fehér S., Aszódi A., Csom Gy.: A PC² v4.0 primerkörü szimulátor fizikai és matematikai modelljének leírása; BME-NTI-241/1999; BME Nukleáris Technikai Intézet, Budapest, 1999, Csige A., Aszódi A.: APROS rendszerkód alkalmazása atomerőművi üzemzavari eseményekre; MNT Szimpózium 2003. december; Magyar Nukleáris Társaság, Budapest, 2004.

Radioaktív anyagok terjedése környezeti és biológiai rendszerekben (2/1/0/v/3)

Tárgyfelelős: Zagyvai Péter

A tantárgy a Fizika alapképzési (BSC) szakon megszerezhető környezetfizikai és nukleáris fizikai alapismeretekre épít. Ismerteti a radioaktív anyagoknak a környezeti közegekben, valamint a növényi, állati és emberi szervezetben lezajló átviteli folyamatait. Témakörök: radioaktivitás megjelenése a környezetben – forrástágok jellemzői. Sztatikus és dinamikus transzportszámítások, modellek. Radioaktivitás terjedése a levegőben, felszíni vizekben, talajban, geológiai rendszerekben. Biológiai transzportfolyamatok.

Irodalom: D. Petruzzelli: Migration and fate of pollutants in soils and sub-soils, (NATO ASI Series G. Ecological Sciences Vol. 32.), Kanyár B.: Radioökológia és környezeti sugárvédelem (Veszprém, 2000.), Letölthető jegyzetek a Nukleáris Technikai Intézet internetes oldaláról. / Downloadable lecture outlines from the web site of the Institute of Nuclear Techniques.

Radioaktív hulladékok biztonsága (1/0/1/v/2)

Tárgyfelelős: Zagyvai Péter

A tantárgy a Fizika alapképzési (BSC) szakon megszerezhető sugárvédelmi alapismeretekre épít. Ismerteti a radioaktív hulladékokra vonatkozó szabályzást, bemutatja a radioaktív hulladék biztonságos kezelésének hangsúlyos kérdéseit. Témakörök: a radioaktív hulladékokra vonatkozó nemzetközi és magyarországi szabályzás elvei és gyakorlata, a radioaktív hulladék feldolgozásának, immobilizálásának és biztonságos elhelyezésének a biztonság szempontjából különösen fontos részletei, egyes hulladékfajták újrahasznosítása, hulladék-analízis.

Irodalom: Ormai P.: A radioaktív hulladékok elhelyezésének lehetőségei Magyarországon (RHK kht.) 2002, Choppin, G. R. and Rydberg, J.: Nuclear Chemistry.(New York: Pergamon Press 1996), Letölthető jegyzetek a Nukleáris Technikai Intézet internetes oldaláról. / Downloadable outlines from the web site of the Institute of Nuclear Techniques.

Reaktorfizika (3/1/0/v/5)

Tárgyfelelős: Kis Dániel Péter

Atommag és neutron kölcsönhatása, a reakciók jellemzése. A neutrongáz leírása. Hatáskeresztmetszetek. Boltzmann-egyenlet. Időfüggés, kritikusság. Diffúzióelmélet. Reaktorkinetika. Reaktivitás mérése. Numerikus módszerek. Neutronspektrum. Lassuláselmélet. Rezonanciák, termalizáció. Termikus reaktorok. Reaktivitástényezők. Adjungált függvény és alkalmazásai. Perturbációk. Kiegész.

Irodalom: Szatmáry Z.: Bevezetés a reaktorfizikába, Akadémiai Kiadó, Budapest, 2000, A.
M. Weinberg and E. P. Wigner: The Physical Theory of Neutron Chain Reactors, The University of Chicago Press, 1958.

ORVOSI FIZIKA TÁRGYCSOPORT

Sugárbiológia (2/1/0/v/4)

Tárgyfelelős: Pesznyák Csilla

A kurzus célja, hogy megismertesse az ionizáló sugárzás szervezeti és sejtszintű hatásait, elemezze azokat a folyamatokat, amelyek az egészséges és daganatos sejtek túlélését, halálát befolyásolják. Ez elősegíti annak megértését, hogy egy adott sugárdózis az egyik esetben miért indukál daganatot, míg más esetben miért pusztítja el a daganatos sejteket. A sugárbiológiai ismeretanyag segítségével olyan új terápiás modalitások dolgozhatók ki, amelyekkel növelhető a daganatos betegek túlélési esélye. A sugárbiológia segítségével érthetjük meg, hogy hogyan és miért használhatjuk az ionizáló sugárzást az egészséges és kóros sejtstruktúra és funkció vizsgálatára, a különböző betegségek diagnózisára.

Irodalom: Pesznyák C, Safrany G: Sugárbiológia (Typotex, 2016), Köteles Gy.: Sugáregészségtan (Medicina, Budapest, 2002.); Hall EJ, Giaccia AJ: Radiobiology for the Radiologist, Lippincott, Williams & Wilkins, Philadelphia, USA, 6th edition, 2006; Joiner M, van der Kogel A (eds): Basic Clinical Radiobiology, Hodder Arnold, London, UK, 4th edition 2009; Steel GG. (ed.) Basic Clinical Radiobiology, Arnold, London, England, 3d edition, 2002.

Sugárterápia fizikai alapjai (2/0/2/v/5)

Tárgyfelelős: Pesznyák Csilla

A tantárgy célkitűzése és részletes tematikája: a sugárterápiához kapcsolódó orvosi fizikai fogalmakat, mérés-technikai problémákat és a besugárzás-tervezéshez kapcsolódó kérdéseket megismertesse a hallgatókkal. Az anatómiai adatok meghatározásának módjai (CT, MRI, PET), fontosabb besugárzási technikák (teleterápia, brachyterápia), a sugárterápiában használt sugárforrások (klasszikus röntgen berendezések, kobalt ágyúk, lineáris gyorsítók, radioaktív izotóp sugárforrások, afterloading készülékek). A teleterápiában használt eszközök sugárzási terének leírása, fontosabb mérési eljárások (ionizációs kamrák, szilárdtest detektorok (film és termolumineszcens dozimetria)), mezőmódosító eszközök hatásának mérése (külső ék, dinamikus ék, blokk, MLC). A brachyterápia célja, a sugárforrások fajtái és alkalmazásuk módszerei. Terápiás tervek ellenőrzése, a besugárzás tervezés követelményei az ICRU ajánlása szerint. Minőségbiztosítás, minőségellenőrzés, a tele- és brachyterápiás eszközök biztonságtechnikája, sugárvédelem és sugárbiológia a sugárterápiában.

Irodalom: Review of Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students (Ed.: E. B. Podgorsak) Educational Report Ser. IAEA Vienna, Austria, 2003. pp. 530; Khan F.: The Physics of Radiation Therapy 2nd ed. Williams & Wilkins, 1994; Williams J.R., Thwaites D.I.: Radiotherapy Physics in Practice. Oxford Univ. Press, 1993; Johns, H. E. Cunningham, J. R.: The Physics of Radiology (Fourth Edition) Charles C. Thomas Publisher, Springfield, Illinois, USA 1983. pp. 796.

Sugárterápia II (2/0/0/v/3)

Tárgyfelelős: Pesznyák Csilla

A tantárgy célkitűzése és részletes tematikája: a sugárterápia speciális készülékeinek és kezelési módszereinek megismertetése a hallgatókkal. Három témakör kerülne bemutatásra. (I) Sztereotaxiás agyi sugársebészet és extracraniális sztereotaxia fizikai alapjai, a kezelési módszerek, metszetképalkotó eljárásokon alapuló 3D-s besugárzástervezés, dozimetriája és minőségbiztosítása. (II) A képvezérelt (IGRT) és biológiailag vezérelt intenzitásmodulált sugárterápia (IMRT) besugárzástervezése és ellenőrzése független számolási algoritmussal, dozimetriai és minőségbiztosítási kérdések megvitatása. Kis mezők dozimetriája. Képvezérelt sugárterápia megvalósításának lehetőségei, a cone beam CT alkalmazásának feltételei. (III) Teljes bőr elektronsugárzás bemutatása dozimetriai és sugárbiológiai szempontok alapján.

Irodalom: T. Bortfeld, R. Schmidt-Ullrich, W. De Neve, D. E. Wazer (Editors). Image- Guided IMRT, Springer 2006.

Brachyterápia (2/0/0/v3)

Tárgyfelelős: Pesznyák Csilla

A tantárgy célkitűzése és részletes tematikája: a közelbesugárzás (brachyterápia) dozimetriai alapfogalmainak, készülékeinek és kezelési módszereinek az ismertetése. Sugárfizikai ismeretek: az alkalmazott sugárforrások fizikai tulajdonságai, dozimetriai alapfogalmak, forrásérosség, bomlási törvény, a dózisszámolás alapjai, TG 43 formalizmus. Dozimetriai rendszerek: intersticiális (Manchester, Quimby, Paris) és intrakavitális (Manchester, Fletcher, Stockholm) rendszerek szabályainak és tulajdonságainak ismertetése. Számítógépes dozimetria: forráslokalizációs módszerek, metszteképkészítő eljárásokon alapuló 3D-s besugárzástervezés, dózis-térfigat hisztogramok, tervkiértékelések. Kezelési technikák: manuális módszerek és utántöltéses (afterloading) eljárások. Brachyterápiás dóziszjelentések: dóziselőírás, kezelési paraméterek rögzítése és jelentése, GTV, CTV, PTV, ICRU Report 38 és 58. Minőségbiztosítás: forráskalibrálás, elfogadási tesztek, forráspozíció ellenőrzés, rendszeres ellenőrzések.

Irodalom: A. Gerbaulet, R. Pötter, J.J. Mazon, H. Meertens, E. van Limbergen (Editors). The GEC ESTRO Handbook of Brachytherapy, ESTRO Physics Booklet No. 8. A practical guide to quality control of brachytherapy equipment.

Minőségbiztosítás és jogi szabályozás (2/0/1/v/4)

Tárgyfelelős: Pesznyák Csilla

A tantárgy célkitűzése és részletes tematikája: a sugárterápiában, a röntgen diagnosztikában és a nukleáris medicinában alkalmazott minőségbiztosítási vizsgálatok (átvételi, állapot- és állandósági vizsgálatok) és eszközök megismertetése a hallgatókkal.

A minőség fogalma. A minőségbiztosítással kapcsolatos szabványok és jogszabályok. Röntgenterápiás, teleterápiás és brachyterápiás berendezések valamint a hagyományos és CT szimulátorok és PET/CT készülékek minőségbiztosítása, napi, heti, havi és éves minőség-ellenőrzése. A tervezőrendszerek minőségbiztosítása /minőségellenőrzése. A mérendő paraméterek és tűréshatárai. A nem-invazív mérések elvei és eszközei. Az egyes vizsgálatfajták eszközsüksége. Az eredmények értékelése. Különböző röntgenmunkahelyek minőségellenőrzése (felvételi, átvilágító, CT, mammográfiás, angiográfiás és intervenciós). Páciensdózis-mérések. A sugárterápia, röntgendiagnosztika és nukleáris medicina nemzetközi és hazai jogi szabályozása.

Irodalom: IAEA, Commissioning and Quality Assurance of Computerized Planning Systems for Radiation Treatment of Cancer, TRS-430; IAEA, Comprehensive Audits Of Radiotherapy Practices: A Tool For Quality Improvement (2007); IAEA, Specification and Acceptance Testing of Radiotherapy Treatment Planning Systems, TECDOC-1540, IAEA Quality Assurance for Radioactivity Measurement in Nuclear Medicine, TRS-454

Sugárvédelem az orvosi fizikában (3/0/1/v/5)

Tárgyfelelős: Pesznyák Csilla

A fizikai és biológiai dóziszfogalmak áttekintése (KERMA és elnyelt dózis, relatív biológiai hatásosság a determinisztikus hatás jellemzésére, egyenértékűdózis és effektív dózis a sztochasztikus hatások értékelésére). LNT – pro és kontra. Dózis/kockázat-alapú sugárvédelmi szabályozási rendszer. Dóziskorlát, dózismegszorítás. Kibocsátási korlát. Mentességi szint. A külső dózis- és dózisteljesítmény mérési elve és kivitelezése, eszközei, a mérések kiértékelése. A belső sugárterhelés számítása. A belső sugárterhelés meghatározásához szükséges mérési eljárások – egésztest- és résztestszámlálás, környezeti analízis. Környezeti és biológiai minták instrumentális analízise. A mesterséges eredetű radioizotópok alkalmazásai, kikerülésük a környezetbe. Sugárveszélyes munkahelyek az egészségügyben, munkahelyek tervezése. Személyi sugárvédelem. Radioaktív források szállítása és hulladék-kezelés. Sugárbaesetek az orvosi fizika különböző területein. Páciens védelem és beteg dózis. Sugáregészségtan alapjai. Sugárbaesetek megelőzése és baleseti helyzetek kezelése. Sugárterápiás intézet részegységeinek sugárvédelmi tervezése. Zárt és nyitott radioaktív készítmények használata.

Irodalom: IAEA STS No 47. Radiation Protection in the Design of Radiotherapy Facilities. Sugárvédelem, szerk.: Fehér István és Deme Sándor, ELTE, Eötvös Kiadó, 2010

Mágneses rezonancia és klinikai alkalmazásai (2/0/0/v/3)

Tárgyfelelős: Jánossy András

A tárgy célkitűzése és részletes tematikája: a mágneses rezonancia és klinikai alkalmazásaihoz kapcsolódó orvosi fizikai fogalmakat, mérés technikai problémákat és gyakorlati alkalmazásához kapcsolódó kérdéseket megismertesse a hallgatókkal. Történelem, a mágneses rezonancia képalkotás (MRI) helye az orvosi képalkotó eljárások között, alapvető sajátosságai; a mágneses rezonancia (MR) alapjai: relaxációk, koordináta rendszerek, Bloch egyenletek; impulzus MR, spin ekhó; Fourier-transzformáció (FT) és diszkrét FT; NMR-spektroszkópia; az MRI alapelve, egydimenziós leképezés; a háromdimenziós leképezés, frekvencia és fáziskódolás; az MRI-kép megjelenítése, felbontás és látómező; a képalkotás alapvető módszerei, egyszerűbb szekvenciák; a kontraszt; képalkotási hibák; különleges képalkotási módszerek, impulzus szekvenciák; a különböző szekvenciák klinikai alkalmazása; az MRI hardverelemei; biztonságtechnika és környezeti kérdések.

Irodalom: C Westbrook, CK Roth, J Talbot: MRI in Practice (3rd edition) Wiley-Blackwell, ISBN-13: 978-1405127875

Nukleáris medicina (2/0/1/v/4)

Tárgyfelelős: Czirfus Szabolcs

A tantárgy célkitűzése és részletes tematikája: a nukleáris medicinához kapcsolódó orvosi fizikai fogalmak, mérés technikai kérdések, valamint a nukleáris medicinában alkalmazott berendezések (PET, SPECT) működési alapjainak megismertetése a hallgatókkal. A nukleáris medicina módszereinek rövid, összefoglaló, történeti elemeket is tartalmazó áttekintése. A sugárzások detektálása szempontjából lényeges fizikai folyamatok, kölcsönhatási mechanizmusok összefoglalása. A gamma-kamera (Anger-kamera) működési elve: szcintillációs anyagok, fotomultiplierek, a gamma-kamera megvalósítási módjai, kollimációs technikák. Izotópdiaosztika gamma-kamerás síkleképezéssel: alkalmazott forrástípusok, hatások, elérhető képparaméterek, zajforrások, vizsgálati célok. A SPECT elve, kivitelezésének módjai, képminőséget befolyásoló tényezők, alkalmazási irányok. A PET elve, kivitelezésének módjai, képminőséget befolyásoló tényezők, alkalmazási irányok. A PET alkalmazásához szükséges izotópok előállítása gyorsítóknál, az izotópok bemérése, használatra történő előkészítése. A SPECT és PET CT-vel való kombinálhatósága, ennek előnyei, elérhető képjellemzők. Képrekonstrukciós módszerek, alkalmazhatóságuk, előnyök, hátrányok. PET/SPECT berendezések modellezése Monte Carlo módszerrel. Páciensdózis és dózissenőrzés. Sugárvédelem az izotópdiaosztikában, baleseti eljárások.

Irodalom: MN Wernick and JN Aarsvold, Emission Tomography: The Fundamentals of PET and SPECT. Elsevier 2004; DL Bailey et al. Positron Emission Tomography. Springer-Verlag London Limited 2005.

Orvosi képalkotás (3/1/0/v/4)

Tárgyfelelős: Légrády Dávid

A tantárgy célkitűzése és részletes tematikája: az orvosi képalkotás matematikai és informatikai eszköztárának megismertetése a hallgatókkal. A kép fogalma, matematikai leírása, a képminőség jellemzése (Kontraszt, geometriai felbontás, zaj, detektálási kvantumhatások, jel-zaj viszony, MTF), képalkotási módszerek: transzmissziós, emissziós, gerjesztett technikák, a modalitások vázlatos bemutatása (CT, ultrahang, MRI, PET, SPECT), Sugárterek szimulációja, fizikai és matematikai modellezés, matematikai és fizikai fantomok, lineáris rendszerek. Fourier transzformált és képfeldolgozás, a 2D vetítés, tomográfia, radon-transzformáció, szűrt visszavetítés. Iteratív rekonstrukciós módszerek (ML-EM, OSEM) Korrekciós tényezők, a tomográfias rekonstrukció gyakorlata. Multimodalitású rendszerek, regisztráció, szegmentáció, fúzió. Képtömörítés és kommunikációs rendszerek, képtömörítés, DICOM szabvány.

Irodalom: Frank Natterer, Frank Wübbeling, Mathematical Methods in Image Reconstruction (Monographs on Mathematical Modeling and Computation), SIAM, 2001, B Bendriem, DW Townsend: The Theory and practice of 3d pet, Springer 1998.

Röntgendiagnosztika fizikai alapjai (2/1/0/v/4)

Tárgyfelelős: Szalóki Imre

A tantárgy célkitűzése és részletes tematikája: Röntgensugárzás és anyag kölcsönhatási jelenségei: fényelektromos jelenség, rugalmas szórás, Compton-jelenség, röntgensugarak reflexiója, polarizáció, fékezési sugárzás keletkezése és tulajdonságai, párkeltés folyamata, abszorpciós jelenségek. Röntgenforrások: röntgenszó, röntgengenerátor, radioaktív izotópok, szinkrotron. Röntgendetektorok: film, fluoreszcens ernyők, gáztöltésű, szcintillációs és félvezető detektorok, mátrixdetektorok, kriogén detektorok. Röntgendetektorok mérés technikai tulajdonságai: hatásfok- és válaszfüggvény, holtidő, koincidencia. Röntgennyaláb abszorpciója, szűrők, röntgenoptikai elemek. Radiológiai képalkotás elemei: nagyítás, szórás szerepe a zaj keletkezésében, kontraszt, felbontás, műtermékek. Kétenergiás röntgen abszorpciometria. Komputer tomográfia mérési geometriái: parallel és cone beam geometria. A CT mechanikai elemei, detektorai, kollimálás, szűrés. Rekonstrukciós eljárások: matematikai alapok, Fourier-féle vetítési tétel, szűrt vetítés, szűrt vissza-vetítési eljárás, algebrai rekonstrukció, térbeli és kontraszt feloldás, a leképezés és rekonstrukció hibái. Reflexióos tomográfia, párhuzamos és legyező vetítési technika rekonstrukciós algoritmusai. A CT orvosi alkalmazásai: angiográfia, teljes test CT, mammográfia, fogászati alkalmazás. Dozimetriai alapfogalmak, eszközök és alkalmazásuk a röntgendiagnosztikában. A röntgensugárzás biológiai hatásai, sugárvédelem, biztonsági kérdések, minőségbiztosítás.

Irodalom: A.C. Kak, M. Slaney, Principles of Computerized Tomographic Imaging, Electronic Copy (c) 1999, New York