



**TÁJÉKOZTATÓ A BME
TERMÉSZETTUDOMÁNYI KARÁRA**

FIZIKA ALAPSZAKRA

**FELVÉTELT NYERT
HALLGATÓK SZÁMÁRA**



2019

Tartalomjegyzék

1. Dékáni köszöntő
2. Tájékoztató a Fizika alapképzésről
3. A Fizika alapképzési szak 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 segítés 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 csalódni, ha esetleges problémáival hozzájuk fordul.

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

DR. HORVÁTH MIKLÓS
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: a 3. félév végéig tartó – zömében kötelező tárgyakat tartalmazó alapképzésből – és a 4. szemesztertől induló specializációkból A *Fizikus specializáció* erős elméleti képzést nyújt, és felkészít a BSc képzésre épülő Fizikus mesterképzés minden specializációjára. Az *Alkalmazott fizika specializáció* gyakorlatiasabb képzést ad, lehetőséget nyújt a

BSc diplomával való elhelyezkedésre vagy más irányú továbbtanulásra, de egyben felkészít a Fizikus mesterszak Alkalmazott fizika, Nukleáris technika és Orvosi fizika specializációira.

A tanterv a hallgatók számára látókörük szélesítése céljából lehetőséget biztosít szabadon választható tárgyak tanulására is. Ezeket a hallgatók szakmai, vagy nem szakterületi, ún. közismereti tárgyakból 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 Képviselő, a Fizikus Szakbizottság és a Kari Tanács egyetértésével a tanulmányok során előfordulhatnak. A dokumentumok érvényes változata a [kar honlapján](#) olvasható.

A FIZIKA ALAPKÉPZÉSI SZAK 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 specializáció választás feltételei és szabályai:
 - A fizika alapképzési szakot végző hallgatóknak a 3. félév végéig kell választaniuk a *Fizikus* és az *Alkalmazott fizika* specializáció közül.
 - Az egyes specializációk számára előírt kurzusokat és kreditszámokat a Mintatanterv tartalmazza.
 - A specializáció választhatóságának előfeltételét az Előtanulmányi rend rögzíti.
 - A specializáció választást a hallgató a NEPTUN rendszerben rögzíti.
 - A választott specializáció a képzés folyamán a hallgató kérésére *egyszer* megváltoztatható. A kérvényt elektronikus formában a Dékáni Hivatal oktatási felelősének kell elküldeni.
- (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 megkezdésének szemeszterében a szorgalmi időszak első hetének utolsó napjáig a kar Dékáni Hivatalában kell leadni.
- (6) A záróvizsgára bocsátás feltételei:
 - Záróvizsgára az a hallgató bocsátható, aki az alapozó képzés és a specializáció 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 specializáció 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 („anya-tanszék”) 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 képzés megkezdése előtt minden hallgató a Fizikai Intézet által szervezett matematika, illetve fizika ismeretfelmérő ZH-t kell írjon. A Matematika ismeretfelmérés kritérium tárgy teljesíthető a matematika ismeretfelmérő ZH-val, vagy a Bevezető kalkulus tárgy sikeres elvégzésével. A Fizika ismeretfelmérés kritérium tárgy teljesíthető a fizika ismeretfelmérő ZH-val, vagy a Fizika feladatok megoldása 1 tárgy sikeres elvégzésével.
- (9) A tantervbe javasolt új kötelezően választható tárgy felvételéről, illetve meglévő kötelezően választható tárgy törléséről, illetve paramétereinek megváltoztatásáról az érintett specializáció felelősének javaslata alapján a Fizikus Szakbizottság dönt.
- (10) A tanrenddel kapcsolatos egyéb, itt nem szabályozott kérdésben döntési jogköre a BME TTK Kari Tanácsának, javaslatvételi jogköre a Fizikus Szakbizottságnak van. A döntésekről a hallgatókat a kar Dékáni Hivatalán keresztül és/vagy elektronikusan kell értesíteni.
- (11) 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 (31 kredit)								27/31	
1	Számítási módszerek a fizikában 1, 2; Modern matematikai módszerek a fizikában	K	4/2/0/v/7	4/2/0/v/7	2/2/0/f/5			16/19	
2	Programozás 1, 2	K	2/0/2/f/4	2/0/2/f/4				8/8	
3	Menedzsment és vállalkozásgazdaságtan* Mikro- és makro-ökonómia*	KV				3/0/0/f/4		3/4	
Szakmai törzsanyag (60 kredit)								35/60	
4	Analízis, Többváltozós analízis Valószínűségszámítás	K	4/2/0/v/7	2/2/0/v/5	2/2/0/v/4			14/16	
5	Numerikus számítások	K		0/0/2/f/2				2/2	
6	Kísérleti fizika 1, 2, 3	K	4/0/0/v/5	4/0/0/v/5	2/2/0/v/5			12/15	
7	Kísérleti fizika gyak.1,2	K	0/2/0/f/3	0/2/0/f/3				4/6	
8	Kísérleti magfizika	K			2/1/0/f/3			3/3	
9	Bevezető laboratórium, Fizika laboratórium 1, 2	K	0/0/2/f/3	0/0/3/f/4	0/0/3/f/5			8/12	
10	Méréstechnika	K			2/0/0/v/2			2/2	
11	Elektronika	K				2/0/0/f/2		2/2	
12	Elektronika laboratórium	K				0/0/2/f/2		2/2	
Differenciált szakmai ismeretek (80 kredit)								63/80	
13	Mechanika 1	K			2/0/0/v/2			2/2	
14	Mechanika gyakorlat 1	K			0/2/0/f/3			2/3	
15	Kvantummechanika 1	K				3/0/0/v/3		3/3	
16	Kvantummechanika gyakorlat 1	K				0/2/0/f/3		2/3	
17	Elektrodinamika 1	K					2/0/0/v/2	2/2	
18	Elektrodinamika gyak. 1	K					0/2/0/f/3	2/3	
19	Optika	K					2/2/0/v/4	4/4	
20	Szilárdtestfizika alapjai	K					2/0/0/v/2	2/2	
21	Szilárdtestfizika gyakorlat	K					0/2/0/f/2	2/2	
22	Statisztikus fizika 1	K						2/2	
23	Statisztikus fizika gyak. 1	K					2/0/0/v/2	2/2	
24	Specializációs tárgyak (ó/kr)	K/KV				11/16	9/13	8/12	
25	Szakdolgozat-készítés	K						0/0/10/f/10	
Szabadon választható tárgyak (9 kredit)								6/9	
26	Szabadon vál. tárgy (ó/kr)	SZ				4/6	2/3	6/9	
Kritériumtárgy									
27	Matematika ismeret felm.	KR	0/0/0/a/0						
28	Fizika ismeretfelmérés	KR	0/0/0/a/0						
29	Kísérleti fizika szigorlat	KR				0/0/0/s/0		0/0	
30	Testnevelés	KR		0/2/0/a/0	0/2/0/a/0			0/0	
Nyelvtanulási lehetőség									
31	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 kontakt óra (krit. nélkül)			24	25	26	24	25	22	146
Összes kredit			29	30	31	30	30	30	180
Vizsgaszám			3	3	4	3	4	2	19
Szigorlatszám			0	0	0	1	0	0	1

* Kötelezően választható közismereti tárgyak kiegészítve az *Academic English*, a *Kommunikációs készségfejlesztés (angol)*, a *Műszaki nyelv (angol)* és a *Speciális szaknyelvi ismeretek (angol)* (0/2/0/f/2) tárgyakkal. Négy kredit teljesítése kötelező.

A szakhoz tartozó szabadon választható felzárkóztató és tehetségdonozó tárgyak

	Tárgynév		1	2	3	4	5	6	óra/kr.
32	Bevezető kalkulus	SZ	0/3/0/f/3						3/35
33	Fizika feladatok megoldása 1, 2, 3	SZ	0/3/0/f/3	0/2/0/f/2	0/2/0/f/2				7/7
34	Haladó problémamegoldó szeminárium 1, 2	SZ	0/2/0/f/3	0/2/0/f/3					4/6
35	Önálló projekt munka	SZ					0/2/0/f/3		2/3

A Fizikus specializáció mintatanterve

	Tárgynév		1	2	3	4	5	6	óra/kr.
A specializáció kötelező tárgyai (52 kredit)									
36	Haladó fizika laboratórium 1, 2	K				0/0/4/f/5	0/0/4/f/5		8/10
37	Kémia	K					2/0/0/f/2		2/2
38	Elméleti szilárdtestfizika (magyar), Alkalmazott szilárdtestfizika (angol)	KV						2/0/0/v/2	2/2
39	Szeminárium	K						0/2/0/f/2	2/2
40	Kötelezően választható tárgyak					6/9	6/8	6/8	18/25
A specializáció kötelezően választható tárgyai									
41	Mechanika 2	KV				2/0/0/v/2			2/2
42	Mechanika gyakorlat 2	KV				0/2/0/f/3			2/3
43	Kvantummechanika 2	KV					2/0/0/v/2		2/2
44	Kvantummechanika 2 gyakorlat	KV					0/2/0/f/3		2/3
45	Elektrodinamika 2	KV						2/2/0/f/5	4/5
46	Csoportelmélet fizikusoknak	KV					2/2/0/v/5		4/5
47	Relativitáselmélet	KV						2/0/0/v/3	2/3
48	Klasszikus- és kvantumkáosz	KV					2/0/0/v/3		2/3
49	Fizikai kémia	KV					2/0/0/v/3		2/3
50	Áramlástan	KV				2/0/0/f/3			2/3
51	A méréskiértékelés matematikai módszerei	KV				2/0/0/v/3			2/3
52	Műszaki és fizikai problémák számítógépes megoldása	KV					0/0/2/f/3		2/3
53	Számítógépes mérésvezérlés	KV				0/0/2/f/3			2/3
54	Számítógépes méréstervezés projekt munka LabView környezetben	KV					0/0/2/f/3		2/3
55	Haladó fizika laboratórium 3	KV						0/0/4/f/5	4/5
57	Kvantuminformatika	KV						2/0/0/v/3	2/3
56	Tudományos programozás (angol)	KV				1/0/2/f/4			3/4

Az Alkalmazott fizika specializáció mintatanterve

	Tárgynév		1	2	3	4	5	6	óra/kr.
A specializáció kötelező tárgyai (52 kredit)									
57	Haladó fizika laboratórium 1, 2, 3	K				0/0/4/f/5	0/0/4/f/5	0/0/4/f/5	12/15
58	Elméleti szilárdtestfizika (magyar), Alkalmazott szilárdtestfizika (angol)	KV						2/0/0/v/2	2/2
59	Szilárdtestfizika gyakorlat	K					0/2/0/f/2		2/2
60	Alkalmazott szilárdtestfizika	K						2/0/0/v/2	2/2
61	A méréskiértékelés matematikai módszerei	K				2/0/0/v/3			2/3
62	Kémia	K				2/0/0/f/2			
63	Kötelezően választható tárgyak					4/6	6/8	4/5	14/19
A specializáció kötelezően választható tárgyai									
<i>Anyagtudomány</i>									
64	Spektroszkópia	KV					2/0/0/v/3		2/3
65	Mikro- és nanotechnológiák	KV						2/0/0/f/3	2/3
66	Vákuumfizika	KV					2/0/0/f/3		2/3
67	Az anyagtudomány alapjai és alkalmazásai	KV					2/0/0/v/3		2/3
68	A felületfizika alapjai	KV					2/0/0/f/3		2/3
69	Fizikai kémia	KV					2/0/0/v/3		2/3
<i>Elméleti fizika</i>									
70	Kvantummechanika 2	KV					2/0/0/v/2		2/2
71	Kvantummechanika 2 gyakorlat	KV					0/2/0/f/3		2/3
72	Elektrodinamika 2	KV						2/2/0/f/5	4/5
73	Áramlástan	KV				2/0/0/f/3			2/3
<i>Informatika-fizika</i>									
74	Számítógépes mérésvezérlés	KV				2/0/0/f/3			2/3
75	Számítógépes méréstervezés projekt munka LabView környezetben	KV					2/0/0/f/3		2/3
76	Tudományos programozás (angol)	KV				1/0/2/f/4			3/4
77	Monte Carlo módszerek	KV					2/1/0/f/4		3/4
78	A végeelem modellezés alapjai	KV				2/0/0/f/3			2/3
79	Kvantuminformatika	KV						2/0/0/v/3	2/3
<i>Nukleáris technika</i>									
80	Nukleáris mérés technika	KV				2/0/0/v/3			2/3
81	Fenntartható fejlődés és energetika	KV				2/0/0/f/3			2/3
82	Környezetvédelem	KV				2/0/0/v/3			2/3
83	Atomerőművek termohidraulikája	KV					3/1/0/f/5		4/5
84	Bevezetés a CFD módszerekbe	KV						1/0/2/f/4	3/4
85	Reaktorfizika	KV					3/1/0/v/5		4/5
86	Bevezetés a fúziós plazmafizikába	KV					2/0/0/v/3		2/2
87	Nukleáris biztonság	KV					2/0/0/f/3		2/3
88	Geofizika alapjai	KV					2/0/0/v/3		2/3
89	Radiokémia és nukleáris kémia	KV						3/0/0/f/4	3/4
<i>Optika és lézerfizika</i>									
90	Lézer technika	KV					2/0/0/f/3		2/3
91	Fizikai kísérletek tervezése és építése	KV						2/0/0/v/3	2/3
92	Mikroszkópia	KV						2/0/0/v/3	2/3
93	Bevezetés az ultragyors impulzusok fizikájába	KV						2/0/0/v/3	2/3
<i>Orvosi- és biofizika</i>									
94	Orvosi képalkotó rendszerek	KV						2/0/0/f/3	2/3
95	Biofizika alapjai	KV				2/0/0/v/3			2/3
96	Kémiai és orvosi biológiai mérés technika	KV				2/0/2/v/5			4/5

Jelmagyarázat:

- Tárgyfelvétel típusa:
K: Kötelező tantárgy,
KV: kötelezően választható tantárgy,
V: szabadon választható tantárgy,
KR: kritérium feltétel.

- 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
BMETE93AF20	4	2	0	vizsga	7	kötelező

Analízis

Tematika:

Racionális és valós számok. Halmazok. Valós számsorozatok határértéke, konvergenciája. Egyváltozós függvények: folytonosság, folytonos függvények tulajdonságai, monotonitás, monoton függvények tulajdonságai, differenciálhatóság, differenciálási szabályok, nevezetes határértékek, elemi függvények és inverzeik, középértéktételek, differenciálható függvények tulajdonságai, függvényvizsgálat, monotonitás, szélsőérték, konvexitás, inflexió. Magasabb rendű deriváltak, Taylor polinom. Határozott és határozatlan integrál, az integrálás technikája, az integrálszámítás alkalmazása, geometriai és fizikai példák, improprius integrál. Közönséges differenciálegyenletek felállítása. Közönséges elsőrendű differenciálegyenletek (szétválasztható változójú, lineáris), hiányos másodrendű differenciálegyenletek megoldási módszerei. Végtelen számsorok, konvergencia kritériumok.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Hass, Thomas, Weir: Thomas-féle kalkulus 1-3. Typotex Kiadó
Laczkovich Miklós, T. Sós Vera.: Valós analízis I-II.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE11AF44	0	0	2	félévközi jegy	3	kötelező

Bevezető laboratórium

Tematika:

Alapvető hibaszámítási ismeretek. Mérési adatok kiértékelése számítógép segítségével, alapvető műveletek a mérési adatokkal, ábrázolás, görbeillesztés. Egyszerű mérések, melynek keretében a hallgatók rutinszinten megismerik egyszerű kézi digitális multiméterek, illetve számítógépes mérőkártyák használatát, és begyakorolják a felvett adatok kezelését, kiértékelését és a hibaszámítást. A mérőkártyák segítségével a hallgatók megismerik a függvénygenerátorok és digitális oszcilloszkópok alapvető funkcióit.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE11AF42	4	0	0	vizsga	5	kötelező
BMETE11AF43	0	2	0	félévközi jegy	3	

Kísérleti fizika 1 és Kísérleti fizika gyakorlat 1

Tematika:

I. Kinematikai alapfogalmak, tömegpont kinematikája. Erő fogalma, Newton-törvények, lendület. Gravitáció, súlyos és tehetetlen tömeg, mértékegységek választása. Dinamikai feladatok, a mozgás leírása különböző vonatkoztatási rendszerekből, relativitás elve, tehetetlenségi erők gyorsuló és forgó vonatkoztatási rendszerekben. Munka, mozgási és helyzeti energia. Pontrendszerek, megmaradási törvények a mechanikában. Merev testek sztatikája, kinematikája és dinamikája (rögzített tengely körül forgó merev test, tehetetlenségi nyomaték, szabad tengelyek, erőmentes és súlyos pörgettyű). Szilárd testek rugalmas alakváltozásai. Folyadékok és gázok: sztatika, felületi jelenségek, súrlódásmentes és viszkózus áramlások, közegben mozgó testekre ható erők.

II. Rezgések: szabad, harmonikus rezgés, csillapított rezgés, kényszerrezgés. Rezgések felbontása és összetevése. Csatolt rezgések. Hullámok, hullámfüggvény. Harmonikus hullám, fázissebesség, nem harmonikus hullámok, csoportsebesség. Hullámegyenlet rugalmas rúdban, energiaterjedés hullámban. Polarizáció. Visszaverődés és törés. Interferencia, koherencia, elhajlás. Állóhullámok kialakulása. Hullámegyenlet gázban és rugalmas húron. Állóhullámegyenlet, sípok, hurok, a zene fizikája. Doppler-effektus. Ultrahangos orvosi diagnosztika.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Vankó Péter: Kísérleti fizika 1. (fizipedia.bme.hu/images/e/e0/KisFiz1.pdf)

Kísérleti videók (fizipedia.bme.hu/index.php/Kísérleti_videók)

Kísérleti fizika példatár (fizipedia.bme.hu/index.php/Kísérleti_fizika_példatár)

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

Programozás 1

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, jobbérték, 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, indirekción. 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 függvényyszerű használata. Formális és aktuális paraméterek. Globális és lokális változók, láthatóság. A függvények deklarációja és definíciója, prototípus. Érték és hivatkozás szerinti paraméterátadás. A stack fo-

galma, 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 T., Benkő L., Tóth B.: Programozzuk C nyelven! Computer Books Kiadó, 1995.
 Benkő T., Benkő L.: 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

tárgykód	előadás	gyakorlat	Labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE92AF51	4	2	0	vizsga	7	kötelező

Számítási módszerek a fizikában 1

Tematika:

Komplex számok: algebra alaptétele. Komplex számok algebrai, trigonometrikus és exponenciális alakja. Műveletek komplex számokkal. Gyökvonás, egységgyökök, polinomosztás algoritmus, polinomok gyökei, interpoláció (Lagrange). Síkgeometriai alkalmazások. Euler formula. Komplex exponenciális függvény és származékai. Elemi lineáris algebra. Vektorok a geometriában és a fizikában. Vektorműveletek és szabályaik. Az n-dimenziós lineáris tér fogalma. Dimenzió, bázis. Lineáris operátorok. Euklideszi tér, ortogonalitás. Schwarz-egyenlőtlenség. Vektormező, vektortranszformáció (forgatás, tükrözés, vetítés). Mátrixok. Vektorok, operátorok és a velük végzett műveletek reprezentációja ortogonális és általános bázison. Bázistranszformáció. Lineáris egyenletrendszerek és megoldási módszereik. Determinánsok. Kifejtési tétel, determináns tulajdonságai, Levi–Civita-szimbólum. Mátrix nyoma. Lineáris egyenletrendszerek, inverz, lineáris kombináció, lineáris függetlenség, Gauss-elimináció, homogén lineáris probléma. Sajátértékprobléma és alkalmazásai. Karakterisztikus polinom. Sajátértékek és sajátvektorok. Kétoldali sajátértékprobléma. Operátorok és mátrixok projektorfelbontása. Főtengely transzformáció. Mátrix perturbációszámítás. Másodrendű görbék és felületek. Mátrixfüggvények. Tehetlenségi tenzor. Magasabb rendű tenzorok, indexes számolási technikák.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

- Gnädig Péter: Vektorszámítás I. Vektor- és tenzoralkgebra
 Freud Róbert: Lineáris algebra

Tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE11AF50	0	0	0	aláírás	0	kritérium

Fizika ismeretfelmérés

A tárgy célja a Fizika BSc képzés alaptárgyainak megértéséhez szükséges középiskolai fizika tananyag ismeretének ellenőrzése és hiányosságok esetén a felzárkózás megkövetelése.

Tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE15F50	0	0	0	aláírás	0	kritérium

Matematika ismeretfelmérés

A tárgy célja a Fizika BSc képzés alaptárgyainak megértéséhez szükséges középiskolai matematika tananyag ismeretének ellenőrzése és hiányosságok esetén a felzárkózás megkövetelése.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE15AF51	0	3	0	félévközi jegy	3	választható

Bevezető kalkulus

Tematika:

Halmazelméleti alapfogalmak és jelölések. Számhalmazok: természetes, egész, racionális, valós és komplex számok. Műveletek komplex számokkal, trigonometrikus alak. Számsorozatok. A határérték fogalma, példák. Végtelen sorok, geometriai és harmonikus sor. Függvény fogalma és tulajdonságai. Inverz és összetett függvény. Határérték és folytonosság. Elemi függvények. Hatvány függvény, exponenciális függvény, logaritmus függvény, trigonometrikus és hiperbolikus függvények. Differenciálszámítás. Derivált definíciója, geometriai és fizikai jelentése, példák. Deriválási szabályok, elemi függvények deriváltjai. Magasabb rendű deriváltak. Függvényvizsgálat: növekedés, fogyás, szélsőérték és konvexitás kapcsolata a deriválttal. Taylor-sor, L'Hospital-szabály. Integrálszámítás. Határozott integrál. Riemann-integrál. Határozatlan integrál, primitív függvény. Parciális és helyettesítéses integrálás. Elemi függvények primitív függvényei. Terület és térfogat számítás. Vektorok fogalma, műveletek vektorokkal, koordinátaábrázolás. Skalárszorzat, vektorok hossza. Koordinátageometria. Egyenes irány- és normálvektora. Sík normálvektora, vektorszorzat. Lineáris egyenletrendszer. Mátrixok. Megoldás Gauss-féle eliminációs módszerrel.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE11AF47	0	3	0	félévközi jegy	3	választható

Fizika feladatok megoldása 1

Tematika:

A tárgy a Kísérleti fizika gyakorlat 1 tárgyhoz kapcsolódóan segíti a középiskolából gyengébb előképzettséggel érkező hallgatók felzárkóztatását, és ezzel a Kísérleti fizika gyakorlat 1 valamint a Kísérleti fizika 1 tárgy sikeres teljesítést. A témakörök megegyeznek a Kísérleti fizika gyakorlat 1 tematikájában szereplőkkel (Deriválás; Integrálás; Tömegpont kinematikája; Tömegpont dinamikája; Munka, energia; Pontrendszer; Merev testek; Rugalmas testek és folyadékok; Rezgések; Hullámok), de a hangsúly a feladatok részletes megoldási módjának a gyakorlásán van.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Kísérleti fizika példatár: http://fizipedia.bme.hu/index.php/Kísérleti_fizika_példatár.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE11AF49	0	2	0	félévközi jegy	3	választható

Haladó problémamegoldó szeminárium 1

Tematika:

A tárgy a középiskolából az átlagosnál magasabb szintű felkészültséggel érkező hallgatók számára a középiskolai tehetséggondozásból és versenyekről (Eötvös-verseny, nemzetközi diákolimpiák) ismert stílusú (izgalmas, érdekes, szép, ötletet igénylő) fizika problémákkal való tovább foglalkozást teszi lehetővé. A tematika kapcsolódik a Kísérleti fizika gyakorlat 1 tárgy tematikájához, de színvonalában és tartalmában is túlmutat azon. A hangsúly a feladatok megoldásához szükséges stratégiák elsajátításán van. A gyakorlatokon az előzetesen kitűzött, és (legalább részben) önállóan, előzetesen megoldott feladatok közös megbeszélése, diszkussziója történik.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

fizipedia.bme.hu/index.php/Kísérleti_Fizika_1._Tehetséggondozó_csoport_házi_feladat_gyűjtemény.

2. SZEMESZTER

Tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE11AF28	0	0	3	félévközi jegy	4	kötelező

Fizika laboratórium 1

Előkövetelmény: Bevezető laboratórium ÉS Kísérleti fizika 1

Tematika:

Alapvető mérőműszerek, mérési eljárások és módszerek megismerése. A mérések kiértékelésének, a hibaszámításnak és a jegyzőkönyv készítésének elsajátítása és gyakorlása. Alapvető elektromos, mechanikai, hőtani és optikai mennyiségek mérése. Kézi és egyszerű számítógépes adatgyűjtés. Ismerkedés alapvető műszerekkel (tápegységek, hanggenerátorok, multiméterek, oszcilloszkóp, stb.). A kísérleti fizika tárgyakban előforduló jelenségekhez kapcsolódó mérések.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Fizika laboratórium 1. (fizipedia.bme.hu/index.php/Fizika_laboratorium_1.)

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE12AF46	4	0	0	vizsga	5	kötelező
BMETE12AF47	0	2	0	félévközi jegy	3	

Kísérleti fizika 2 és Kísérleti fizika gyakorlat 2

Előkövetelmény: Számítási módszerek a fizikában 1 ÉS Fizika ismeretfelmérés ÉS Kísérleti fizika 1 (aláírás)

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 mágneszettség vektora, az állandó mágneses erőter 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 erőtér 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:

Vankó Péter: Kísérleti fizika 2. (fizipedia.bme.hu/index.php/Kísérleti_fizika_2.)
 Kísérleti videók (fizipedia.bme.hu/index.php/Kísérleti_vidéók)
 Kísérleti fizika példatár (fizipedia.bme.hu/index.php/Kísérleti_fizika_példatár)
 Hevesi I.: Elektromosság, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1998
 Budó Á., Mátrai T.: Kísérleti fizika III., Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1999
 Tóth András, Koppa Pál: Kísérleti fizika 2. 2013 BME jegyzet

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

Numerikus számítások

Előkövetelmény: Számítási módszerek a fizikában 1 ÉS Matematika ismeretfelmérés

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, determinánsa; 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

tárgykód	előadás	gyakorlat	Labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMEVIEEA026	2	0	2	félévközi jegy	4	kötelező

Programozás 2

Előkövetelmény: Programozás 1

Tematika:

C++ nyelv származtatása a C-ből: Makró (inline), konstans megvalósítás, típusértékű struct, enum; prototípusok, default argumentumok és függvény overload. Memória allokáció, new,

delete, new_handler; referencia típus, függvény paraméterek és visszatérési érték, cin, cout, cerr objektumok; adatok láthatóság és érvényessége.

Objektum-orientált programozás alapjai C++ környezetben: Objektum-orientált programozás alapfogalmai, elvei, objektum fogalma. Osztály, fogalma, egységbezárás, védelem és információtakarás. Tagfüggvények típusai, védelem enyhítése, friend mechanizmus. Konstruktor, destruktork, adatok (objektumok) inicializálása, this pointer használata. Operátorok értelmezésének kiterjesztése: operátor overload fogalma. Dinamikusan allokált mezővel rendelkező objektumok értékadása és inicializálása, másoló konstruktor. Operátorok értelmezésének kiterjesztése tagfüggvénnyel és friend mechanizmussal. Referencia típusú visszatérő függvény mint balérték (index operátor). Az öröklés szerepe az objektumorientált programozásban. Öröklés, származtatott osztály, alaposztály. Védelem öröklés alatt. Virtuális függvények, fordítási és késői összerendelés, inicializálás; többszörös öröklés. Virtuális alaposztály. Objektumok mint más objektumok attribútumai. Objektum tömbök. Generikus adatszerkezetek jelentősége. Dinamikus adatstruktúrák, generikus osztályok.

Problémamegoldás objektum-orientált és nem objektum-orientált szemlélettel: Adat, algoritmus, program. Szoftverképzés, programfejlesztés. Strukturált tervezés, modularitás, dekompozíció. Funkcionális dekompozíció, absztrakt adat, adat-orientált dekompozíció.

Operációs rendszerek és fejlesztést támogató eszközök használatának alapvető ismerete.

tárgykód	előadás	gyakorlat	Labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE15AF52	4	2	0	vizsga	7	kötelező

Számítási módszerek a fizikában 2

Előkövetelmény:

Számítási módszerek a fizikában 1 ÉS Analízis ÉS Matematika ismeretfelmérés

Tematika:

A tárgy célja, hogy a szigorú matematikai levezetések mellőzésével, fizikai példákra alapozva adjon bevezetést a fizikában használt számítási módszerekbe. A tárgy célja a számítási készség fejlesztése, illetve a matematikai módszerek fizikai alkalmazása.

Magasabb rendű differenciálegyenletek. Visszavezetés elsőrendű differenciálegyenlet-rendszerre, Másodrendű lineáris differenciálegyenletek. Kezdeti és peremérték probléma. Hatványsoros megoldás. Sajátérték és sajátfüggvény. Sturm–Liouville-probléma (példák: Csebisev-, Hermite-polinomok, Bessel-függvények). Függvénysorok, sajátfüggvények szerinti kifejtés. Egyváltozós Fourier transzformáció, Fourier-sor, Green-függvény egyváltozós állandó együtthatós lineáris differenciálegyenletekben. Elsőrendű kvázilineáris parciális differenciálegyenletek, karakterisztikák. Másodrendű lineáris parciális differenciálegyenletek osztályozása. Hiperbolikus, parabolikus és elliptikus pde és a megfelelő kezdeti és peremérték problémák. A fizika legfontosabb parciális differenciális egyenletei: Laplace-Poisson-egyenlet, diffúzió, hullámegyenlet, egyszerűbb szétválasztható feladatok megoldása. Görbék ívhossza, görbülete, torziója. Felületek. Vonalmenti és felületi integrálok. Vektoranalízis. Skalár- és vektormező differenciálása és integrálása. Nabla operátor. Indexes írásmód. Gradiens, rotáció, divergencia, Laplace-operátor. Gradiens-tétel, Gauss-tétel, Stokes-tétel és fizikai alkalmazásaik. Ortogonális görbevonallú koordinátarendszerek. Lokális bázis. Metrikus tenzor, ívelemnégyzet, Lamé-féle együtthatók. Div, rot, grad, skaláris és vektoriális Laplace-operátor kifejezése ortogonális görbevonallú koordinátákban.

Jegyzet, tankönyv, irodalom: Gnädig Péter: Vektorszámítás I-III. (ELTE)

tárgykód	előadás	gyakorlat	Labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE93AF21	2	2	0	vizsga	5	kötelező

Többváltozós analízis

Előkövetelmény: Analízis ÉS Matematika ismeretfelmérés

Tematika:

Két- és többváltozós függvények megadása, szemléltetése, folytonossága, differenciálszámítása, iránymenti derivált, Young tétel, teljes differenciál, egzakt egyenletek, két és többváltozós függvény lineáris közelítése. Vektor-vektor függvény deriválhatósága, deriválttenzor, láncszabály. Többváltozós függvények lokális és abszolút szélsőértéke, nyeregpont, Lagrange középértéktétel, Taylor-polinom, implicitfüggvény-tétel, inverzfüggvény-tétel, feltételes szélsőértékek, Lagrange-multiplikátor. Integrálszámítás: területi és térfogati integrál, ezek kiszámítása kétszeres és háromszoros integrállal, integráltranszformáció. Polár, henger és gömbi koordináták. Lineáris helyettesítés. Sík és térgörbék érintője, normálisa, görbülete, torziója, ívhossza, felületek felszíne. 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. Felületi integrál. Gauss-, Stokes-, Green-tétel.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Hass, Thomas, Weir: Thomas-féle kalkulus 3. Typotex Kiadó

Laczkovich Miklós, T. Sós Vera: Valós analízis I-II.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE12AF44	0	2	0	félévközi jegy	2	választható

Fizika feladatok megoldása 2

Tematika:

A tárgy célja, hogy fejlessze a hallgatók feladatmegoldó készségét az elektromágnesesség témakörében kitűzött alapvető számítási feladatok terén. A tárgy lehetőséget biztosít a Kísérleti fizika 2 tárgy anyagának gyakorlására. A legfontosabb tárgykörök: Elektromos erőter vákuumban és anyagban, Coulomb-törvény, Gauss-tétel. Kapacitás, kondenzátorok, elektrosztatikus energia. Elektromos áram. Mágneses erőter vákuumban és anyagban. Biot-Savart-törvény, gerjesztési törvény. Induktivitás, tekercsek, mágneses energia. Mozgási és nyugalmi indukció. Eltolási áram. Elektromágneses rezgések, hullámok.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

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

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

Kísérleti Fizika II. gyakorlat jegyzet (Fizipédia weboldalon található segédanyag)

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE12AF45	0	2	0	félévközi jegy	3	választható

Haladó problémamegoldó szeminárium 2

Tematika:

A tárgy célja, hogy a hallgatók elmélyülten foglalkozhassanak az elektromágnesesség témakörében felmerülő problémákkal, szélesíthessék látókörüket a kísérleti fizika 2 tárgy tananyagához kapcsolódóan. A tárgy hangsúlyt fektet az elektromágnesesség tárgyalására használt matematikai módszerek bemutatására. A legfontosabb tárgykörök: Elektromos erőter vákuumban és anyagban, Coulomb-törvény, Gauss-tétel. Kapacitás, kondenzátorok, elektrosztatikus energia. Elektromos áram. Mágneses erőter vákuumban és anyagban. Biot-Savart-törvény, gerjesztési törvény. Induktivitás, tekercsek, mágneses energia. Mozgási és nyugalmi indukció. Eltolási áram. Elektromágneses rezgések, hullámok.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Kísérleti Fizika II. gyakorlat jegyzet (Fizipédia weboldalon található segédanyag)

Nagy Károly: Elektrodinamika, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2002

Nagy Károly: Elméleti fizikai példatár 2, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1994.

3. SZEMESZTER

Tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE11AF45	0	0	3	félévközi jegy	5	kötelező

Fizika laboratórium 2

Előkövetelmény: Fizika laboratórium 1

Tematika:

Alapvető mérőműszerek, mérési eljárások és módszerek gyakorlása. A mérések kiértékelésének, a hibaszámításnak és a jegyzőkönyv készítésének gyakorlása. Összetettebb elektromos, mechanikai, hőtani és optikai mennyiségek mérése. Kézi és számítógépes adatgyűjtés. Alapvető műszerek (tápegységek, hanggenerátorok, multiméterek, oszcilloszkóp, stb.) használata. A kísérleti fizika tárgyakban előforduló jelenségekhez kapcsolódó önálló mérések.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Fizika laboratórium 2. fizipedia.bme.hu/index.php/Fizika_laboratorium_2.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE11AF46	2	2	0	vizsga	5	kötelező

Kísérleti fizika 3

Előkövetelmény:

Kísérleti fizika 1 ÉS Számítási módszerek a fizikában 2 ÉS Kísérleti fizika 2 [aláírás]

Tematika:

Termodinamika: A hőmérséklet fogalma és mérése, az ideális gáz állapotegyenlete. A kinetikus gázelmélet alapjai, a nyomás és hőmérséklet kinetikus értelmezése, ideális gáz belső energiája. Abarometrikus magasságformula. A Maxwell-féle sebességeloszlás és meghatározása. Reális gázok, van der Waals-egyenlet. Szabad úthossz, diffúzió, hővezetés és viszkozitás gázokban szabad úthossz közelítésben.

Termodinamikai állapotjellemzés, kvázisztatikus és reverzibilis folyamatok. Hőmennyiség, belső energia, a hőtan I. főtétele. Fajhő és entalpia, ideális gáz állapotváltozásai, körfolyamatok. A hőtan II. főtétele, a Carnot-körfolyamat hatásfokának anyagfüggetlensége, a termodinamikai hőmérsékletszála, entrópia, az entrópiánövekedés tétele. A statisztikus leírás alapjai: mikroállapotok, makroállapotok, az entrópia statisztikus értelmezése, kvantumstatisztikák. Egyensúlyi feltételek homogén rendszerekben, termodinamikai potenciálok, fundamentális függvények. A termodinamikai potenciálok Euler egyenletei. A termodinamika differenciális összefüggései, Maxwell-relációk, Gibbs–Helmholtz-egyenletek. A hőtan III. főtétele és következményei, adiabatikus lemagnezés. Fázisátalakulások egykomponensű rendszerekben, a Clausius–Clapeyron-egyenlet.

Bevezetés a kvantummechanikába: A kvantumfizika előzményei: hőmérsékleti sugárzás, fotoeffektus, Compton-effektus, atomi színeképek, atommodellek, a Bohr-féle kvantumfeltétel, de Broglie-hullám. Hullámfüggvény, Schrödinger-egyenlet. Stacionárius Schrödinger-egyenlet és megoldása egyszerű esetekben. Az alagúteffektus. H-atom (kvalitatív). Kvantumszámok. Az elektronspin. Pauli-elv és az elemek periódusos rendszere.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Újsághy Orsolya: Kísérleti Fizika III. 2013 (fizipedia.bme.hu/images/5/5b/Jegyzet_UO.pdf)

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

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

Kísérleti fizika példatár: fizipedia.bme.hu/index.php/Kísérleti_fizika_peldatar

Füstöss L.: Hőtan feladatok, Műegyetemi Kiadó, 2004.

A. Hudson, R. Nelson: Útban a modern fizikához, 42-44. fejezet

tárgykód	előadás	gyakorlat	Labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE80AF43	2	1	0	félévközi jegy	3	kötelező

Kísérleti magfizika

Tematika:

Az atommag felépítése, magerők, stabilitás, tömegdefektus, kötési energia. Folyadékseppmodell 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. Neutronmagreakciók 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; önfenn-tartó 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
BMETE15AF23	2	0	0	vizsga	2	kötelező
BMETE15AF24	0	2	0	félévközi jegy	3	

Mechanika 1 és Mechanika gyakorlat 1

Előkövetelmény: Számítási módszerek a fizikában 1 ÉS Kísérleti fizika 1 ÉS Számítási módszerek a fizikában 2 [aláírás]

Tematika:

Newton-axiómák, pontrendszerek mozgásegyenletei, és azok integráljai. Mozgás egy dimenzióban, anharmonikus rezgések, (paraméteres rezonancia). Mozgás gyorsuló rendszerben, tehetetlenségi erők. Merev test mozgása, tehetetlenségi tenzor, Euler-egyenletek. Kényszerfeltételek, általánosított koordináták, Lagrange-féle első- és másodfajú egyenletek. Mozgás centrális erőterben, két-test probléma, bolygómozgás, részecskék szórása. Csatolt kis rezgések, rezgési spektrumok. A Hamilton-elv. A Hamilton-formalizmus: energiamegmaradás, Liouville tétele.

Gyakorlat: Tömegpont általános mozgása (görbevonalú koordinátázás, gömbi és hengerkoordináták). Egy szabadságfokú rezgések tárgyalása, gerjesztett, anharmonikus rezgések. Mozgások leírása a forgó Földön. Tehetetlenségi nyomaték tenzor számítása. Euler-egyenlet, Euler-szögek. Virtuális munka elve, a D'Alambert-elv. Lagrange I differenciálegyenlet alkalmazása. Lagrange II differenciálegyenlet alkalmazása. Csatolt rezgések, normál koordináták. A Hamilton-függvény, Hamilton-egyenletek. Töltött részecske elektronágneses térben. Szabad relativisztikus részecske Lagrange- és Hamilton-tárgyalása.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Nagy Károly: Elméleti mechanika,

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

Budó Ágoston: Mechanika,

H. Goldstein: Classical Mechanics

V.I. Arnold: A klasszikus mechanika matematikai módszerei

tárgykód	előadás	gyakorlat	Labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE11AF30	2	0	0	vizsga	2	kötelező

Méréstechnika

Előkövetelmény: Számítási módszerek a fizikában 1

Tematika:

Általánosan használt mérőműszerek működési elve és jellemző paraméterei. Feszültség- és áramforrások. Feszültség és árammérők, digitális multiméterek. Adatgyűjtő kártyák, A/D, D/A konverterek (mintavételezési paraméterek, mintavételi tétel). Függvénygenerátorok. Analóg és digitális oszcilloszkópok (triggerelés, átlagolás, speciális mérési üzemmódok). Spektrumanalizátorok (digitális Fourier-transzformáció, FFT, ablakozási stratégiák). Lock-in erősítők (kiszintű jelek detektálása zajos környezetben; átviteli függvények mérése). Szabályozó áramkörök (PID vezérlés, automatikus frekvenciaszabályozás, fáziszárt hurok).

Alapvető fizika mennyiségek mérése, jelátalakító szenzorok és jellemző paramétereik (mérés határ, felbontás, nemlinearitás, dinamikai jellemzők, stb.). Frekvencia és idő mérése. Hőmérsékletmérés. Mágneses tér mérése. Távolság, elmozdulás mérése. Erőmérés, mechanikai deformációk mérése. Elektromágneses hullámok detektálása. Nyomásmérés. Gyorsulásmérés.

Alacsony jelszintű mérések. A zaj fogalma. Alapvető zajtípusok: $1/f$ zaj, sörétzaj, termikus zaj. Erősítők bemeneti zaja. Az elektromágneses környezet zavaró hatása. A kapacitív, vezetési illetve induktív módon történő zavarás csökkentése. Földelés és árnyékolás. ESD védelem.

Bevezetés a rádiófrekvenciás, mikrohullámú és optikai mérés technikába. Véges jelterjedési sebesség hatása, reflexiók, állóhullámok. Optikai és radaros távolságmérés (Bay-féle Hold-radar kísérlet). Példák rádiófrekvenciás és mikrohullámú áramkörökre: a mágneses rezonancia spektroszkópiában használt alapvető áramkörök. A FT és diszperziós optikai spektroszkópia alapjai.

Modern fizika a csúcstechnológiás mérés technikában, és csúcstechnológiás mérés technika a modern fizikában. Atomi felbontású mikroszkópia modern szabályozástechnika segítségével. Frekvencia, idő és ellenállásstandordok Nobel-díjas ötletek alapján: Kvantált Hall-ellenállás, atomórák, frekvenciafésű, Josephson-effektus. Rezonancia módszerek, modern spektroszkópiai módszerek.

Tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE15AF53	2	2	0	félévközi jegy	5	kötelező

Modern matematikai módszerek a fizikában

Előkövetelmény: Számítási módszerek a fizikában 2 ÉS Többváltozós analízis

Tematika:

Speciális függvények és ortogonális függvényrendszerek fizikai alkalmazásokkal, Laplace-egyenlet gömbi koordinátákban, Legendre-polinomok, gömbfüggvények. Hullámegyenlet gömbi koordinátákban, gömbi Bessel-függvények. Egyéb fontos speciális függvények. Metriktér, normált tér, Hilbert-tér. Függvényterek, ortogonális függvényrendszerek. Operátorok, funkcionálok, duális tér. Önadjungált, unitér operátorok. Sajátérték, spektrum, spektrális fel-

bontás. Komplex függvénytan. Differenciálhatóság, Cauchy–Riemann-egyenletek, harmonikus függvények. Komplex függvények hatványsora. Komplex függvények integrálása, Cauchy integráltételei. Szingularitások, reziduum-tétel és alkalmazásai. Valós integrálok kiszámítása komplex függvénytani módszerekkel. Disztribúciók fogalma. Reguláris, szinguláris disztribúciók. Műveletek disztribúciókkal. Disztribúciók regularizálása, Dirac-delta előállítás. Disztribúciók konvolúciója. Többváltozós disztribúciók értelmezése. Integráloperátorok. Green függvény parciális differenciál egyenletekben. Fourier-transzformáció alkalmazásokkal, konvolúció transzformáltja, Laplace-transzformáció. Kezdetiérték probléma megoldása Fourier-transzformációval.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Kreyszig: Introductory functional analysis

Gnädig: Bevezetés a disztribúcióelméletbe és fizikai alkalmazásába

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

Valószínűségszámítás

Előkövetelmény: Számítási módszerek a fizikában 1 ÉS Többváltozós analízis

Tematika:

Bevezető, alapfogalmak: empirikus háttér, eseménytér, események algebrája, valószínűség, kombinatorikus megfontolások, szitaformula, urnamodellek, geometriai valószínűség.

Feltételes valószínűség: alapfogalmak, teljes valószínűség tétele, Bayes-tétel, alkalmazások. Sztochasztikus függetlenség.

Diszkrét valószínűségi változók: alapfogalmak, diszkrét eloszlás, bináris-, binomiális-, hipergeometrikus-, geometriai-, negatív binomiális eloszlások. Poisson-approximáció, Poisson-eloszlás. Alkalmazások.

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.

Valószínűségi eloszlások jellemzői: várható érték, medián, szórásnégyzet, alaptulajdonságaik. Nevezetes eloszlásoknál ezek számolása. Steiner-tétel. Alkalmazások.

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.

Nagy számok gyenge törvénye: NSZT binomiális eloszlásra (Bernoulli). Markov- és Csebisev-egyenlőtlenség. Nagy számok gyenge törvénye teljes általánosságban. Alkalmazás: Weierstrass-approximációs tétele.

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

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE11AF48	0	2	0	félévközi jegy	2	választható

Fizika feladatok megoldása 3

Tematika:

A tárgy a Kísérleti fizika 3 tárgyhoz kapcsolódóan segíti a középiskolából gyengébb előképzettséggel érkező hallgatók felzárkóztatását, és ezzel a Kísérleti fizika 3 tárgy sikeres teljesítését. Témakörök: Kinetikus gázelmélet, transzport; állapotváltozás, I. főtétel; fajhő, körfolyamatok; entrópia, II. főtétel; homogén rendszerek; fázisátalakulások; kvantummechanikai bevezető.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

fizipedia.bme.hu/index.php/Kísérleti_fizika_gyakorlat_3

fizipedia.bme.hu/index.php/Kísérleti_fizika_3._gyakorlat:_Teljes_példasor.

4. SZEMESZTER

Tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE12AF27	2	0	0	félévközi jegy	2	kötelező

Elektronika

Előkövetelmény: Kísérleti fizika 2

Tematika:

A lineáris elektronika fizikai alapjainak rövid átvizsgálása. Lineáris elektronikai építőelemek: ideális ellenállás, kapacitás és induktivitás; szórt (parazita) paraméterek; feszültség- és árammérők; feszültség és áramforrások. Alapvető passzív egyenáramú és váltóáramú kapcsolások: hídkapcsolások, feszültségosztók, szűrő áramkörök, transzformátorok. Bevezetés az összetett egyen- és váltóáramú lineáris hálózatok számítási módszereibe. Nemlineáris áramkörök analízisének módszerei. Kisjelű modellek, a torzítás fogalma. A dióda, a bipoláris és a térvezérlésű tranzisztorok karakterisztikái, az eszközök kis- és nagyjelű modelljei. Aktív analóg áramkörök, bipoláris és térvezérlésű tranzisztoros erősítők, egyenirányítók. A visszacsatolás fogalma, és alkalmazása. Műveleti erősítők legfontosabb paraméterei és alkalmazásai. Invertáló és nem invertáló erősítő kapcsolás, összeadó áramkör, differenciáló és integráló áramkör, Schmitt-trigger kapcsolás, oszcillátor kapcsolások. Speciális összetett áramkörök (tápegységek, szabályozók) és áramkörök védelme.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

U. Tietze, Ch. Schenk: Analóg és digitális áramkörök, Műszaki Könyvkiadó 2000.

Fodor: Villamosságtan I., Tankönyvkiadó, 1985.

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

Varga D, Bagoly Zs.: Elektronika és mérés technika, tankonyvtar.ttk.bme.hu/pdf/171.pdf

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

Elektronika laboratórium

Előkövetelmény: Kísérleti fizika 2

Tematika:

Bemutatjuk az elektronika elemi építőköveit jelentő alapkapsolásokat, 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/zaj-viszonyok 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
BMETE15AF49	3	0	0	vizsga	3	kötelező
BMETE15AF28	0	2	0	félévközi jegy	3	

Kvantummechanika 1 és Kvantummechanika gyakorlat 1

Előkövetelmény: Modern matematikai módszerek a fizikában ÉS Mechanika 1 [aláírás]

Tematika:

A kvantummechanika kísérleti előzményei. Matematikai apparátus: Hilbert-tér, operátorok, operátorok sajátértékei. Schrödinger-egyenlet. A hullámfüggvény valószínűségi értelmezése. Méréselmélet. A Heisenberg-féle határozatlansági összefüggés. Szabad részecske, folytonos energiaspektrum. Alagúteffektus. Harmonikus oszcillátor. Léptető operátorok. Impulzusmomentum operátorok és sajátértékeik. Impulzusmomentum összeadás. Centrális potenciál, radiális Schrödinger-egyenlet. Hidrogénatom. Közelítő módszerek: variációs módszer, stacionári-

us és időfüggő perturbációszámítás. A spin. A részecskék azonosságának elve. A Pauli-elv. Atomok és periódusos rendszer.

Gyakorlat: Matematikai alapok: Hilbert-tér, operátorok, sajátértékek. A Schrödinger-egyenlet megoldása egyszerű rendszerekre. Egydimenziós potenciálgát, alagúteffektus. Sommerfeld-polinom módszer. Harmonikus oszcillátor. Impulzuszómomentum operátorok sajátérték problémája. A hidrogénatom sajátenergiái és sajátállapotai. Rayleigh–Ritz-variációs elv. Rayleigh–Schrödinger stacionárius perturbációszámítás. Dirac- (időfüggő) perturbáció-számítás. Héliumatom. Hartree-módszer.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Apagy Barnabás: Kvantummechanika, Műegyetemi jegyzet, 2005.

Szunyogh László: Kvantummechanika, elektronikus jegyzet.

Gesztai Tamás: Kvantummechanika, Typotex, Budapest, 2014.

Marx György: Kvantummechanika, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1971.

Nagy Károly: Kvantummechanika, Tankönyvkiadó Budapest, 1978.

Szunyogh L., Udvardi L, Ujfalusi L., Varga I.: Kvantummechanika feladatgyűjtemény, BME, 2013.

Gálfi László-Rác Zoltán: Elméleti fizikai példatár 3, Tankönyvkiadó, 1983.

F. Constantinescu, E. Magyari: Kvantummechanika feladatok, Tankönyvkiadó, 1972.

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

Kísérleti fizika szigorlat

Előkövetelmény: Kísérleti fizika 2 ÉS Kísérleti fizika 3 ÉS Kísérleti magfizika

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

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE11AF32	0	0	4	félévközi jegy	5	Fiz.sp. kötelező Alk.sp. kötelező

Haladó fizika laboratórium 1

Előkövetelmény: Fizika laboratórium 2 ÉS Kísérleti fizika 3

Tematika:

A modern fizika témaköreire, illetve a BME TTK kutatási irányaihoz kapcsolódó emelt szintű mérések elsősorban az alábbi témakörökben: Alapvető kvantumfizikai jelenségek mérése. Alapvető fizikai állandók mérése. Optikai mérések, hullámoptikai jelenségek vizsgálata. Modern mérés technikai eljárások elsajátítása.

Jegyzet, tankönyv, irodalom: fizipedia.bme.hu/index.php/Fizika_laboratorium_3

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMEVEFKA???	2	0	0	félévközi jegy	2	Fiz.sp. kötelező Alk.sp. kötelező

Kémia

Előkövetelmény: Kísérleti fizika 3

Tematika:

Az atom felépítése. Az atomok jellemző adatai. A periódusos rendszer. A kovalens kötés. Kovalens kötések csoportosítása. Molekulák térbeli szerkezete. Másodrendű kötések. Szilárd halmazállapotú anyagok szerkezete. A hidrogén és vegyületei. A nemesgázok. A halogének és vegyületeik. Az oxigén és vegyületei. A kén és vegyületei. A nitrogén és vegyületei. A foszfor és vegyületei. A szén és a szerves szénvegyületek. A szilícium és vegyületei. Az alkálifémek és vegyületeik. Az alkáliföldfémek és vegyületeik. Az alumínium és vegyületei. Az ón, az ólom és vegyületeik. A d-mező fémei. Szerves kémiai alapfogalmak. Az alkánok. Az alkének. Az alkinek. Aromás szénhidrogének. Halogéntartalmú szénhidrogének. Alkohokok. Fenolok. Éterek. Oxovegyületek. Karbonsavak. Az észterek. A szénhidrátok. Nitrogéntartalmú szerves vegyületek. Aminosavak, peptidek és fehérjék. Nukleinsavak.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Balázs Lórántné, J. Balázs Katalin: Kémia – Ennyit kell(ene) tudnod

Kiss Ferencné (szerk.): Kémiai alapismeretek műszaki főiskolák számára

Berecz Endre (szerk.): Kémia műszakiaknak

Veszprémi Tamás: Általános kémia

Tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE80AF38	2	0	0	vizsga	3	Fiz.sp. köt.vál. Alk.sp. kötelező

A méréskiértékelés matematikai módszerei

Előkövetelmény: Valószínűségszámítás

Tematika:

Valószínűségelméleti alapfogalmak. Mérési eredmény, eloszlásfüggvény, átlag, szórás, kovariancia. Poisson-eloszlás, Gauss-eloszlás, Student-eloszlás, khi-négyzet-eloszlás, konfidencia-intervallumok. Paraméterbecslés. Statisztika fogalma, becslt paraméterek. Becslések tulajdonságai: torzítatlanság, hatékonyság, konzisztencia. Legkisebb négyzetek módszere. Normálegyenletek és megoldásuk. Becslt paraméterek szórásának becslése. Példák mérések kiértékelésére a fizika különböző területeiről. 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. Gyakorlati méréskiértékelési feladatok.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

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

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMEGEÁTAF11	2	0	0	vizsga	3	Fiz.sp. köt.vál. Alk.sp. köt.vál

Áramlástan

Előkövetelmény: Mechanika 1

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.

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

Kinematika és a folytonosság tétele: Stacionárius és instacionárius áramlások. A sebesség-tér rotációja. A potenciális örvény sebességtére. 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.

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.

A Bernoulli-egyenlet néhány alkalmazása: A statikus, a dinamikus és az össznyomás. A természetes koordináta rendszerben felírt komponensegyenletek. A hidrosztatika alapegyenlete. Az izotermikus atmoszféra. Nyomás változása tartályban. Az erőter és a folyadék felszíne. A statikus huzat számítása. Térfogatáram mérés Venturi-csővel.

Örvények: Radiális ventilátor, Euler-turbinaegyenlet. Örvénytételek, a Thomson-tétel levezetése.

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 légcsavár sugárelmélete. A szélkerék. Nyomáshullámok terjedése csővezetékben. Alievi-féle lökés.

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.

A turbulens áramlások, hasonlóság elmélet: Az időbeli átlagokra vonatkozó mozgásegyenlet. A látszólagos feszültségek. Az áramlások hasonlósága. Az áramlások hasonlóságának feltételei.

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.

Hidraulika 1: A súrlódási veszteség. A súrlódási veszteség. A csősúrlódási veszteség. Érdes csövek. Beömlési veszteség, veszteségtényező. Áramlás nyílt felszínű csatornában.

Hidraulika (2): A Borda–Carnot-átmenet. A kilépési veszteség. Szelepek, tolózárak, csapantyúk. Diffúzor. Egyszerű hidraulikai rendszerek elemzése.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Lajos Tamás: Az áramlástan alapjai, 2000, Műegyetemi Kiadó

tárgykód	előadás	gyakorlat	Labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE11AF38	0	0	2	félévközi jegy	3	Fiz.sp. köt.vál. Alk.sp. köt.vál.

Számítógépes mérésvezérlés

Előkövetelmény: Programozás 1

Tematika:

A tárgy alapvető célja a számítógépes mérésvezérléssel kapcsolatos ismeretek elsajátítása, illetve rutinszerzés mérőműszerek és adatgyűjtő kártyák programozásában. Ehhez a következő témakörök kerülnek ismertetésre:

Kommunikáció a műszerekkel soros, GPIB és USB porton keresztül. Számítógépes adatgyűjtő kártyák programozása. Komplex műszervezérlő felületek létrehozása, adatok ábrázolása és mentése, eseménysorok programozása, számítógéppel gyűjtött adatok online kiértékelése a mérésvezérlő szoftverrel.

A kurzust kéthetente megtartott, alkalmanként 4 órás számítógépes laboratóriumi gyakorlat formájában tartjuk. A félév első felében a szükséges programozási alapismereteket ismertetjük, melyeket a hallgatók rövid példaprogramokon keresztül gyakorolnak be. A félév második felében a hallgatók önállóan hoznak létre három komplex mérésvezérlő/adatkiértékelő felületet (pl. függvényillesztő modul programozása, digitális multiméter vezérlő felület programozása, számítógépes oszcilloszkóp készítése mérőkártya segítségével).

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

fizipedia.bme.hu/index.php/Mérési_adatgyűjtés_és_feldolgozás

tárgykód	előadás	gyakorlat	Labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE??AF??	1	0	2	félévközi jegy	4	Fiz.sp. köt.vál. Alk.sp. köt.vál.

Tudományos programozás (angol)

Előkövetelmény: Programozás 2

Tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE15AF32	2	0	0	vizsga	2	Fiz.sp. köt.vál.
BMETE15AF44	0	2	0	félévközi jegy	3	

Mechanika 2 és Mechanika gyakorlat 2

Előkövetelmény: Mechanika 1

Tematika:

Szimmetriák, Noether-tétel, mozgásállandók. Kanonikus egyenletek, kanonikus transzformációk, Poisson-zárójel, integrálhatóság. Egyszerű dinamikai rendszerek. A kaotikus rendszerek alaptulajdonságai. (Hamilton-Jacobi-egyenlet, hatás-szög változók.) A kontinuummechanika alapjai: sebességtér, feszültségtér, mozgásegyenlet, kontinuitási egyenlet. Az energia mérlegegyenlete. Ideális és súrlódó folyadékok alapegyenletei. Deformálható testek mechanikájának elemei, egyensúly, mozgásegyenletek. Hanghullámok. Folytonos rendszerek Hamilton-elve. Impulzussűrűség, Hamilton-sűrűség. Noether-áramok.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Nagy Károly: Elméleti mechanika,
Budó Ágoston: Mechanika,
V.I. Arnold: A klasszikus mechanika matematikai módszerei

Tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE12AF42	0	0	2	félévközi jegy	3	Alk.sp. köt.vál.

A végeelem modellezés alapjai

Előkövetelmény: Számítási módszerek a fizikában 1

Tematika:

A végeelem módszer alapjainak elméleti összefoglalása és gyakorlati problémák megoldása a módszer segítségével. A legfontosabb tárgykörök, klasszikus, paricális differenciálegyenletekkel leírható fizikai problémák megoldása: hullámeqyenlet, Laplace- és Poisson-egyenlet, hőtranszfer, konvekció-diffúzió, Helmholtz-egyenlet, Navier–Stokes-egyenlet, Shrödinger-egyenlet, összetett problémák..

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

K.H. Huebner: The Finite Element Method for Engineers, 2001, ISBN 0-471-37078-9.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE12AF38	2	0	0	félévközi jegy	3	Alk.sp. köt.vál.

Biofizika alapjai

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. Membránvizsgáló 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. Semmelweis Kiadó, 2002.

tárgykód	előadás	gyakorlat	Labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE80AF06	2	0	0	félévközi jegy	3	Alk.sp. köt.vál.

Fenntartható fejlődés és energetika

Tematika:

A fenntartható fejlődés definíciója, értelmezése. A fenntartható fejlődés vizsgálatával foglalkozó nemzetközi programok, törekvések, egyezmények. Az energiatermelés, az energiatermelési módok fejlődése és szerepe a fenntartható fejlődésben. Energiahordozó készletek; energiaellátás biztonsága; az energiaellátás és a gazdasági függetlenség kapcsolata. Globális felmelegedés, kiotói megállapodás, klímavédelem. Különböző energiatermelési módok összehasonlítása. A megújuló energiaforrások és a nukleáris energiatermelés szerepe az egészséges energiaközpontban. Atomenergia-hasznosítás fejlődése, fizikai alapjai; atomreaktorok műszaki felépítése és típusai. Atomenergia-rendszerek; hasadóanyag készletek, ezek összevetése egyéb primer energiahordozó készletekkel. Radioaktív sugárzás hatása az élő szervezetekre. Az atomenergia-hasznosítás radioaktív hulladékaival és melléktermékeivel; a radioaktív hulladékok és a kiegészítő üzemanyagok kezelése, végső elhelyezése. Atomerőművek biztonsága és környezeti hatásai; nemzetközi együttműködések az atomenergia-hasznosítás és a non-prolifерáció területén. Rendkívüli atomerőművi események, atomerőmű balesetek, okok, következmények és hatások (pl. Csernobil). Az atomenergia nem energetikai célú (orvosi, mezőgazdasági, ipari stb.) felhasználása. Az atomenergia-hasznosítás szerepe a hazai villamosenergia-igények kielégítésében; a paksi atomerőmű. Az atomtörvény; a nukleáris létesítmények hazai és nemzetközi ellenőrzési rendszere. Nemzetközi együttműködések az atomenergia-hasznosítás és a non-prolifерáció területén. Eszmék és téveszmék az atomenergia megítélésben.

Tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE14AF07	2	0	2	félévközi jegy	5	Alk.sp. köt.vál.

Kémiai és orvosbiológiai mérés technika

Tematika:

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
BMETE80AF29	2	0	0	vizsga	3	Alk.sp. köt.vál.

Környezetvédelem

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 molekula-spektroszkópiái 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, Bp. 1999.

Vajda Gy.: Energiapolitika, MTA, 2001.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE80AF42	2	0	0	vizsga	3	Alk.sp. köt.vál.

Nukleáris mérés technika

Tematika:

Elektromágneses sugárzás, töltött részecskék és anyag atomjai között lejátszódó, a detektálás alapjait adó fizikai kölcsönhatási jelenségek. Ionizáció, rekombináció, atomi gerjesztési folyamatok. Detektorok hatásfoka, energia-felbontóképessége, holtidő, kiszökési és pile-up jelenség, válaszfüggvény. Gázionizációs detektorok: ionizációs kamra, proporcionális számláló, Geger–Müller-detektorok, drift detektorok. Szcintillációs detektorok, LSC detektortechnika. A félvezető detektorok: HPGe, Si(Li), PIN dióda, SDD és szupravezető detektorok működési elve, szerkezeti felépítése, alkalmazásaik. Speciális detektortípusok és detektálási technikák: Cserenkov-számláló, radiográfia, szilárdtest nyomdetektor, termolumineszcens detektor, köd- és diffúziós kamra. Nukleáris mérési eredmények bizonytalanságának becslése: röntgen-, gamma- és alfaspektrumok valószínűségi tulajdonságai, hibaszámítás, spektrumok matematikai leírása, analitikai eljárások kimutatási határa. Spektroszkópiai alapismeretek, a különböző spektroszkópiai alkalmazások detektortípusai. Alfa-, röntgen- és gammaspektrometria mérőeszközei, nukleáris spektrométerek felépítése, az elektronikus jelfeldolgozás alapeszközei és azok jellemző mérés technikai tulajdonságai, analóg-digitál konverzió. Részecskegyorsítók és alkalmazásaik. Gamma- és röntgenspektrumok kvantitatív kiértékelési módszerei. Neutronok detektálása, fontosabb neutrontetektorok és alkalmazásaik. Különleges nukleáris mérés technikai módszerek: kis és nagy aktivitások mérése, háttérsökkentési módszerek. A nukleáris mérés technikai laboratórium minőségbiztosítása. Dozimetriai detektorok.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Bódizs Dénes: Nukleáris mérés technika.

G.F. Knoll: Radiation detection and measurement.

5. SZEMESZTER

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE15AF25	2	0	0	vizsga	2	kötelező
BMETE15AF26	0	2	0	félévközi jegy	3	

Elektrodinamika 1 és Elektrodinamika gyakorlat 1

Előkövetelmény: Modern matematikai módszerek a fizikában 2 ÉS Kísérleti fizika 2

Tematika:

Elektrosztatika: ponttöltés és töltéeloszlás tere, Gauss-törvény, elektrosztatika Maxwell egyenletei, potenciál, Poisson- és Laplace-egyenlet, határfeltételek. Green-függvény, kapacitás, tükörtöltések módszere. Elektromos dipólus és kvadrupólus, multipólus kifejtés. Elektrosztatika Maxwell egyenletei anyag jelenlétében, polarizáció, elektromos eltolás, felületi töltéssűrűség. Elektrosztatikus tér energiája. – Magnetosztatika: áramsűrűség, töltésmegmaradás, Biot–Savart-törvény. Magnetosztatika Maxwell egyenletei. Vektorpotenciál. Mágneses dipólus. Sztatikus mágneses tér anyagban. Határfeltételek, felületi áram-sűrűség. Lineáris és nemlineáris anyagok, hiszterézis. – Kvázistacionárius terek: elektromotoros erő, Faraday törvénye,

Lenz törvénye. Indukciós együttható. Kvázisztatikus mágneses tér vezetőkben, skin effektus. Mágneses tér energiája. – Dinamika: eltolási áram, teljes időfüggő Maxwell-egyenletek vákuumban és anyagban, potenciálok, mértékrögzítés, d'Alambert-egyenlet. Elektromágneses mező energiája és impulzusa. – Síkhullámok, polarizációjuk, energia-impulzus tenzoruk, Doppler-effektus. Elektromágneses hullámok anyagban, törés és visszaverődés anyag határán. Hullámvezetők alapjai. – Retardált és avanszált Green-függvények. Hertz-dipólus, Larmor-formula. Thomson- és Rayleigh-szórás. – Relativisztikus invariancia: elektrodinamika Lorentz-invarianciája, négyesvektor potenciál és térerősségtenzor, elektromos és mágneses terek transzformációja.

Gyakorlat: 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. Elektrodák homogén elektrosztatikus térben. Potenciál kiszámítása axiálszimmetrikus elrendezésben (Legendre-polinokok). Stacionárius áramok mágneses tere. A vektorpotenciál számítása. Az elektromágneses indukció. Külső és a belső öninduktivitás számítása. Az energia áramlása elektromágneses térben. Távíró egyenlet, jelterjedés. Hullámvezetők. TE, TM és TEM módusok számítása. Távvezetékek. Sztatikus elektromágneses tér számítása dielektrikumok és mágneses anyagok jelenléte esetén. Hisszterézis. Gyorsuló töltések energia leadása (Larmor-formula, Ábrahám–Lorentz egyenlet, Thomson- és Rutherford-atommodell). Egyenletesen mozgó ponttöltés tere (a Lienard–Wiechert-potenciál). A speciális relativitáselmélet és az elektrodinamika. Relativisztikus Doppler-effektus. Az elektromos és a mágneses tér transzformációja.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

J.D. Jackson: Klasszikus elektrodinamika (Typotex)

Jakovác Antal, Takács Gábor, Orosz László: Elektrodinamika jegyzet (BME, 2013)

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

Elméleti fizika példatár 2.kötet (Tankönyvkiadó, Budapest)

tárgykód	előadás	gyakorlat	Labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE12AF35	2	2	0	vizsga	4	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. Diffrakció, Fresnel-Kirchoff és Rayleigh-Sommerfeld formulák. Fraunhofer és Fresnel diffrakció. Négyszög és köraperitúra. 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
BMETE11AF05	2	0	0	vizsga	2	kötelező
BMETE11AF06	0	2	0	félévközi jegy	2	

Szilárdtestfizika alapjai és Szilárdtestfizika gyakorlat

Előkövetelmény: Kvantummechanika 1 [aláírás]

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, sáv-szerkezet közel-szabad elektron modellben és szoros kötésű közelítésben, effektív tömeg.

Gyakorlat: Röntgen-diffrakció: rácsösszeg, atomi alaktényező számítása különböző töltéseloszlások 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. Elektronsávok 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,

Ch. 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
BMEGT20A400	3	0	0	félévközi jegy	4	kötelezően vál.

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. Csoportmunka-módszerek. *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 költség-számítási 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). Kihasztnátlan kapacitás költsége. Bevezetés gazdasági és szervezeti kérdései.

Termelés-menedzsment: *A termelőrendszer definíciója, fejlődése.* A termelő- és szolgáltató rendszerek 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.

Minőség-menedzsment: *A minőség-menedzsment 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
BMEGT30A410	3	0	0	félévközi jegy	4	kötelezően vál.

Mikro- és makroökönómia

Tematika:

Hogyan gondolkodik egy közgazdász? A közgazdaságtan tárgya. Gazdálkodás, racionalitás és önzés. Alternatív költségek, marginális elemzés. A közgazdasági kérdések elemzésénél alkalmazott főbb általános összefüggések, a közgazdaságtan módszertana. Kereslet és kínálat. Egyensúlyi és nem egyensúlyi helyzetek értelmezése a piacon a Marshall-kereszt segítségével.

A piaci mechanizmus működése: elemzések a Marshall kereszt segítségével. Rugalmasság, fajtái, számítási módjai. A kereslet és kínálat rugalmassága, felhasználásuk a termékek és szolgáltatások osztályozásánál. Állami beavatkozás a piaci folyamatokba: adó és támogatás, árrögzítés.

A vállalati döntéseket meghatározó technikai korlátok. Termelési függvény rövid és hosszútávon. Isoquant térkép, a technológiai fejlődés hatása az isoquantokra. Skáláhozadék, hozadékai szférák elválasztása. Termelési függvény rövid és hosszútávon. Költségek. Technológia és költségek közötti összefüggés. Költségfajták. Költségek rövid és hosszú távon. Optimális tényező-felhasználás. A termelési tényezők piaca, származékos kereslet.

A vállalat kínálat, az optimális termelési szint rövid és hosszú távon tökéletesen versenyző piacon. Piaci összkínálat meghatározása. Piaci egyensúly, Pareto-hatékonyság. Piaci szerkezetek. Monopolpiac, kínálati monopólium. A monopólium optimális kínálatának meghatározása, a monopolista kibocsátása és ármegetározása. A monopolisztikus verseny. Oligopolpiac, oligopolpiac. Egyéni stratégia versus kooperáció. A fogoly dilemma. Gazdaságpolitikai tanulságok. Piaci kudarcok: externáliák és közjavak.

Be/felvezetés – intézmények (szereplők, piacok). Az állam szerepe, Keynesi modell, „Büvös négyszög”. Munkanélküliség – munkapiac (munkakínálat, munkakereslet, egyensúly), a keynesi modell sajátosságai a munkapiacon.

Infláció – a pénz, pénzkínálat, pénzkereslet. Egyensúly a pénzpiacon, LM görbe. Infláció osztályozása – Phillips görbe. Költségvetési deficit – kibocsátás, jövedelem. Árupiac (fogyasztási és beruházási kereslet, a kormányzat szerepe). Árupiaci egyensúly – IS görbe. IS-LM rendszer. AD függvény, teljes modell. Gazdaságpolitikai beavatkozások osztályozása – költségvetési és monetáris politika. Munkanélküliség, infláció, deficit kezelése. Körforgás.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Margitay, Daruka, Petró: Mikroökönómia

Meyer, Solt: Makroökönómia

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMEGT63MAPD	0	2	0	félévközi jegy	2	kötelezően vál.

Academic English

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMEGT63A061	0	2	0	félévközi jegy	2	kötelezően vál.

Kommunikációs készségfejlesztés (angol)

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMEGT63A051	0	2	0	félévközi jegy	2	kötelezően vál.

Műszaki nyelv (angol)

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMEGT63MAS9	0	2	0	félévközi jegy	2	kötelezően vál.

Speciális szaknyelvi ismeretek (angol)

Tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE11AF33	0	0	4	félévközi jegy	5	Fiz.sp. kötelező Alk.sp. kötelező

Haladó fizika laboratórium 2

Előkövetelmény: Fizika laboratórium 2 ÉS Kísérleti fizika 3 ÉS Kísérleti magfizika

Tematika:

A modern fizika témaköreihez illetve a BME TTK kutatási irányaihoz kapcsolódó emelt szintű mérések elsősorban az alábbi témakörökben: szilárdtestfizikai és anyagtudományi jelenségek vizsgálata; optikai jelenségek vizsgálata; nukleáris technikai mérések; ionizáló sugárzások és sugárzásdetektorok vizsgálata; modern mérés technikai eljárások elsajátítása.

Jegyzet, tankönyv, irodalom: fizipedia.bme.hu/index.php/Fizika_laboratorium_4.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMEVEFKA???	2	0	0	vizsga	3	Fiz.sp. köt.vál. Alk.sp. köt.vál.

Fizikai kémia

Előkövetelmény: Kvantummechanika 1 ÉS Kémia

Tematika:

Kémiai termodinamikai alapfogalmak. Az entalpia alkalmazásai. Az entrópia alkalmazásai. A szabadentalpia alkalmazásai. A kémiai potenciál. A fázisegyensúlyok feltétele. Kémia potenciálok és aktivitások. Kémiai reakciók egyensúlya. Egyensúlyok elektrolitokban. Galvancellák termodinamikája. Elektrodpotenciálok. Az elektródok típusai. Reakciókinetikai alapfogalmak. Elsőrendű reakciók. Másodrendű reakciók. Összetett reakciók. A hőmérséklet hatása a reakciósebességre. Az atomok elektronszerkezete. Az atomok energiaszintjei. Molekulák elektronszerkezete. Molekulák forgómozgása. Molekulák rezgőmozgása.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

P.W. Atkins: Fizikai kémia

Kiss László, Láng Győző: Elektrokémia (ELTE egyetemi jegyzet)

Zrínyi Miklós: A fizikai kémia alapjai I-II.

<http://oktatas.ch.bme.hu/oktatas/konyvek/fizkem/kemia/>

Tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE15AF36	2	0	0	vizsga	2	Fiz.sp. köt.vál.
BMETE15AF43	0	2	0	félévközi jegy	3	Alk.sp. köt.vál.

Kvantummechanika 2 és Kvantummechanika gyakorlat 2

Előkövetelmény: Kvantummechanika 1**Tematika:**

Hullámfüggvény Wentzel-Kramers-Brillouin közelítésben. Kváziklasszikus kvantálás. Időfejlődés és kvantummechanikai leírási módok: Schrödinger-, Heisenberg- és Dirac-kép. Sűrűségoperátor. Neumann-egyenlet. Szimmetriák és infínitezimális transzformációk. Időeltolás, időtükrözés. A szóráselmélet. Hullámcsomagok. Hatáskeresztmetszet. Green-függvények, Lippmann-Schwinger-egyenlet. Born-sorozat. Parciális hullámok módszere. Mozgás elektromágneses térben. Aharonov-Bohm-effektus, Landau-nívók. Relativisztikus kvantummechanika. Klein-Gordon-egyenlet. Dirac egyenlet. Kontinuitási egyenlet, Lorentz-invariancia, teljes impulzusmomentum, pozitron. Dirac-egyenlet megoldása centrális erőterben, hidrogénatom. Nem-relativisztikus határeset, spin-pálya kölcsönhatás.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Apagyi Barnabás: Kvantummechanika, Műegyetemi jegyzet, 2005.

Szunyogh László: Kvantummechanika, elektronikus jegyzet.

Marx György: Kvantummechanika, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1971.

Nagy Károly: Kvantummechanika, Tankönyvkiadó Budapest, 1978.

Szunyogh L., Udvardi L., Ujfalusi L., Varga I.: Kvantummechanika feladatgyűjtemény, BME, 2013.

Gálfy László, Rácz Zoltán: Elméleti fizikai példatár 3, Tankönyvkiadó, 1983.

F. Constantinescu, E. Magyari: Kvantummechanika feladatok, Tankönyvkiadó, 1972.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE11AF39	0	0	2	félévközi jegy	3	Fiz.sp. köt.vál. Alk.sp. köt.vál.

Számítógépes mérésvezérlés projekt munka LabVIEW környezetben

Előkövetelmény: Programozás 1

Tematika:

A tantárgy célja, hogy a hallgatók megismerjék a számítógépes adatgyűjtés és mérésvezérlés alapjait a széles körben elterjedt grafikus LabVIEW programozási környezetben. A kurzus második felében a hallgatók egy önálló projekt munkát készítenek LabVIEW környezetben, National Instruments adatgyűjtő kártyát használva. Tematika: LabView alapok: a fejlesztői környezet kezelése, a VI-ok elemei. A Front Panel és a Block Diagram. SubVI-ok, Express VI-ok. A grafikus programozás alapjai, dataflow-elv, párhuzamosítás, változók, globális változók. Programozási szerkezetek, ciklusok, elágazások. Programozási minták és technikák. Fájlkezelés, műszerekkel való kommunikáció. Időzítés. Versenyhelyzetek és kiküszöbölésük. Adattípusok, tömbök, struktúrák. Hibakezelés. Grafikus ábrázolás. Eseményen alapuló vezérlés, a felhasználói felület módosítása futási időben. Adatgyűjtés és mérésvezérlés National Instruments adatgyűjtő kártyával: hardverspecifikációk, szoftveres támogatás. Analóg és digitális ki- és bemeneti csatornák. Triggerelés, mintavételezési paraméterek, folyamatos és egyszeri adatgyűjtés. Oszcilloszkóp program készítése. Lehetséges példák az elkészítendő projekt munkára: ultrahangos távolságmérő eszköz készítése, oszcilloszkóp és függvénygenerátor készítése, PID hőmérsékletszabályozó rendszer készítése, hangszin-szabályozó készítése, lock-in erősítő készítése.

tárgykód	előadás	gyakorlat	Labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE11AF40	2	2	0	vizsga	5	Fiz.sp. köt.vál.

Csoportelmélet fizikusoknak

Előkövetelmény: Számítási módszerek a fizikában 2

Tematika:

A tantárgy célja a csoportelmélet alapjainak megismertetése a fizikushallgatókkal: megtanuljuk, hogy egy rendszer szimmetriái hogyan használhatók ki a rendszer leírásakor, ill. hogy a természet szimmetriái hogyan jelennek meg a fizikai törvényekben. A csoportelméleti és ábrázoláselméleti fogalmakat gyakorlati példákra is alkalmazzuk.

Elmélet: Szimmetriák a természetben és a fizikában. Csoportok definíciója, alaptulajdonságai. Néhány speciális csoport. Homomorfizmus, izomorfizmus. Részcsoportok, mellékosztályok, Lagrange tétele. Normális részcsoport, faktorcsoport, homomorfizmus-tétel. Konjugált osztályok, centralizátor. Csoportthatás, pálya, stabilizátor. Ábrázolások és tulajdonságaik, ekvivalens ábrázolások, Schur-lemmák. Ábrázolások karaktere, karakterek tulajdonságai, karaktertáblák. Ábrázolások direkt összege, felbontása. Szorzatábrázolás. Lie-csoport fogalma, topológiai tulajdonságok, Lie-algebra. Univerzális fedőcsoport. Infinitezimális generátorok, forgáscsoport, Lorentz-csoport, és egyéb mátrixcsoportok. A mértékelméletek alap gondolata.

Gyakorlat: Normálrezgések, hullámfüggvények, kristályok leírása csoportelmélet segítségével. Kiválasztási szabályok.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE15AF45	2	0	0	vizsga	3	Fiz.sp. köt.vál.

Klasszikus- és kvantumkáosz

Előkövetelmény: Mechanika 1 ÉS Kvantummechanika 1

Tematika:

Hamiltoni formalizmus, integrálhatóság általában, fizikai példák kaotikus viselkedés megjelenésére folytonos és diszkrét idejű dinamika esetén: Folytonos, nemautonóm differenciálegyenletek; Anharmonikus, disszipatív oszcillátor; Leképezések, Poincare-leképezés; Periodikusan gerjesztett rendszerek; Biliárdok.

A fenti modellek ismertetéséből egy-két esetben, pl. anharmonikus, disszipatív oszcillátor illetve a Chirikov-leképezés esetén a káosz vizsgálatára kidolgozott módszerek bemutatása: Lyapunov exponens; Invariáns mérték; Frobenius-Perron egyenlet; Stabilitási analízis; Bifurkációk és attraktorok; Kolmogorov entrópia; KAM tétel.

Kaotikus dinamika nyomai a kvantum mechanikában hasonlóan a korábban részletesebben tárgyalt modellekre alapozva: Periodikus pályák; WKB módszer és szemiklasszikus (EBK) kvantálás; Spektrál statisztika; Gutzwiller trace formula; Diagonális közelítés; Loschmidt-echo.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

A.M. Ozorio de Almeida: Hamiltonian Systems: Chaos and Quantization.

H.J. Korsch, H.J. Jodl: Chaos.

P. Cvitanovic, et al.: Chaos, Classical and Quantum, webbook: chaosbook.org.

Tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE11AF41	0	0	2	félévközi jegy	3	Fiz.sp. köt.vál.

Műszaki és fizikai problémák számítógépes megoldása

Előkövetelmény: Numerikus számítások ÉS Számítási módszerek a fizikában 2

Tematika:

A tárgy keretében a félév során műszaki és fizikai alkalmazások különböző területeinek néhány alapvető modelljét vizsgáljuk meg (többek között: egy- és többtest problémák, Poisson egyenlet, folyadékáramlás, lemezkihajlás, hővezetés, hullámeqyenlet, Schrödinger egyenlet), amelyeket közönséges- illetve parciális differenciál-egyenletek írnak le. Ennek során minden témában elkészítjük a problémát megoldó számítógépes programot. A számítógépes implementáció során nemcsak a modellek fizikai tartalmát elemezzük, hanem a szükséges numerikus módszereket is. A programozás szoftver eszköze a MATLAB programozási nyelv. Az előadást kiegészíti a félév elején tartott nem kötelező négyórás tanfolyam a MATLAB használatáról.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Stoyan Gisbert, Takó Galina: Numerikus módszerek I-III.
MATLAB documentation set

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE12AF32	2	0	0	félévközi jegy	3	Alk.sp. köt.vál.

A felületfizika alapjai

Előkövetelmény: Kísérleti fizika 3

Tematika:

Felületfizika: definíció és jelentőség. Jól definiált felületek, határfelületek és vékonyrétegek előkészítése. Nanoszerkezetek és előállításuk. Felületek, határfelületek és vékonyrétegek morfológiája és szerkezete, nukleáció, felületi szerkezet vizsgálati lehetőségei. Adszorpció a szilárdtest felületén: fiziszorpció, kemiszorpció, kilépési munka és mérési módszerei. Tömbi és felületi diffúzió. Felületanalitikai mérési módszerek és összehasonlításuk.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

H. Ibach: Physics of Surfaces and Interfaces
P.W. Atkins: Fizikai kémia I – III.
H. Lüth: Solid Surfaces, Interfaces and Thin Films

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	Tárgytípus
BMETE80AF31	3	1	0	félévközi jegy	5	Alk.sp. köt.vál.

Atomerőművek termohidraulikája

Előkövetelmény: Kísérleti fizika 3 ÉS Mechanika 1

Tematika:

A hőelvonás technológiai megvalósítása különböző reaktor típusoknál. – Hőfejlődés folyamata és térbeli eloszlása a reaktorban. – A hővezetés általános differenciálegyenlete és annak megoldása különböző kezdeti és peremfeltételek mellett. Az UO₂ anyagjellemzői. Az üzemanyagpálca hőmérséklet-eloszlása. – A hidraulikai egyenletrendszer. Nyomásveszteségek. A hőátadás számítása. Termikus instabilitások. A hőátadás természetes áramlásokban. Forrásos hőátadás jellemzői. Forrásgörbe. Forráskrízisek. DNBR. – Kétfázisú áramlás formái vízszintes és függőleges csövekben. Áramlási térképek. – A hűtőközeg-csatorna stacionárius termohidraulikai viszonyai. Az üzemanyag, a burkolat és a hűtőközeg hőmérsékletének alakulása. – A reaktorbiztonság és biztonságvédelem alapjai. Méretezési üzemavarak. Különböző méretű LOCA üzemzavarok lefolyása. Az emberi tényező szerepe. Termohidraulikai kódok. Az üzemanyag tervezésénél alkalmazott biztonsági korlátok. Hőtechnikai korlátok. Tervezési alapon túli balesetek. – 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.
Csom Gyula: Atomerőművek üzemtana I-II. Műegyetemi Kiadó, 2004.

Tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE12AF31	2	0	0	vizsga	3	Alk.sp. köt.vál.

Az anyagtudomány alapjai és alkalmazásai

Előkövetelmény: Kísérleti fizika 2**Tematika:**

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

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

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

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE80AF36	2	0	0	vizsga	3	Alk.sp. köt.vál.

Bevezetés a fúziós plazmafizikába

Tematika:

Energiatermelés, fúziós reaktor felépítése, Lawson-kritérium, plazma alapok. Inerciális fúzió. Töltött részecskék ütközésmentes mozgása mágneses térben. Termodinamikai egyensúly, ionizációs és sugárzási folyamatok plazmában. Mágneses összetartás: konfigurációk. Részecskék ütközése plazmában: ellenállás, transzport. Bevezetés mágnesezett plazmák elméleti leírásába: kinetikus elmélet, MHD. Hullámok plazmában. Mágnesesen összetartott plazma egyensúlya, instabilitások. Laboratóriumi kísérletek: plazma előállítás, fűtés, plazma-fal kap-

csolat. Plazmadiagnosztika, méréstechnika. Aktuális eredmények mágneses összetartású be-
rendezéseknél.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Vértés Attila: Szemelvények a nukleáris tudomány történetéből
(Zoletnik Sándor: A fúziós álom fejezet).

Veres Gábor: Bevezetés az elméleti plazmafizikába.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE80AF44	2	0	0	félévközi jegy	3	Alk.sp. 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
BMETE12AF37	2	0	0	félévközi jegy	3	Alk.sp. köt.vál.

Lézertechnika

Előkövetelmény: Kísérleti fizika 2 ÉS 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, méréstechnikai.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Richter Péter: Bevezetés a modern optikába III. (jegyzetszám: 050393)

Svelto: Principles of lasers.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE80AF45	2	1	0	vizsga	4	Alk.sp. köt.vál.

Monte Carlo módszerek

Előkövetelmény: Valószínűségszámítás ÉS Programozás 1**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:

I.M. Szobol: 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
BMETE80AF30	2	0	0	félévközi jegy	3	Alk.sp. köt.vál.

Nukleáris biztonság

Előkövetelmény: 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
BMETE80AF33	3	1	0	vizsga	5	Alk.sp. köt.vál.

Reaktorfizika

Előkövetelmény: Számítási módszerek a fizikában 1 ÉS Kísérleti magfizika

Tematika:

Az atomreaktorok általában. A neutronok felhasználása: energiatermelés, mérés-technika. Hátas-keresztmetszetek, 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 kritikusság egy csoport közelítésben. Kinetika, a reaktivitás mérése. A neutronspektrum. Lassulás-elmélet. Rezonanciák. Termalizáció. Lassuló neutronok térbeli eloszlása, Fermi-kör. Többszoport 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
BMETE12AF48	2	0	0	vizsga	3	Alk.sp. köt.vál.

Spektroszkópia

Előkövetelmény: Kísérleti fizika 2

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
BMETE12AF05	2	0	0	félévközi jegy	3	Alk.sp. 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.

6. SZEMESZTER

tárgykód	előadás	gyakorlat	Labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE15AF29	2	0	0	vizsga	2	kötelező
BMETE15AF30	0	2	0	félévközi jegy	3	

Statisztikus fizika 1 és Statisztikus fizika gyakorlat 1

Előkövetelmény: Kísérleti fizika 3 ÉS Valószínűségszámítás ÉS Kvantummechanika 1**Tematika:**

Mikro- és makroállapotok, zárt és kölcsönható rendszerek, egyensúly, ergodicitás. Az egyenlő valószínűségek elve, statisztikus fizikai entrópia, kapcsolat a termodinamikával. Különböző sokaságok és ekvivalenciájuk. Termodinamikai potenciálok, fluktuációk, Einstein elmélete. Ideális gázok, Fermi–Dirac-, Bose–Einstein- és Maxwell–Boltzmann-statisztikák. Hőmérsékleti sugárzás. Kölcsönható rendszerek, párkorrelációs függvény, árnyékolás. (Viriál sofejtés.) A Van der Waals-egyenlet, átlagtér elmélet, kritikus viselkedés.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

D. Chandler: Introduction to Modern Statistical Physics.

Kertész J., Zaránd G., Deák A.: Statisztikus fizika.

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

Szakdolgozat-készítés

Előkövetelmény: legalább 120 kredit teljesítése a szak tárgyaiból

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE11AF11	2	0	0	vizsga	2	kötelezően vál.

Alkalmazott szilárdtestfizika (angol)

Előkövetelmény: Szilárdtestfizika alapjai ÉS Kvantummechanika 1

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:

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

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

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

Tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE11AF34	2	0	0	vizsga	2	kötelezően vál.

Elméleti szilárdtestfizika

Előkövetelmény: Szilárdtestfizika alapjai ÉS Kvantummechanika 1

Tematika:

Bloch-elektron mozgása külső erő hatására, kváziklasszikus dinamika, kváziklasszikus mozgás Hamilton formalizmusa, Boltzmann-egyenlet, relaxációs idő közelítés, transzport időfüggő elektromos térben, és mágneses térben, elektron-szennyező kölcsönhatás, elektron-fonon kölcsönhatás, félvezetők elektronszerkezete, töltéshordozók félvezetőkben, félvezető eszközök.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

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

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

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

Tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE12AF21	0	0	4	félévközi jegy	5	Fiz.sp. köt. vál. Alk.sp. kötelező

Haladó fizika laboratórium 3

Előkövetelmény: Fizika laboratórium 2 ÉS Optika ÉS Kísérleti magfizika

Tematika:

A modern fizika témaköreireihez illetve a BME TTK kutatási irányaihoz kapcsolódó emelt szintű mérések elsősorban az alábbi témakörökben: Félvezetőfizikai, anyagtudományi, felületfizikai, vákuumtechnikai mérések. Emelt szintű optikai mérések. Nukleáris technikai mérések. Modern mérés technikai eljárások elsajátítása.

Jegyzet, tankönyv, irodalom: fizipedia.bme.hu/index.php/Fizika_laboratorium_5

Tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE15AF40	0	2	0	félévközi jegy	2	Fiz.sp. kötelező

Szeminárium

Előkövetelmény: legalább 120 kredit teljesítése a szak tárgyaiból

Tematika:

Előadás tartása a szakdolgozathoz kapcsolódó tudományos irodalom témájában.

tárgykód	előadás	gyakorlat	Labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE15AF48	2	2	0	félévközi jegy	5	Fiz.sp. köt.vál. Alk.sp. köt.vál.

Elektrodinamika 2

Előkövetelmény: Elektrodinamika 1

Tematika:

Laplace-egyenlet megoldása gömbi és hengerkoordinátákban. Földelt gömb külső térben, csúcshatás. Multipólus kifejtés gömbi koordinátákban. Mágneses skalárpotenciál, gömbmágneses tere, megoldási módszerek nemlineáris anyagokban. Hullámvezető, üregrezonátor. Vesz-

teségek, jósági tényező. Elektromágneses hullámok anyagban. A polarizáció elemi mikroszkopikus modellje. Diszperzió, plazmafrequencia, Kramers–Kronig-relációk. Oszcilláló töltérendszer sugárzása. Elektromos dipól, kvadrupól, mágneses dipól sugárzás. Tetszőleges mozgást végző töltés Liénard–Wiechert potenciálja, térerősségek, sugárzás teljesítménye, szögeloszlása, spektruma. Szinkrotronsugárzás. Elektromágneses hullámok szórása, hatáskeresztmetszet. Szórás szilárd testen és gázon. Cserenkov-sugárzás, átmeneti sugárzás. Sugárzási tér relativisztikus tárgyalása. Abraham-Lorentz-féle sugárzási visszahatás.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

J.D. Jackson: Klasszikus elektrodinamika, Typotex.

Jakovác Antal, Takács Gábor, Orosz László: Elektrodinamika jegyzet, BME, 2013.

L.D. Landau, E.M. Lifsic: Elmélet Fizika II. és VIII. kötet, Tankönyvkiadó.

Tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE11MF42	2	0	0	vizsga	3	Fiz.sp. köt.vál. Alk.sp. köt.vál.

Kvantuminformatika

Előkövetelmény: Kvantummechanika 1

Tematika:

Kvantumbit, kvantumszámítás, kvantumalgoritmusok. Spin-qubitek szilárdtestekben: kvantumdotok, kölcsönhatások, energiaskálák. Egy- és kétqubites kvantum-logikai műveletek megvalósítása. Információvesztési mechanizmusok: relaxáció, fázisvesztés, dekoherencia. Kísérletek.

Tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE15AF46	2	0	0	vizsga	3	Fiz.sp. köt.vál.

Relativitáselmélet

Előkövetelmény: Mechanika 1 ÉS Elektrodinamika 1

Tematika:

Minkowski-téridő, négyesvektorok. Lorentz- és Poincaré-csoport. Idődilatáció, hosszkontrakció, egyidejűség relativitása. Sebességösszeadási formula, rapiditás. Kauzalitás Zee-man-tétel. Sajátidő, négyessebesség, négyesgyorsulás. Hiperbolikus mozgás. Relativisztikus dinamika. Ekvivalencia elv. Súlyos és tehetetlen tömeg egyenlősége. Kovariancia elve. Geodetikus hipotézis, lokális inerciarendszerek. Riemann- és pszeudoriemann geometria, Christoffel-szimbólumok, geodetikusok. Kovariáns deriválás, parallel transzport. Newtoni limesz, a metrikus tenzor és a gravitációs potenciál kapcsolata. A geodetikus egyenlet levezetése variációs elvből. A Riemann-tenzor és tulajdonságai. Riemann-tenzor és parallel transzport zárt görbe mentén. A geodetikus deviációs egyenlet. Ricci-tenzor, skalárgörbület, Bianchi-identitás, Einstein-tenzor. Energia impulzus tenzor, kontinuitási egyenlet, megmaradási törvé-

nyek. Einstein-egyenletek, Einstein–Hilbert-hatás. Kozmologikus tag. Schwarzschild-megoldás. A Merkúr perihéliumvándorlása.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE80AF37	1	0	2	félévközi jegy	4	Alk.sp. köt.vál.

Bevezetés a CFD módszerekbe

Előkövetelmény: Atomerőművek termohidraulikája

Tematika:

A tantárgy a háromdimenziós CFD (Computational Fluid Dynamics) technika alapjait és energetikai alkalmazásait mutatja be a hallgatóknak.

A tantárgy keretében gyakorlatorientáltan bemutatásra kerül az ANSYS CFX program. A hallgatók számítógépes laborfoglalkozások keretében elsajátítják a programrendszer használatát, a leírandó geometriák definiálását, a hálózást, a fizikai modellek paraméterezését, az egyenletrendszert megoldó programmodul futtatását, valamint az eredmények kiértékelését, a megoldási mezők ábrázolását.

A gyakorlatokhoz kapcsolódóan rövid áttekintést kapnak a hő- és áramlástan problémák leírásához szükséges egyenletekről, azok numerikus megoldási módszereiről. Az órák során szilárd anyagokban lejátszódó hővezetési problémák, valamint természetes és kényszerített áramlások modellezésén keresztül sajátítják el az alapvető módszereket, eszközöket. A feldolgozott példák az energetika témaköréből kerülnek ki, így a hallgatók numerikus modellezési tapasztalatai más tárgyakban elsajátított ismeretekhez is kapcsolódhatnak.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

J.H. Ferziger, M. Peric: Computational Methods for Fluid Dynamics, Springer, 2002.

J.Tu, G.H. Yeoh, C. Liu: Computational Fluid Dynamics: A Practical Approach, Elsevier, 2008.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE12AF40	2	0	0	félévközi jegy	3	Alk.sp. köt.vál.

Bevezetés az ultragyors impulzusok fizikájába

Előkövetelmény: Optika

Tematika:

A tantárgy célja, hogy a hallgatók megismerkedjenek az egyre nagyobb teret nyerő femtoszekundumos és pikoszekundumos impulzusok természetével, különleges viselkedésével és mindennapjaink részévé váló alkalmazásaikkal. Magyarországon épül az európai kutatás egyik lézertechnikai zászlóshajójának számító ELI ALPS intézet, amelyben ultrarövid impulzusú nagy teljesítményű lézerek és az általuk keltett még rövidebb attoszekundumos impulzusok szolgálják az anyag fizikai megismerését minden eddiginél nagyobb energiájú és rövidebb gerjesztő és mérő folyamatok útján. A tárgy egyik célja, hogy a BSc szinten diplomázó hallgatók sikerrel kapcsolódhassanak be az ezirányú fejlesztésekbe vagy bármilyen más

területen sikerrel dolgozhatnak, ahol ez a technológia használatos (távközlés, adattárolás, mikroszkópia, sebészet stb.)

Részletes tematika: Ultrarövid impulzusok sajátosságai, frekvenciaspektruma, terjedése. Az ultrarövid impulzusok minősítése, mérése. Ultrarövid impulzusmérés laboratóriumi bemutató, impulzusfajták. A diszperzió matematikai kezelése, a diszperzió-kompenzáció elmélete, matematikai modellje. A diszperzió gyakorlati fajtái, mérése, gyakorlati kompenzációs technikák. Diszperzió-kompenzáció laboratóriumi vizsgálata. Ultrarövid impulzusok keltése, ultrarövid impulzusú lézerek fajtái, jellemzői. Ultrarövid impulzusú festék-, szilárdtest- és szállé- zerek elemzése, összehasonlítása. Az ultrarövid impulzusok terjedése szálban, szolitonok, spektrumkiszélesedés. Impulzusok erősítése, csörpölt erősítés, parametrikus erősítés. Ultrarö- vid impulzusokon alapuló lézermikroszkópia. Lézermikroszkóp gyakorlati bemutató laborató- riumban, impulzusparaméterek képre gyakorolt hatásának vizsgálata. Egyéb impulzus-lézer alkalmazások: anyagmegmunkálás, sebészet, litográfia. Impulzusokon alapuló adatátvitel üvegszálakban és szabad téren: elérhető paraméterek, összehasonlítás.

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

R. Paschotta: Encyclopedia of Laser Physics and Technology, John Wiley & Sons, 2008.
W. Demtröder: Laser Spectroscopy Vol. 2., Springer, 2008.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE12AF41	0	0	2	félévközi jegy	3	Alk.sp. köt.vál.

Fizikai kísérletek tervezése és építése

Előkövetelmény: Kísérleti fizika 2

Tematika:

A tantárgy célja, hogy a hallgatók megismerjék a fizikai kísérletek megvalósításának lépéseit a tervezéstől a kísérlet megépítéséig. A kurzus során a hallgatók megismerkednek a fizikai kísérletek megvalósításához szükséges számítógépes programokkal, a felhasználható eszközökkel és elemekkel.

Részletes tematika: Kísérletek tervezésének alapjai, modellezési és szimulációs módszerek. Kísérleti összeállítások alapelemei, műszerek. Kísérlet összeállításához szükséges eszközök, és azok tervezése, anyagválasztás, gyártás. Vizsgálati módszerek a felhasznált elemek tulajdonságainak meghatározásához. Mérésvezérlés, szabályzás. Kísérleti összeállítás beállítása, tesztelése.

A félév során egy konkrét feladat megoldásra kerül a kurzus hallgatóival közösen.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE12AF34	2	0	0	félévközi jegy	3	Alk.sp. köt.vál.

Mikroszkópia

Előkövetelmény: Optika

Tematika:

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

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

Richter Péter: Bevezetés a modern optikába I-III.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE12AF33	2	0	0	félévközi jegy	3	Alk.sp. köt.vál.

Mikro- és nanotechnológiák**Tematika:**

Mikrotechnológia, nanotechnológia és molekuláris nanotechnológia definíciója, összehasonlítása, egymáshoz való viszonya. A technológia feltételei. – Mikro- és nanofizika. Vékonyrétegek leválasztására alkalmas módszerek: fizikai rétegleválasztási módszerek (vákumpárolgatás, lézerablációs párolgatás, 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). Rétegmínősítési eljárások: röntgendiffrakció, transzmissziós elektronmikroszkópia, pásztázó elektronmikroszkópia, szekunder ion tömegspektrometria, röntgen fotoelektron-spektroszkópia, Auger-elektron-spektroszkópia, pásztázó alagútmikroszkópia, atomerő mikroszkópia. – Hagyományos elektronikai eszközök: bipoláris tranzisztor, tervezérlésű 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. McGraw Hill, 1996.

R. Waser (Ed.): Nanoelectronics and Information Technology. Wiley-VCH, 2003.

tárgykód	előadás	gyakorlat	labor	követelmény	kredit	tárgytípus
BMETE80AF35	2	0	0	félévközi jegy	3	Alk.sp. köt.vál.

Orvosi képalkotó rendszerek

Előkövetelmény: Nukleáris mérés technika

Tematika:

A kép fogalma, matematikai leírása. – Képjellemezők matematikai és fizikai tárgyalása: kontraszt, geometriai felbontás, zaj, detektálási kvantum hatásfok, modulációs transzfer függvény, jel-zaj viszony. Képalkotási módszerek: transzmissziós, emissziós és gerjesztett technikák. – Képalkotás gamma fotonokkal: Gamma sugárforrások. Projekciós radiográfia; a képalkotás szakaszai és matematikai modellezése. Hagyományos film-bázisú és elektronikus rendszerek paraméterei. Transzmissziós tomográfia; vetületek mérése és rekonstrukciós (analitikus-algebrai és modell bázisú) algoritmusok áttekintése. A képjellemező paramétereket befolyásoló tényezők. Emissziós tomográfia: SPECT és PET. Pásztázás és emissziós képrekonstrukciós algoritmusok áttekintése. A képjellemező paramétereket befolyásoló tényezők. Nukleáris medicina. – A Mágneses Rezonancia (MRI) képalkotás fizikája és technikai eszközei. – Ultrahang képalkotó eljárási módszerek. – A képalkotó 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
BMETE80AF32	3	0	0	félévközi jegy	3	Alk.sp. köt. vál.

Radiokémia és nukleáris kémia

Előkövetelmény: Kísérleti magfizika

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 anyagmenyiségek, 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 elemvizelésben (NAA).

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

Jegyzet, tankönyv, irodalom:

G. Choppin, J.O. Liljezin, J. Rydberg: 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.

Dékan: DR. HORVÁTH MIKLÓS egyetemi tanár

Dékánhelyettesek:

Gazdasági: DR. VARGA IMRE egyetemi docens

Nemzetközi és tudományos: DR. KÁROLYI GYÖRGY egyetemi tanár

Oktatási: DR. PROK ISTVÁN egyetemi docens

Dékáni Hivatal:

Hivatalvezető: ADAMIS VIKTÓRIA

Titkárság: Telefon: 463-3561, Fax: 463-3560

Gazdasági csoport: Telefon: 463-3756

Tanulmányi csoport: Telefon: 463-1919

Kari Hallgatói Képviselet

Elnök: GERNER ALEXANDRA

Cím: 1111 Budapest, Irinyi J. u. 9-11,
Kármán Tódor Kollégium F013.

Telefon: 06-20-435-2482

E-mail: hk@wigner.bme.hu

Web: <http://hk.wigner.bme.hu>

Kari lap: *Pikkász*:

Főszerkesztő: SCHMIDT BEÁTA

Szerkesztőség: 1111 Budapest, Irinyi J. u. 9-11,
Kármán Tódor Kollégium F013.

E-mail: pikkasz@lists.ktk.bme.hu

Web: <http://karilap.blogspot.com>

A TERMÉSZETTUDOMÁNYI KAR INTÉZETEI ÉS TANSZÉKEI

Fizikai Intézet – igazgató: DR. ZARÁND GERGELY, egyetemi tanár

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

Telefon: 463-4107, Fax: 463-3567

Atomfizika Tanszék – tanszékvezető: DR. KOPPA PÁL 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. BABARCZY ANNA egyetemi docens

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

Telefon: 463-1273, Fax: 463-1072

Matematika Intézet – igazgató: DR. G. HORVÁTH ÁKOS egyetemi tanár

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

Telefon: 463-2762, Fax: 463-2761

Algebra Tanszék – tanszékvezető: DR. NAGY GÁBOR PÉTER, 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 tanár

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. CZIFRUS SZABOLCS egyetemi docens

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

Telefon: 463-2523, Fax: 463-1954

Atomenergetika 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

Nukleáris Technika Tanszék – tanszékvez.: DR. SZIEBERTH MÁTÉ egyetemi docens

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

Telefon: 463-2523, Fax: 463-1954