



**TÁJÉKOZTATÓ A BME
TERMÉSZETTUDOMÁNYI KARÁRA**

FIZIKA ALAPSZAKRA

**FELVÉTELT NYERT
HALLGATÓK SZÁMÁRA**



2013

Tartalomjegyzék

1. Dékáni köszöntő
2. Tájékoztató a Fizika alapképzésről
3. A Fizika alapszak tanrendje
4. A Fizika alapképzési szak mintatanterve
5. A Fizika alapképzési szak tantárgyai
6. A Természettudományi Kar Dékáni Hivatala és Hallgatói Képvisellete
7. A Természettudományi Kar intézetei és tanszékei

Kedves Elsőéves Fizikus Hallgató!

Szeretettel köszöntöm abból az alkalomból, hogy a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME vagy népszerű nevén a Műegyetem) polgára lett. Külön örülök annak, hogy tanulmányaihoz a Természettudományi Kart választotta, hiszen hosszú évek óta nagy hangsúlyt fektetünk arra, hogy a tőlünk kikerülő hallgatók világszínvonalú tudással bárhol megállják a helyüket és itthon vagy akár külföldön öregbítsék országunk jó hírét. Nemzetközi hírű professzorainkkal, kutatásban és oktatásban kiterjedt tapasztalatokkal rendelkező tanártársaimmal arra törekszünk, hogy Önnel együttműködve, közös erőfeszítéssel, a tudása mélyüljön, látóköre szélesedjen és képzése során sok hasznos ismeretre tegyen szert. A Karhoz tartozó oktatási egységek igen sok külföldi egyetemmel alakítottak ki élénk és nagyon eredményes oktatási és kutatási együttműködést. Ennek révén a magasabb évfolyamos hallgatók egy részének lehetőséget nyújtunk arra, hogy tanulmányaik bizonyos szakaszát külföldi egyetemeken folytathassák.

Célunk, hogy amikor majd kézhez veszi BSc diplomáját, megfelelő képzettséggel rendelkezzen ahhoz, hogy folytatni tudja tanulmányait a kívánt mesterszakon, illetve, ha el kíván helyezkedni, az se jelenthessen gondot és olyan munkát választhasson, ami nemcsak biztos megélhetést nyújt, hanem érdeklődésének megfelelő is.

A fizikus képzés másfél évtizedes múltra tekint vissza a Műegyetemen és kiváló eredménnyel működik. A felvételi ponthatár általában jóval az átlagos felett van, és eddigi tapasztalataink szerint a hallgatóink érdeklődőek és teljesítményorientáltak. Kívánjuk, hogy minél inkább járuljon hozzá ahhoz, hogy hallgatótársai között kialakuljon az egymást segítség és egymással versengés egyensúlya.

Az egyetemi évek mindenki életében meghatározóak, nemcsak a megszerzett ismeretanyag tekintetében – hiszen manapság a tanulás egy életre szóló program –, hanem az egyetemi életben való részvétel, az itt létrejövő személyes kapcsolatok és az itt kialakuló tudományos szemlélet miatt is. Arra biztatom, hogy használja ki jól a BME nyújtotta lehetőségeket! Tájékozódjék, keresse a kapcsolatokat a felsőbb éves hallgatókkal, professzoraival és tanáraival! Nem fog csalódnai, ha esetleges problémáival hozzájuk fordul.

Most azonban nem a problémák, hanem az öröm perceit éljük: örülünk, hogy csatlakozott hozzánk, a felvételéhez szívből gratulálok!

DR. PIPEK JÁNOS
dékán

TÁJÉKOZTATÓ A FIZIKA ALAPKÉPZÉSÉRŐL

Miért ajánljuk a Műegyetemi fizikusképzést?

A pályaválasztás során célszerű az egyéni érdeklődést és a várható társadalmi igényeket egyaránt figyelembe venni. Gyorsan változó világunkban különösen nehéz előre látni, hogy milyen speciális szaktudás lesz jól hasznosítható 5, 10 vagy 15 év múlva. Ha a diplomás szakemberek széles alapokon nyugvó, kiterjedten alkalmazható tudással rendelkeznek, könnyebb lesz a kihívásoknak megfelelniük. Új, kétszintű képzésünket is ezen szempont alapján alakítottuk ki.

A fejlett országokban tág körben alkalmaznak fizikusokat, akik a természet- és a műszaki tudományok alapját képező fizika köré csoportosítva matematikát, számítástechnikát, mérés-technikát tanulnak és elsajátítják a problémamegoldás hatékony módszereit.

A Műegyetemen végző fizikusok éppen ezekre a jól hasznosítható alapokra építve olyan szakemberekké válnak, akik a tudományos kutatás, a műszaki fejlesztés vagy akár a gazdasági és az üzleti élet legkülönbözőbb területein megállják a helyüket. A fizikusok az új anyagok és technológiák kifejlesztésében úttörő szerepet játszanak azáltal, hogy a „*hogyan*” mellett mindig a „*miért*”-re is figyelnek. A modern üzemekben anyagtudományi és mérés-technikai tudásukat kamatoztatják, a környezetvédelemben a nukleáris folyamatokról és a komplex rendszerekről tanultakat hasznosítják, de modellalkotási és matematikai ismereteik akár a gazdasági folyamatok elemzésénél is bevethetők.

Örvendetes tény, hogy a multinacionális nagyvállalatok mellett egyre több, innovációval foglalkozó hazai kisvállalkozás keres fizikusokat. Eddig végzett hallgatóink itthon vagy az Európai Unióban jó állásokban tudtak elhelyezkedni, vagy a doktori képzés keretében tanulnak tovább.

A 2006-tól induló kétszintű szerkezet rugalmasabb és sokoldalúbb képzést tesz lehetővé. Miközben megőrizzük az eddigi sikeres ötéves mérnökfizikus szak előnyeit, az érdeklődő hallgatók számára lehetőség nyílik gyakorlatibb és már az alapidiploma megszerzése után valamilyen formában hasznosítható tudás megszerzésére.

A szak széleskörű természettudományos, matematikai és számítástechnikai alapok, valamint fontos műszaki-technológiai alkalmazások elsajátítását teszi lehetővé. A képzés célja, hogy a végzett mérnök-fizikusok munkájuk során szakterületük kísérleti és elméleti módszereit egységben tudják alkalmazni a természeti jelenségek vizsgálatára, értelmezésére és a kutatás-fejlesztés gyakorlati feladatainak megoldására, továbbá képesek legyenek szakterületük fejlődésének naprakész nyomon követésére és az új eredmények saját munkájukban történő hasznosítására.

A fizika alapképzést a BME Természettudományi Kar Fizikai Intézete és Nukleáris Technikai Intézete gondozza. A képzésben részt vesznek a Matematika Intézet, a Gépészmérnöki Kar, a Villamosmérnöki és Informatikai Kar valamint a Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar egyes tanszékei is.

A fizika alapképzés tantervi irányelvei

A szak jelenleg érvényes tantervének kidolgozása a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen alkalmazott kreditrendszer figyelembevételével történt.

A képzés két részből áll: lényegében a 2. félév végéig tartó – zömében kötelező tárgyakat tartalmazó alapképzésből – és a 3. szemeszterben kezdődő, szakirányú képzés formájában megvalósuló specializációból. A fizikus szakirány erős elméleti képzést nyújt, és felkészít a BSc képzésre épülő fizikus mesterképzés minden szakirányára. Az alkalmazott fizika szakirány gyakorlatiasabb képzést ad, lehetőséget nyújt a BSc diplomával való elhelyezkedésre

vagy más irányú továbbtanulásra, de egyben felkészít a fizikus mesterszak alkalmazott fizika és nukleáris technika szakirányaira.

A tanterv a hallgatók számára látókörük szélesítése céljából lehetőséget biztosít szabadon választható tárgyak hallgatására (amelyekből 9 kreditpontot kell teljesíteni). Ezeket a hallgatók szakmai, vagy nem szakterületi, ún. közismereti tárgyakkól választhatják ki.

Mit tanulnak a fizika alapképzési szak hallgatói?

A fizikus alapvető eszköze a matematika és a számítástechnika, ezért ezeken a területeken komoly tájékozottságra van szükség. A természettudományos alapokat a kísérleti és az elméleti fizika biztosítja, amihez már első évtől laboratóriumi gyakorlatok csatlakoznak. Mindezt további természettudományos és közismereti tárgyak egészítik ki. Ez az alapozó képzés hasonló az ország más egyetemein induló fizika szakokon elérhetőhöz, a BME fizika alapképzési szakját a Műegyetem nyújtotta speciális gyakorlati, műszaki háttér különbözteti meg.

A szakra vonatkozó szabályozásokat (pl. a záróvizsga letételének feltételeit, a diplomamunka elkészítését) a szak **tanrendje** tartalmazza. Az ütemes előrehaladás garanciája, ha a hallgatók a **mintatanterv** szerint veszik fel a tantárgyakat. Az egyes tantárgyak felvételéhez szükséges kötelező előismereteket az **előtanulmányi rend** tartalmazza. *Felhívjuk a figyelmet, hogy a következő információk tájékoztató jellegűek.* Kiseb kiigazító módosítások, kiegészítések a Hallgatói Képviselőt, a Fizikus Szakbizottság és a Kari Tanács egyetértésével a tanulmányok során előfordulhatnak. A dokumentumok érvényes változata a kar honlapján, a <http://www.ttk.bme.hu> címen olvasható.

A FIZIKA ALAPSZAK TANRENDEJE

- (1) A fizika alapképzési szak képesítési és kimeneti követelményeit kormányrendelet tartalmazza.
- (2) A szak *Mintatantervét* és az *Előtanulmányi rendet* a jelen dokumentumhoz csatolt táblázatok tartalmazzák. A képzés során a következő korlátozó feltételt is figyelembe kell venni:
 - Azonos nevű előadás és gyakorlat esetén az előadáshoz tartozó vizsgára csak a megfelelő gyakorlat sikeres lezárása után lehet jelentkezni.
- (3) A kritérium követelmények teljesítésének határideje:
 - Amennyiben a Mintatantervből más határidő nem következik, a kritérium jellegű feltételek teljesítése a záróvizsgára való jelentkezésig történhet meg.
- (4) A szakirány választás feltételei és szabályai:
 - A fizika alapképzési szakot végző hallgatók a 2. félév végén választhatnak a *Fizikus* és az *Alkalmazott fizika* szakirány közül. Az egyes szakirányok számára előírt kurzusokat és kreditszámokat a Mintatanterv tartalmazza. A szakirány választást a hallgató a NEPTUN rendszerben rögzíti.
 - A szakirány választhatóságának előfeltételét az Előtanulmányi rend rögzíti.
- (5) A szakdolgozat elkészítésének szabályai:
 - A fizikus alapképzési szakon a szakdolgozat elkészítésére a Mintatanterv szerinti 6. félévben heti 10 óra áll a hallgatók rendelkezésére.
 - A szakdolgozati témákat minden félév legkésőbb 10. oktatási hetének végéig meghirdetik.
 - A hallgatók választott szakdolgozati témájukat a következő módon rögzítik: A meghirdetett témák közül a hallgató a témavezetővel való egyeztetés után választ. A téma címét a témavezető és a hallgató által aláírt *jelentkezési lapon* rögzítik, amelyet a szakdolgozat megkezdését megelőző regisztrációs hét utolsó napjáig a kar Dékáni Hivatalában kell leadni.
- (6) A záróvizsgára bocsátás feltételei:
 - Záróvizsgára az a hallgató bocsátható, aki az alapozó képzés és a szakirányos képzés kötelező tárgyait, továbbá a kritériumkövetelményeket teljesítette, valamint a választható tárgyakkal és szakdolgozattal együtt a 180 kreditet összegyűjtötte.
 - A végbizonyítvány (abszolutórium) megléte (a BME TVSZ szerint).
 - A záróvizsgára bocsáthatóság általános feltételeit, a határidőket és egyéb körülményeket az Egyetemi TVSZ tartalmazza.
- (7) A záróvizsga lebonyolítása, tantárgyai, illetve a kiválasztás szabályai:
 - A záróvizsga a szakdolgozat megvédéséből és azzal egyidejűleg, ugyanazon bizottság előtt tett szóbeli vizsgából áll.
 - A szóbeli vizsga tantárgyait a választott szakirány képesítési követelményeinek megfelelően kell megválasztani. A vizsgatárgyakat és azok tematikáját a *Fizikus Szakbizottság* előterjesztése alapján a Fizikai Intézet teszi közzé.

- A záróvizsgák időpontjának kitűzése, a vizsgák megszervezése a BME TVSZ és a Tanulmányi Ügyrend rendelkezéseinek figyelembevételével a Fizikai Intézet tanszékei és a Nukleáris Technikai Intézet feladata.
 - A záróvizsga-bizottságot lehetőleg úgy kell összeállítani, hogy a témavezető és a belső konzulens ne legyen a bizottság tagja.
 - Különleges esetekben szakdolgozat elkészítésének felügyeletét ellátó tanszék ("anyatan-szék") vezetőjének javaslatára a Kari Tanulmányi Bizottság engedélyezheti, hogy a témavezető vagy a belső konzulens a záróvizsga-bizottság tagja legyen.
 - A záróvizsga menetének szabályai és követelményei az Egyetem Tanulmányi és Vizsgaszabályzatában, valamint a Képzési Kódexében vannak rögzítve.
- (8) A fizika alapképzési szak és a hagyományos 5 éves képzés mérnök-fizikus szakja közötti átjárhatóság feltételeit a kari *Átvételi szabályzat* rögzíti.
- (9) A tanrenddel kapcsolatos egyéb, itt nem szabályozott kérdésben döntési jogköre a BME TTK Kari Tanácsának, javaslattételi jogköre a Fizikus Szakbizottságnak van. A döntésekről a hallgatókat a kar Dékáni Hivatalán keresztül és/vagy elektronikusan kell értesíteni.
- (10) A záróvizsga és az MSc felvételi vizsga együttes lebonyolítása: Azon hallgatók számára, akik a BME-n a fizika alapképzési (BSc) szak után a végzés félévében a BME-n a fizikus mesterképzési (MSc) szakra jelentkeznek, az MSc felvételi vizsgát a BSc záróvizsgával egyidejűleg bonyolítjuk le. Ennek részleteit külön melléklet rögzíti.

A FIZIKA ALAPKÉPZÉSI (BSC) SZAK MINTATANTERVE

			Szemeszter						
Tárgynév, tárgytípus			1	2	3	4	5	6	óra/kr.
Alapozó ismeretek (28 kreditpont)									
1	Analízis	K	4/2/0/v/6						6/6
2	Lineáris algebra	K	4/0/0/v/4						4/4
3	Lineáris algebra gyakorlat	K	0/2/0/f/2						2/2
4	Számítástechnika alapjai	K	3/0/1/f/4						4/4
5	Kémia	K	4/0/0/v/4						4/4
6	Közgazdaságtan	K		2/0/0/f/2					2/2
7	Menedzsment és vállalkozásgazdaságtan	K		2/0/0/f/2					2/2
8	Sugárvédelem és jogi szabályozása	K		2/0/0/v/2					2/2
9	Környezetvédelem alapjai	K		2/0/0/f/2					2/2
Szakmai törzsanyag (41 kreditpont)									
10	Kísérleti fizika I. II. III.	K	4/0/0/v/4	4/0/0/v/4	3/1/0/v/4				12/12
11	Kísérleti fizika gyakorlat I. II.	K	0/2/0/f/2	0/2/0/f/2					4/4
12	Kísérleti magfizika	K				2/1/0/v/3			3/3
13	Fizika laboratórium I. II. III. IV.	K		0/0/3/f/3	0/0/4/f/4	0/0/4/f/4	0/0/4/f/4		15/15
14	Szilárdtestfizika alapjai	K					2/0/0/v/2		2/2
15	Szilárdtestfizika gyakorlat	K					0/2/0/f/2		2/2
16	Optika	K					2/1/0/v/3		3/3
Differenciált szakmai ismeretek (102 kreditpont)									
17	Többváltozós analízis	K		4/2/0/v/6					6/6
18	Differenciálegyenletek	K			4/2/0/v/6				6/6
19	Valószínűségszámítás	K			2/2/0/v/4				4/4
20	Programozás	K	2/0/2/f/4						4/4
21	Numerikus számítások	K		0/0/2/f/2					2/2
22	Bevezetés a mérések kiértékelésébe	K		2/0/0/v/2					2/2
23	Méréstechnika	K			2/0/0/f/2				2/2
24	Méréstechnika laboratórium	K			0/0/2/f/2				2/2
25	Elektronika I. II.	K			2/0/0/f/2	2/1/0/f/3			5/5
26	Elektronika laboratórium	K					0/0/2/f/2		2/2
27	Kémia laboratórium	K		0/0/3/f/3					3/3
28	Fizika laboratórium V	K						0/0/4/f/4	4/4
29	Szakirány tárgyak (óra/kredit)	KV			6/6	20/20	12/13	10/11	48/50
30	Szakkolgozat	K						0/0/10/f/10	10/10
Szabadon választható tárgyak (9 kreditpont)									
31	Szabadon vál. Tárgy I-II	SZV					4/0/0/f/4	4/0/0/f/5	8/9
Kritériumtárgy									
32	Matematika szigorlat	KR				0/0/0/s/0			0/0
33	Kísérleti fizika szigorlat	KR					0/0/0/s/0		0/0
34	Testnevelés	KR		0/2/0/a/0	0/2/0/a/0				4/0
Nyelvtanulási lehetőség									
35	Idegen nyelv	KR	0/4/0/a/0	0/4/0/a/0	0/4/0/a/0	0/4/0/a/0	0/4/0/a/0		20/0
Összes heti óra (krit. nélkül)			30	30	30	30	29	28	177
Összes kredit-pontszám			30	30	30	30	30	30	180
Vizsgaszám			4	4	4	4	4	3	29
Szigorlatszám			0	0	0	1	1	0	2

A fizikus szakirány mintatanterve

	Tárgynév	1	2	3	4	5	6	óra/kr.
36	Funkcionálanalízis				4/2/0/v/6			6/6
37	Mat. módszerek a fizikában				4/0/0/v/4			4/4
38	Mat. módszerek a fizikában gyakorlat				0/2/0/f/2			2/2
39	Numerikus módszerek					4/0/0/v/4		4/4
40	Numerikus módszerek laboratórium					0/0/2/f/2		2/2
41	Mechanika			4/0/0/v/4				4/4
42	Mechanika gyakorlat			0/2/0/f/2				2/2
43	Áramlásstan				2/0/0/f/2			2/2
44	Elektrodinamika és relativitáselmélet				4/0/0/v/4			4/4
45	Elektrodin. és rel. elm. gyakorlat				0/2/0/f/2			2/2
46	Kvantummechanika					4/0/0/v/5		4/5
47	Kvantummechanika gyakorlat					0/2/0/f/2		2/2
48	Statisztikus fizika						4/0/0/v/5	4/5
49	Statisztikus fizika gyakorlat						0/2/0/f/2	2/2
50	Elméleti szilárdtestfizika						4/0/0/v/4	4/4
	óra/kredit	0/0	0/0	6/6	20/20	12/13	10/11	48/50

Az alkalmazott fizika szakirány mintatanterve

	Tárgynév	1	2	3	4	5	6	óra/kr.
51	Elméleti fizika I. II.			4/2/0/v/6	4/2/0/v/6			12/12
52	Programozás II				1/0/1/f/2			2/2
53	Mérési adatgyűjtés és feldolgozás				0/0/2/f/2			2/2
54	Kémiai és orvosi biológiai mérés-technika				2/0/2/f/4			4/4
55	Környezetvédelem				2/0/0/v/2			2/2
56	Nukleáris mérés-technika					2/0/0/v/2		2/2
57	Fenntartható fejlődés és energetika					2/0/0/v/3		2/3
58	Alkalmazott szilárdtestfizika						2/0/0/v/2	2/2
59	Spektroszkópia						2/0/0/v/3	2/3
60	Kötelezően választható tárgyak				4/0/0/f/4	8/0/0/f/8	6/0/0/f/6	18/18
	óra/kredit	0/0	0/0	6/6	20/20	12/13	10/11	48/50

Jelmagyarázat:

1. Tárgyfelvétel típusa:

K: Kötelező tantárgy,

KV: kötelezően választható tantárgy,

SZV: szabadon választható tantárgy,

KR: kritérium feltétel.

2. Tárgyparaméterek **ea/gy/lb/kv/kr:**

ea, gy, lb: rendre az előadás, gyakorlat és labor heti óraszám; **kv:** a félév végi követelmény (**a:** aláírás, **v:** vizsga, **f:** félévközi jegy, **s:** szigorlat); **kr:** a tárgy kredit értéke. Pl. **2/0/1/v/4:** heti 4 óra előadás + 0 óra gyakorlat + 1 óra labor, vizsgával zárul, 4 kredit értékű.

A FIZIKA ALAPKÉPZÉSI (BSC) SZAK TANTÁRGYAI

1. SZEMESZTER

tárgykód	előadás	gyakorlat	Labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE93AF00	4	2	0	vizsga	6	kötelező

Analízis

Tematika:

Racionális és valós számok. Halmazok. Valós számsorozatok konvergenciája. Egyváltozós függvények: folytonosság, folytonos függvények tulajdonságai, monotonitás, monoton függvények tulajdonságai, differenciálhatóság, nevezetes határértékek, elemi függvények és inverzeik, középértéktételek, differenciálható függvények tulajdonságai, függvényvizsgálat, Taylor polinom, határozott és határozatlan integrál, az integrálás technikája, az integrálszámítás alkalmazása, improprius integrál, egyszerű differenciálegyenletek. Végtelen számsorok. Konvergencia kritériumok.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Hass – Thomas – Weir: Thomas-féle kalkulus 1-3. Typotex Kiadó

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE91AK00	4	0	0	vizsga	4	kötelező

Lineáris algebra

Tematika:

Komplex számok, polinomok, mátrixok, determináns, lineáris egyenletrendszerek. Vektorterek, bázis, dimenzió, koordinátázás. Direkt felbontás, faktortér, tenzorszorzat, duális tér. Lineáris operátorok és transzformációk. Báziscsere. Skaláris és vektoriális szorzat.

Sajátérték, sajátvektor. Jordan-féle normálalak, mátrixfüggvények.

Bilineáris függvények és kvadratikus alakok. Euklideszi terek. Önadjungált, unitér, ortogonális, szimmetrikus, normális transzformációk. Főtengelytétel. Felbontási tételek.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Horváth Erzsébet: Lineáris algebra, Műegyetemi Kiadó, 1995. 45021. számú jegyzet.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE91AK01	0	2	0	félévközi jegy	2	kötelező

Lineáris algebra gyakorlat

Tematika:

Feladatok megoldása az alábbi témakörökben:

Komplex számok, polinomok, mátrixok, determináns, lineáris egyenletrendszerek. Vektorterek, bázis, dimenzió, koordinátázás. Direkt felbontás, faktortér, tenzorszorzat, duális tér. Lineáris operátorok és transzformációk. Báziscsere. Skaláris és vektoriális szorzat.

Sajátérték, sajátvektor. Jordan-féle normálalak, mátrixfüggvények.

Bilineáris függvények és kvadratikus alakok. Euklideszi terek. Önadjungált, unitér, ortogonális, szimmetrikus, normális transzformációk. Főtengelytétel. Felbontási tételek.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Fagyjev – Szominszkij: Felsőfokú algebrai feladatok, Műszaki Könyvkiadó, 1973

tárgykód	előadás	gyakorlat	Labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMEVIEEA025	3	0	1	félévközi jegy	4	kötelező

Számítástechnika alapjai

Célkitűzés:

A tantárgy célja megismertetni a hallgatókkal mai modern számítástechnika hardver és szoftver alapjait, az elterjedt operációs rendszerek és a mérnöki munka szempontjából fontos alkalmazói programok használatát:

A számítógép-használat alapjai: hardver alapok, a számítógép moduláris felépítése, a memória típusai, perifériák és működésük elve.

Elterjedt operációs rendszerek.

A számítógép erőforrásai, jogosultságok: portok, megszakítások, memória-kezelés (virtuális memória, DMA), fájl és nyomtató megosztása hálózaton.

A szövegszerkesztés és táblázatkezelés alapjai, adatok grafikus megjelenítése.

Hálózati alapismeretek: lokális hálózatok, internetes alapismeretek.

Néhány elterjedt alkalmazói program használata (szövegszerkesztő, táblázatkezelő, egy Web-browser, rajzoló utility-k), egyes Linux-os alkalmazói programok (ábrászerkesztő, képfeldolgozó, szövegformázó, stb.)

Tematika:

A számítógépek működésének elektronikai háttere. Digitális alapáramkörök, azok jellegzetes megvalósítása (MOS alapkápek). Igazságtábla. Bool-függvények realizációja. Teljes összeadó. Kritikus út.

Tároló elemek. Sorrendi hálózatok. Félvezető memóriák. Különböző RAM és ROM memóriák. Adatábrázolás.

Mikroprocesszorok felépítése, működése. Modern mikroprocesszorokban alkalmazott elvek. Csővezeték, gyorsítótár.

Mikroszámítógépek jellegzetes felépítése. Portok, buszok, memóriák. Mikroprocesszoros rendszerek programozása.

Egy mai személyi számítógép hardver felépítése. Adattárolási és megjelenítési technológiák.

A/D és D/A átalakítás. Hardver illesztése egy PC-hez. Különböző mérőkártyák: ismert labor-kártyák, HPIB (IEEE 488) csatoló kártyák.

Operációs rendszerek fő funkciói. Kernel és user mód, folyamatvezérlés, virtuális memória, I/O alrendszer, eszközmeghajtók, IPC.

Unix operációs rendszer ismeretek. A Unix operációs rendszer jellegzetes elemei. Kernel, device driver-ek, parancsértelmezők, file rendszerek, jogosultságok. Erőforrások, erőforrások megosztása, X - Window

Windows NT alapú operációs rendszer ismeretek. Kernel, device driver-ek, file rendszerek, jogosultságok. Erőforrások, erőforrások megosztása, grafikus felhasználói felület.

Számítógép hálózatok. Hálózati eszközök. Az IP – az Internet alapja. Kommunikáció az Interneten: e-mail, távoli géphozzáférés (ssh, ftp). World-Wide Web alapjai.

Jellegzetes alkalmazások. Szövegszerkesztés, táblázatkezelés, ábrszerkesztés, képfeldolgozás.

Jellegzetes alkalmazások. Adatbázis kezelés, fejlesztőrendszerek, programozási nyelvek áttekintése.

Jellegzetes Linux-os alkalmazói programok. Szövegszerkesztés, typesetting, ábrszerkesztés, képfeldolgozás (vi, emacs, LaTeX, GNUPLOT, xfig, xv)

Adattömörítés, titkosítás. Internetes biztonság.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

A. S. Tanenbaum: Számítógép-architektúrák, Panem, Budapest, 2001

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMEVEFKA144	4	0	0	vizsga	4	kötelező

Kémia

Tematika:

Általános kémia (bevezetés, kémiai alapfogalmak, a mól fogalma, reakcióegyenletek, sztöchiometria, a kémiai számítások alapjai, koncentrációfajták). A szerves kémia alapjai (atomok és molekulák szerkezete, a kémiai kötések típusai, kémiai képletek típusai, a periódusos rendszer, halmazállapotok, elemek tulajdonságai, a legfontosabb szerves vegyületek). A kémiai termodinamika alapjai (alapfogalmak, a belső energia, a munka, a hő, első főtétel, az entalpia, reakcióhők, standard entalpiák, Hess tétele, második főtétel, az entrópia, a szabadenergia, a szabadentalpia, standard szabadentalpiák, a tökéletes gáz szabadentalpiája, a kémiai potenciál, elegyek, aktivitások, egyensúlyok, a termodinamikai egyensúlyi állandó). Reakciókinetika (a reakciósebesség fogalma, reakciók molekularitása és a reakciók rendje, első- és másodrendű reakciók, összetett reakciók, a hőmérséklet hatása a reakció sebességére). Elektrokémia (elektrolitok tulajdonságai, a víz elektrolitot disszociációja és a pH fogalma, galvánelemek, elektródpotenciál, az elektromotoros erő, Nernst-egyenlet, elektródok típusai, elektrokémiai áramforrások, cink-szén elemek, akkumulátorok, tüzelőanyag-cellák, az elektrolízis). Szerves kémia (szénhidrogének, aromás vegyületek, halogénezett származékok, alkoholok, aminok, éterek, aldehidek, ketonok, karbonsavak, anhidridek, észterek, szénhidrátok, fehérjék, nukleinsavak - definíció, nevezéktan, szerkezet, legfontosabb reakciók). Kolloidika (a kolloidika alapfogalmak, diszperziók, makromolekulás és micellás oldatok, gélek, a kolloidok stabilitása, kolloidok előállítása, a kolloid rendszerek vizsgálati módszerei). Anyagtudomány (polimerkémiai alapfogalmak, polimerek típusai, polimerek szerkezete, polimerizációs reakciók, legfontosabb műanyagok, kompozitok, kerámiák, folyadékkristályok). Kémiai anyagvizsgáló és analitikai módszerek (spektroszkópiai módszerek, klasszikus analitikai eljárások, kromatográfia, elektroanalitika).

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Szabó Zoltán-Nyilasi János: A szerves kémia alapjai

P. W. Atkins: Fizikai kémia I-III.

Novák Lajos-Nyitrai József: Szerves Kémia; Rohrsetzer Sándor: Kolloidika

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE13AF02	4	0	0	vizsga	4	kötelező

Kísérleti fizika 1

Tematika:

Tömegpont kinematikája, kinematikai összefüggések különböző mozgások esetén. Inerciarendszer, Newton I. törvénye. Erő és tehetetlen tömeg, Newton II. törvénye. Newton III. törvénye, a lendület. Erőtörvények, a súlyos tömeg. Erőhatások függetlensége. Mozgásleírás különböző inercia-rendszerekben, a relativitás elve. Gyorsuló koordináta-rendszerek, centrifugális erő és Coriolis-erő. Munka, munkatétel, mozgási energia. Konzervatív erő, helyzeti energia. Az energiamegmaradás tétele tömegpontra. Tömegpontrendszer mozgása, tömegközéppont, tömegközépponti tétel. Lendület- és energiamegmaradás tétele tömegpontrendszerben. Perdület és forgatónyomaték, a perdületmegmaradás tétele tömegpontrendszerben. Rögzített tengely körül forgó merev test mozgása, tehetetlenségi nyomaték. Forgási energia. Merev test általános mozgása, szabad tengelyek. Merev test gördülő mozgása. Erőmentes pörgettyű mozgása, nutáció. Súlyos pörgettyű, precesszió, pörgettyűnyomaték.

Szilárd anyagok rugalmas alakváltozásának főbb típusai. Rugalmas állandók. Rugalmas energia. Folyadékok és gázok tulajdonságai. Nyomás, Pascal-törvény. Hidrosztatikai nyomás, felhajtóerő. Folyadékok és gázok áramlásának típusai. Kontinuitási tétel stacionárius áramlás esetén. Bernoulli-törvény. Súrlódásos áramlás, Newtoni-folyadékok. Lamináris, súrlódásos áramlás csőben, sebességprofil, Hagen–Poiseuille-törvény. Turbulens áramlás, örvények, erőhatások.

Harmonikus rezgés, a harmonikus rezgés differenciálegyenlete. Rezgések összetevése és felbontása. Csillapodó rezgés. Kényszerrezgés, rezonancia. Csatolt rezgések. A hullám fogalma, hullámtípusok, harmonikus hullám. Egydimenziós hullámegyenlet rugalmas hullámokra. Energiaterjedés rugalmas hullámban. Hullámok visszaverődése és törése. Hullámok interferenciája, koherencia. Állóhullámok, állóhullám-egyenlet. Hullámok elhajlása.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Budó Á.: Kísérleti fizika I. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2000.

Tóth A.: Kibővített óravázlat (internetről letölthető segédanyag).

Alonso – Finn: Fundamental University Physics Vol. I-II, Addison-Wesley Publ. Company, Reading, Massachusetts, 1980.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE13AF05	0	2	0	félévközi jegy	2	kötelező

Kísérleti fizika gyakorlat 1

Tematika:

Feladatok megoldása az alábbi témakörökben:

Tömegpont kinematikája. Tömegpont dinamikája. Munka, energia. Relatív mozgás. Tömegpontrendszer mozgása, megmaradási tételek. Merev test mozgása. Rezgések. Hullámok.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Papp Zs.: Mechanika feladatok, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2002

Budó Á.: Kísérleti fizika I., Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2000

Tóth A.: Kibővített óravázlat (internetről letölthető, segédanyag)

tárgykód	előadás	gyakorlat	Labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMEVIEEA024	2	0	2	félévközi jegy	4	kötelező

Programozás

Célkitűzés:

A tantárgy célja megismertetni a hallgatókkal a számítógépes problémamegoldás általános lépéseit, tipikus adatszerkezeteket és azok kezelését valamint alapvető algoritmusokat (rendezés, keresés, egyes numerikus módszerek). A hallgatóknak készség szintű jártasságot szereznek egy, a gyakorlati életben széleskörűen alkalmazott programozási nyelv, a C nyelv használatában. A hallgatók megismerik a több modulból álló programok készítését, megismerik a modulkönyvtárak és a programfejlesztést támogató alapvető eszközök használatát. A tárgy igyekszik rálátást nyújtani az objektum-orientált programozás alapjaira is. A tárgy további fontos célkitűzése a hordozható programok írásának elsajátíttatása.

Tematika:

A számítógépes problémamegoldás alapfogalmai: program, algoritmus, specifikáció, algoritmizálás, kódolás, dokumentálás, tesztelés, programbelövés. Gépi kódú ill. magas szintű programozás. Szintaktika, szemantika. A folyamatábra és a szintaktikai diagram. Integrált fejlesztői környezet használata (pl. Visual Studio). Az első C példaprogram. C nyelvi elemek: kulcsszavak, azonosítók, deklaráció és definíció.

Tárolási egységek, jobbtérték, balérték, hatás, mellékhatás. Deklarációs utasítások, végrehajtható utasítások. Adattípusok, adatstruktúrák, számábrázolás: egész típusok, valós, karakter típusok. Logikai értékek reprezentációja a C nyelvben. A void típus.

Kifejezések, operátorok, precedenciák, kiértékelési sorrend. Kifejezés-utasítások. Vezérlési szerkezetek, ciklusok. Egyszerűbb algoritmusok, pl.: legnagyobb közös osztó, négyzetszámok, kiválasztások C programja.

Felhasználó által definiált típusok. Összetett adattípusok: tömbök, struktúrák. Pointerek, indirekció. Dinamikus adatok létrehozása, a dinamikus tárkezelés eljárásai: memória-allokáció és felszabadítás. Pointerek és tömbök kapcsolata. Pointer-aritmetika.

Labor: LNKO, négyzetszám, Fibonacci.

Tömbalgoritmusok: lineáris és bináris kereső algoritmusok. lineáris és bináris rendező algoritmusok.

Dinamikus adatszerkezetek áttekintése. Pointereket tartalmazó struktúrák: önhivatkozó adatszerkezetek deklarációja. Tipikus, önhivatkozó adattípusokkal felépített dinamikus adatszerkezetek: láncolt listák, bináris keresőfa.

Programszegmentálás. Függvények. Függvények eljárászerű és függvényszerű használata. Formális és aktuális paraméterek. Globális és lokális változók, láthatóság. A függvények deklarációja és definíciója, prototípus. Érték és hivatkozás szerinti paraméterátadás. A stack fogalma, lokális értékek életciklusa: tárolási osztályok (auto, register, static).

A többszörös elágazás (switch). Állapotgép.

Szabványos input és output, fájlkezelés.

Rekurzió, rekurzív algoritmusok, pl. sorrend megfordítás, Hanoi tornyai, kifejezések infix-postfix átalakítása.

Típusok definiálása, a typedef. Típusmódosító operátorok: pointer-, tömb- és függvénytípust képző operátorok (indirekció, indexelés, függvényaktivizálás).

Egy több modulból álló alkalmazói program készítésének menete a specifikációtól a dokumentálásig. Függvények és globális változók modulok közötti láthatóságának kérdései. C előfeldolgozó részletes működése, hatékony használata hordozható programok írása során.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Benkő Tiborné, Benkő László, Tóth Bertalan: Programozunk C nyelven! Computer Books Kiadó, 1995.

Benkő Tiborné, Benkő László: Programozási feladatok és algoritmusok Turbo C és C++ nyelven. ComputerBooks Kiadó, 1997.

B.W. Kernighan – D.M. Ritchie: A C programozás nyelv: az ANSI szerint szabványosított változat. Műszaki Könyvkiadó, 1994.

B.W. Kernighan – D.M. Ritchie: The C Programming Language. Prentice Hall, 1988. 2nd edition

2. SZEMESZTER

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMEGT30A002	2	0	0	félévközi jegy	2	kötelező

Közgazdaságtan

Tematika:

Szűkösség, választás, gazdálkodás. A piac fogalma és tényezői, Marshall kereszt. Fogyasztói döntések: fogyasztó keresleti függvénye, közömbösségi görbe, közömbösségi térkép, költségvetési egyenes, fogyasztói optimum. A vállalat működése, rövid távú döntések és költségek. Vállalati profitmaximalizálás, fedezeti és üzembezárási pont. Tőkepiacok: profit és kamat befektetői döntések, tőke jelenértéke. Általános egyensúly – piaci kudarcok. Monopólium, oligopólium, monopolisztikus versenypiacok. Makroökonómia elemzési módszerei. Nemzetgazdasági teljesítmény mérés és a nemzeti számlák. Makrogazdaság klasszikus modellje. Kormányzat szerepe és fiskális politika. Jövedelem és kamatláb. Háztartások és a makrogazdaság. Vállalkozások döntései, hatásuk a makrogazdaságra (beruházási foglalkoztatási dönté-

sek). IS-LM modell. Munkanélküliség és infláció. Gazdasági növekedés. Nyitott gazdaság és makroegyensúly.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Kerékgyártó György: Mikroökonómia mérnököknek és műszaki menedzsereknek. Műegyetemi Kiadó, 2003.

Kerékgyártó György: Makroökonómia mérnököknek és műszaki menedzsereknek. Műegyetemi Kiadó, 2004.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMEGT20A003	2	0	0	félévközi jegy	2	kötelező

Menedzsment és vállalkozásgazdaságtan

Tematika:

Menedzsment

Az üzleti vállalkozás, a vállalat, mint mikrogazdasági rendszer A vállalat alapvető erőforrásai. A vállalati folyamatok: anyagi és irányító, fő- és feltételi folyamatok. A vállalkozás kompetitív és általános környezetének összetevői.

A vállalat, mint szervezet. Menedzsment funkciók. Menedzszeri szerepek. A menedzsment hatásterületei. A mérnök szerepe és tevékenysége a szervezetben.

Egyén és csoport. A csoportmunka sajátosságai. A kreativitás és együttműködés a feladatok megoldásában. Csoportmunka-fázisok. Státuszok és szerepek a csoportban. Csoportmunkamódszerek.

Kommunikáció a szervezetben. A kommunikáció módszerei, a szóbeli és írásbeli kommunikáció sajátosságai. A kommunikáció eszközei: utasítások, jelentések, elemzések, értékelések, prezentáció, interjú.

A termék. Fogalma, többszintű modellje, funkciói. Életciklusa, az életciklusok menedzsment sajátosságai. A termékfejlesztés folyamata, szervezeti feltételei.

A vállalkozás üzleti terve.

Gazdaságtani elemzések

A gazdasági elemzés - gazdasági számítások célja. Nettó jelenérték és a belső megtérülési ráta. A tőke alternatíva költsége, annak meghatározása. Pénzáramlások meghatározása. Gazdasági számítások.

Költség-gazdálkodási rendszerek. Költségszámítási rendszerek fejlődése, szintjei. Költségek csoportosítási módjai. Tradicionális költségszámítási modellek: költségnemek, önköltség-számítás. Ár-költség-nyereség-fedezet struktúra (ÁKFN modell). Termékek gazdasági értékének meghatározása: fajlagos fedezetek számítása. A termékek gazdaságossági rangsora.

Költség-számítási rendszerek kialakulását, fejlődését befolyásoló gazdasági változások. Standardköltség-számítás célja, menete. Tevékenység-alapú költség-számítás (ABC). Kihasználhatlan kapacitás költsége. Bevezetés gazdasági és szervezeti kérdései.

Termelés-menedzsment

A termelőrendszer definíciója, fejlődése. A termelő- és szolgáltatórendszerek osztályozása. A termelőrendszerek működésének vizsgálati elvei. Történeti áttekintés.

A kapacitásszámítás alapfogalmai. Egyszerű összefüggések a rendelkezésre álló kapacitás meghatározásához. A tanulási görbe hatása a kapacitásra. A készletek szerepe a termelésben. A készletekkel kapcsolatos költségek osztályozása. Egyszerű készletgazdálkodási rendszerek. Az optimális rendelési tétel nagyság meghatározása.

Minőségmenedzsment

A minőségmenedzsment fejlődésének fontosabb szakaszai és jellemzői. Minőségfilozófiák, minőségiskolák. A menedzsment rendszerek és a minőségrendszerek kapcsolata.

A vállalati minőségügyi rendszerek alapjai. A minőségügyi rendszerek áttekintése. A vállalati minőségügyi rendszerek alapjai (ISO 9000:2000). A minőségügyi rendszerek alapelveinek áttekintése az ISO 9000:2000 előírásai alapján.

A Total Quality Management alapelveinek összefoglalása. A TQM vezetési filozófia alapelvei, alkalmazási lehetőségei. A folyamatos javítás elve és módszerei. A kulcsfontosságú folyamatok azonosítása. A folyamatos javítás módszereinek áttekintése.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Szerzői munkaközösség: Menedzsment és Vállalkozásgazdaságtan mérnöki alapszakos hallgatók részére. Budapest, 2005. www.imvt.bme.hu

Szerzői munkaközösség: Vállalati gazdaságtan. Budapest, 2004. www.imvt.bme.hu

tárgykód	előadás	gyakorlat	Labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE80AF00	2	0	0	vizsga	2	kötelező

Sugárvédelem és jogi szabályozása

Tematika:

A radioaktivitással kapcsolatos alapismeretek. Az ionizáló sugárzás és az anyagi közeg közti kölcsönhatások. A sugárzási energia fizikai, kémiai, biokémiai és biológiai hatása. Az ionizáló sugárzások hatása az élő szervezetek sejtjeire, az emberre. Dózisdefiníciók. Külső és belső sugárterhelés. A radioaktív nuklidok megjelenése az élő szervezetekben. A sugárvédelem alapelvei. A dóziskorlátozási rendszer. Sugárvédelmi szabályozás. Dózis és dózisteljesítmény számítása és mérése közvetlen és közvetett módon. Az emisszió és az immisszió kapcsolata. Műszaki sugárvédelem. Baleseti helyzetek kezelése. A természetes radioaktivitás előfordulása a szerves és az élő környezetben. A lakosság természetes sugárterhelésének összetevői. A mesterséges eredetű radioizotópok alkalmazásai, kikerülésük a környezetbe. A nem ionizáló sugárzások megjelenési formái, lehetséges élettani hatásai. A nem ionizáló sugárzások alkalmazásai és korlátozásának rendszere.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Virágh E.: Sugárvédelmi ismeretek (BME Mérnök-továbbképző Intézet 1990.)

Kanyár B. és munkatársai: Radioökológia és környezeti sugárvédelem (Veszprémi Egyetemi Kiadó 2000.)

A Nukleáris Technikai Intézet honlapján (www.reak.bme.hu/nti/oktatas) szereplő oktatási segédanyagok

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE80AF01	2	0	0	félévközi jegy	2	kötelező

Környezetvédelem alapjai

Tematika:

Anyag-és energiaáramok alapfogalmi. Megmaradási törvények. Kényszermozgások értelmezése a potenciálok változásával. Az áramlás általános összetevői: advekció, diffúzió, reakció stb.

Anyagáramlások sajátosságai a természeti körülmények között. Anyagáramlás homogén (levegő, felszíni- és karsztvizek) és heterogén (talaj, kőzetek) közegekben. A biológiai rendszer sajátosságai - anyagok áramlása élő szervezetekben.

Hőszugárzás, kibocsátott hő terjedése természeti közegekben. A terjedést leíró összefüggések sztochasztikus természete. A paraméterek bizonytalanságának forrásai.

Globális környezeti problémák: üvegházhatás, ózonlyuk.

A zaj, mint környezetszennyezés. Rezgésekkel, hullámokkal kapcsolatos alapfogalmak összefoglalása. Hullámterjedés, hanghullámok. Hangterjedés szabad térben.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

D. Petruzzelli – F.G. Helferich: Migration and Fate of Pollutants. NATO ASI Series – Ecological Sciences Vol. 32. (1992)

Kiss Árpád Zoltán (szerk.): Fejezetek a környezetfizikából. Debreceni Egyetem TTK 2003.

A Nukleáris Technikai Intézet honlapján (www.reak.bme.hu/nti/oktatas) szereplő oktatási segédanyagok

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE13AF03	4	0	0	vizsga	4	kötelező

Kísérleti fizika 2

Előkövetelmény: Kísérleti fizika 1 ÉS Analízis

Tematika:

Elektromos alapjelenségek, elektromos töltés, Coulomb-törvény. Elektromos térerősség. Elektromos potenciál, az elektrosztatika I. alaptörvénye. Fluxus, az elektrosztatika II. alaptörvénye vákuumban. Egyszerű töltéselrendezések elektromos erőterének számítása. Vezető elektromos erőterben. Töltött vezető potenciálja, kapacitás. Elektromos dipólus. Szigetelő polarizációja, az elektrosztatika I.- és II. alaptörvénye szigetelőben, Az elektromos eltolás vektora, elektromos szuszceptibilitás és permittivitás. Az elektromos erőter energiája. Elektromos áram, Ohm-törvény, ellenállás, vezetőképesség, mozgékonyág. Kirchhoff-törvények. Joule-törvény. Vezetési mechanizmusok. Kontaktus-jelenségek.

Mágneses alapjelenségek, mágneses indukcióvektor. Erőhatások mágneses erőterben. Mágneses dipólmomentum. Áram mágneses erőtere, Biot-Savart törvény és az állandó mágneses erőter I. alaptörvénye vákuumban. Egyszerű áramelrendezések mágneses erőterének számítása. Indukciófluxus, az állandó mágneses erőter II. alaptörvénye. Áramok kölcsönhatása, az áramerősség egységének meghatározása. A mágnesezettség vektora, az állandó mágneses

erőtér I.- és II. alaptörvénye anyag jelenlétében. A mágneses térerősség vektora. Mágneses szuszceptibilitás és mágneses permeabilitás. Nyugalmi indukció, az elektrosztatika I. alaptörvénye időben változó erőterekre. Mozgási indukció. Lenz törvénye, örvényáramok. Önindukció, kölcsönös indukció. A mágneses erőter energiája. Eltolási áram, a Maxwell-egyenletek változó erőterekben.

A speciális relativitáselmélet alapjai.

Elektromágneses rezgések. Elektromágneses hullámok. Fénytörés, fényvisszaverődés. Fényhullámok interferenciája. Fényhullámok diffrakciója, Fraunhofer-diffrakció résen és rácson, röntgensugarak diffrakciója. Fresnel-diffrakció.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Hevesi I.: Elektromosság, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1998.

Budó Á.–Mátrai T.: Kísérleti fizika III., Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1999.

Kálmán P. – Tóth A.: Kibővített óravázlat (internetről letölthető segédanyag)

Tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE13AF06	0	2	0	félévközi jegy	2	kötelező

Kísérleti fizika gyakorlat 2

Előkövetelmény: Kísérleti fizika 1 ÉS Analízis fizikusoknak

Tematika:

Feladatok megoldása az alábbi témakörökben:

Elektromos erőter. Elektromos áram. Mágneses erőter. Elektromágneses indukció. Elektromágneses rezgések. Elektromágneses hullámok. Hullámoptika.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Füstöss L.: Feladatok elektrodinamikából, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2000.

Hevesi I.: Elektromosság, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1998.

Kálmán P. – Tóth A.: Kibővített óravázlat (internetről letölthető segédanyag)

Tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE13AF07	0	0	3	félévközi jegy	3	kötelező

Fizika laboratórium 1

Előkövetelmény: Kísérleti fizika 1

Tematika:

Általánosan használt műszerek ismertetése. Hibaszámítási ismeretek. Ismerkedés az Origin adatkezelő programmal. Rugalmassági együttható meghatározása. Csatolt ingák vizsgálata V-scope-pal. Hőmérsékletérzékelők hitelesítése. Félvezető termoelem. Elektromos egyenáramú alpmérések. Mérés nyúlásmérő bélyegekkel. Számítógépes mérések. RLC körök vizsgálata. Induktív mérőátalakító vizsgálata. Vizsgálat oszcilloszkóppal. Fénysebesség mérése.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Vannay L. – Gránásy L.: Fizika laboratóriumi gyakorlatok I-II. (Műegyetemi Kiadó, 2000.)

tárgykód	előadás	gyakorlat	Labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE93AF01	4	2	0	vizsga	6	kötelező

Többváltozós analízis

Előkövetelmény: Analízis

Tematika:

Kétváltozós függvények folytonossága, szintfelületek. Differenciálszámítása, Young tétel, teljes differenciál, egzakt egyenletek. Lokális és feltételes szélsőérték. Implicit függvények. Sík és térgörbék érintője, normálisa, görbülete. Elemi komplex függvények, komplex hatványsorok, a konvergenciakör. Függvénysorozatok és sorok, Taylor sorfejtés. Hatványsor tagonkénti differenciálása. Komplex függvény differenciálhatósága, Cauchy-Riemann egyenletek. Vonalintegrálok, komplex Newton-Leibniz szabály. Fourier-sorok: a sorfejtés technikája, példák, nevezetes numerikus sorok összegének kiszámítása. Többváltozós függvények: topológiai alapfogalmak, Banach fixpont tétele, implicit függvény tétel. Többváltozós függvények megadása, szemléltetése, folytonossága. Többváltozós függvények differenciálszámítása: deriváltvektor, iránymenti deriváltak. Geometriai szemléltetés, szintfelületek, láncszabály, középértéktétel, differenciál, függvény lineáris közelítése. Szélsőérték: lokális és tartományi szélsőérték, nyeregpon. Vektor-vektor függvény deriválhatósága, Jacobi-mátrix és -determináns. A Jacobi mátrix bázistranszformációja, invariánsai: divergencia és rotáció. Vektoriális szorzat. Szorzatok divergenciája és rotációja. Vonalintegrál, a munka, centrális erőterek potenciálja. Integrálszámítás: területi és térfogati integrál, ezek kiszámítása kétszeres és háromszoros integrállal, integráltranszformáció. Gömbi koordináták. Görbék ívhossza, felületek felszíne.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Hass – Thomas – Weir: Thomas-féle kalkulus 1-3. Typotex Kiadó

Fritz József: Matematikai Analízis. Elektronikus jegyzet. www.math.bme.hu/~jofri

Tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE92AF01	0	0	2	félévközi jegy	2	kötelező

Numerikus számítások

Előkövetelmény: Analízis ÉS Lineáris algebra ÉS Számítástechnika alapjai

Tematika

A tárgy a *Matlab* programcsomag használatát mutatja be lineáris algebrai, egy és többváltozós analízis és egyszerű numerikus analízis témájú feladatok megoldásában. A következő problémakörök kerülnek tárgyalásra:

Matlab alapok: Vektorok, mátrixok, függvények. Beépített eljárások a következő feladatok megoldására: sajátérték, sajátvektor; Gram-Schmidt ortogonalizáció, mátrixok inverze, de-

terminánsa; lineáris egyenletrendszerek; függvények, egyenletrendszerek gyökei; ortogonális polinomok (Legendre, Laguerre, Hermite, Jacobi); parciális törtekre bontás; egyszeres, többszörös integrálás; Lagrange interpoláció; többváltozós függvények határértéke, deriválása, potenciálfüggvény-keresés; Runge- Kutta módszer differenciálegyenletek, egyenletrendszerek megoldására

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

www.maplesoft.com ; www.math.bme.hu/~sszabo

tárgykód	előadás	gyakorlat	Labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE80AF02	2	0	0	vizsga	2	kötelező

Bevezetés a mérések kiértékelésébe

Előkövetelmény: Lineáris algebra ÉS Lineáris algebra gyakorlat

Tematika:

Valószínűségelméleti alapfogalmak. Mérési eredmény, eloszlásfüggvény, átlag, szórás, kovariancia. Poisson-eloszlás, Gauss-eloszlás, Student-eloszlás, khi-négyzet-eloszlás, konfidenciaintervallumok. Paraméterbecslés. Statisztika fogalma, becslési paraméterek. Becslések tulajdonságai: torzítatlanság, hatékonyság, konzisztencia. Legkisebb négyzetek módszere. Normálegyenletek és megoldásuk. Becslési paraméterek szórásának becslése. Példák mérések kiértékelésére. Lineáris regresszió. Görbék simítása. Nemlineáris illesztések kezelése, iteráció. Korrekciók, pl. holtidő-korrekció. Metrológiai alapfogalmak. Szisztematikus és statisztikus hiba. Korrekciók figyelembevétele. Mérési bizonytalanság fogalma, becslési módszerei. Példák mérési eredmények bemutatásának formájára. Grafikonok készítése. Hibás mérések. Kiszóró pontok felismerése és kezelése.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Szatmáry Zoltán, Mérések kiértékelése, jegyzet. Letölthető: nti.reak.bme.hu honlapról.

Tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMEVEFKA145	0	0	3	félévközi jegy	3	kötelező

Kémia laboratórium

Előkövetelmény: Kémia

Tematika:

A mérések bemutatása. A mérésekkel kapcsolatos elméleti és gyakorlati ismeretek. Munkavégelési szabályok.

Önállóan elvégzendő mérések:

1. Szervetlen kémiai reakciók – ionosztályok reakciói.
2. Jódszám meghatározása – aktív szén adszorpciós kapacitásának meghatározása titrálós koncentrációméréssel.

3. Gőznyomás mérése - látszólagos párolgáshő számítása egykomponensű folyadék-gőz rendszer egyensúlyi nyomásának méréséből.
 4. Viszkozimetria – vizes oldatok viszkozitásának mérése Ostwald-viszkoziméterrel, a hallgatók által készített bentonit-zagy folyáshatárának mérése rotációs viszkoziméterrel.
 5. Spektroszkópia – a hallgatók által készített lézerfesték oldatok abszorpciós és fluoreszcencia spektrumainak felvétele UV-látható tartományban, kalibrációs görbe kimérése és ismeretlen összetétel meghatározása.
 6. Elektrolitok vezetése – elektrolit jellegének és végtelen híg állapotra extrapolált moláris fajlagos vezetésének meghatározása konduktometriás mérésből.
 7. Elektrokémia – egyensúlyi elektródpotenciál és csereáram meghatározása polarizációs görbe fölvételével.
 8. Kalorimetria – reakció- és oldáshő mérése kvázi-adiabatikus kaloriméterrel.
- Demonstrációk a tanszék kutatói laboratóriumaiban. Összefoglaló zárthelyi.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Tanszéki mérési leiratok az intraneten.

3. SZEMESZTER, KÖZÖS TÁRGYAK

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE13AF09	3	1	0	vizsga	4	kötelező

Kísérleti fizika 3

Előkövetelmény: Kísérleti fizika 2 ÉS Többváltozós analízis

Tematika:

Fajhő és entalpia, ideális gáz állapotváltozásai, körfolyamatok.

A hőtan II. főtétele, entrópia, az entrópiánövekedés tétele. A statisztikus leírás alapjai: termodinamikai valószínűség, az entrópia statisztikus értelmezése. Egyensúlyi feltételek homogén rendszerekben, termodinamikai potenciálok, fundamentális függvények. A termodinamika differenciális összefüggései, Maxwell-relációk, Gibbs-Helmholtz-egyenletek. Kémiai affinitás, a hőtan III. főtétele.

A termodinamika egyenletei változó anyagmennyiségnél, kémiai potenciál, Euler egyenletek, Gibbs-Duhem reláció. Fázisátalakulások egykomponensű rendszerekben, Clausius--Clapeyron-egyenlet. Többkomponensű rendszerek: híg oldatok néhány sajátosága, kémiai reakciók, a tömeghatás törvénye.

Atomfizikai bevezető: A kvantumfizika előzményei: fotoeffektus, Compton-effektus, atomi színek, atommodellek, a Bohr-féle kvantumfeltétel, de Broglie-hullám. Hullámfüggvény, stacionárius Schrödinger-egyenlet, és megoldása egyszerű esetekben. Az alagúteffektus. Kvantumszámok, Pauli-elv és az elemek periódusos rendszere.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Tóth A.: Bevezetés a termodinamikába, Műegyetemi Kiadó, Budapest 2001.

Kálmán P.-Tóth A.: Kibővített óravázlat (internetről letölthető)

Budó Á.-Mátrai T.: Kísérleti fizika III. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest 1999.

Tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE13AF08	0	0	4	félévközi jegy	4	kötelező

Fizika laboratórium 2

Előkövetelmény: Fizika laboratórium 1 ÉS Kísérleti fizika 2

Tematika:

Tehetetlenségi nyomaték vizsgálata. Állóhullámok megfeszített, rugalmas húrbán. Folyadékok szabad felszínének vizsgálata. Folyadékok felületi feszültségének mérése. A kényszerrezgés vizsgálata. Granulált anyagok vizsgálata. Kaotikus kettős inga vizsgálata V-scope-pal. Folyadék viszkozitásának mérése. Fajhő mérése. Szilárd testek hőtágulási együtthatójának mérése. Levegő nedvességtartalmának mérése. Peltier-elem vizsgálata. Törésmutató mérése. Folyadékkristályok vizsgálata. Mágneses mező vizsgálata.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Vannay L. – Gránásy L.: Fizika laboratóriumi gyakorlatok I-II. (Műegyetemi Kiadó, 2000.)

tárgykód	előadás	gyakorlat	Labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE93AF02	4	2	0	vizsga	6	kötelező

Differenciálegyenletek

Előkövetelmény: Lineáris algebra

Tematika:

Felületek differenciálgeometriája. Érintősík, normálvektor, felületi görbék görbülete. Felszín, felületi integrál, fluxus. Skaláris- és vektormezők. Görbe- és felületmenti integrálok. Potenciál-elmélet. Konzervatív vektormezők, potenciál. Görbementi integrál függetlensége az úttól. Integrál átalakító tételek. Gauss és Stokes tételei, Green formulái. Példák és alkalmazások.

Komplex függvénytan: Komplex vonalmenti integrálok. A függvénytan alaptétele. Reguláris függvények, vonalintegrál függetlensége az úttól. Cauchy formulái. Liouville tétele. Analitikus függvények. Szingularitások osztályozása, meromorf függvények Laurent sora. Reziduum, nevezetes integrálok kiszámítása. Harmonikus függvények, Dirichlet feladat, Poisson formulái. Konformis leképezések Fourier transzformáció, Riemann lemmája, inverziós formula, Plancherel azonosság. A Laplace transzformáció. Definíció, műveleti szabályok. Derivált Laplace transzformáltja. Elemi függvények transzformáltjai. Inverziós formula. Átviteli függvény, rezolvens. Lineáris differenciálegyenlet megoldása

Differenciálegyenletek osztályozása. Megoldások létezése és egyértelműsége. Az elsőrendű inhomogén lineáris egyenlet. Közönséges differenciálegyenletekre vezető feladatok. Elektromos hálózatok leírása, magasabb rendű egyenletek és rendszerek redukálása elsőrendű rendszerre. A másodrendű lineáris differenciálegyenlet. A harmonikus oszcillátor. Csillapított rezgések, kényszerrezgés. Az inhomogén egyenlet partikuláris megoldása, az állandók variálása. Általános megoldás konvolúcióval, a Laplace transzformáció módszere. Nemlineáris diffe-

renciálegyenletek. Autonóm egyenletek, a megoldás megszakadásnak feltétele. a változók szétválasztása. Nemlineáris rezgések, megoldás sorfejtéssel. Numerikus megoldás. Lineáris differenciálegyenletek. Állandó együtthatós homogén lineáris rendszerek megoldása különböző sajátértékek esetén. Az inhomogén feladat, Laplace transzformáció. Stabilitás.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Szász Gábor: Matematika II. Tankönyvkiadó,1989.

Farkas Miklós: Matematika VI-VIII.

Hass – Thomas – Weir: Thomas-féle kalkulus 1-3. Typotex Kiadó

Matematika feladatgyűjtemény II.-III., Műegyetem Kiadó, 2001,

Monostori I.: Matematikai példatár VI.-VII.-VIII. Tankönyvkiadó

tárgykód	előadás	gyakorlat	Labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE95AF00	2	2	0	vizsga	4	kötelező

Valószínűségszámítás

Előkövetelmény: Lineáris algebra ÉS Többváltozós analízis

Tematika:

1. Bevezető, alapfogalmak: empirikus háttér, eseménytér, események algebrája, valószínűség, kombinatorikus megfontolások, szitaformula, urnamodellek, geometriai valószínűség.
2. Feltételes valószínűség: alapfogalmak, teljes valószínűség tétele, Bayes tétel, alkalmazások. Sztochasztikus függetlenség.
3. Diszkrét valószínűségi változók: alapfogalmak, diszkrét eloszlás, bináris-, binomiális-, hipergeometrikus-, geometriai-, negatív binomiális eloszlások. Poisson approximáció, Poisson eloszlás. Alkalmazások.
4. Valószínűségi változók általános fogalma: eloszlásfüggvények és alaptulajdonságaik, abszolút folytonos, folytonos szinguláris eloszlások. Nevezetes abszolút folytonos eloszlások: egyenletes, exponenciális, normális (Gauss), Cauchy. Valószínűségi eloszlások transzformáltjai, sűrűségfüggvény transzformációja.
5. Valószínűségi eloszlások jellemzői: várható érték, medián, szórásnégyzet, alaptulajdonságaik. Nevezetes eloszlásoknál ezek számolása. Steiner tétel. Alkalmazások.
6. Együttes eloszlások: együttes eloszlásfüggvények, peremeloszlások, feltételes eloszlások. Nevezetes együttes eloszlások: polinomiális, polihipergeometrikus, többdimenziós normális. Feltételes eloszlás- és sűrűségfüggvények. Várható érték vektor, kovariancia mátrix, Schwarz tétel.
7. Nagy számok gyenge törvénye: NSZT binomiális eloszlásra (Bernoulli). Markov és Csebisev egyenlőtlenség. Nagy számok gyenge törvénye teljes általánosságban. Alkalmazás: Weierstrass approximációs tétele.
8. Binomiális eloszlás normális approximációja: Stirling formula, De Moivre-Laplace tétel. Alkalmazások. Normális fluktuációk általában, Centrális határeloszlás-tétel.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Rényi Alfréd: Valószínűségszámítás. Tankönyvkiadó 1972

William Feller: An Introduction to Probability Theory and its Applications (magyar kiadás: Műszaki Könyvkiadó)

Tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMEVIHIA028	2	0	0	félévközi jegy	2	kötelező

Méréstechnika

Előkövetelmény: Kísérleti fizika 1

Tematika:

A valóság leírása modellek segítségével. A modellalkotás folyamata, a mérés szerepe a modellezésben. Funkcionális és fizika modell.

Általános mérési módszerek. Mérési folyamat, jelátalakítás, jelátalakítók típusai, lehetséges hibái.

Feszültség mérése, DC, AC mérések, mérendő mennyiségek.

DC mérések. Áram és feszültség mérése Deprez mérőművel, előtét és sönt. Galvanométerek, egyenfeszültség mérése kompenzációs módszerrel, feszültség normáliák. Egyenfeszültség mérése analóg elektronikus feszültségmérő műszerrel. Elektronikus feszültségmérők jellemző paraméterei. Kiszintű analóg feszültségmérők. Digitális egyenfeszültség mérés. A DVM előnyei, hátrányai, jellemző paraméterei (mérés határ, skálahosszúság, felbontóképesség, pontosság stb.), működése. A/D konverterek (Flash A/D, számláló típusú A/D, követő típusú A/D, successive approximációs eljárás, Ramp A/D, Dual-Slope A/D). D/A konverterek, R-2R létra
AC mérések. Elektronikus váltakozó feszültség mérők, AC-DC átalakítók. Szélessávú váltakozó feszültség mérők. Kiszintű szélessávú váltakozó feszültség mérők. RMS mérése. Szelektív feszültségmérők. Lock-in erősítő, kiszintű jelek detektálása zajos környezetben.

Egyen- és váltakozó áram mérése – I/V konverter. Passzív sönt hálózat. Aktív I-V átalakítók. Töltéserősítés egyenáram mérésére. I/V konverter Hall elemmel.

Mérőhálózatok, zavarérzékenység. Az elektromágneses környezet zavaró hatása. Aszimmetrikus, szimmetrikus mérőhálózat. Földelt, lebegő források. A kapacitív, vezetési, illetve induktív úton történő zavarás csökkentése

Jelek időtartományi vizsgálata – oszcilloszkópos mérés technika. Analóg oszcilloszkópok. Analóg oszcilloszkóp működése, trigger, hold-off, kétsugaras oszcilloszkóp, alternate, chopped működés. Analóg oszcilloszkóp legfontosabb jellemzői (sáv szélesség, érzékenység, bemeneti impedancia, időeltérítés sebessége, indítás módjai, stb.). Mérések oszcilloszkóppal (feszültségmérés, frekvenciamérés, fázisszög mérés). Kettős időalapú oszcilloszkóp, összetett jel egy részletének vizsgálata

Digitális oszcilloszkóp. A digitális oszcilloszkóp felépítése, működése. A digitális oszcilloszkóp trigger módjai (elő-, utó-, késleltetett trigger). A digitális oszcilloszkóp üzemmódjai (normál, Roll, tároló, waterfall)

Jelek frekvenciatartományi vizsgálata – spektrum analízátorok. Hangolt szűrős analízátorok. FFT alapú spektrum analízátorok (Fourier transzformációk áttekintése, egycsatornás FFT analízátor, ablakozási stratégiák). Véletlen változó jelek alapvető és spektrális jellemzői.

Frekvencia és idő mérése. Frekvenciamérés rezonancia elven. Frekvencia-feszültség konverter. Közvetlen digitális frekvenciamérés. Digitális periódusidő mérés.

Lineáris rendszerek átviteli függvényének mérése. Átviteli függvény fogalma, számítása néhány egyszerű esetben (integrátor, differenciáló, rezgőkörök). A frekvencia függvényében változó átviteli függvény ábrázolása Bode diagrammal. (Kompenzált oszcilloszkóp mérőfej analízise). Átviteli függvény mérése szinuszos generátorral és fázis érzékeny voltmérővel. Átviteli függvény mérése kétsatornás FFT analízátorral, kétsatornás FFT analízátor működése, átviteli függvény mérésének módszerei, koherencia függvény. Átviteli függvény mérése MLS alapú mérőjelekkel

PC alapú mérés technika. Az IBM PC buszrendszereinek áttekintése (ISA, PCI). A PC fizikai megjelenési formái (desktop, 19" rack, CompactPCI, PC/104, stb.) Mérés- adatgyűjtő kártyák felépítése, működésük.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Zoltán István: Méréstechnika. Műegyetemi Kiadó, Bp. 1997

Tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMEVIHIA029	0	0	2	félévközi jegy	2	kötelező

Méréstechnika laboratórium

Előkövetelmény: Kísérleti fizika 1 ÉS Fizika laboratórium 1

Tematika:

Mérés digitális oszcilloszkóppal. Lock-In erősítő vizsgálata. Négypólusok vizsgálata. Félvezető karakterisztika vizsgálata. Zárthelyi. GP-IB interfész alkalmazása. Kétsatornás FFT analízátor alkalmazása.

Tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMEVIMIA026	2	0	0	félévközi jegy	2	kötelező

Elektronika 1

Előkövetelmény: Lineáris algebra ÉS Többváltozós analízis

Tematika:

Célkitűzés: Megismertetni a hallgatókat a villamosmérnöki gyakorlatban alkalmazott analízismódszerek alapelveivel, és a hálózatjellemző mátrixokon alapuló rendszeranalízis fogalmával. Definíciók, áramköri elemek és Kirchhoff törvények. Számítástechnika: relatív és logaritmikus egységek. Csomóponti potenciálok és hurokáramok módszere, a lineáris hálózatokra vonatkozó fontosabb tételek.

Az impedancia fogalma és alkalmazása, a komplex frekvenciatartomány.

Állandósult állapotú egyen- és váltóáramú áramkörök analízise, a komplex amplitúdók módszere. A komplex exponenciálisok mint sajátfüggvények.

A lineáris hálózatok teljes válasza, a tranziens válasz, és az állandósult állapothoz tartozó megoldás. A lineáris hálózatot modellező differenciálegyenlet általános megoldása és annak fizikai kiértékelése.

Állandósult állapotú szinuszos gerjesztésű hálózatok jellemzése, az átviteli függvény meghatározása a frekvenciatartományban. A Bode-diagram. Összetett hálózatok analízise, az egy- és kétkapu fogalma. A hálózatjellemző mátrixok. Négypólusok összekapcsolása.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Simonyi: Elméleti villamosságtan (Tankönyvkiadó), 1967.

Fodor: Villamosságtan I. (Tankönyvkiadó), 1985.

Hainzmann-Varga-Zoltai: Elektronikus áramkörök (Tankönyvkiadó), 1992.

Géher-Somogyi: Lineáris áramkörök tervezése (Tankönyvkiadó), 1992.

Smith: Circuits, Devices and Systems (Wiley), 1991.

Előadás jegyzet: <http://www.mit.bme.hu/oktatas/>

3. SZEMESZTER, FIZIKUS SZAKIRÁNY

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE13AF12	4	0	0	vizsga	4	szakirányon kötelező

Mechanika

Előkövetelmény: Kísérleti fizika 1 ÉS Többváltozós analízis

Tematika:

Vonatkoztatási rendszer, Newton-axiómák, inerciarendszer, mozgás gyorsuló rendszerben, tehetetlenségi erők. Mozcás egy dimenzióban, centrális erőtérben. Két-test probléma, bolygómozgás, részecskék szórása. Pontrendszerek mozgásegyenletei, és azok integráljai. Merev test mozgása, Euler-egyenletek. Virtuális munka elve, d'Alembert-elv. Kényszerfeltételek, Lagrange-féle első- és másodfajú egyenletek. Hamilton-elv. Kanonikus egyenletek, kanonikus transzformációk, Hamilton-Jacobi-egyenlet. Szimmetriák, Noether-tétel, mozgásállandók. Poisson-zárójelek. Deformálható testek mechanikájának elemei, egyensúly, rugalmas hullámok. Folytonos rendszerek Hamilton-elve. Relativisztikus részecske mozgásegyenlete, Lagrange-függvénye, Hamilton-függvénye. Relativisztikus Hamilton-Jacobi-egyenlet.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Nagy Károly: Elméleti mechanika.

Landau, L.D. – Lifsic, E.M.: Elméleti fizika I-II.

Budó Ágoston: Mechanika, Goldstein, H.: Classical Mechanics.

Arnold, V.I.: A klasszikus mechanika matematikai módszerei.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE11AF07	0	2	0	félévközi jegy	2	szakirányon kötelező

Mechanika gyakorlat

Előkövetelmény: Kísérleti fizika 1 ÉS Többváltozós analízis

Tematika:

Tömegpont általános mozgása, térgörbék és a mozgási pályák. Egy szabadságfokú rezgések tárgyalása, gerjesztett, anharmonikus rezgések. Mozcások leírása a forgó Földön. Potenciálszórás, hatáskeresztmetszet számítása. A Lorentz-Runge-Lentz vektor. Tehetetlenségi nyomaték tenzor számítása.

Mechanika elvei (Virtuális munka elve, a D'Alambert elv). Lagrange I és Lagrange II. differenciálegyenlet. Példa anholonom kényszerre. A Hamilton függvény, kanonikus egyenletek.

A Hamilton elv. Hamilton–Jacobi egyenletek. A Kanonikus perturbáció. Adiabaticus invariánsok.

Csatolt rezgések, normál koordináták. A Lagrange sűrűség. Húr, membrán, befogott véges vastagságú rúd rezgő mozgása.

Relativisztikus mechanika.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Elméleti Fizika példatár 1. (Tankönyvkiadó, Budapest)

Landau, L.D. – Lifsic, E.M.: Elméleti Fizika I. (tankönyvkiadó, Budapest)

3. SZEMESZTER, ALKALMAZOTT FIZIKA SZAKIRÁNY

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	Kredit	tárgytípus
BMETE15AF06	4	2	0	vizsga	6	szakirányon kötelező

Elméleti fizika 1

Előkövetelmény: Kísérleti fizika 1 ÉS Többváltozós analízis

Tematika:

Anyagi pont newtoni mechanikája, impulzus, impulzusmomentum, konzervatív erők, energia. Pontrendszerek mechanikája, a 10 mozgásintegrál. Kényszerek, általánosított koordináták, a mechanika elvei. Merev testek. Folytonos közegek. rugalmas testek mechanikája, a feszültségtenzor.

Hullámegyenlet. Ideális és viszkózus folyadékok.

Maxwell egyenletek. Szigetelők, vezetők (stacionárius) áramok, Sztatikus elektromos és mágneses tér. Skalár- és vektorpotenciál. Időfüggő elektromos és mágneses tér. Elektromág-

neses hullámok. Elektromágneses tér anyagi közegben. Az elektromágneses tér energiája és impulzusa.

A speciális relativitáselmélet alapjai.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Gombás P. – Kisdi D.: Bevezetés az elméleti fizikába I.

D. Stauffer – H.E. Stanley: Newtontól Mandelbrotig

4. SZEMESZTER, KÖZÖS TÁRGYAK

tárgykód	előadás	gyakorlat	Labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE80AF18	2	1	0	vizsga	3	kötelező

Kísérleti magfizika

Előkövetelmény: Kísérleti fizika 3 ÉS Sugárvédelem és jogi szabályozása

Tematika:

Az atommag felépítése, magerők, stabilitás, tömegdefektus, kötési energia.

Folyadékcsepp-modell és félempirikus kötésienergia-formula. A magenergia felszabadításának lehetőségei.

A radioaktív bomlás formái, jellemző mennyiségei, időbeli lefolyásának törvényszerűségei; bomlási sorok; alfa-, béta-, gamma-bomlás.

Magreakciók általános törvényei, fajtái; magreakciók mechanizmusai. Mikroszkopikus és makroszkopikus hatáskeresztmetszet.

Neutron-magreakciók fajtái és jellemzői. Neutron magreakciók hatáskeresztmetszetének energiafüggése.

A neutronlassítás elméletének alapjai. Gyors neutronok, epitermikus neutronok, termikus neutronok.

Radioaktív sugárzás és anyag kölcsönhatása: töltött részek (alfa-, béta-sugárzás), neutron- és gamma-sugárzás kölcsönhatása az anyaggal; a sugárzás gyengülése az anyagon való áthaladás során.

Nukleáris detektorok főbb jellemzői: gázionizációs detektorok, szcintillációs számlálók, félvezető detektorok, termolumineszcens detektorok, szilárdtest nyomdetektorok. Neutrontetektorok.

A maghasadás mechanizmusa. Hasadványok, hasadási neutronok; a maghasadásban felszabaduló energia, annak térbeli, időbeli megoszlása.

Láncreakció; önfenntartó láncreakció feltétele; sokszorozási tényező.

Termikus atomreaktorok elvi felépítése. Hasadóképes izotópokat termelő magreakciók.

Nukleáris gyorsítóberendezések főbb típusai.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

K.N. Muhin: Kísérleti magfizika. Tankönyvkiadó, Budapest (1985)

Kiss D.: Quittner P.: Neutronfizika. Akadémiai Kiadó, Budapest (1971)

K. S. Krane: Introductory Nuclear Physics. John Wiley and Sons, Inc. 1988.

Tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE13AF09	0	0	4	félévközi jegy	4	kötelező

Fizika laboratórium 3

Előkövetelmény: Fizika laboratórium 2 ÉS Kísérleti fizika 3

Tematika:

Lencsehibák vizsgálata. Hullámtani jelenségek vizsgálata mikrohullámokkal. Optikai heterodin detektálás és alkalmazása. Hőmérsékleti sugárzás vizsgálata. Hőmérsékleti sugárzás vizsgálata termovízióval. Fotoeffektus vizsgálata, (h/e) mérése. Elektron fajlagos töltésének (e/m) mérése. A Boltzmann-állandó (e/k) meghatározása. A Planck- és a Boltzmann-állandó hányadosának (h/k) mérése. A Franck-Hertz-kísérlet. Millikan-kísérlet és szimuláció. Hall-effektus vizsgálata. Gammasugárzás abszorpciójának mérése, sűrűségmérés. Bétasugárzás abszorpciójának és visszaszórásának vizsgálata, vastagságmérés.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Fizika laboratóriumi gyakorlatok III. Oktatási segédanyag. Műegyetemi Kiadó.

Tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMEVIMIA027	2	1	0	félévközi jegy	3	kötelező

Elektronika 2

Előkövetelmény: Elektronika 1

Tematika:

Célkitűzés: Megismertetni a hallgatókat a blokkdiagram-algebrán alapuló rendszeranalízis alapjaival, a diódák, a bipoláris és a térvezérlésű tranzisztorok működésével, az ezen eszközökkel kialakított egyszerűbb áramkörök analízisével, az összetettebb áramkörök működésének alapelveivel.

A blokkdiagram-algebrán alapuló rendszeranalízis alapjai. A visszacsatolás fogalma, a visszacsatolt rendszerek stabilitása.

A nemlineáris áramkörök analízis módszerei. A kisjelű modellek meghatározása, a torzítás fogalma. A nemlineáris karakterisztika felhasználása: egyenirányítók, keverők és frekvenciasokszorozók.

A dióda, a bipoláris és a térvezérlésű tranzisztorok működése és karakterisztikáik elemzése. Az eszközök kis- és nagyjelű modelljeinek meghatározása.

Diszkrét áramköri elemeket tartalmazó analóg áramkörök analízise. Nemlineáris transzferkarakterisztikák és diódás vágókapcsolások megvalósítása. Bipoláris és FET tranzisztoros erősítők analízise: a munkapont meghatározása és a jelút megtervezése. Többfokozatú erősítők analízise.

A visszacsatolás alkalmazása. A valószínű műveleti erősítők felépítése és használata. A valószínű műveleti erősítők legfontosabb paraméterei.

A digitális áramkörök legfontosabb jellemzői. A TTL, a TTL-LS és a CMOS digitális áramkörök működése.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Hainzmann-Varga-Zoltai: Elektronikus áramkörök (Tankönyvkiadó), 1992.

Smith: Circuits, Devices and Systems (Wiley), 1991.

Taub-Schilling: Digital Integrated Eletronics (McGraw, 1989).

Előadás jegyzet: www.mit.bme.hu/oktatas/

Tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE92AF14	0	0	0	szigorlat	0	kritérium

Matematika szigorlat

Előkövetelmény: Differenciálegyenletek ÉS Valószínűségyszámítás

Szigorlati vizsga a Lineáris algebra, az Analízis, a Többváltozós analízis, a Differenciálegyenletek és a Valószínűségyszámítás című tárgyak egyesített anyagából.

4. SZEMESZTER, FIZIKUS SZAKIRÁNY

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE92AF02	4	2	0	vizsga	6	szakirányon kötelező

Funkcionálanalízis

Előkövetelmény: Lineáris algebra ÉS Többváltozós analízis ÉS Kísérleti fizika 2

Tematika:

1. Lineáris terek (lineáris leképezések, algebrai duális, lineáris leképezések mátrixa).
2. Lineáris terek tenzorszorzata (szimmetrikus és antiszimmetrikus tenzorszorzat, bázisok, determináns).
3. Normált terek (példák, Hölder- és Minkowski-egyenlőtlenségek, lineáris leképezések folytonossága és korlátossága, operátor normája).
4. Banach-terek (abszolút konvergencia sorok konvergenciája és átrendezhetősége, az exponenciális függvény, Neumann-sor).
5. Nevezetes tételek Banach terekben (nyílt leképezés tétele, egyenletes korlátosság tétele, alkalmasítás Fourier-sorokra).
6. Duális tér (elpé terek duálisa, Hahn-Banach-tétel, a folytonos függvények terének duálisa).
7. Hilbert-tér (bázis szerinti kifejtés, Riesz lemma, projekció tétel, Riesz-féle reprezentációs tétel).
8. Speciális függvények (Hermite-, és Legendre-polinomok, sorfejtések).
9. Hilbert-terek és lineáris operátorok tenzorszorzata (az algebrai tenzorszorzat és Hilbert-terek tenzorszorzata közötti különbség, L₂-terek tenzorszorzata, elemi tenzor normája).

10. Az adjungált (korlátos operátor adjungáltja, önadjungált operátorok, unitér operátorok és projekciók, példák).
11. Topológiák (gyenge topológia a Hilbert-téren, operátorok ponkénti és pontonkénti gyenge konvergenciája, önadjungált operátorok monoton sorozata, unitérek topologikus csoportja).
12. Korlátos operátor spektruma (a spektrum osztályozása, spektrál sugár, rezolvens, spektrum nem üres zárt halmaz állítás bizonyítása.).
13. Kompakt operátorok (a kompakt operátorok ideálja, Hilbert-Schmidt-féle integráloperátor, Green-függvény, Riesz-Schauder tétel).
14. A Fourier-transzformáció (az L^1 -téren, kiterjesztés az L^2 -tér unitér operátorává, spektruma, a Fourier-transzformált differenciálhatósága, a Schwartz-tér és topológiája, duális, disztribúciók).
15. Nemkorlátos operátorok (az adjungált és szimmetrikus operátorok, a Laplace-operátor, példák).
16. A spektráltétel.
17. Egy-paraméteres unitér csoportok.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Petz Dénes: Lineáris analízis (Akadémiai Kiadó, 2004)

Reed – Simon: Functional Analysis

Kolmogorov – Fomin: A függvényelmélet és a funkcionálanalízis elemei

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE13AF13	4	0	0	vizsga	4	szakirányon kötelező

Matematikai módszerek a fizikában

Előkövetelmény: Differenciálegyenletek ÉS Szakirányválasztás

Tematika:

Vektortér, duális tér, duális bázis. Euklideszi tér, kontravariáns és kovariáns komponensek. Affin ponttér, euklideszi ponttér, vonatkoztatási rendszer. Affin és euklideszi tenzorok. Görbevonallú koordináták, természetes bázis. Metrikus tenzor, Christoffel-szimbólumok, kovariáns deriválás. A disztribúcióelmélet alapjai, disztribúciók differenciálása, integrálása, Fourier-transzformációja, konvolúciója. Kezdetiértékprobléma megoldása, Green-függvények, elemi megoldás. Diszperziós relációk, Titchmarsh-tétel. Csoportok, csoportomorfizmus, mellékosztályok, normális részecsoport, faktorcsoport, izomorfizmus tétel. Csoportok ábrázolása, irreducibilis ábrázolás. Karakterek, fundamentális ortogonalitási tétel. Schur-lemmák. Folytonos csoportok, Lie-algebra, Lie-csoport, és ábrázolásuk. $SO(3)$, $SU(2)$.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Keszthelyi T.: Tenzorok.

Hall, G.G.: Alkalmazott csoportelmélet.

Jones, I.F.: Groups, Representations and Physics.

Gnadig P.: Bevezetés a disztribúcióelméletbe és fizikai alkalmazásaiba.
 Frank, Ph. – Mises, V.R. : A mechanika és fizika differenciál és integrálegyenletei.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE13AF14	0	2	0	félévközi jegy	2	szakirányon kötelező

Matematikai módszerek a fizikában gyakorlat

Előkövetelmény: Differenciálegyenletek ÉS Szakirányválasztás

Tematika:

Vektortér, duális tér, duális bázis. Euklideszi tér, kontravariáns és kovariáns komponensek. Affin ponttér, euklideszi ponttér, vonatkoztatási rendszer. Affin és euklideszi tenzorok. Görbevonaltú koordináták, természetes bázis. Metrikus tenzor, Christoffel-szimbólumok, kovariáns deriválás. A disztribúcióelmélet alapjai, disztribúciók differenciálása, integrálása, Fourier-transzformációja, konvolúciója. Kezdetiértékprobléma megoldása, Green-függvények, elemi megoldás. Diszperziós relációk, Titchmarsh-tétel. Csoportok, csoportomorfizmus, mellékosztályok, normális részcsoport, faktorcsoport, izomorfizmus tétel. Csoportok ábrázolása, irreducibilis ábrázolás. Karakterek, fundamentális ortogonalitási tétel. Schur-lemmák. Folytonos csoportok, Lie-algebra, Lie-csoport, és ábrázolásuk. $SO(3)$, $SU(2)$.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Keszthelyi T.: Tenzorok.
 Hall, G.G.: Alkalmazott csoportelmélet.
 Jones, I.F.: Groups, Representations and Physics.
 Gnadig P.: Bevezetés a disztribúcióelméletbe és fizikai alkalmazásaiba.
 Frank, Ph. – Mises, V.R. : A mechanika és fizika differenciál és integrálegyenletei.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMEGEÁTAMF4	2	0	0	vizsga	2	szakirányon kötelező

Áramlástan

Előkövetelmény: [Mechanika VAGY Elméleti fizika 1] ÉS Szakirányválasztás

Tematika:

Célkitűzés: A hallgatók megismertetése a folyadékok mechanikájának alapjelenségeivel és azok matematikai leírásának módszereivel valamint az áramlástechnikai gépek működési elvével. Képesse tegye a hallgatókat hasonlóságon alapuló kísérletek végrehajtására és egyszerű hidraulikai rendszerek méretezésére.

1. *Anyagmodellek:* Newton viszkozitási törvénye. A nemnewtoni közegek. A gáztörvény. A kavitáció. Az ideális folyadék. A nyomás. Az áramlási sebesség.

2. *Kinematika és a folytonosság tétele:* Stacionárius és instacionárius áramlások. A sebesség-tér rotációja. A potenciális örvény sebességtere. A sebességi potenciál. A deriválttenzor felbontása. A folyadék hasáb deformációja. A folytonosság tétele. A folytonosság tételének alkalmazása áramcsőre. Átlagsebesség és térfogatáram számítás csőben. Jellemzők lokális és konvektív változása.
3. *Az Euler-egyenlet és a Bernoulli-egyenlet:* A folyadék rész lokális és konvektív gyorsulása. A folyadék rész lokális és konvektív gyorsulása. A konvektív gyorsulás kifejezésének átalakítása. Áramlás konfúzorban. Az Euler-egyenlet levezetése elemi folyadék részre ható erő vizsgálatával. Az Euler-egyenlet vonal menti integrálja: a Bernoulli-egyenlet. A Bernoulli-egyenlet egyszerűsítésének lehetőségei.
4. *A Bernoulli-egyenlet néhány alkalmazása:* A statikus, a dinamikus és az össznyomás. A természetes koordináta rendszerben felírt komponensegyenletek. A hidrosztatika alap-egyenlete. Az izotermikus atmoszféra. Nyomás változása tartályban. Az erőter és a folyadék felszíne. A statikus huzat számítása. Térfogatáram mérés Venturi-csővel.
5. I. ZH. *Áramlástechnikai mérések:* Az U-csöves manométer. A fordított U-csöves manométer. A relatív hiba csökkentésének lehetőségei. A sebesség mérése dinamikus nyomás mérése alapján. Térfogatáram-mérés szűkítő elemmel. A sebességmérésen alapuló térfogatáram mérés.
6. *Örvények:* Radiális ventilátor, Euler-turbinaegyenlet. Örvénytételek, a Thomson-tétel levezetése.
7. *Impulzustétel:* Az impulzustétel. A Borda-féle kifolyónyílás, folyadéksugár kontrakciója. A nyomás változása a Borda-Carnot átmenetben. A csőtoldatra ható erő. A Pelton-turbina. A szárnyrácsra ható erő. A légcsavar sugárelmélete. A szélkerék. Nyomáshullámok terjedése csővezetékben. Alievi-féle lökés.
8. *Viszkózus folyadékok áramlása:* A mozgásegyenlet. A Navier-Stokes-egyenlet. Lamináris (réteges) áramlás csőben. Lamináris (réteges) áramlás csőben. A Reynolds-féle kísérlet, lamináris és turbulens áramlások.
9. *A turbulens áramlások, hasonlóság elmélet:* Az időbeli átlagokra vonatkozó mozgásegyenlet. A látszólagos feszültségek. Az áramlások hasonlósága. Az áramlások hasonlóságának feltételei.
10. II. ZH. A hasonlósági számok és alkalmazásuk. Áramlástechnikai gépek hasonlósága.
11. *Határrétegek:* A határréteg-egyenlet. A keveredési úthossz modell. Sebességmegoszlás a turbulens határrétegben. A csőben kialakuló határréteg néhány jellemzője. A határréteg áramlás irányú fejlődése. A határréteg kiszorítási vastagsága. A határréteg leválása. Áramlás diffúzorban. A leválás megszüntetése, befolyásolása. A határréteg szekunder áramlást okoz.
12. *Hidraulika 1:* A súrlódási veszteség. A súrlódási veszteség. A csősúrlódási veszteség. Érdes csövek. Beömlési veszteség, veszteségtényező. Áramlás nyílt felszínű csatornában.
13. *Hidraulika (2):* A Borda-Carnot átmenet. A kilépési veszteség. Szelepek, tolózárok, csapantyúk. Diffúzor. Egyszerű hidraulikai rendszerek elemzése.
14. III. ZH. *Laboratóriumi bemutató:* Mérési módszerek. Szélcsatorna kísérletek. Áramlások láthatóvá tétele. A numerikus szimuláció lehetőségei.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Lajos Tamás: Az áramlástan alapjai, 2000, Műegyetemi Kiadó

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE13AF15	4	0	0	vizsga	4	szakirányon kötelező

Elektrodinamika és relativitáselmélet

Előkövetelmény: Differenciálegyenletek ÉS Mechanika gyakorlat ÉS Szakirányválasztás

Tematika:

Elektrosztatika: töltéeloszlás tere, Gauss-törvény, elektromosztatika Maxwell egyenletei, potenciál, Poisson és Laplace egyenlet, határfeltételek, Green-tétel, kapacitás, tükörtöltések módszere, Laplace egyenlet megoldása Descartes-, gömbi-, hengerkoordinátákban, elektrosztatika Maxwell egyenletei anyag jelenlétében, polarizáció, elektromos eltolás, felületi töltéssűrűség.

Magnetosztatika és kvázisztatikus terek: áramsűrűség, töltésmegmaradás, Biot-Savart törvény, magnetosztatika Maxwell egyenletei, határfeltételek, felületi áram-sűrűség, lineáris és nemlineáris anyagok, hiszterézis; elektromotoros erő, eltolási áram, kvázisztatikus mágneses tér vezetőkben, skin effektus, elektromos és mágneses terek energiája közegben, indukció.

Dinamika: időfüggő Maxwell-egyenletek, időfüggő Maxwell-egyenletek anyagban, négyespotenciál, mértékrögzítés, d'Alambert egyenlet, síkhullámok, polarizációjuk, energia-impulzus tenzoruk, Doppler-effektus, elektromágneses hullámok anyagban, diszperzió, anyag határán törés, visszaverődés, hullámvezető, üregrezonátor, retardált és avanszált Green-függvények, oszcilláló töltérendszerek sugárzása, elektromos dipól, kvadrupól, mágneses dipól sugárzás, Liénard-Wiechert potenciál, sugárzás teljesítménye, szögeloszlása, spektruma, elektromágneses hullámok szórása, hatáskeresztmetszet, szórás szilárdtesten és gázon, Cserenkov sugárzás, átmeneti sugárzás.

Relativitáselmélet: Elektrodinamika Lagrange-függvénye, térerősségtenzor, komponensek jelentése, kovariáns mozgásegyenletek, Lorentz transzformáció, elektrodinamika Lorentz-invarianciája, elektromos és mágneses terek transzformációja, ponttöltés és elektromágneses tér kölcsönhatása kovariáns alakban, energia-impulzus tenzor, komponensek jelentése, energia-impulzus mérlegegyenlet.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

J.D. Jackson: Klasszikus elektrodinamika (Typotex)

Simonyi Károly: Elméleti villamosságtan (Tankönyvkiadó)

L.D. Landau – E.M. Lifsic: Elmélet Fizika II. és VIII. kötet (Tankönyvkiadó)

Tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE11AF08	0	2	0	félévközi jegy	2	szakirányon kötelező

Elektrodinamika és relativitáselmélet gyakorlat

Előkövetelmény: Differenciálegyenletek ÉS Mechanika gyakorlat ÉS Szakirányvál.

Tematika:

A ponttöltés fogalma. A Green függvény. Ponttöltésekből álló rendszer, árnyékolt Coulomb potenciál. Sík-, hengeres-, gömbi tükrözés. Vezető gömbökből és hengerekből álló elrendezések kapacitásának a számítása. Multipólus sorfejtés. Laplace egyenlet megoldása gömbi és henger koordináta rendszerben. Elektrodák homogén elektrosztatikus térben.

Stacionárius áramok mágneses tere. A vektorpotenciál számítása. Az elektromágneses indukció. Külső és a belső öninduktivitás számítása. Az energia áramlása elektromágneses térben.

Hullámvezetők. TE, TM és TEM módusok számítása. Távvezetékek. Sztatikus elektromágneses tér számítása dielektrikumok és mágneses anyagok jelenléte esetén. Hiszterézis. Gyorsuló töltések energia leadása (Larmor formula, Ábrahám–Lorentz egyenlet, Thomson, Rutherford atommodell). Egyenletesen mozgó ponttöltés tere (a Lienard–Wieckert potenciál).

A speciális relativitáselmélet és az elektrodinamika. Relativisztikus Doppler effektus. Az elektromos és a mágneses tér transzformációja.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Elméleti Fizika példatár 2. (Tankönyvkiadó, Budapest)

J.D. Jackson: Klasszikus Elektrodinamika (Typotex, Budapest)

Simonyi Károly: Elméleti Villamosságtan (Tankönyvkiadó, Budapest)

4. SZEMESZTER, ALKALMAZOTT FIZIKA SZAKIRÁNY

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE15AF07	4	2	0	vizsga	6	szakirányon kötelező

Elméleti fizika 2

Előkövetelmény: [Elméleti fizika 1 ÉS Szakirányválasztás]

VAGY [Mechanika ÉS Mechanika gyakorlat ÉS Szakirányválasztás]

Tematika:

A kvantummechanika matematikai eszközei, Hilbert tér, operátorok. A mérés, sajátértékek, kommutátorok, határozatlansági relációk. Schrödinger egyenlet, stacionárius eset, kötött és szabad állapotok. a hullámcsomag, potenciálgát, alagúteffektus. Potenciálvölgy, harmonikus oszcillátor. Impulzusmomentum és spin. A centrális erőter, a H-atom. Sok elektrontól álló rendszerek kvantummechanikai vizsgálata, a Pauli-elv, a periódusos rendszer. A perturbációszámítás és a szóráselmélet alapjai.

Mikro- és makroállapotok, zárt és kölcsönható rendszerek, egyensúly. Az egyenlő valószínűségek elve, statisztikus fizikai entrópia, kapcsolat a termodinamikával. Különböző sokaságok és ekvivalenciájuk. Termodinamikai potenciálok, fluktuációk. Ideális gázok, Fermi-Dirac, Bose-Einstein és Maxwell-Boltzmann statisztikák. Hőmérsékleti sugárzás. Kölcsönható rendszerek, Vander Waals egyenlet, átlagtér elmélet, kritikus viselkedés.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Gombás P. és Kisdi D.: Bevezetés az elméleti fizikába II.
D. Stauffer és H.E. Stanley: Newtontól Mandelbrotig

Tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE12AF17	1	0	1	félévközi jegy	2	szakirányon kötelező

Programozás 2

Előkövetelmény: Programozás ÉS Szakirányválasztás

Tematika:

A C++ nyelv rövid története, a nyelv szintaktikus alapjai összehasonlítva a C nyelvvel ismerettség szinten. (default argumentumok, referenciák, fv túlterhelés, operátor túlterhelés, dinamikus memóriakezelés, hibakezelés, namespacek, objektumok, öröklődés, template-ek) Egy egyszerű COMPLEX osztály tervezése és elkészítése. Osztályok és objektumok Az STLbeli „complex” osztály (template) és használata Egy COMPLEX elemekkel rendelkező MATRIX osztály tervezése és elkészítése. Sűrű és ritka mátrixok. Fix és dinamikus memóriafoglalás. Hibakezelés. Unitér és Hermitikus mátrixok. Kész numerikus receptek C++-ban. Külső numerikus könyvtárak C++ -ban és használatuk, a „Numerical Recipes in C++” könyvtár. Öröklődés. Objektum hierarchiák. Függvény és class templatek. Lineáris egyenletrendszerek megoldása (Gauss módszer, LU-dekompozíció, Jacobi és Gauss-Seidel iterációs módszerek) Mátrixtranszformációk. Sajátérték egyenletek. Interpoláció Gyors Fourier-transzformáció. Spektrumanalizátor Numerikus integrálás Közönséges differenciálegyenletek kezdetiérték feladatainak numerikus megoldása. Bolygómozgás. Radon transzformáció

Tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE11AF10	0	0	2	félévközi jegy	2	szakirányon kötelező

Mérési adatgyűjtés és feldolgozás

Előkövetelmény: Szakirányválasztás

Tematika:

Célkitűzés: a számítógépes mérésvezérléssel kapcsolatos ismeretek elsajátítása, illetve rutin-szerzés mérőműszerek és adatgyűjtő kártyák programozásában és adatkiértékelő szoftverek használatában.

Széles körben használt mérőműszerek működésének megismerése. Kommunikáció a műszerekkel soros, GPIB és USB porton keresztül. Számítógépes adatgyűjtő kártyák programozása. Komplex műszervezélő felületek létrehozása, eseménysorok programozása. Számítógéppel gyűjtött adatok online kiértékelése a mérésvezérlő szoftverrel, illetve utólagos adatfeldolgozás mérési adatkiértékelő programokkal.

Tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE14AF06	2	0	2	félévközi jegy	4	szakirányon kötelező

Kémiai és orvosbiológiai mérés technika

Előkövetelmény: Kémia ÉS Mérés technika ÉS Szakirányválasztás

Tematika:

Előadás: Gázkromatográfia és tömegspektrometria. Folyadékkromatográfia. Mágneses magrezonancia spektroszkópia. Atomspektroszkópia. Elektroanalitikai módszerek. Termikus analízis. Kiszögű röntgenszórás biomembránokon. Reakció- és enzimkinetikai mérések. Fiziológiai méréselmélet alapfogalmai (kísérlettervezés, megfigyelés, ellenőrzés, kiértékelés, stb.) Fiziológiai folyamatoknál a mérési eljárások tervezése (nyomjelzős kinetika, stb.) Kompartment rekeszanalízis matematikai alapjai. Zárt és nyitott rendszerek matematikai leírása, inhomogenitás. Kompartmentanalízis alkalmazástechnikája. Orvosinformatikai kommunikációs- és diagnosztikai rendszerek. Esettanulmányok ismertetése.

Laboratóriumi gyakorlat: Gázkromatográfia és tömegspektrometria. Folyadékkromatográfia. Mágneses magrezonancia spektroszkópia. Atomspektroszkópia. Elektroanalitikai módszerek, Voltametria. Elektroanalitikai módszerek, Amperometria. Kiszögű röntgenszórás mérése biomembránokon. Reakció- és enzimkinetika mérése széndioxid detektálással. Élettani folyamatok szimulációja kompartment analízis felhasználásával. Élettani folyamatok identifikációja kompartment analízis felhasználásával. EKG jelfeldolgozás. EEG jelfeldolgozás. Ultrahang echokardiográfia. Vércukormérés és feldolgozás, adaptív inzulinadagolás.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Analitikai kémia I. (szerk.: Pokol Gy., Sztatisz J.), BME jegyzet (65028), Műegyetemi Könyvkiadó, 1999.

Balla J.: A gázkromatográfia analitikai alkalmazásai, Abigél Bt., 1997.,

Benyó, Z.: Folyamatmodellek kísérleti meghatározása, elemzése és orvos-élettani alkalmazása. Egyetemi jegyzet.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE80AF04	2	0	0	vizsga	2	szakirányon kötelező

Környezetvédelem

Előkövetelmény: Környezetvédelem alapjai ÉS Szakirányválasztás

Tematika:

Az ökológia fogalma, tárgya, tényezői (víz, hőmérséklet, fény, oxigén, szén-dioxid stb.); biokémiai ciklusok (szén körforgása, víz körforgása, nitrogén körforgása); emisszió, transzmisszió, immisszió.

Levegőszennyezés és levegőminőség-védelem, vízszennyezés és vízminőség-védelem, talajszennyezés és talajvédelem.

Szennyeződések mérési módszerei (elemanalitikai, izotópanalitikai és molekulaspektroszkópiai módszerek áttekintése, speciációs vizsgálatok).

Tisztítási technológiák, a tisztítás alapfolyamatai. Fizikai-kémiai, mechanikai, biológiai és természetes eljárások.

Környezetvédelmi szabályozás: Környezetvédelmi jog és szabályozás elvei.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Mózer M. – Pálmai Gy.: A környezetvédelem alapjai, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1999.

Vajda Gy.: Energiapolitika, MTA, 2001.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE12AF15	2	1	0	vizsga	3	szakirányon köt. vál.

Elektrodinamika alapjai

Előkövetelmény: Mechanika ÉS Mechanika gyakorlat

Tematika:

Maxwell egyenletek. Szigetelők, vezetők, (stacionárius) áramok, sztatikus elektromos és mágneses tér. Skalár- és vektorpotenciál. Időfüggő elektromos és mágneses tér, elektromágneses hullámok. Elektromágneses tér anyagi közegben. Az elektromágneses tér energiája és impulzusa. A speciális relativitáselmélet alapjai.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

J.D. Jackson: Klasszikus elektrodinamika.

Gombás P. – Kisdi D.: Bevezetés az elméleti fizikába I.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE12AF10	2	0	0	félévközi jegy	2	szakirányon köt. vál.

Biofizika alapjai

Előkövetelmény: Kémia ÉS Kísérleti fizika 3

Tematika:

Az anyagszerkezet és funkció kapcsolata, molekuláris alapjai. Biológiai rendszerek kölcsönhatása elektromágneses és részecske sugárzással. Biológiai folyamatok termodinamikája, bioenergetika. Az anyagcsere és transzport (diffúzió, ozmózis) biofizikája. Biológiai membránok: szerkezet, ioncsatornák, iontranszport; a membrán elektromos modellje. Elektromos jelenségek, ingerületi folyamatok: membránpotenciál, akciós potenciál, ingerületterjedés. Membránvizsgálati módszerek: a patch-clamp technika. Az érzékszervek (receptorok) biofizikája: látás, hallás. Magasabb rendű folyamatok: mozgás, kollektív jelenségek, biokibernetika.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Czéh – Puskár: Celluláris neurobiológia, Dialóg-Campus, 2001.
Damjanovics – Mátyus: Orvosi biofizika. Medicina Kiadó, 2003.
Rontó – Tarján: A biofizika alapjai. Semmelweiss Kiadó, 2002.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE80AF07	2	1	0	félévközi jegy	4	szakirányon köt. vál.

Monte Carlo módszerek

Előkövetelmény: Valószínűségszámítás ÉS Programozás**Tematika:**

Egyenletes eloszlású véletlen számok generálása. Multiplikatív, kongruenciális és egyéb algoritmusok. A véletlenszám-sorozat aperiódikus szakasza és periodicitása.

Véletlen számok statisztikai vizsgálata. Illeszkedésvizsgálat, függetlenségi próba, Kolmogorov-próba. Empirikus próbák egyenletes eloszlású véletlen számok vizsgálatára.

Speciális eljárások nem egyenletes eloszlású véletlen számok generálására. Normális, exponenciális-, gamma-, béta- és Poisson-eloszlású változók generálása. Hatványfüggvényekkel leírható eloszlások mintavételezése. Véletlen vektorok generálásának módszerei. Térben izotróp irányeloszlás generálásának speciális eljárásai.

Adott valószínűségű diszkrét események szimulálása Monte Carlo módszerrel. Eljárások a szimuláció gyorsítására. Folytonos eloszlású események szimulálása Monte Carlo módszerrel.

Általános algoritmusok adott eloszlásból történő mintavételezésre. Inverz-eloszlás, elfogadás-elvetés, táblázatos, kompozíciós módszer. Az elfogadás-elvetés módszer általánosítása. Szóráscsökkentő eljárások a részecsketranszport szimulációjánál. A statisztikai súly, az orosz rulett és a trajektóriák felhasításának módszere.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Szobol, I.M.: A Monte-Carlo módszerek alapjai, Műszaki Könyvkiadó, 1981.
Lux I., Koblinger K.: Monte-Carlo Particle Transport Methods, CRC Press, 1991.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE80AF10	2	0	0	félévközi jegy	2	szakirányon köt. vál.

Radioaktív hulladékok

Előkövetelmény: Sugárvédelem és jogi szabályozása ÉS Környezetvédelem alapjai**Tematika:**

A radioaktív hulladékokkal kapcsolatos sugárvédelmi alapfogalmak. A hulladékok definíciója, osztályozása, minősítése. A radioaktív hulladékokkal kapcsolatos hatósági rendelkezések. A radioaktív hulladékok keletkezésének forrásai: nukleáris reaktorok működése és leszerelése.

se, radioaktív izotópok ipari, orvosi és egyéb alkalmazása, TENORM - nem nukleáris energia-termelés. A hulladékok gazdasági, környezeti és sugárvédelmi jelentősége. A hulladék menedzsment típusai és részei. Nukleáris és radioaktív anyagok (hulladékok) gyűjtése, tárolása és szállítása. Térfogat csökkentési technológiák – általános és szelektív eljárások. Kondicionálási technológiák - – általános és szelektív eljárások. Analitikai eljárások, mint a hulladékkezelés részei. A kimerült fűtőelemek reprocesszálása. A hosszú felezési idejű radioaktív hulladékok transzmutációja.

Radioaktív hulladékok átmeneti és végleges elhelyezése. A tárolók tervezésének problémái. Természeti analógok, terjedésszámítás, potenciális sugárterhelés számítási eljárásainak alkalmazása a hulladék elhelyezés tervezésében. Döntési opciók és kritériumok.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

G. R. Choppin: Nuclear Waste Management (NATO Science Series) 1998.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE80AF11	2	0	0	félévközi jegy	2	szakirányon köt. vál.

Üzemi mérések és diagnosztika

Tematika:

Diagnosztikai alapfogalmak, információhordozók: diagnosztika fogalma, kapcsolata a karbantartással; kádgörbe, elhasználódási tartalék. diagnosztikai eljárások és alkalmazási területeik; a diagnosztika fejlődési irányai. Számítógéppel támogatott rendszerek és eljárások: az időszakos diagnosztika számítógépes eszközei; a rezgésanalízis számítógépes támogatása; folyamatos diagnosztika; szakértő rendszerek (felépítésük, alkalmazásuk).

Rezgésdiagnosztika: a rezgésmérés alapjai; érzékelők, kábelek, szerelvények; mérőrendszerek, adatfeldolgozás, kijelzés. A determinisztikus és sztochasztikus jelek feldolgozása: - analóg jelek digitális értelmezése; - a digitális jelfeldolgozás előnyei, hátrányai; - mintavételezés, szűrők, A/D átalakítás, Fourier transzformáció, FFT. Szűrés, zajsűrés. Gépészeti alaphibák felismerése a spektrumból: gyakorlati példák, esettanulmányok. Ultrahang hasznosítása a diagnosztikában. Elektromágneses sugárzás., nukleáris sugárzás alkalmazása a diagnosztikában, Akusztikus emisszió. Részecskevizsgálat. Olajvizsgálat SPM Korszerű módszerek: szakértői rendszerek alapjai ideghálózati módszerek, fuzzy halmazok és használatuk termográfia, atomerőművi diagnosztikai módszerek.

Üzemi mérés technika: műszerek, elhelyezkedésük, fajtái (hőmérsékletmérés, nyomásmérés, különbözős sugárzások mérési eljárásai, fluxusmérés, kiégés). Üzemi és indítási mérések. Limitek. Mérés és számítás, ezek összevetése. Mérések tervezése és engedélyeztetési folyamatok. Monitorozó rendszerek. Biztonsági képernyő. Adatgyűjtő és adatfeldolgozó rendszerek (PDA, VERONA-u). Turbinavizsgálatok, turbinadiagnosztika.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Kégl Tibor – Szabó József Zoltán: Korszerű diagnosztikai módszerek. Dunaújváros, 1995.

Jelek és jelrendszerek. Szerk.: Schnell D. Műszaki Kiadó 1987.

Pór Gábor: Műszaki diagnosztika

Dr. Csom Gyula: Atomerőművek üzemtana. II. Energetikai Atomreaktorok üzemtana II. rész. Műegyetemi Kiadó, 2005.

5. SZEMESZTER, KÖZÖS TÁRGYAK

Tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE13AF10	0	0	4	félévközi jegy	4	kötelező

Fizika laboratórium 4

Előkövetelmény: Fizika laboratórium 2 ÉS Kísérleti magfizika

Tematika:

Piezoelektromos tulajdonságok vizsgálata. Piroelektromos anyagok vizsgálata. Piroelektromos detektorok vizsgálata. Hall-effektus vizsgálata. Fémek mechanikai tulajdonságainak vizsgálata. Vékonyréteg-technikai gyakorlat. Pásztázó alagútmikroszkóp (STM) alkalmazása. Akusztóoptikai fénydiffrakció vizsgálata. Magnetooptikai Kerr-szög mérése. Mágneses momentum mérése vibrációs magnetométerrel. Kis fényintenzitások mérése zajos környezetben: fázisérzékeny detektálás (lock-in erősítő). Mérés spektrofotométerrel. Tiltott sáv mérése optikai abszorpcióval. Gáztöltésű detektorok vizsgálata. Szcintillációs detektorok vizsgálata. Alfa-spektrometria félvezető detektorai.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Fizika laboratóriumi gyakorlatok IV. Oktatási segédanyag. Műegyetemi Kiadó.

Tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE11AF05	2	0	0	vizsga	2	kötelező

Szilárdtestfizika alapjai

Előkövetelmény: Kísérleti fizika 3

Tematika:

Kristályok szimmetriái, kristályrendszerek, Bravais-rácsok. Diffrakció elmélete, szerkezeti tényező, atomi szórási tényező. Röntgen-, elektron- és neutronszórás kísérletek. Rácsrezgések harmonikus közelítésben, dinamikus-mátrix, normál koordináták, diszperziós-reláció, állapotsűrűség.

Rácsrezgések kvantummechanikai leírása, fononok energiája és impulzusa, a diszperziós reláció kísérleti meghatározása. Bose-Einstein statisztika, szilárd testek fajhője, Debye-közelítés.

Elektronok Drude-modellje, transzport és optikai tulajdonságok. Fermi-Dirac statisztika, elektrongáz fajhője, mágneses szuszceptibilitása. Bloch-elektronok, sávszerkezet közel-szabad elektron modellben és szoros kötésű közelítésben, effektív tömeg.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Sólyom Jenő: A modern szilárdtestfizika alapjai I-III. (ELTE Eötvös Kiadó, 2002-2003),
Charles Kittel: Introduction to Solid State Physics (Wiley, New York, 1986),
N.W. Ashcroft – N.D. Mermin: Solid State Physics (Saunders, Philadelphia, 1976).

Tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE11AF06	0	2	0	félévközi jegy	2	kötelező

Szilárdtestfizika gyakorlat

Előkövetelmény: Kísérleti fizika 3

Tematika:

Röntgen-diffrakció: rácsösszeg, atomi alaktényező számítása különböző töltéeloszlások esetén. Rácsrezgések figyelembe vétele, véletlen ötvözetek.

Rácsrezgések dinamikája: négyzetrács egyensúlyban megfeszítetlen és megfeszített rugókkal. Rezgési módusok és frekvenciájuk.

Rácsfajhő és állapotsűrűség: az állapotsűrűség viselkedése különböző dimenziókban izotrop és anizotrop hangsebesség esetén. A Debye-modell alkalmazásai. Debye-Waller faktor. Lindemann kritérium az olvadáspontra.

Elektronok állapotsűrűsége és fajhője: Fermi-hullámszám számítása. Állapotsűrűség kétdimenziós derékszögű tight-binding modellben kis betöltés esetén.

Kváziszabad elektron közelítés: tilos sáv számítása egydimenziós Dirac-delta potenciál esetén. Elektronok négyzetrács esetén.

Elektronok szoros kötésű közelítésben: atomi hullámfüggvények egydimenziós Dirac-delta potenciál esetén. Elektronok kétdimenziós ferdeszögű rácsban. S- és p-típusú pályák. Négyzetrácsban lévő elektronok Fermi-felülete különböző betöltéseknél.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Sólyom Jenő: A modern szilárdtestfizika alapjai I-III. (ELTE Eötvös Kiadó, 2002-2003),

Charles Kittel: Introduction to Solid State Physics (Wiley, New York, 1986),

N.W. Ashcroft – N.D. Mermin: Solid State Physics (Saunders, Philadelphia, 1976).

tárgykód	előadás	gyakorlat	Labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE12AF01	2	1	0	vizsga	3	kötelező

Optika

Előkövetelmény: Kísérleti fizika 2

Tematika:

Fénymodellek, Fermat-elv, Huygens-elv. Fény reflexiója és transzmissziója sík határfelületen.

Totálreflexió, elhaló hullám. Geometriai optika. Paraxiális optika, mátrix optika. Fősíkok fogalma. Interferencia, egysugaras többsugaras, interferométerek (Michelson, Mach-Zender).

Optikai rács felbontóképessége. Vékonyréteg-rendszerek értelmezése mátrix formalizmussal. Antireflexiós réteg, interferencia tükör. Fabry-Perot interferométer. Difrakció, Fresnel-Kirchoff és Rayleigh-Sommerfeld formulák. Fraunhofer és Fresnel diffrakció. Négyszög és körapertúra. Szinuszos rács Fraunhofer diffrakciós képe.

Polarizáció. Polarizáció érzékeny optikai elemek. Kettőtörés. Ordinárius és extraordinárius nyaláb. Fény terjedése anizotróp közegben. Polarizációs prizmák. Fázistoló és polarizációt

forgató lemezek. Fény és anyag kölcsönhatása. Energia szintek, populáció inverzió. Spontán emisszió. Indukált emisszió, és abszorpció. Lézerek, rezonátorok, erősítés, pumpálás. Időbeli és térbeli koherencia. Akusztooptika. Planár hullámvezető módusai. Sugároptikai leírás. Terjedési együttható. A módusegyenlet grafikus megoldása.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Richter Péter: Bevezetés a modern optikába I.

Tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE80AF03	0	0	2	félévközi jegy	2	kötelező

Elektronika laboratórium

Előkövetelmény: Elektronika 1

Tematika:

Bemutatjuk az elektronika elemi építőköveit jelentő alapkapcsolásokat, mint az elemi erősítő és a Smitt trigger, foglalkozunk a Miller effektus és a koincidencia áramkörök működési elvével. A gyakorlati rész során a hallgatók maguk is építenek egy működő elektronikai kapcsolást (pl. billenő áramkört).

A tantárgy nagyobb részét a nukleáris láncokban alkalmazott elektronikai módszerek megismerése jelenti, ami tartalmazza: a detektorok illesztését, a jelformálást, a differenciáló, integráló erősítők alapjait és módszertanát, valamint bemérését, a töltés érzékeny erősítőket, az analóg-digitál átalakítókat, a jel áram és frekvencia átviteli formáit, a jelátvitelt, a jel/zajviszonyok meghatározását. A feldolgozás technika előkészítéseként oktatjuk a beütésszám számlálást és a holtidő problémáit, a koincidencia áramkörök gyakorlatát, neutron- és más sugárzás mérőláncok felépítését. Foglalkozunk a különböző típusú analizátorokkal, és adatgyűjtő rendszerekkel. Végül a diákok a spektrumok mérésével, képzésével is megismerkednek. Mért adatsorok feldolgozását végzik el MATLAB vagy LABVIEW környezetben írt programjaikkal. A mérési eredményeket meg kell jeleníteniük, értékelniük, és megfelelő hibaszámítással is el kell látniuk.

Tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE13AF11	0	0	0	szigorlat	0	kritérium

Kísérleti fizika szigorlat

Előkövetelmény: Kísérleti fizika gyakorlat 2 ÉS Kísérleti fizika 3

Szigorlati vizsga a Kísérleti fizika 1, 2, 3 és a Kísérleti magfizika című tárgyak egyesített anyagából.

5. SZEMESZTER, FIZIKUS SZAKIRÁNY

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE92AF03	4	0	0	vizsga	4	szakirányon kötelező

Numerikus módszerek

Előkövetelmény: Lineáris algebra ÉS Többváltozós analízis ÉS Numerikus számítások

Tematika:

MATLAB numerikus szoftver használata. Hibaszámítás. Lineáris egyenletrendszerek direkt es iteratív megoldása: Gauss elimináció, Gauss transzformáció. Mátrixok faktorizációi. Lineáris egyenletrendszerek kondicionáltsága. Jacobi-, Seidel-, SOR iteráció; az iteráció konvergenciája, hibabecslése. Optimalizációs típusú eljárások lineáris egyenletrendszerek megoldására. Sajátértékek becslése. Hatványmódszer mátrixok sajátérték - sajátvektor feladatára. Inverz hatvány módszer. Mátrixok speciális alakra való transzformálása. Jacobi módszer sajátértékek és sajátvektorok meghatározására. QR módszer sajátértékek meghatározására. Közöséges interpoláció polinommal. Hermite-féle interpoláció. Interpoláció harmadfokú spline-nal. Közelítés legkisebb négyzetek értelemben polinommal és trigonometrikus polinommal; trigonometrikus interpoláció; a gyors Fourier-transzformáció alapja. Numerikus integrálás: Newton-Cotes formulák és alkalmazásuk. Gauss-típusú kvadraturák. Nemlineáris egyenletrendszerek megoldása. Polinomok gyökei. Közöséges differenciálegyenletek kezdetiérték feladatainak numerikus megoldása: egylépéses módszerek alapfogalmai; Runge-Kutta formulák, egylépéses módszerek stabilitása, konvergenciája és hibabecslése. Többlépéses módszerek.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

A. Quarteroni – R. Sacco – F. Saleri: Numerical Mathematics. New York, Springer 2000.
J. Stoer – R. Bulirsch: Introduction to Numerical Analysis. New York, Springer 2002.
Stoyan Gisbert – Takó Galina, Numerikus Módszerek I-II. ELTE Typotex 1993, 1995.

Tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE92AF04	0	0	2	félévközi jegy	2	szakirányon kötelező

Numerikus módszerek laboratórium

Előkövetelmény: Lineáris algebra ÉS Többváltozós analízis ÉS Numerikus számítások

Tematika:

MATLAB numerikus szoftver használata. Hibaszámítás. Lineáris egyenletrendszerek direkt es iteratív megoldása: Gauss elimináció, Gauss transzformáció. Mátrixok faktorizációi. Lineáris egyenletrendszerek kondicionáltsága. Jacobi-, Seidel-, SOR iteráció; az iteráció konvergenciája, hibabecslése. Optimalizációs típusú eljárások lineáris egyenletrendszerek megoldá-

sára. Sajátértékek becslése. Hatványmódszer mátrixok sajátérték - sajátvektor feladatára. Inverz hatvány módszer. Mátrixok speciális alakra való transzformálása. Jacobi módszer sajátértékek és sajátvektorok meghatározására. QR módszer sajátértékek meghatározására. Közönséges interpoláció polinommal. Hermite-féle interpoláció. Interpoláció harmadfokú spline-nal. Közelítés legkisebb négyzetek értelemben polinommal és trigonometrikus polinommal; trigonometrikus interpoláció; a gyors Fourier-transzformáció alapja. Numerikus integrálás: Newton-Cotes formulák és alkalmazásuk. Gauss-típusú kvadraturák. Nemlineáris egyenletrendszerek megoldása. Polinomok gyökei. Közönséges differenciálegyenletek kezdetiérték feladatainak numerikus megoldása: egy lépéses módszerek alapfogalmai; Runge-Kutta formulák, egy lépéses módszerek stabilitása, konvergenciája és hibabecslése. Többlépéses módszerek.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

A. Quarteroni – R. Sacco – F. Saleri: Numerical Mathematics. New York, Springer 2000.
 J. Stoer – R. Bulirsch: Introduction to Numerical Analysis. New York, Springer 2002.
 Stoyan Gisbert – Takó Galina, Numerikus Módszerek I-II. ELTE Typotex 1993, 1995.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE15AF00	4	0	0	vizsga	5	szakirányon kötelező

Kvantummechanika

Előkövetelmény: Mechanika ÉS Elektrodinamika és relativitáselmélet ÉS Funkcionál-analízis

Tematika:

A klasszikus fizika érvényességének határai. Hullámmechanika. A kvantummechanika matematikai és fizikai alapjai. A fizikai mennyiségeket reprezentáló operátorok sajátértékei és sajátfüggvényei. Kötött állapotok. Szórási állapotok. Mozgás elektromágneses térben. Relativisztikus kvantummechanika. Reprezentációelmélet.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Apagyi Barnabás: Kvantummechanika, Műegyetemi jegyzet, 2005.
 Franz Schwabl: Quantum mechanics, Springer, 1990.

Tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE15AF01	0	0	2	félévközi jegy	2	szakirányon kötelező

Kvantummechanika gyakorlat

Előkövetelmény: Mechanika ÉS Elektrodinamika és relativitáselm. ÉS Funkcionál-anal.

Tematika:

A klasszikus fizika érvényességének határai. Hullámmechanika. A kvantummechanika matematikai és fizikai alapjai. A fizikai mennyiségeket reprezentáló operátorok sajátértékei és sajátfüggvényei. Kötött állapotok. Szórási állapotok. Mozgás elektromágneses térben. Relativisztikus kvantummechanika. Reprezentációelmélet.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Apagyi Barnabás: Kvantummechanika, Műegyetemi jegyzet, 2005.
Franz Schwabl: Quantum mechanics, Springer, 1990.

5. SZEMESZTER, ALKALMAZOTT FIZIKA SZAKIRÁNY

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE80AF05	2	0	0	vizsga	2	szakirányon kötelező

Nukleáris mérés technika

Előkövetelmény: Kísérleti magfizika ÉS Bevezetés a mérések kiértékelésébe

Tematika:

1. Sugárzások és anyag kölcsönhatása, a részecske detektálás alapelvei a különböző detektortípusoknál.
2. Detektorok általános jellemzői. Áram- és impulzus-üzemmód, határfok, felbontóképesség, holtidő.
3. Detektorok csoportosítása típus és alkalmazási terület szerint.
4. Gázionizációs detektorok: ionkamrák, proporcionális számlálók, GM csövek. Működési elv. Karakterisztikák. Alkalmazások.
5. Szcintillációs detektorok, működési elvük szerves és szervetlen kristályoknál, szcintillátor anyagok. Kis- és nagyméretű kristályok.
6. Félvezető detektorok, típusok, alkalmazási területek.
7. Spektroszkópiai alapismeretek, a különböző spektroszkópiai alkalmazások detektortípusai.
8. Neutronok detektálása: alapelvek, detektortípusok, alkalmazások.
9. Nukleáris létesítményekben használatos detektortípusok. Ex-core és in-core detektorok.
10. Dozimetriai detektorok működési elvei.
11. Speciális detektorok.
12. Nukleáris elektronika. Előerősítők, jelformálás, ADC típusok.
13. Különleges mérés technikai módszerek. Kis és nagy aktivitások mérése, háttérszűntési módszerek.
14. A mérés kiértékelés matematikai statisztikai alapjai.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Bódizs Dénes: Nukleáris mérés technika.
G.F. Knoll: Radiation detection and measurement.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	Tárgytípus
BMETE80AF06	2	0	0	félévközi jegy	3	szakirányon kötelező

Fenntartható fejlődés és energetika

Tematika:

1. A fenntartható fejlődés definíciója, értelmezése.
2. A fenntartható fejlődés vizsgálatával foglalkozó nemzetközi programok, törekvések, egyezmények.
3. Az energiatermelés, az energiatermelési módok fejlődése és szerepe a fenntartható fejlődésben.
4. Energiahordozó készletek; energiaellátás biztonsága; az energiaellátás és a gazdasági függetlenség kapcsolata.
5. Globális felmelegedés, kiotói megállapodás, klímavédelem.
6. Különböző energiatermelési módok összehasonlítása.
7. A megújuló energiaforrások és a nukleáris energiatermelés szerepe az egészséges energiaköztélben.
8. Atomenergia-hasznosítás fejlődése, fizikai alapjai; atomreaktorok műszaki felépítése és típusai.
9. Atomenergia-rendszerek; hasadóanyag készletek, ezek összevetése egyéb primer energia-hordozó készletekkel.
10. Radioaktív sugárzás hatása az élő szervezetekre.
11. Az atomenergia-hasznosítás radioaktív hulladékai és melléktermékei; a radioaktív hulladékok és a kiégett üzemanyagok kezelése, végső elhelyezése.
12. Atomerőművek biztonsága és környezeti hatásai; nemzetközi együttműködések az atomenergia-hasznosítás és a non-prolifерáció területén.
13. Rendkívüli atomerőművi események, atomerőmű balesetek, okok, következmények és hatások (pl. Csernobil).
14. Az atomenergia nem energetikai célú (orvosi, mezőgazdasági, ipari stb.) felhasználása.
15. Az atomenergia-hasznosítás szerepe a hazai villamosenergia-igények kielégítésében; a paksi atomerőmű.
16. Az atomtörvény; a nukleáris létesítmények hazai és nemzetközi ellenőrzési rendszere.
17. Nemzetközi együttműködések az atomenergia-hasznosítás és a non-prolifерáció területén.
18. Eszmék és téveszmék az atomenergia megítélésben.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	Tárgytípus
BMETE80AF12	3	1	0	félévközi jegy	4	szakirányon köt. vál.

Atomerőművek termohidraulikája

**Előkövetelmény: [Kísérleti fizika 3 ÉS Elméleti fizika 1]
VAGY [Kísérleti fizika 3 ÉS Elektrodinamika alapjai]**

Tematika:

1. A hőelvonás technológiai megvalósítása különböző reaktor típusoknál.
2. Hőfejlődés folyamata és térbeli eloszlása a reaktorban.
3. A hővezetés általános differenciálegyenlete és annak megoldása különböző kezdeti és peremfeltételek mellett. Az UO₂ anyagjellemzői. Az üzemanyagpálca hőmérséklet-eloszlása.
3. A hidraulikai egyenletrendszer. Nyomásveszteségek. A hőátadás számítása. Termikus instabilitások. A hőátadás természetes áramlásokban. Forrásos hőátadás jellemzői. Forrásgörbe. Forráskrízisek. DNBR.
4. Kétfázisú áramlás formái vízszintes és függőleges csövekben. Áramlási térképek.
5. A hűtőközeg-csatorna stacionárius termohidraulikai viszonyai. Az üzemanyag, a burkolat és a hűtőközeg hőmérsékletének alakulása.
6. A reaktorbiztonság és biztonságvédelem alapjai. Méretezési üzemavarok. Különböző méretű LOCA üzemzavarok lefolyása. Az emberi tényező szerepe. Termohidraulikai kódok. Az üzemanyag tervezésénél alkalmazott biztonsági korlátok. Hőtechnikai korlátok. Tervezési alapon túli balesetek.
7. TMI-2 és a csernobili atomerőmű balesetének előzményei, feltételei, okai, lefolyása, termohidraulikai folyamatai és következményei. A 2003. áprilisi paksi súlyos üzemzavar termohidraulikai folyamatai.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

N.E. Todreas – M.S. Kazimi: Nuclear Systems I; Thermal hydraulic fundamentals, 1990.
L.S. Tong – J. Weisman: Thermal Analyses of Pressurized Water Reactors, ANS, 1996.
Dr. Csom Gyula: Atomerőművek üzemtana I-II. Műegyetemi Kiadó, 2004.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE80AF16	2	0	0	vizsga	2	szakirányon köt. vál.

Geofizika alapjai

Előkövetelmény: Kísérleti magfizika**Tematika:**

A geofizikai kutatás területei, célkitűzései, információ szerzés módja. Fizikai terek kőzetekben és a kőzetek fizikai tulajdonságai. A Föld és a Föld körüli térség szerkezete kialakulása. A Föld alakja. Hőtörténet. Tektonika alapjai. A Föld gravitációs tere és a gravitációs kutatási módszer. Elektromágneses tér a kőzetekben. Mágneses és elektromos kutatási módszerek. Paleomágnesség. Rugalmas hullámok terjedése kőzetekben, reflexió, refrakció, fontosabb módusok. Szeizmológia alapjai. Szeizmikus kutatási módszer. Fúrólukban végzett mérések elvei (elektromos, akusztikus és nukleáris módszerek). Nyersanyag kutatás geofizikai módszerekkel. Modell alkotás és inverzió alapjai.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Kis Károly: Általános geofizika alapjai. ELTE 2002.
Meskó Attila: Rugalmas hullámok terjedése a földben: szeizmikus kutató módszer. Akadémiai Kiadó 1995.
Meskó Attila: Bevezetés a geofizikába. Tankönyvkiadó 1989.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE12AF07	2	0	0	félévközi jegy	2	szakirányon köt. vál.

Lézertechnika

Előkövetelmény: Kísérleti fizika 3

Tematika:

Fény és anyag kölcsönhatása, spontán emisszió, abszorpció, indukált emisszió. Koherens optikai erősítő. Gerjesztési módok a gyakorlatban. Az erősítés telítődése. Inhomogén és homogén erősítésű közegek eltérő tulajdonságai.

Folyamatos és impulzusban való lézerműködés, erősítési és fázisfeltétel. Visszacsatoló rendszer: optikai rezonátor jellemzői, módusok meghatározása. Erősítés és Q-kapcsolás, móduscsatolás.

Lézerfény tulajdonságai: sávzélesség, koherencia, irányítottság, fényesség.

Lézertípusok: szilárdtest, félvezető, gáz, folyadék és egyéb lézerek.

Lézeralkalmazások: ipari, orvosi, híradástechnikai, mérés technikai.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Bevezetés a modern optikába III. (jegyzetszám: 050393)

Svelto: Principles of lasers.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE12AF18	1	0	1	félévközi jegy	2	szakirányon köt. vál.

Programozás 3

Előkövetelmény: Számítástechnika alapjai ÉS Programozás 2

Tematika:

Féléves témakör: Grafika programozás és képfeldolgozó programok C++-ban Qt-vel. Grafikus programok elméleti alapjai. Koordináta rendszerek, felbontástól független grafika. Miért a C++?, Miért a Qt? Qt alapok. Eseménykezelés, nem lineáris programfutás, Az első Qt program. Tudományos számológép Qt-vel az ingyenes „CalcExpress” aritmetikai kiértékelő programmal. Op.rendszer független grafika grafikus könyvtárakkal (gd, cairo) Grafika a Qt-vel Objektum orientált grafikus alakzatkezelő, Real time FFT analízátor készítése. Általános programozás. Template használat a C++-ban. Képfeldolgozás. I. A nyílt forráskódú oprendszer független CImg („Cool Image”) template könyvtár. Képfeldolgozás. II. Fényerő és kontraszt módosítás. Élkeresés, élesítés. Képfeldolgozás. II. Nagyítás és kicsinyítés (bilinear, bicubic, Lanczos,...) Képfeldolgozás. III. Elforgatás, alakfelismerés, demosaicing. Szín reprezentáció és színtér meendzselés, ICC profilok. Verziókövetés és csoportmunka CVS, SVN.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE80AF15	3	1	0	vizsga	4	szakirányon köt. vál.

Reaktorfizika

Előkövetelmény: Lineáris algebra ÉS Analízis ÉS Kísérleti magfizika

Tematika:

Az atomreaktorok általában. A neutronok felhasználása: energiatermelés, mérés-technika. Hát-
táskeresztmetszetek, a magreakciók kapcsolata a neutrongázzal. A neutrongáz leírása, a
Boltzmann-egyenlet mint neutronmérleg. Kezdeti- és peremfeltételek. A kritikusság fogalma.
A Boltzmann-egyenlet közelítései: a diffúzióelmélet. Energiacsoportok. Időfüggés és kritikus-
ság egycsoport közelítésben. Kinetika, a reaktivitás mérése. A neutronspektrum. Lassuláse-
lmélet. Rezonanciák. Termalizáció. Lassuló neutronok térbeli eloszlása, Fermi-kor.
Többscsoport módszerek. Termikus reaktorok: csupasz- és reflektált reaktor. Fűtőelemrácsok.
Reaktivitástényezők. A reaktor megszaladása. Adjungált függvény. Perturbációelmélet.
Pontkinetika. Kiegész. Reaktorok üzemeltetése. Numerikus módszerek.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Szatmáry Zoltán: Bevezetés a reaktorfizikába, Akadémia Kiadó, Budapest, 2000.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE80AF18	2	0	0	félévközi jegy	2	szakirányon köt. vál.

Reaktortechnika

Előkövetelmény: Kísérleti magfizika

Tematika:

Reaktoranyagok. A felhasznált anyagokkal szemben támasztott követelmények.

Üzemanyagok. Urán, plutónium, keramikus és diszperziós üzemanyagok. Urán-dioxid, plutó-
nium-dioxid és a MOX-üzemanyag.

Reaktivitás-kompenzáló, illetve reaktivitás-szabályozó anyagok. Bórvegyületek, ritka földfé-
mek, hafnium, ezüst, indium, kadmium.

A reaktortechnika szerkezeti anyagai. Alumínium, cirkónium, ausztenites, perlites és króm-
tartalmú rozsdamentes acélok. Nikkel alapú ötvözetek.

A sugárvédelem anyagai. Sugárkárosodás.

Az energetikai reaktorok szerkezeti felépítése. A reaktorok fő komponensei és fő típusai. Az
atomerőmű lehetséges elvi kapcsolási sémái. A fűtőelemek és fűtőelemkötegek. A
nyomottvizes energetikai reaktorok. Hagyományos PWR-ek. VVER típusú reaktorok. To-
vábbfejlesztett nyomottvizes reaktorok. Az elgőzöltető atomreaktorok. A nehézvizes reak-
torok. Egyéb energetikai atomreaktor-típusok. Az energetikai atomreaktorok tipikus adatai.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Csom Gyula: Atomerőművek üzemtana, I. kötet, Műegyetemi Kiadó, 1997, VI. fejezet
Csom Gyula: Atomerőművek üzemtana, II/1. kötet, Műegyetemi Kiadó, 2004, VII. fejezet

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE12AF05	2	0	0	félévközi jegy	2	szakirányon köt. vál.

Vákuumfizika

Előkövetelmény: Kísérleti fizika 3**Tematika:**

A gázfázis törvényei, a vákuum fogalma. Transzportjelenségek gázokban. Gáznemű és kondenzált anyag kölcsönhatása. Gyakorlati számítások. Szivattyúk. Vákuum-mérők. Vákuumrendszer méretezése és üzemeltetése. Vákuumtechnikai eszközök karbantartása és hibakeresése. Felületanalitikai alkalmazások. Vákuumtechnikai gépelemek és anyagok. Vákuumtechnikai speciális technológiák.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Roth: Vacuum technology. Elsevier, 1982.
Carpenter: Vacuum technology. Hilger Bristol, 1983.
Kenczler Ödön: Vákuumtechnika. 1975.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMEGT35A001	2	0	0	félévközi jegy	2	szakirányon köt. vál.

Pénzügyek

Előkövetelmény: Közgazdaságtan**Tematika:**

A tárgy a befektetési és finanszírozási döntések témakörében alapfokú rendszerismeretet valamint alapfokú döntési feladatok készségszintű megoldását tűzi ki célként. A hallgatók megismerik a fontosabb pénzügyi intézményeket, ezek működését, valamint azokat az ügyleteket és pénzügyi terméket, amelyek a pénzügyi piacokat legjobban jellemzik.

Pénzügyi környezet. Pénzügyi rendszer – alapfogalmak és alapelvek. Makrogazdasági tényezők. A pénzügyi közvetítő rendszer. Pénzügyi piacok és piaci struktúrák. Fejlődésük tendenciái. Pénzügyi termékek - értékpapírok. Pénzügyi termékekhez kötődő pénzáramok, pénz időérték számítások. Értékpapírok fogalma, megjelenési formái, csoportosítása. Hitelviszonyt, részesedést megtestesítő értékpapírok, speciális értékpapírok. Értékpapír hozam és árfolyam számítása. Kockázat és hozam preferenciák. Opciók és származtatott ügyletek. Pénzügyi piacok. Pénzpiac és tőkepiac. Elsődleges és másodlagos piac. Azonnali és határidős piac. Állampapírpiac. Devizapiac. Budapesti Értéktőzsde. Banki működés alapjai. A

banki működés jellemzői, a bankszektor szabályozása. Banki tevékenység, likviditás és kockázatkezelés. Aktív és passzív bankügyletek. Befektetés elemzés. Vállalati projekt, reáleszköz beruházás gazdasági elemzése. Projekt és vállalatfinanszírozás kérdései. Pénzügyi befektetések elemzési eszközei.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Magyar Gábor: Pénzügyi navigátor, Budapest, 2004.

6. SZEMESZTER, KÖZÖS TÁRGYAK

Tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE12AF02	0	0	4	félévközi jegy	4	kötelező

Fizika laboratórium 5

Előkövetelmény: Kísérleti magfizika ÉS Szilárdtestfizika alapjai ÉS Optika

Tematika:

Félvezető optikai detektorok. Szilárdtestfelületek analízise Auger elektronspektroszkópiával. Anyagvizsgálat röntgendiffrakcióval. Rétegstruktúrák vizsgálata SIMS módszerrel. CD író-olvasó optikai rendszerének tesztelése. Szemcsekép mérés technika. UV, látható és NIR spektroszkópia. Klorofill fluoreszcencia. Gamma spektroszkópia félvezető detektorral. Ismeretlen izotóp minimális mennyiségének meghatározása félvezető detektorral. Neutron detektorok működése. Termikus neutronfluxus meghatározása. Késő neutron paraméterek vizsgálata, urán koncentráció meghatározása.

Tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE15AF11	0	0	10	félévközi jegy	10	kötelező

Szakedolgozat-készítés

Előkövetelmény: Kísérleti fizika 3 ÉS [Matematika szigorlat VAGY legalább 150 kredit a képzés tárgyaiból]

6. SZEMESZTER, FIZIKUS SZAKIRÁNY

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE15AF04	4	0	0	vizsga	5	szakirányon kötelező

Statisztikus fizika

Előkövetelmény: Valószínűség számítás ÉS Kvantummechanika

Tematika:

A statisztikus fizika célkitűzése. Időskálák, egyensúly, irreverzibilitás. Mikro- és makroállapotok, normál rendszerek. Liouville- és Neumann egyenlet. Egyenlő valószínűségek elve, entrópia, kapcsolat a termodinamikával, sokaságok, ekvivalenciájuk. Termodinamikai potenciálok, fluktuációk, korrelációk. Ideális gázok, kvantumstatisztikák, klasszikus átmenet, Degenerált kvantumgázok, Bose-Einstein kondenzáció, fotongáz.

Kvázirészecskék, fononok. szuperfolyékonyság, a Fermi-folyadék elmélet alapjai. Árnyékolás. Viriál sorfejtés. Fázisátalakulások, van der Waals, Weiss, Landau elméletek. A fluktuációk szerepe, skálázás, univerzalitás, a renormálási csoport transzformáció alapgondolata. Időfüggő egyensúlyi korrelációk. Lineáris transzport, keresztteffektusok, lineáris válasz, fluktuáció, disszipáció tétel. Brown-mozgás, diffúzió, Langevin-egyenlet, Fokker-Planck egyenlet, Vezéregyenlet, Boltzmann-egyenlet, H-tétel, irreverzibilitási paradoxonok és feloldásuk.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

R. Kubo et al.: Statisztikus mechanika példákkal és feladatokkal.
L.D. Landau – E.M. Lifsic: Elméleti fizika V, IX.

Tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE15AF05	0	2	0	félévközi jegy	2	szakirányon kötelező

Statisztikus fizika gyakorlat**Előkövetelmény: Valószínűségi számítás ÉS Kvantummechanika****Tematika:**

A statisztikus fizika célkitűzése. Időskálák, egyensúly, irreverzibilitás. Mikro- és makroállapotok, normál rendszerek. Liouville- és Neumann egyenlet. Egyenlő valószínűségek elve, entrópia, kapcsolat a termodinamikával, sokaságok, ekvivalenciájuk. Termodinamikai potenciálok, fluktuációk, korrelációk. Ideális gázok, kvantumstatisztikák, klasszikus átmenet, Degenerált kvantumgázok, Bose-Einstein kondenzáció, fotongáz.

Kvázirészecskék, fononok. szuperfolyékonyság, a Fermi-folyadék elmélet alapjai. Árnyékolás. Viriál sorfejtés. Fázisátalakulások, van der Waals, Weiss, Landau elméletek. A fluktuációk szerepe, skálázás, univerzalitás, a renormálási csoport transzformáció alapgondolata. Időfüggő egyensúlyi korrelációk. Lineáris transzport, keresztteffektusok, lineáris válasz, fluktuáció, disszipáció tétel. Brown-mozgás, diffúzió, Langevin-egyenlet, Fokker-Planck egyenlet, Vezéregyenlet, Boltzmann-egyenlet, H-tétel, irreverzibilitási paradoxonok és feloldásuk.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

R. Kubo et al.: Statisztikus mechanika példákkal és feladatokkal.
L.D. Landau – E.M. Lifsic: Elméleti fizika V, IX.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE11AF09	4	0	0	vizsga	4	szakirányon kötelező

Elméleti szilárdtestfizika

Előkövetelmény: Szilárdtestfizika alapjai ÉS Kvantummechanika

Tematika:

Bloch-elektron mozgása külső erő hatására. Kváziklasszikus dinamika. Kváziklasszikus mozgás Hamilton formalizmusa. Boltzmann-egyenlet. Relaxációs időközelítés. Transzport időfüggő elektromos térben és mágneses térben. Elektron-szennyező kölcsönhatás, elektron-fonon kölcsönhatás, elektron-elektron kölcsönhatás. Hartree-Fock közelítés. Félvezetők elektronszerkezete. Töltéshordozók félvezetőkben. Félvezető eszközök. Landau nívók mágneses térben. Kiterjedt elektronállapotok mágnessége. Atomok és ionok mágnessége. Mágneses momentumok kölcsönhatása. Mágneses rendeződés. Szupravezetők fenomenológiája. Szupravezetők mikroszkopikus elmélete.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Charles Kittel: Introduction to Solid State Physics. Wiley, New York, 1986.

N. W. Ashcroft – N. D. Mermin: Solid State Physics. Saunders, Philadelphia, 1976.

Sólyom Jenő: A modern szilárdtestfizika alapjai I-III. ELTE Eötvös Kiadó, 2002-2003.

6. SZEMESZTER, ALKALMAZOTT FIZIKA SZAKIRÁNY

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE11AF11	2	0	0	vizsga	2	szakirányon kötelező

Alkalmazott szilárdtestfizika

**Előkövetelmény: [Szilárdtestfizika alapjai ÉS Elméleti fizika 1]
VAGY [Szilárdtestfizika alapjai ÉS Elektrodinamika alapjai]**

Tematika:

Fémek, félvezetők sáv szerkezete, elektromos vezetési jelenségek, elektron-szórás mechanizmusok, 2 dimenziós elektrongáz. Si-technológia (FET, flash memória), heteroszerkezetek (félvezető lézer, MEMT), nanoelektronika, egyelektron-tranzisztor.

Mágneses anyagok, mágneses momentumok eredete és kölcsönhatása, mágneses szerkezetek. Fémek mágnessége, spin-polarizált sávok, magnetotranszporton alapuló spintronikai eszközök (spin-szelep, MRAM). Spin-tranzisztor, mágneses félvezetők.

Szupravezetés jelensége, első és másodfajú szupravezetők. Szupravezető anyagok, magas hőmérsékletű szupravezetők. Szupravezetők alkalmazásai (mágnesek, SQUID).

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Charles Kittel: Introduction to Solid State Physics. Wiley, New York, 1986.
 N. W. Ashcroft – N. D. Mermin: Solid State Physics. Saunders, Philadelphia, 1976.
 Sólyom Jenő: A modern szilárdtestfizika alapjai I-III. ELTE Eötvös Kiadó, 2002-2003.

tárgykód	előadás	gyakorlat	Labor	követelmény	kredit	Tárgytípus
BMETE12AF04	2	0	0	vizsga	3	szakirányon kötelező

Spektroszkópia**Előkövetelmény: Kísérleti fizika 3****Tematika:**

Spektroszkópia felosztása: gamma, röntgen, UV-VIS-NIR-FIR, rádiófrekvenciás, NMR, részecske- és tömegspektroszkópia.

Optikai spektroszkópia: emissziós, abszorpciós, fluoreszcens, Raman, többfotonos, lézeres.

Optikai spektrométerek: prizmás, rácsos, Fourier, Fabry-Perot, akusztóoptikai, optoakusztikus.

Nem optikai spektrométerek: gamma spektrométer, röntgen spektrométer, nukleáris mágneses rezonancia (NMR), tömegspektrométerek.

Spektrométerek alkalmazása a mérés technikában.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Budó – Mátrai: Kísérleti fizika III.
 A. Nussbaum – R.A. Philips: Modern optika
 Simonyi Károly: Elektronfizika

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE12AF11	2	0	0	félévközi jegy	2	szakirányon köt. vál.

Alkalmazott plazmafizika**Előkövetelmény: Kísérleti fizika 3****Tematika:**

Plazma definíciója és jellemző paraméterek (Debye hossz, plazma frekvencia stb.). Transzport folyamatok (sugárzás, vezetés, konvekció stb.) Plazma diagnosztika módszerei. Magas hőmérsékletű teljesen ionizált (fúziós) plazmák tulajdonságai. Fúziós energiatermelés távlatai. Gázkisülések (kishőmérsékletű, részlegesen ionizált plazmák). Gerjesztett és önfenntartó kisülés, Paschen törvény. Alapvető kisülési formák (sötétkisülés, glimm, ív stb.). Ionizáció, rekombináció, gerjesztés, szabad úthossz. Felületi jelenségek (elektród folyamatok), termikus elektron emisszió, téremisszió. Töltött részecskék detektálása (Faraday serleg, elektron sok-

szorozók stb.). Alkalmazások: fényforrások, lézerek, ionforrások, plazmahegesztés, plazma reaktorok, CVD. Töltött részecskék manipulálására alkalmas berendezések. Energia analizátorok (párhuzamos síkú PPA, hengeres tükör CMA, fékezőteres RFA). Tömeg analizátorok (lineáris, Dempster, Wien, TOF, kvadrupol, ionsapda). Centrális erőtér fókuszálása, általános pályagörbe megfontolások, vibrációs átlagerőtér.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Raizer, Yu.P.: Gas Discharge Physics. Springer-Verlag, 1991.

Arcimovics, L.A. – Szaggyejev, R.C.: Plazmafizika fizikusoknak. Akadémiai Kiadó, 1985

Hárs György: Fizikai elektronika (Elektron és ionoptikák) Műegyetemi kiadó 1992. (05007)

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE12AF08	2	0	0	félévközi jegy	2	szakirányon köt. vál.

Mikro- és nanotechnológiák

Előkövetelmény: Kísérleti fizika 3 ÉS Szilárdtestfizika alapjai

Tematika:

Mikrotechnológia, nanotechnológia és molekuláris nanotechnológia definíciója, összehasonlítása, egymáshoz való viszonya. A technológia feltételei.

Mikro- és nanofizika. Vékonyrétegek leválasztására alkalmas módszerek: fizikai rétegleválasztási módszerek (vákuumpárolgatatás, lézerablációs párolgatatás, molekulásugaras epitaxiás rétegnövesztés, porlasztás), kémiai rétegleválasztási módszerek (kémiai gőzfázisú leválasztás).

Adalékolás (diffúzió, ionimplantáció). Litográfia (foto, röntgensugaras, elektronsugaras, ionsugaras).

Rétegtávolítási technológiák: nedves "kémiai" marás, száraz marás (plazma, ionsugaras). Rétegminősítési eljárások: röntgendiffrakció, transzmissziós elektronmikroszkópia, pásztázó elektronmikroszkópia, szekunder ion tömegspektrometria, röntgen fotoelektron-spektroszkópia, Auger elektronspektroszkópia, pásztázó alagútmikroszkópia, atomerő mikroszkópia.

Hagyományos elektronikai eszközök: bipoláris tranzisztor, térvezérlésű tranzisztor. Vastagréteg technológia: szitanyomtatás, beégetés, vastagréteg paszták.

Nanométeres eszközök: egy elektronnal működő eszközök, rezonáns alagúteffektuson alapuló eszközök, mikro-elektromechanikai rendszerek, szenzorok, képérzékelők, kijelzők. Molekuláris nanotechnológia.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Mojzes I.: Mikroelektronika és elektronikai technológia. Műszaki Könyvkiadó, 1995.

C.Y. Chang – S.M. Sze (Ed.): VLSI Technology. McGrew Hill, 1996.

R. Waser (Ed.): Nanoelectronics and information technology. Wiley-VCH, 2003.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE12AF09	2	0	0	félévközi jegy	2	szakirányon köt. vál.

Mikroszkópia

Előkövetelmény: Kísérleti fizika 3 ÉS Optika

Tematika:

1. A mikroszkóp története, az összetett optikai mikroszkóp kialakulása. A modern mikroszkópiai technikák rövid áttekintése, osztályozása.
2. Az optikai mikroszkóp geometriai optikai alapjai. A képalkotás Abbe féle elmélete. A mikroszkóp feloldóképességének becslése a diffrakcióelmélet alapján.
3. Az összetett optikai mikroszkóp felépítése, a leképező rendszer és a megvilágító rendszer szerepe. Az objektív és az okulár specifikus tulajdonságai. Az immerziós-folyadék szerepe.
4. A leképezés hibái, fényerő, mélység-élesség. Az optikai tervezés szempontjai, módszerei.
5. Megvilágítási technikák: rekeszlapok, ferde megvilágítás, sötét látóterű megvilágítás, 3D kondenzor, mintaelőkészítés.
6. Fáziskontraszt eljárás és a polarizációs mikroszkóp – fizikai optikai háttér és megvalósítás.
7. Optikai mikroszkóp használata – gyakorlat.
8. A felbontás növelésének elvi és gyakorlati korlátai.
9. A látott illetve rögzített kép kiértékelése, optikai és számítógépes képfeldolgozási módszerek.
10. A mikroszkópia újabb irányzatainak áttekintése: konfokális, Röntgen, UV, fluoreszcens, sokfotonos, optikai mikroszkópok, elektronmikroszkópok, atomi erő mikroszkóp és alagútmikroszkóp.
11. Konfokális és sokfotonos mikroszkópok tárgyalása, paraméterei, mintakészítés.
12. Pásztázó és transzmissziós elektronmikroszkópok valamint analitikai elektronmikroszkópok tárgyalása, paraméterei, mintakészítés.
13. Pásztázó elektronmikroszkóp gyakorlati megismerése.
14. Alagút, atomerő és egyéb pásztázó mikroszkópok tárgyalása, paraméterei.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Bevezetés a modern optikába I-III.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE80AF09	2	0	0	félévközi jegy	2	szakirányon köt. vál.

Nukleáris biztonság

Előkövetelmény: Atomerőművek termohidraulikája ÉS Reaktorfizika

Tematika:

A biztonság fogalma és mérhetősége. Determinisztikus és valószínűségi alapú biztonsági elemzések; biztonsági jelentések. A VVER típusú reaktorok biztonságának nemzetközi megítélése; a biztonság színvonalának felmérésére indított hazai és nemzetközi projektek bemutatása; összehasonlítás egyéb atomerőművekkel. Korszerű nukleáris biztonsági kutatások. Az atomenergia-felhasználás szabályozásának törvényi rendszere; az atomtörvény és a kapcsolódó rendelkezések bemutatása; Nukleáris Biztonsági Szabályzatok. A nukleáris biztonság nemzetközi rendszere, NAÜ, OECD NEA tevékenységének bemutatása. A nukleáris hatóság tevékenységének és működésének ismertetése; a hatósági engedélyezés és ellenőrzés folyamata; gyakorlati példák nagyobb volumenű engedélyezési-ellenőrzési feladatokról. Nukleáris-baleset-elhárítás rendszere: intézményi háttér, technikai rendszerek, hazai és nemzetközi gyakorlatok. A 2003. áprilisi paksi súlyos üzemzavar tanulságai.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Az Atomtörvény és a kapcsolódó rendelkezések.
Nukleáris Biztonsági Szabályzatok.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE80AF13	3	0	0	félévközi jegy	3	szakirányon köt. vál.

Nukleáris technikák alkalmazása

Előkövetelmény: Kísérleti magfizika ÉS Sugárvédelem és jogi szab. ÉS Nukleáris méréstech.

Tematika:

Radioizotópok, röntgen- és gyorsító-berendezések (sugárforrások fajtái, röntgen- és gyorsító-berendezések felépítése, működési elve, a megfelelő sugárforrás ill. berendezés, mérőműszer kiválasztásának szempontjai, speciális sugárvédelmi problémák).

Ipari alkalmazások: nyomjelzéstechnika; anyagösszetétel meghatározás (naa, pnaa, XRF, Mössbauer spektroszkópia); szintmérés; vastagságmérés; sűrűségmérés; nedvességtartalom-mérés; radiográfia; sugárhatás technológiák; füstérzékelők; geológiai alkalmazások (kormeghatározás)

Orvosi alkalmazások (diagnosztika, terápia): sterilizálás; rák gyógyászat (gamma-, elektronbesugárzás, BNCT); pajzsmirigy funkció, csonttritkulás ellenőrzés, stb.

Mezőgazdasági alkalmazások: sterilizálás, tartósítás.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

G. Földiák: Industrial Application of Radioisotopes, 1986;
M.F.I. Annunziata: Radionuclides tracers, 1987;
Környei J.: A nukleáris medicina fizikai, kémiai alapjai, 1997;
Simonyi K.: Elektronfizika, 1965;
Nagy L.Gy.: Radiokémia és izotóptechnika, 1989;
Rózsa S.: Nukleáris mérések az iparban, 1979;
R.A. Faires: Radioisotope Lab. T

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE80AF17	2	0	0	félévközi jegy	2	szakirányon köt. vál.

Orvosi képalkotó rendszerek

Előkövetelmény: Nukleáris mérés technika

Tematika:

A kép fogalma, matematikai leírása.

Képjellemzők matematikai és fizikai tárgyalása: kontraszt, geometriai felbontás, zaj, detektálási kvantum hatásfok, modulációs transzfer függvény, jel-zaj viszony.

Képalakítási módszerek: transzmissziós, emissziós és gerjesztett technikák.

Képalakítás gamma fotonokkal: Gamma sugárforrások. Projekciós radiográfia; a képalakítás szakaszai és matematikai modellezése. Hagyományos film-bázisú és elektronikus rendszerek paraméterei. Transzmissziós tomográfia; vetületek mérése és rekonstrukció (analitikus-algebrai és modell bázisú) algoritmusok áttekintése. A képjellemző paramétereket befolyásoló tényezők. Emissziós tomográfia: SPECT és PET. Pásztázás és emissziós képrekonstrukciós algoritmusok áttekintése. A képjellemző paramétereket befolyásoló tényezők. Nukleáris medicina.

A Mágneses Rezonancia (MRI) képalakítás fizikája és technikai eszközei.

Ultrahang képalakító eljárási módszerek.

A képalakító eljárások összehasonlító komplex értékelése.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Dove: Physics of medical imaging.

C.L. Epstein: The mathematics of medical imaging.

A. Kak: Principles of computerized tomographic imaging.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE80AF14	3	0	0	félévközi jegy	3	szakirányon köt. vál.

Radiokémia és nukleáris kémia

Előkövetelmény: Kísérleti magfizika ÉS Sugárvédelem és jogi szab. ÉS Nukleáris mérés tech.

Tematika:

Radioizotópok a természetben I.: kozmogén és terreztriális izotópok (bomlási sorok). Radioizotópok a természetben II.: antropogén izotópok. Nukleogenezis, az elemek és a radioizotópok keletkezése. Radioizotópok előállítása atomreaktorokban és gyorsítóknál (Bateman-Rubinson egyenletek). Jelzett vegyületek előállítása (kémiai szintézissel, biológiai szintézissel) és alkalmazása (RIA, PET stb.).

Radioizotópok speciális fizikai-kémiai tulajdonságai/hatásuk az anyagra: izotóp effektus a kémiában (egyensúlyban és kinetikában) és a fizikában (izotóp dúsítás), nyomnyi anyagmeny-

nyiségek, radiokolloidok, forró atom kémia, Szilárd-Chalmers reakció, sugárzások hatása az anyagra (G érték, radiolízis, kristályhibák stb.).

Radioizotópok meghatározása radiokémiai módszerekkel (izotóphigítás, kémiai feldolgozás és nukleáris spektroszkópia). Nukleáris módszerek az elemanalitikában (NAA).

Nukleáris kémiai technológiák: atomreaktorok üzemanyagának előállítása, a kiégett üzemanyag újrafeldolgozása és a radioaktív hulladékok feldolgozása.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Choppin G. – Liljenzin J.O. – Rydberg J.: Radiochemistry and Nuclear Chemistry.
Butterworth, Oxford, 1996.

A TERMÉSZETTUDOMÁNYI KAR VEZETÉSE ÉS HALLGATÓI KÉPVISELETE

A Dékáni Hivatalának címe: 1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3. K. épület I. em. 18.

Dékán: DR. PIPEK JÁNOS egyetemi docens

Dékánhelyettesek:

Gazdasági: DR. LÁNGNÉ DR. LÁZI MÁRTA egyetemi docens
Nemzetközi és tudományos: DR. KÁROLYI GYÖRGY egyetemi tanár
Oktatási: DR. VETIER ANDRÁS egyetemi docens

Dékáni Hivatal:

Hivatalvezető: ADAMIS-SZÉL VIKTÓRIA
Titkárság: Telefon: 463-3561, Fax: 463-3560
Gazdasági csoport: Telefon: 463-3756
Tanulmányi csoport: Telefon: 463-1919

Kari Hallgatói Képviselőlet

Elnök: KETTINGER ÁDÁM
Cím: 1111 Budapest, Irinyi J. u. 9-11., Kármán Tódor Kollégium
Telefon: 06-20-435-2482
E-mail: hk@wigner.bme.hu
Web: <http://hk.wigner.bme.hu>

Kari lap: *Pikkász*:

Főszerkesztő: HÉRICZ DALMA
Szerkesztőség: 1111 Budapest, Irinyi J. u. 9-11., Kármán Tódor Kollégium
E-mail: pikkasz@wigner.bme.hu
Web: <http://karilap.blogspot.com>

A TERMÉSZETTUDOMÁNYI KAR INTÉZETEI ÉS TANSZÉKEI

Fizikai Intézet – igazgató: DR. MIHÁLY GYÖRGY akadémikus, egyetemi tanár

1111 Budapest, Budafoki út 8. F épület, III. lh., mf. 5.

Telefon: 463-4107, Fax: 463-3567

Atomfizika Tanszék – tanszékvezető: DR. RICHTER PÉTER egyetemi tanár

1111 Budapest, Budafoki út 8. F épület, III. lh., mf. 44.

Telefon: 463-4193, Fax: 463-4194

Elméleti Fizika Tanszék – tanszékvezető: DR. SZUNYOGH LÁSZLÓ egyetemi tanár

1111 Budapest, Budafoki út 8. F épület, III. lh., mf. 5.

Telefon: 463-4107, Fax: 463-3567

Fizika Tanszék – tanszékvezető: DR. HALBRITTER ANDRÁS egyetemi docens

1111 Budapest, Budafoki út 8. F épület, III. lh., II. em. 16.

Telefon: 463-2312, Fax: 463-4180

Kognitív Tudományi Tanszék – tanszékvezető: DR. RACSMÁNY MIHÁLY egyetemi docens

1111 Budapest, Egry József utca 1. T épület, V. em. 506.

Telefon: 463-1273, Fax: 463-1072

Matematika Intézet – igazgató: DR. HORVÁTH MIKLÓS egyetemi tanár

1111 Budapest, Egry József utca 1. H épület, III. em. 312.

Telefon: 463-2762, Fax: 463-2761

Algebra Tanszék – tanszékvezető: DR. RÓNYAI LAJOS akadémikus, egyetemi tanár

1111 Budapest, Egry József utca 1. H épület, V. em. 504.

Telefon: 463-2094, Fax: 463-1780

Analízis Tanszék – tanszékvezető: DR. HORVÁTH MIKLÓS egyetemi tanár

1111 Budapest, Egry József utca 1. H épület, II. em. 25.

Telefon: 463-2324, Fax: 463-3172

Differenciálegyenletek Tanszék – tanszékvezető: DR. ILLÉS TIBOR egyetemi docens

1111 Budapest, Egry József utca 1. H épület, IV. em. 42.

Telefon: 463-2140, Fax: 463-1291

Geometria Tanszék – tanszékvezető: DR. G. HORVÁTH ÁKOS egyetemi docens

1111 Budapest, Egry József utca 1. H épület, II. em. 22.

Telefon: 463-2645, Fax: 463-1050

Sztochasztika Tanszék – tanszékvezető: DR. SIMON KÁROLY egyetemi tanár

1111 Budapest, Egry József utca 1. H épület, V. em. 507.

Telefon: 463-1101, Fax: 463-1677

Nukleáris Technikai Intézet – igazgató: DR. ASZÓDI ATTILA egyetemi tanár

1111 Budapest, Műegyetem rkp. 7-9. R épület, III. em. 317/2/B

Telefon: 463-2523, Fax: 463-1954

Atomenergetika Tanszék – tanszékvezető: DR. SZALÓKI IMRE egyetemi docens

1111 Budapest, Műegyetem rkp. 7-9. R épület, III. em. 317/2/B

Telefon: 463-2523, Fax: 463-1954

Nukleáris Technika Tanszék – tanszékvezető: DR. CZIFRUS SZABOLCS egyetemi docens

1111 Budapest, Műegyetem rkp. 7-9. R épület, III. em. 317/2/B

Telefon: 463-2523, Fax: 463-1954